



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Vera Vihreävuori

Virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuudet ammattiurheilussa

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen
akateeminen yksikkö
Kandidaatintutkielma
Tietojärjestelmätiede

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

| | | | |
|--------------------------|--|-------------------|----|
| Tekijä: | Vera Vihreävuori | | |
| Tutkielman nimi: | Virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuudet ammattiurheilussa | | |
| Tutkinto: | Kauppateiden kandidaatti | | |
| Oppiaine: | Tietojärjestelmätiede | | |
| Työn ohjaaja: | Laura Havinen | | |
| Valmistumisvuosi: | 2025 | Sivumäärä: | 50 |

TIIVISTELMÄ:

Virtuaalitodellisuus on viimeisen vuosikymmenen aikana trendiksi noussut merkittävä teknologinen innovaatio, jonka soveltamismahdollisuuksia tutkitaan koko ajan laajemmin eri aloilla, ammattiurheilu mukaan lukien. Virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan tietokonesimulaation avulla luotua keinotekoisesta ympäristöstä, jossa käyttäjä voi kokea olevansa läsnä ja vuorovaikutuksessa kolmiulotteisessa tilassa erilaisten teknologisten ratkaisujen avulla. Ammattiurheilulla tässä tutkimuksessa viitataan tavoitteelliseen, kilpailulliseen ja usein ammattimaisesti ohjattuun urheilutoimintaan, jossa urheilijan kehitys ja suorituskyky ovat keskiössä. Virtuaalitodellisuuden ja ammattiurheilun yhdistäminen on suosittua kasvattava tutkimusalue, jonka potentiaali herättää kiinnostusta sekä urheilijoiden, valmentajien että teknologian kehittäjien keskuudessa.

Tämä tutkimus tarkastelee virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuuksia ammattiurheilun kontekstissa, erityisesti harjoittelun ja suoritusten kehittämisen näkökulmasta. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millä tavoin virtuaalitodellisuutta voidaan urheilun parissa hyödyntää, ja millaisia mahdollisuuksia se voi tarjota perinteisten harjoitusmenetelmien rinnalle. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksen muodossa perehtyen laajaan kirjoon aiheesta aiemmin tehtyä tutkimusta. Aineiston etsimiseen hyödynnettiin useita eri hakukoneita ja tietokantoja, keskittyen tietojärjestelmätieteen alan omiin julkaisualustoihin. Pääasiallisina lähteinä toimivat Vaasan yliopiston Finna-hakupalvelun kautta saavutettavat tietokannat, kuten Web of Science, Scopus sekä Academic Search Elite. Yhteensä artikkeleita tutkimukseen valikoitui 25 kappaletta. Työn sisältö nojaa aiemmin tehtyyn tutkimukseen, ja lopussa pohditaan työn rajoitteita sekä esitellään näkökulmaa mahdolliselle jatkotutkimukselle.

Tutkimustulosten perusteella todettiin virtuaalitodellisuusharjoittelun olevan tehokas, turvallinen ja joustava menetelmä urheilijoiden taitojen kehittämiseen. Sen keskeisiä etuja ovat immersiiivisyys, interaktiivisuus ja toistettavuus, jotka mahdollistavat ajasta ja paikasta riippumattoman, yksilöllisesti räätälöityvän harjoittelun. VR-teknologia edistää erityisesti motoristen taitojen ja taktiikoiden oppimista, psykologisia ja kognitiivisia taitoja kuten päätöksentekoa ja motivaatiota, sekä tehokkaampia palautteenantomahdollisuuksia, jotka tehostavat oppimista ja auttavat urheilijaa korjaamaan suoritustaan reaaliaikaisesti. Kokonaisuudessaan VR-teknologia tuo urheilijoille ja valmentajille jatkuvasti uusia mahdollisuuksia taitojen, strategioiden ja psyykkisten valmiuksien kehittämiseen. Jatkotutkimuksessa olisi tärkeää tarkastella virtuaalitodellisuuden vaikuttavuutta eri urheilulajeissa ja todellisissa harjoitusympäristöissä sekä toteuttaa pidempikestoisia interventioita. Lisäksi VR-teknologian yhdistäminen tekoälypohjaiseen analytiikkaan ja valmentajien roolin tarkastelu tarjoavat lupaavia näkökulmia teknologian käytännön soveltamiseen.

AVAINSANAT: virtuaalitodellisuus, ammattiurheilu, virtuaaliympäristö, teknologia, urheiluteknologia, harjoittelu

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 5 |
| 1.1 | Tutkimuksen tavoite ja menetelmä | 6 |
| 1.2 | Työn rakenne | 7 |
| 2 | Virtuaalitodellisuus osana urheiluteknologiaa | 8 |
| 2.1 | Urheilussa käytettävät teknologiat | 8 |
| 2.2 | Virtuaalitodellisuuden tekninen perusta | 10 |
| 2.3 | Virtuaalitodellisuusteknologiat ammattiurheilussa | 12 |
| 3 | Tutkimusmenetelmä | 14 |
| 3.1 | Narratiivinen kirjallisuuskatsaus | 14 |
| 3.2 | Aineiston hakuprosessi | 15 |
| 4 | Virtuaalitodellisuus ammattiurheilussa | 17 |
| 4.1 | Virtuaalitodellisuuden tuoma lisäarvo urheiluun | 17 |
| 4.1.1 | Virtuaalitodellisuus taito- ja taktiikkaharjoittelun tukena | 18 |
| 4.1.2 | Virtuaalitodellisuus kognitiivisten ja psykologisten taitojen tukena | 25 |
| 4.1.3 | Virtuaalitodellisuus urheilijan palautteensaannin tukena | 30 |
| 4.2 | Yhteenveto | 34 |
| 5 | Diskussio | 37 |
| | Lähteet | 40 |
| | Liitteet | 43 |
| | Liite 1. Aineiston hakuprosessi. | 43 |
| | Liite 2. Aineisto. | 47 |

Lyhenteet

| | |
|------|--|
| VR | Virtuaalitodellisuus |
| HMD | Head-Mounted-Display |
| CAVE | Computer Automated Virtual Environment |

1 Johdanto

Virtuaalitodellisuus on kehittynyt viimeisen vuosikymmenen aikana runsaasti, ja se mahdollistaa nykypäivänä viihdekäytön lisäksi myös monipuolisia toimintatapoja urheilun kontekstissa. Giblinin ja muiden (2016, s. 7) mukaan ammattuurheilussa, erityisesti kilpalajien parissa, on kysyntää kehittyneelle teknologialle: kilpailutilanteessa urheilijalla on vain rajallinen aika toteuttaa muutoksia suoritukseensa ja täten merkityksellisen tiedon välittämiseen on myös hyvin vähän aikaa. Tämä edellyttää kehittyneitä työkaluja, joissa on nopeampi käsittelynopeus, eivätkä perinteiset harjoittelu- ja valmennusmenetelmät enää välttämättä riitä parhaiden tulosten saavuttamiseen. Farleyn ja muiden (2020, s. 540) mukaan virtuaaliympäristöjen avulla urheilussa voidaan havainnollistaa ja harjoitella monia erilaisia tilanteita, joiden toistettavuus yhdessä virtuaaliympäristön muovautumiskyvyn kanssa mahdollistavat ainutlaatuisen tavan opetella lajin kannalta olennaisia taitoja.

Virtuaalitodellisuus (eng. virtual reality, VR) on alati kehittyvä teknologia, joka mahdollistaa ihmiselle keinotekoisien tiedon hankkimisen luonnollisen 2D-näkymän ulkopuolelta. Tämä tapahtuu luomalla immersivisiä ympäristöjä, joista käyttäjät voivat saada ainutlaatuisia havaintoja todellisen maailman tapaan (Kim ja muut, 2020, s. 1). Tunnetuimpana käytännön keksintönä virtuaalitodellisuuden osalta voidaan pitää erityisesti 2010-luvulla suosittua kasvattaneita VR-laseja (Siriborvornratanakul, 2016, s. 2), joita voidaan käyttää paitsi useissa arkisissa tilanteissa, kuten maksamisessa, myös viihdekäytössä sekä lääketieteellisessä monitoroinnissa (Jin & He, 2021, s. 829).

Neumann ja muut (2018, s. 183) kertovat tutkimuksessaan, että virtuaalitodellisuutta on hyödynnetty urheilututkimuksessa jo 1990-luvulta asti, mutta sen suosio tutkimusalueena on kokenut uuden nousun 2010-luvulla. Tehdyn tutkimuksen lisääntyneeseen määrään on vaikuttanut virtuaalitodellisuuden viime vuosien aikana kasvanut suosio. Chanin ja muiden (2024, s. 25) mukaan virtuaalitodellisuuden roolia urheilumaailmassa

on tutkittu suhteellisen paljon, mutta suurin osa tutkimuksesta on keskittynyt yksilöominaisuuksien parantamiseen. Tämän myötä kysyntää esimerkiksi valmentajien taholta on enemmän koko joukkueen huomioimiselle. Tässä tutkielmassa on pyrkimyksenä ottaa huomioon niin yksilö- kuin ryhmätasonkin harjoittelu, sekä virtuaalitodellisuuden teknologioiden vaikutukset urheiluun kokonaisuutena.

Virtuaalitodellisuuden rooli urheilun kontekstissa on aiheena tärkeä muun muassa siinä käytettävien teknologioiden kasvavan suosion ja kiinnostuksen takia. Virtuaalitodellisuus kehittyy urheilumaailmassa nopeasti (Zhao & Guo, 2022, s. 1), mikä tarkoittaa, että vaikka vanhempi tutkimustieto on yhä relevanttia, uusimmat kehitykset voivat tuoda siihen merkittäviä täydennyksiä ja uusia näkökulmia. Aiheen tutkiminen voi myös hyödyttää urheilijoita, valmentajia ja muita urheilun sidosryhmiä, sillä ammattilaistasolla urheilussa etsitään jatkuvasti mahdollisuuksia parantaa suorituksia ja hankkia kilpailuetua lajien sisällä (Seshadri ja muut, 2017, s. 38).

1.1 Tutkimuksen tavoite ja menetelmä

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten virtuaalitodellisuuden teknologioita pystytään ammattiuurheilun kontekstissa hyödyntämään. Sen lisäksi, että tutkimuksessa perehdytään yhteyteen virtuaalitodellisuuden ja urheilijan fyysisten suoritusten välillä, tarkastellaan siinä myös virtuaalitodellisuuden vaikutuksia urheilijan kognitiivisiin ja psykologisiin ominaisuuksiin. Lisäksi tutkimus kattaa virtuaalitodellisuuden hyödyt urheilijan palautteensaannissa. Nämä monet eri seikat huomioimalla tutkimustuloksista saadaan mahdollisimman kattavat ja hyödylliset. Tutkimus toteutetaan narratiivisen kirjallisuuskatsauksen muodossa ja se pohjautuu aiemmin julkaistuun tutkimustietoon. Tutkimusmenetelmää kuvataan tarkemmin luvussa kolme.

1.2 Työn rakenne

Tutkielman luvussa kaksi käsitellään urheiluteknologioita yleisellä tasolla, esitellen niistä tunnetuimpia sovelluksia ja niiden ominaisuuksia, sekä perehdytään virtuaalitodellisuuden tekniseen perustaan, keskeisiin laitteisiin ja virtuaalitodellisuusteknologioihin ammattuurheilun kontekstissa. Kolmannessa luvussa syvennytään tarkemmin käytettyyn tutkimusmenetelmään sekä esitellään aineiston hakuprosessia. Neljännessä luvussa esitellään virtuaalitodellisuuden roolia ammattuurheilussa. Ensimmäisenä luvussa neljä käsitellään virtuaalitodellisuuden keskeisiä ja tärkeitä ominaisuuksia, jonka jälkeen perehdytään virtuaalitodellisuuden tuottamaan lisäarvoon urheilijan taito- ja taktiikkaharjoittelun kannalta. Tämän jälkeen työssä syvennytään urheilijan kognitiivisiin ja psykologisiin taitoihin, kuten päätöksentekoon ja motivaatioon, sekä virtuaalitodellisuuden rooliin niiden näkökulmasta. Lopuksi luvussa käsitellään virtuaalitodellisuutta vielä urheilijan saaman palautteen kannalta, ja kootaan luvun keskeisin sisältö yhteen. Luvussa viisi esitellään tutkimuksen tulokset, tehdään keskeiset johtopäätökset sekä pohditaan tutkimuksen rajoitteita ja aihetta mahdolliselle jatkotutkimukselle.

2 Virtuaalitodellisuus osana urheiluteknologiaa

Frevelin ja muiden (2022, s. 1) mukaan teknologinen edistyminen ja digitalisaatio ovat merkittävästi muuttaneet teknologian roolia urheilussa kahden viimeisen vuosikymmenen aikana. Uusien kehitysten myötä teknologiasta on ajan saatossa tullut korvaamaton osa urheilun kenttää: sen sanotaan vaikuttaneen viime aikoina merkittävästi lähes kaikkiin urheilun osa-alueisiin ja sen kaikkiin sidosryhmiin (Frevel ja muut, 2022, s. 1). Virtuaalitodellisuus osaltaan havainnollistaa teknologian suurta roolia urheilusuorituksissa, sillä virtuaalitodellisuuden avulla voidaan toteuttaa varsin monipuolisia harjoittelutilanteita - sellaisiakin, jotka ovat liian monimutkaisia jäljentää todellisuudessa (Faure ja muut, 2019, s. 1).

Seuraavaksi työssä käsitellään urheiluteknologioita yleisellä tasolla, perehdytään tarkemmin virtuaalitodellisuuden tekniseen perustaan sekä esitellään virtuaalitodellisuusteknologioita ammattiurheilun kontekstissa. Jotta voidaan ymmärtää virtuaalitodellisuuden ainutlaatuiset ja merkittävät vaikutukset urheilun kontekstissa, on tärkeää tarkastella myös olemassaolevia urheilussa käytössä olevia teknologioita ja niiden mahdollisuuksia. Virtuaalitodellisuuden teknistä perustaa ymmärtämällä taas voidaan syventää tietämystä sen hyödyntämisestä myös monimutkaisemmissa käyttötilanteissa ja -ympäristöissä.

2.1 Urheilussa käytettävät teknologiat

Urheilumaailmassa hyödytään useista erilaisista teknologioista, ja virtuaalitodellisuus on vain pieni osa urheiluteknologian kenttää. Urheilussa on aina hyödytty teknologian kehityksestä (Carrio Sampedro, 2024, s. 2), ja konkreettisia tapoja hyödyntää teknologiaa urheilun kontekstissa on monia. Näistä tavoista esimerkkejä ovat muun muassa puettavat laitteet ja sensorit, tekoäly sekä paikannuslaitteet. Urheilussa käytettävät teknologiat tarjoavat täsmällistä dataa suorituksen parantamiseksi (Carrio Sampedro, 2024, s. 5), auttavat harjoittelun ja tekniikoiden optimoinnissa (Alzahrani & Ullah, 2024, s. 2), sekä

voivat auttaa loukkaantumisriskin pienentämisessä (Seshadri ja muut, 2017, s. 40). Data-analytiikka on kasvattanut merkittävästi suosiotaan ammattuurheilun organisaatioissa (Raab ja muut, 2024, s. 63), ja edeltävät esimerkit havainnollistavatkin datan keräämisen tärkeyttä urheilun parissa.

Giblin ja muut (2016, s. 5) kertovat artikkelissaan kehittyneen teknologian vaikuttaneen erityisesti simuloitujen harjoitusympäristöjen yleistymiseen. Teknologian avulla luotavilla simulaatioilla ja virtuaaliympäristöillä mahdollistetaan monipuolisempi harjoittelu, ja voidaan ottaa huomioon myös liikkumisrajoitteiset, kuten loukkaantumisista kärsivät, urheilijat. Esimerkkeihin tällaisista menetelmistä kuuluu muun muassa simuloitua lyöntiharjoitukset, videoanalyysityökalut sekä virtuaalitodellisuusharjoittelu. Urheilijat pystyvät tarkastelemaan pelitilanteita ja -suorituksia niin omasta näkökulmasta kuin ilmakuvattun näkymän kautta, ja informaatiota niin tilaan kuin aikaan perustuvista ominaisuuksista saadaan enemmän kuin perinteisessä harjoittelussa. Frevel ja muut (2022, s. 2) lisäävät, että siinä missä teknologia auttaa parantamaan urheilijan suorituksia, se on myös ollut urheilussa merkittävässä roolissa terveyden ja turvallisuuden edistämässä sekä sääntöjen noudattamisen valvomisessa.

Yhtenä merkittäviä edistysaskelia urheiluun tuoneena teknologiana voidaan pitää tekoälyä. Carrio Sampedro (2024, s. 5) esittelee artikkelissaan kattavasti tekoälyn mahdollisuuksia urheilun kontekstissa. Hän tuo tekstissään esille sen, miten tekoäly pystyy muun muassa tarjoamaan urheilijalle yksilöllistä valmennusta, arvioimaan pallon osumaa tenniskentällä jopa oikeaa ihmistä paremmin, sekä informoimaan urheilijaa tämän mahdollisesta loukkaantumisriskistä. Tekoäly, kuten muutkaan urheiluteknologiat, ei kuitenkaan ole ominaisuuksiltaan täysin lyömätön: siihen liittyy joitakin olennaisia eettisiä kysymyksiä. Tällaisia ovat muun muassa datan keräämisen todelliset tarkoitusperät, urheilijoiden asianmukainen informointi sekä suostumukseen liittyvät kysymykset (Carrio Sampedro, 2024, s. 9). Eettisten ongelmien lisäksi urheiluteknologioissa saattaa esiintyä niiden käytettävyyteen ja toimintaan liittyviä vaikeuksia. Tähän liittyen Seshadri ja muut (2017, s.

38) tuovat esiin joihinkin teknologioihin liittyvän työlään tiedonkeruun sekä kyvyttömyyden seurata urheilijan sijaintia, liikettä ja nopeutta.

2.2 Virtuaalitodellisuuden tekninen perusta

Virtuaalitodellisuus on yksi merkittävistä urheiluteknologian sovellusmuodoista, joka tarjoaa keinoja monipuolisiin harjoitusmenetelmiin sekä suorituskyvyn arviointiin. Virtuaalitodellisuus on termi, jota käytetään kuvaamaan tietokonesimuloitua ympäristöä, jonka tarkoituksena on saada käyttäjässään aikaan psyykkisen tai fyysisen läsnäolon tunne jossakin toisessa paikassa (Neumann ja muut, 2018, s. 183). Virtuaalitodellisuudesta on monia, keskenään hieman erilaisia määritelmiä, mutta niitä kaikkia yhdistää tietyt ominaispiirteet kuten interaktiivisuus, toistettavuus, immersio sekä läsnäolon tunne. Immersiolla virtuaalitodellisuuden kontekstissa viitataan tapaan hyödyntää edistyneitä ja korkeatasoisia teknisiä ominaisuuksia, joilla pyritään tuottamaan käyttäjälle mahdollisimman todellisen tuntuinen käyttökokemus (Laine ja muut, 2024, s. 60).

Chanin ja muiden (2024, s. 1) mukaan virtuaalitodellisuus voidaan jakaa kahteen luokkaan sen ominaisuuksien mukaan: immerssiiviseen ja ei-immerssiiviseen. Immerssiivistä virtuaalitodellisuutta toteutetaan usein sille tarkoitettujen laitteiden avulla, jolloin ympäristöstä syntyy hyvinkin realistinen ja interaktiivinen, kun taas ei-immerssiivinen virtuaalitodellisuus, kuten fyysisin liikkein ohjattavat peliohjaimet, koetaan merkittävästi vähemmän realistiseksi ja mukaansatempaavaksi. Virtuaalitodellisuuden yhteydessä hyödynnetään usein myös liikkeenkaappausteknologiaa, jonka avulla käyttäjän liikkeet voidaan jäljentää virtuaaliympäristössä. Tämä lisää kokemuksen immerssiivisyyttä ja interaktiivisuutta (Chan ja muut, 2024, s. 1).

Virtuaalitodellisuutta hyödynnetään tänä päivänä yhä enenevässä määrin muun muassa pelien, urheilun, elokuvien, opetuksen sekä rakennuksen aloilla (Zhao & Guo, 2022, s. 1). Yleinen keino hyödyntää virtuaalitodellisuutta on erilaisten laitteiden ja teknologioiden

avulla, jotka tarjoavat käyttäjälle varsin realistisen kokemuksen läsnäolosta toisessa paikassa. Tässä tutkielmassa tullaan käsittelemään laitteista ja teknologioista erityisesti päässä pidettävää näyttöä eli HMD:tä (eng. Head-Mounted-Display”) ja virtuaaliympäristönä toimivaa luolaa eli CAVE:a (eng. Computer Automatic Virtual Environment). HMD on Neumannin ja muiden (2018, s. 185) määritelmän mukaan päällepuettava laite, joka käyttäjän silmät peittämällä estää tämän näköyhteyden ulkopuoliseen maailmaan. HMD:n yhden tai useamman näytön avulla käyttäjän stereonäkö aktivoituu ja virtuaali-maailma nähdään moniulotteisena kenttänä. HMD:ssä päänliikkeiden seurauksen avulla pystytään tarkastelemaan sellaisiakin virtuaalimaailman alueita, jotka ovat henkilön ensisijaisen näkökentän ulkopuolella.

Neumann ja muut (2018, s. 185) määrittelevät CAVE:n suurikokoiseksi kuutionmalliseksi rakennelmaksi, johon itseensä asennetaan useampia näyttöjä, ja johon käyttäjä pystyy fyysisesti astumaan sisään ja näin uppoutumaan virtuaaliseen ympäristöön. HMD:n ja CAVE:n lisäksi virtuaalitodellisuutta pystytään hyödyntämään myös perinteisempien kaksiulotteisten keinojen avulla, kuten esimerkiksi tietokoneen näytöllä ja kuvanheittimellä. Valittu menetelmä riippuu käytössä olevista resursseista ja halutusta lopputuloksesta. Tietokoneen näyttöjä ja kuvanheittimiä yhdistää niiden helppokäyttöisyys ja käytännöllisyys, mutta ne saattavat tuottaa vähäisemmän läsnäolon tunteen verrattuna HMD:hen ja CAVE:een. Jia ja muut (2024, s. 11) puolestaan tuovat esille sen, että HMD:n pieni koko, kannettavuus ja edullisuus tekevät siitä virtuaalimaailman simuloinnissa yleisemmän, verrattuna hintavaan ja enemmän tilaa vaativaan CAVE:een.

Virtuaalitodellisuuden tekninen perusta – immersiiivisyys, interaktiivisuus ja liikkeenkaappausteknologia - luovat pohjan harjoitusympäristöille, joissa voidaan tehokkaasti simuloida urheilutilanteita, parantaa päätöksentekoa sekä vähentää loukkaantumisriskiä. Virtuaalitodellisuuslaitteiden, kuten HMD:n ja CAVE:n, avulla voidaan simuloida todellisia urheilutilanteita, mikä tekee niistä merkittäviä välineitä urheilussa: niin yksilöharjoittelussa kuin joukkueetasollakin. Näissä tilanteissa käytettävien virtuaaliympäristöjen

immersiivisyys saa harjoitteluympäristön tuntumaan todelliselta, mikä on oleellinen ominaisuus urheiluun liittyvien tilanteiden simuloimisessa. Lisäksi virtuaalitodellisuuden avulla urheiluharjoittelu on tehokasta, ja sisältää vähemmän riskejä verrattuna perinteisiin menetelmiin (Zhao & Guo, 2022, s. 2). Virtuaalitodellisuuden teknisten ratkaisujen tarjoamat mahdollisuudet urheilijan ominaisuuksien ja henkilökohtaisten suoritus-ten kehittämässä korostuvat entisestään, kun tarkastelemme niiden käytännön sovel-luksia urheiluharjoittelussa sekä kilpailutilanteissa.

2.3 Virtuaalitodellisuusteknologiat ammattuurheilussa

Virtuaalitodellisuuden teknologiat tarjoavat ammattuurheilulle monia hyötyjä, mutta nii-den hyödyntäminen edellyttää riittäviä taloudellisia ja teknisiä resursseja. Virtuaalitodel-lisuus mahdollistaa urheilun kontekstissa lukuisia positiivisia asioita, kuten muun muassa tilaan ja aikaan liittyvien rajoitteiden muokkaamisen (Faure ja muut, 2019, s. 1) sekä lii-keratojen ja pelitaktiikoiden hiomisen (Chan ja muut, 2024, s. 2). Teknologian käyttöö-nottoa on kuitenkin osin rajoittanut laitteiston korkea hinta, vaikka kustannustaso vaihte-lee merkittävästi järjestelmien laajuuden ja laadun mukaan (Jia ja muut, 2024, s. 11). Usein investoinnit ovat kertaluonteisia, eikä järjestelmän ylläpito aiheuta suuria jatkuvia kuluja. Zhao ja Guo (2022, s. 2) huomauttavat, että kustannuksista huolimatta VR-tekno-logia kehittyy nopeasti, ja sen käyttö on laajentunut kattamaan muun muassa simulaa-tioharjoittelun ja urheiluopetuksen.

Virtuaalitodellisuuden avulla harjoitteleminen on monella tapaa tehokkaampaa ja vai-vattomampaa verrattuna perinteiseen harjoitteluun, mikä tekee siitä hyödyllisen työka-lun urheilijoille. Zhao & Guo (2022, s. 2) tuovat jalkapalloharjoittelun osalta esille har-joittelun matalat riskit (puhuttaessa esim. mahdollisista loukkaantumisista) sekä virtuaa-liteknologioiden kyvyn vähentää ympäristön häiriötekijöitä. Jalkapalloharjoittelussa vir-tuaaliteknologiat ovat käteviä, ja mahdollistavat harjoittelun missä tahansa – ne eivät siis ole riippuvaisia käyttäjensä sijainnista. Sen lisäksi, että käyttö on helppoa ja hyödyllistä

urheilijalle, on virtuaalitodellisuudella vaikutuksia myös urheiluvalmennukseen. Zhao & Guo (2022, s. 5) kertovat tutkimuksessaan, että data-analytiikka hyödyttää merkittävästi myös valmentajia uusien urheilijoille räätälöityjen peli- ja harjoitusstrategioiden kehittämisessä, minkä myötä on mahdollista, että virtuaalitodellisuus paikkaisi tulevaisuudessa resurssipulaa urheiluvalmennuksessa. Nämä seikat voivat merkittävästi madaltaa kynnystä ja lisätä kiinnostusta virtuaalitodellisuuden hyödyntämiselle urheilun parissa.

Neumannin ja muiden (2018, s. 185) mukaan urheilun kontekstissa yleisin lähestymistapa virtuaalitodellisuuteen on kaksiulotteinen kuvaus virtuaalisesta ympäristöstä tietokoneen näytöllä tai projektorilla. Vaikka tässä lähestymistavassa pystytään saamaan aikaan vähemmän läsnäolon tunnetta verrattuna HMD:hen ja CAVE:een, on se samaan aikaan menetelmänä helppokäyttöinen ja käytännöllinen. Kaksiulotteinen kuvaus vaatii todennäköisesti vähiten teknologista erikoisosaamista ja taloudellista valmiutta käyttäjältään, sillä alkuun voidaan päästä vain yksinkertaisella laitteistolla valmiiksi tutussa ympäristössä. Tämä mahdollistaa menetelmän käytön pienemmissä urheiluseuroissa sekä yksilöurheilijoiden kohdalla.

Jia ja muut (2024, s. 11) kertovat tutkimuksessaan CAVE:n ominaisuuksista ja sen käyttöönoton edellytyksistä, joita ovat muun muassa merkittävän kokoinen tila, kuusi keskenään samankokoista seinää, joille virtuaaliympäristö voidaan heijastaa, sekä käyttäjälle tarkoitetut polarisoidut 3D-lasit. Nämä vaatimukset huomioon ottaen, CAVE:n voidaan sanoa vaativan käyttäjältään, eli itse urheilijalta tai muulta urheilutoimijalta, paljon resursseja, eikä kaikilla välttämättä ole mahdollisuuksia säännölliseen harjoitteluun tämänlaisessa ympäristössä. HMD:n ominaisuuksista Jia ja muut (2024, s. 11) nostavat esiin ensiluokkaisen resoluution, laajemman näkökentän sekä sen, miten HMD ei fyysisesti vaadi tilaa käyttäjänsä ulkopuolelta. Vaikka sekä CAVE että HMD tuottavat käyttäjälleen immersiiivisen käyttökokemuksen, on HMD kompaktimpi ja kustannustehokkaampi (Jia ja muut, 2024, s. 18) ja täten mahdollisesti helpompi hyödyntää urheilun maailmassa.

3 Tutkimusmenetelmä

Tässä luvussa käsitellään työssä käytettyä tutkimusmenetelmää. Luvussa perehdytään käytetyn menetelmän, eli narratiivisen kirjallisuuskatsauksen, piirteisiin ja perustellaan sen hyödyllisyyttä juuri tämän työn kannalta. Tämän jälkeen luvussa esitellään aineiston hakuprosessia, ja syvennytään hakujen toteutukseen sekä saatuihin tuloksiin. Lopulta luvussa käsitellään sitä, mitä julkaisuja tutkimukseen lopulta otettiin mukaan ja mitkä kriteerit tähän vaikutti.

3.1 Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Tämän työn tutkimusmenetelmä on narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Salminen (2023, s. 8) kuvailee narratiivisen kirjallisuuskatsauksen avulla olevan mahdollista pystyä antamaan käsiteltävästä aiheesta laaja kuva perehtyen aiheen historiaan sekä kehityskulkuun, ja siksi narratiivinen katsaus on juuri sopiva tähän tutkielmaan. Työssä perehdytään laajaan kirjoon aiemmin tehtyä tutkimusta, jonka avulla muodostetaan perusta tarkasteltavalle aiheelle. Kuten Salmisen (2023, s. 8) mukaan yleiskatsauksessa, narratiivisen katsauksen laajimmassa toteuttamistavassa, tässäkin työssä analyysin muoto on kuvaileva synteesi.

Salminen (2023, s. 8) kertoo raportissaan, että narratiivisen kirjallisuuskatsauksen kautta hankittu tutkimusaineisto ei välttämättä ole käynyt erityisen systemaattisen seulan lävitse. Siitä huolimatta työ pohjautuu aiemmin tehtyyn, tutkimusaiheen kannalta relevanttiin tutkimukseen. Käytettyyn lähdeaineistoon sisältyy runsaasti muun muassa eri tieteenalojen kansainvälisiä lehtijulkaisuja, joiden Salminen (2023, s. 27) kuvaakin olevan kirjallisuuskatsauksen tekijälle yksi keskeisimmistä lähdeaineistoista. Työssä pyritään tarjoamaan kokonaisvaltainen ymmärrys tutkimuskohteesta yhdistämällä useista eri lähteistä saatuja näkökulmia. Tämä lähestymistapa mahdollistaa aiheen laajan ja monipuolisen tarkastelun, mutta edellyttää myöskin kriittistä otetta lähteiden valinnassa ja analyysissä.

3.2 Aineiston hakuprosessi

Aineiston etsimisessä eniten hyödynnetyt tietokannat olivat Web of Science (ISI Web of Knowledge) ja Scopus (Elsevier). Nämä monitieteelliset tietokannat osoittautuivat hyödyllisiksi hyvin laajan ja saavutettavan, tutkimuksen aihetta vastaavan sisältönsä vuoksi. Näiden tietokantojen lisäksi työssä hyödynnettiin myös Academic Search Elite (Ebsco) -tietokantaa, joka myös tarjosi joitakin potentiaalisia lähteitä työtä varten. Oleellisina hakutermeinä tietokannoissa toimivat muun muassa tutkielman avainsanat englanniksi käännettynä (virtual reality, sports, technology, sports technology, training) ja niiden yhdistelmät Boolean operaattorien avulla, mutta myös muita hakutermejä hyödynnettiin. Toteutetut haut kohdistuivat pääasiassa otsikkoihin, mutta joissain tapauksissa myös koko tekstiin. Kaikkia hakuja yhdistävä tekijä oli termien liittyminen jollakin tavalla urheiluun tai liikuntaan. Toteutettuja hakuja on kuvattu työn liitteenä olevassa taulukossa (Liite 1).

Tärkeimmäksi sisällytyskriteeriksi aineistolle osoittautui julkaisuvuosi, joka rajattiin kaikissa hakutuloksissa enintään viimeisten kymmenen vuoden aikavälille. Tämä perustui siihen, että aiheesta haluttiin mahdollisimman ajankohtaista tietoa, sekä siihen, että virtuaalitodellisuuden yleistymisen myötä 2010-luvulla on tehty aiheesta runsaasti tutkimusta. Web of Sciencessä sekä Scopusessa päivämäärärajaukseen pystyi määrittämään vuodet itse, ja rajaukseksi muodostui vuodet 2015-2024, eli viimeiset yhdeksän vuotta. Academic Search Elitessa paras tätä vastaava rajausta oli ”viimeiset 10 vuotta”. Toinen tärkeä kriteeri lähteille oli englannin kieli ymmärrettävyytensä vuoksi. Lisäksi tieteellisyys oli hakutuloksissa tärkeä tekijä, ja Academic Search Elitessa artikkelit pystyikin suodattamaan sen mukaan, ovatko ne tieteellisesti vertaisarvioituja, ja näin kaikki kyseisestä tietokannasta löydetyt lähteet suodatettiin. Muiden tietokantojen kohdalla artikkelien tieteellisyttä tuli arvioida itse. Tämä tapahtui tarkastelemalla julkaisun mahdollista vertaisarviointia, julkaisijoiden asiantuntijuutta, kielen tieteellisyttä, tekstiä tukevia taulukoita ja kuvia sekä oikeaoppista lähteiden merkintää.

Poissulkuun vaikutti muun muassa se, oliko lähde saavutettavissa yliopiston tunnuksilla. Jos artikkelia ei ollut saatavilla ilmaiseksi tai se vaati rekisteröitymistä jollekin ulkoiselle palvelimelle, artikkelia ei valittu lähteeksi ollenkaan. Suurin osa löydetyistä, omaa aihetta vastaavista artikkeleista oli kuitenkin hyvin saavutettavissa ja täten pääsi käyttöön. Tämän lisäksi hakutermin esiintymättömyys artikkelin otsikossa rajasi tuloksia pois: mitä spesifimpi urheiluun liittyvä hakutermi oli, kuten esimerkiksi ”team sports” tai ”sports training”, sitä haastavampaa oli saada tuloksia, joiden otsikoissa nämä sanat mainittiin. Artikkelin tiivistelmästä oli tärkeää saada hyvä käsitys artikkelissa käsiteltävistä aiheista, joten myös tutkimuksen kannalta oleellisten termien esiintymättömyys tiivistelmässä tai artikkelin avainsanoissa sulki artikkelin hakutuloksista pois.

Tutkielmaan valittiin lopulta mukaan yhteensä 25 artikkelia terveyden, urheilun, liikuntatieteiden, teknologian, neurologian, tietotekniikan, psykologian sekä urheilupsykologian alojen tieteellisistä julkaisuista. Aineisto koostui usean eri tieteenalan julkaisusta, koska virtuaalitodellisuuden teknologisen puolen lisäksi tutkielma kattaa myös muun muassa virtuaalitodellisuuden vaikutukset urheilijan psyykkeeseen sekä toimintaan muiden ihmisten kanssa, ja tällaisia aiheita käsiteltiin usein muun muassa neurologian ja psykologian alojen julkaisuissa. Lähes kaikki artikkelit löytyivät tietojärjestelmätieteen alan keskeisistä tietokannoista ja suurin osa artikkeleista oli julkaistu 2020-luvulla, mikä vahvisti niiden valintaa tuoreutensa ja ajankohtaisuutensa takia. Taulukko työhön mukaan valituista artikkeleista löytyy työn liitteistä (Liite 2).

4 Virtuaalitodellisuus ammattiurheilussa

Aineiston tarkastelun perusteella voidaan todeta, että virtuaalitodellisuusteknologioita voidaan hyödyntää monipuolisesti ammattiurheilussa. Ne mahdollistavat yksilöllisen ja toistettavissa olevan taito- ja taktiikkaharjoittelun, tukevat kognitiivisten ja psykologisten taitojen kehittämistä sekä tarjoavat uusia tapoja urheilijoiden palautteensaantiin. Seuraavaksi työssä käydään läpi nämä keskeiset käyttöalueet, jotka aineistosta nousivat esiin.

Luvussa avataan ensimmäiseksi sitä, minkälaisista keskeisistä ominaisuuksista virtuaalitodellisuus koostuu, ja millaista lisäarvoa ne tuottavat käyttäjälleen. Tämän jälkeen luvussa keskitytään siihen, miten virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää taito- ja taktiikkaharjoittelun tukena, ja miten se tässä kontekstissa eroaa perinteisistä harjoittelumetodeista. Fyysisen harjoittelun lisäksi luvussa otetaan huomioon myös virtuaalitodellisuuden vaikutukset kognitiivisiin ja psykologisiin taitoihin, kuten päätöksentekotaitoihin ja motivaatioon. Lopuksi luvussa pohditaan virtuaalitodellisuuden mahdollisuuksia palautteen antamiseen ja saamiseen urheilussa, sekä kootaan tulokset tiiviisti yhteen.

4.1 Virtuaalitodellisuuden tuoma lisäarvo urheiluun

Virtuaalitodellisuuden laatu korreloi suoraan sen kanssa, miten se pystyy tuottamaan käyttäjälleen tunnetta läsnäolosta (Faure ja muut, 2020, s. 3), ja immersiivisyyttä voidaan pitää yhdessä interaktiivisuuden kanssa virtuaalitodellisuuden avaintekijöinä. Immersiivisuus ja interaktiivisuus muodostuvat käyttäjän täydestä kontrollista virtuaaliympäristössä (Faure ja muut, 2020, s. 8), mahdollisuudesta vaikuttaa kokemukseen kaikkien aistien avulla (Zhao & Guo, 2022, s. 1) sekä reaaliaikaisesta liikkeenkaappauksesta (Geisen & Klatt, 2022, s. 1178). Lisäksi virtuaaliympäristön on tärkeä tuntua todennukaiselta, mihin vaikuttaa muun muassa muiden ihmisten, kuten valmentajien tai joukkuetovereiden, virtuaalinen läsnäolo sekä urheilijan omasta näkökulmasta kuvattu ympäristö (Neumann ja muut, 2018, s. 184).

Virtuaaliympäristössä ensimmäisen persoonan näkymä koetaan virtuaalitodellisuuden kanssa harjoitellessa erityisen tärkeäksi saavutettavan lopputuloksen kannalta. Jian ja muiden (2024, s. 2) mukaan urheilussa on käytetty paljon perinteisiin kaksiulotteisiin videoihin pohjautuvaa harjoittelua, mutta ongelmaksi niiden kohdalla on muodostunut ns. kolmannen persoonan näkökulma, eli urheilija on joutunut tarkastelemaan suoritustaan ikään kuin ulkopuolisen henkilön näkökulmasta. Vaikka tämä ominaisuus ei tarjoa todennukaisinta kokemusta käyttäjälleen, on siitä Chanin ja muiden (2024, s. 10) mukaan hyötyä joissakin spesifeissä tilanteissa harjoituksen aikana. Faure ja muut (2020, s. 11) taas toteavat, että kolmannen persoonan näkökulma sopii harjoittelumetodina hyvin aloittelijoille, mutta vahvimman tunteen läsnäolosta tarjoaa ensimmäisen persoonan näkymä, sillä se lisää virtuaaliympäristön realismia. Lisäksi realismiin vaikuttaa Fauren ja muiden (2020, s. 1) mukaan syvyyden hahmotus, stereonäkö sekä käyttäjän näkökulman mukautettavuus, joista kahta jälkimmäistä pystytään hyödyntämään CAVE:n sekä HMD:n yhteydessä.

Virtuaalitodellisuudella on urheiluharjoittelussa paljon hyödyllisiä ominaisuuksia, ja tietyissä tilanteissa se voi olla ylivoimainen perinteisiin menetelmiin verrattuna. Chanin ja muiden (2024, s. 15) mukaan virtuaalitodellisuus voi olla urheilijan apuna monella tasolla ja huomioida erityisesti tämän yksilöllisyyden. Lisäksi virtuaalitodellisuus tarjoaa ainutlaatuisia mahdollisuuksia urheilijoiden taito- ja taktiikkaharjoitteluun (Chan ja muut, 2024, s. 1; Pastel ja muut, 2022, s. 523; Faure ja muut, 2020, s. 1), kognitiivisten ja psykologisten taitojen kehittämiseen (Jia ja muut, 2024, s. 2; Ulas & Semin, 2021, s. 321; Fortes ja muut, 2021, s. 1) sekä palautteensaantiin (Geisen & Klatt, 2022, s. 1178; Faure ja muut, 2020, s. 11). Seuraavaksi tutkielmassa syvennytään näihin osa-alueisiin, ja tarkastellaan, miten virtuaalitodellisuus luo niiden kontekstissa lisäarvoa urheiluun.

4.1.1 Virtuaalitodellisuus taito- ja taktiikkaharjoittelun tukena

Virtuaalitodellisuudesta voidaan hyötyä merkittävästi taito- ja taktiikkaharjoittelun kontekstissa ja sen voidaan sanoa olevan vähintäänkin yhtä tehokas, tai jopa tehokkaampi,

kuin perinteiset harjoittelumetodit (Chan ja muut, 2024, s. 17). Osa-alueita, joissa virtuaalitodellisuudesta voidaan hyötyä, ovat muun muassa motoristen taitojen, kuten heittojen, harjoittelu, uusien asioiden oppiminen ja niiden siirtäminen tosielämään sekä pelikuvioiden ja -taktiikoiden harjoittelu. Seuraavaksi luvussa käsitellään virtuaalitodellisuuden potentiaalia edellä mainittujen osa-alueiden näkökulmasta.

Virtuaalitodellisuudesta on löydetty tehokas apukeino heittoharjoitteluun (Chan ja muut, 2024, s. 17). Koska virtuaalitodellisuuden avulla pystytään jäljittelemään todellista harjoitteluympäristöä, lisäämään visuaalista ohjausta merkitsemällä muun muassa heitoradat sekä vaihtelevaan eri perspektiivien välillä (Chan ja muut, 2024, s. 14), saadaan heittoharjoittelua tehostettua perinteisiin menetelmiin verrattuna. Chanin ja muiden (2024) tutkimusartikkelissa virtuaalitodellisuuden vaikutuksista koripallon heittoharjoitteluun koripalloilijat heittivät 10 heittoa virtuaaliympäristössä ja 10 heittoa oikealla kentällä, eivätkä onnistumisprosentit poikenneet merkittävästi – suoritukset siis vastasivat todellisia harjoitustilanteita. Tämä johtui suurimmaksi osaksi siitä, että VR-teknologia pystyi tarjoamaan käyttäjilleen todellisen tuntuksen, pelinomaisen ympäristön.

Chan ja muut (2024, s. 10) totesivat tutkimuksessaan myös sen, että virtuaalimaailmassa toteutetut vapaaheitot vastasivat paremmin todellisen maailman tilanteita, kuten pallon oikeaoppista vapautusnopeutta sekä koriinmenokulmaa, kun heittäjien näkymiin lisättiin visuaalista ohjausta. Ilman visuaalista ohjausta etäisyyttä tilanteissa saatettiin aliarvioida. Eri visuaalisia ohjaustapoja ja niiden ominaisuuksia vertailtiin keskenään, jotta saataisiin selville, millä tavalla urheilija pystyisi hahmottamaan etäisyyksiä tilanteessa tarkemmin. Tutkittuihin visuaalisiin näkymiin kuului ensimmäisen persoonan näkymä, eli tilanne katsottuna pelaajan silmin, kolmannen persoonan näkymä, eli tilanne ulkopuolelta katsottuna, sekä kolmannen persoonan näkymä visuaalisella ohjauksella. Tarkimmin etäisyyttä pystyttiin hahmottamaan kolmannen persoonan näkymässä, jossa oli mukana visuaalinen ohjaus.

Lisäksi Chanin ja muiden (2024, s. 10) tutkimusartikkelissa havaittiin, että 8 viikon ajanjaksolla heittovakaus ja -nopeus kehittyivät VR:n avulla merkittävämmiin kuin todellisessa harjoittelussa. Tutkimuksen myötä havaittiin, että VR:n ja liikkeenkaappausteknologian avulla voidaan analysoida heittotekniikkaa tarkemmin kuin perinteisillä 2D-menetelmillä. Tällainen analyysi mahdollisti yksilöllisen korjaamisen suorituksiin, mikä johti selvästi parempaan tulokseen: kokeiluryhmä onnistui heittoharjoituksissa useammin ja nopeammin kuin kontrolliryhmä. Heittoharjoittelun osalta Chan ja muut (2024, s. 13) toteavat virtuaalitodellisuudesta olevan myös apua puutteellisille harjoitteluresursseille, sillä virtuaaliympäristö voi korvata oikean kentän sekä ympärillä olevat pelaajat mahdollistaen etäharjoittelun kaikenlaisissa olosuhteissa.

Virtuaalitodellisuus voi mahdollistaa myös uusien asioiden, kuten urheilulajissa tarvittavien tekniikoiden, oppimista (Zhao & Guo, 2022, s. 7; Geisen & Klatt, 2022, s. 1190). Oppimiseen voidaan vaikuttaa virtuaaliympäristön eri elementeillä ja yksityiskohtilla, sekä muovaamalla kokemuksesta juuri yksilölle sopiva. Pastel ja muut (2022) tutkivat virtuaaliympäristössä tapahtuvaa harjoittelua, sekä sitä, voiko se mahdollistaa monimutkaisen urheilusuorituksen oppimisen. Lisäksi tutkimus keskittyi oppimiseen vaikuttaviin yksityiskohtiin virtuaaliympäristössä. Tutkimuksen kohteena oli joukko nuoria aikuisia, joiden tehtävänä oli toteuttaa tiettyä karate-liikettä, joka vaatii henkilöltä kehon monipuolista koordinaatiota.

Pastelin ja muiden (2022) tutkimuksen alussa henkilöt osallistuivat testiin, jossa kartoitettiin heidän lähtötasonsa karateen liittyvien taitojen suhteen. Tämän jälkeen heidät jaettiin neljään ryhmään: koko kehon visualisointi -ryhmään, jossa osallistujat käyttivät liikesensoreilla varustettua pukua, kyynärvarsien visualisointi -ryhmään, jossa käyttäjät pitivät käsissään ohjaimia käyttämättä pukua, videopohjaisen harjoittelun ryhmään, jossa harjoiteltiin reaali maailman ympäristössä, joka esitettiin joko ensimmäisen persoonan tai kolmannen persoonan näkökulmasta, sekä kontrolliryhmään, joka ei osallistunut

harjoitteisiin ollenkaan. Koko kehon visualisoinnin ryhmässä osallistujat saivat täyden kehon visuaalisen palautteen, kyynärvarsien visualisoinnin ryhmässä virtuaalimaailmassa näkyi vain käsivarret, ja videopohjaisen harjoittelun ryhmässä harjoiteltiin liikkeitä katsomalla perinteistä 2D-videota.

Pastel ja muut (2022) totesivat tutkimuksensa tuloksissa, että kaikki ryhmät osoittivat oppimista, mutta VR-ryhmät suoriutuivat paremmin kuin videoryhmä. Koko kehon visualisointi ei tuottanut merkittävästi parempia tuloksia kuin pelkkien kyynärvarsien visualisointi, mikä viittaa siihen, että pelkästään kyynärvarsien visualisointi voi ainakin yksinkertaisemmissa tilanteissa riittää liikkeen oppimiseen. Läsnaolon tunne oli myös korkeampi VR-ryhmissä, mikä voi olla osatekijänä tehokkaaseen oppimiseen. Tutkimus osoittaa, että jopa yksinkertaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan edistää motoristen taitojen oppimista, sillä oppiminen oli mahdollista myös ilman tarkkaa koko kehon visualisointia. Kaikki harjoitusryhmät kehittivät selvästi kontrolliryhmään verrattuna, mikä viittaa VR:n kykyyn edistää oppimista erityisesti, kun mukana oli aiemmin kokemattomia osallistujia eli aloittelijoita. Kokonaisuudessaan tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että VR on potentiaalinen työkalu erityisesti aloittelijoiden urheilutekniikoiden ja -taktiikoiden opetteluun, vaikka joitakin lisäominaisuuksia – kuten vuorovaikutus avatarin kanssa sekä eri oppimistyyppien huomiointi – tarvittaisiin VR:n täyden käyttöpotentiaalinsa saavuttamiseksi.

Chanin ja muiden (2024) ja Pastelin ja muiden (2022) tutkimukset osoittavat samankaltaisia tuloksia virtuaalitodellisuuden potentiaalista motoristen taitojen harjoittelussa. Molemmissa tutkimuksissa korostuu se, että virtuaalitodellisuus voi tarjota realistisen ja immerstiivisen oppimisympäristön, joka tukee sekä suoritustarkkuutta että oppimisprosessia. Sekä Chan ja muut (2024) että Pastel ja muut (2022) havaitsivat VR:n visuaalisilla elementeillä, kuten lentoratojen merkinnällä tai kehonosien visualisoinnilla, olevan merkittävä vaikutus suoritusten laatuun ja kehittymiseen. Näiden havaintojen pohjalta

voidaan todeta, että visuaalisen ohjauksen tarkka suunnittelu ja soveltaminen näyttäytyy uusien asioiden oppimisen osalta virtuaalitodellisuuden keskeisenä vahvuutena.

Kokonaisvaltaisen oppimisen kannalta on tärkeää, että kehitystä tapahtuisi virtuaalimaailman lisäksi myös tosielämässä, ja että virtuaalisesti opitut taidot olisi mahdollista siirtää todellisuuteen. Oagaz ja muut (2022) tutkivat urheilijoiden kehittymistä ja taitojen siirtymistä tosielämään kehittämällä VR-järjestelmän, joka harjoittaa pöytätennispelaajaa oikeaan asentoon ja tekniikkaan sekä arvioi tämän suorituksia. Järjestelmän avulla tutkittiin, kuinka pelaajat kehittyvät viiden harjoituskerran aikana, ja siirtyvätkö opitut taidot todelliseen peliin. Oppimisen etenemistä tarkasteltiin vertaamalla alku- ja loppuharjoitusten dataa, ja taidon siirtymistä todellisuuteen arvioitiin vertaamalla pelaajan suorituksia ennen ja jälkeen VR-harjoittelun. Koska VR-järjestelmä pystyi jäljittelemään pallon lentofysiikkaa, samat tekniikat tuottivat samanlaisen lentoradan niin virtuaalimaailmassa kuin oikeassa maailmassa. Tämän vuoksi tutkimuksen hypoteesi oli, että jos VR-ympäristö jäljittelee todenmukaisesti oikeaa harjoittelua ja tarjoaa tehokasta palautetta, tapahtuu suorituksen paranemista sekä VR:ssä että tosielämässä.

Oagazin ja muiden (2022) tutkimukseen osallistui 18 henkilöä, jotka jaettiin satunnaisesti koe- ja kontrolliryhmiin. Kokeellinen ryhmä harjoitteli VR-ympäristössä sekä kämmenettä rystylyöntejä palauttaen harjoituksen aikana syöttölaitteesta ammuttuja palloja – lisäksi pelaajat pystyivät vaihtoehtoisesti pelaamaan robottivastustajaa vastaan sekä lisäämään virtuaaliseen pöytään maalialueen mieluisimman harjoituksen muodostamiseksi. Käytössä oli myös liikkeenkaappausteknologian avulla mahdollistettu henkilökohtainen ohjausjärjestelmä, joka tarjosi HMD:llä varustetuille pelaajille ohjeita virtuaalitulissa olevasta palautetaulusta, sekä pallonseurantajärjestelmä, joka rekisteröi pallon nopeutta, korkeutta pöydän yläpuolella, palautuspistettä sekä lentorataa. VR-ympäristön suorituksia arvioitiin sen mukaan, miten hyvin eri lyöntiliikkeiden alku- ja loppuasennot vastasivat ammattilaisavataarin mallia.

Oagazin ja muiden (2022, s. 4333) tutkimustulokset osoittivat hypoteesin paikkansapitäväksi: kokeellisessa ryhmässä palautusten laatu – erityisesti nopeus ja tarvittava mataluus – parani tilastollisesti merkitsevästi harjoittelun jälkeen. Palautusten määrä ei muuttunut merkittävästi, mutta palautusten laatu viittasi taitojen siirtymiseen virtuaalitodellisuudesta oikeaan pöytätennikseen. Kontrolliryhmällä ei havaittu vastaavia muutoksia. Johtopäätöksenä voitiin todeta, että VR-harjoittelu voi tukea motoristen taitojen oppimista ja että taidot voivat siirtyä tehokkaasti todelliseen tilanteeseen. Tutkimustulokset ovat vahvasti linjassa Pastelin ja muiden (2022) tulosten kanssa, sillä molemmat tutkimukset todistavat motoristen taitojen oppimisen mahdollisuutta virtuaaliympäristössä. Lisäksi Oagazin ja muiden (2022) tutkimus osoittaa VR:n potentiaalin erityisesti aloittelevien pelaajien harjoittelussa: tämä havaittiin myös Pastelin ja muiden (2022) johtopäätöksissä, kun VR:n vaikutuksia oppimiseen arvioitiin eri taitotasoihin lukeutuvien pelaajien keskuudessa.

Taktiikoiden harjoittelussa virtuaalitodellisuus voi tuoda merkittävästi lisäarvoa urheiluun (Chan ja muut, 2024, s. 6). Tämä johtuu siitä, että virtuaaliympäristössä harjoittelussa urheilijan on mahdollisuus saada reaaliaikaista palautetta (Geisen & Klatt, 2022, s. 1178), visuaalista ohjausta (Chan ja muut, 2024, s. 10) sekä parempia mahdollisuuksia keskittyä ja kiinnittää huomiota olennaisiin asioihin (Jia ja muut, 2024, s. 2). Chan ja muut (2024) keskittyvät tutkimusartikkelissaan taktiikkaharjoitteluun koripallossa, ja vertaavat sen toteuttamista virtuaaliympäristössä perinteisiin menetelmiin. Tutkimuksessa pienelle joukolle koripalloilijoita opetettiin kolme eritasoista pelikuviota, käyttäen apuna perinteistä taktiikkataulua, minkä jälkeen urheilijoita kehoitettiin toistamaan kyseiset kuviot saman tien. Tämän jälkeen pelaajia haastateltiin heidän kokemistaan haasteista, joiksi mainittiin muun muassa juoksulinjojen epävarmuus sekä tarpeellisen ohjeistuksen vähäisyys.

Chanin ja muiden (2024, s. 4) tutkimuksessa pelaajien raportoimien haasteiden pohjalta otettiin taktiikkaharjoitteluun mukaan virtuaalitodellisuus. Kun VR-teknologioiden

tehokkuutta verrattiin perinteiseen taktiikkataulumenetelmään, voitiin todeta virtuaalitodellisuuden olevan ylivoimainen vain sellaisissa tilanteissa, joissa opeteltavat pelikuviot olivat erityisen monimutkaisia. Monimutkaisuus harjoitteissa määräytyi otettujen askelien ja harjoiteltavien liikkeiden määrän mukaan. Hyödyntämällä dynaamista aikaväeristystä pelaajan liikeradan tallentamiseen monimutkaisten pelitilanteiden aikana, VR-harjoittelussa havaittiin noudatettavan ihanteellisempaa juoksulinjaa verrattuna perinteiseen taktiikkatauluharjoitteluun. Tästä syystä virtuaalitodellisuus osoitti potentiaalia monimutkaisempien pelien opettamisessa.

Tsai ja muut (2022) vahvistavat Chanin ja muiden (2024) johtopäätöstä siitä, että virtuaalitodellisuudesta on erityisesti monimutkaisten taktiikoiden opettelussa runsaasti apua. Tsain ja muiden (2022) tutkimuksessa selvitettiin, kuinka tehokasta on oppia koripallon pelitaktiikoita kannettavan VR-järjestelmän avulla verrattuna perinteisiin harjoittelumenetelmiin, kuten taktiikkatauluun ja 2D-monitorilla esitettyyn materiaaliin. Tutkimuksessa käytettiin viittä mittaria arvioimaan VR-harjoittelujärjestelmää. Näitä mittareita olivat epäröinnin kesto suorituksen aikana, juoksulinjojen oikeellisuus, käyttökokeuskyselyt, joilla mitattiin läsnäolon tunnetta ja pahoinvointia, sekä SIAQ-kysely, jolla mitattiin urheilullista mielikuvituskykyä. Osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään – perinteiseen taktiikkatauluryhmään, 2D-monitoriryhmään sekä VR-ryhmään - ja heille opetettiin neljä eri koripallotaktiikkaa kullekin ryhmälle ominaisella tavalla. Jokaisen harjoittelujakson jälkeen tehtiin testi, jonka avulla arvioitiin, kuinka hyvin osallistujat muistivat ja toteuttivat taktiikat käytännössä.

Keskeisimpiin löydöksiin Tsain ja muiden (2022, s. 2981) mukaan kuului muun muassa se, että VR-ryhmä suoriutui muita paremmin monimutkaisissa taktiikoissa, sekä se, että virtuaalitodellisuus mahdollisti paremman strategisen mielikuvituksen. Koska VR-ryhmä koki harjoituksissaan korkeaa immersiota, paransi se strategista mielikuvituskykyä, mikä puolestaan edistää pelaajien kykyä muodostaa konkreettisia suunnitelmia. Juoksulinjojen laadussa tai epäröintiajassa erot eivät olleet ryhmien välillä merkittäviä, ja

yksinkertaisissa taktiikoissa perinteinen taktiikkataulu todettiin riittäväksi menetelmäksi. VR-ryhmä raportoi lisäksi muita ryhmiä korkeammasta läsnäolontunteesta ilman merkittävää pahoinvointia. Läsnäolontunteeseen vaikutti osallistujien haastattelujen mukaan muun muassa virtuaalisten puolustajien simuloiminen, eli realistisen tilanteen jäljittely voidaan sanoa olevan immerstiivisen kokemuksen kannalta tärkeää.

Tsai ja muut (2022, s. 2981) toteavat tutkimuksensa päätteeksi, että tutkimuksessa hyödynnetty VR-järjestelmä ei rajoitu vain koripalloon, vaan myös muut joukkuelajit, kuten jalkapallo ja amerikkalainen jalkapallo, voivat hyötyä siitä. Hypoteesina tutkimukselle oli, että VR-ympäristö, erityisesti ensimmäisen persoonan näkökulmasta, tarjoaa paremman ymmärryksen ja oppimiskokemuksen monimutkaisista koripallotaktiikoista kuin perinteiset opetusmenetelmät, ja se voitiin todeta paikkansapitäväksi. VR-harjoittelun voidaan todeta tarjoavan potentiaalia itseohjautuvaan ja visuaalisesti tuettuun taktiikoiden oppimiseen, ja tätä väitettä tukee osaltaan myös Chanin ja muiden (2024) tutkimustulokset monimutkaisten taktiikoiden opettelusta VR-ympäristössä.

4.1.2 Virtuaalitodellisuus kognitiivisten ja psykologisten taitojen tukena

Kognitiiviset ja psykologiset taidot ovat urheilijalle hyvin oleellisia tämän maksimaalisen suorituspotentiaalin saavuttamisen kannalta. Urheilijan kognitiivisiin ja psykologisiin taitoihin voidaan lukea muun muassa päätöksentekotaidot (Pagé ja muut, 2019, s. 2403; Jia ja muut, 2024, s. 1), motivaatio (Ulas & Semin, 2020, s. 321), tarkkaavaisuus (Shimi ja muut, 2021, s. 1), sekä tunteiden ja stressin säätely (Trpkovici ja muut, 2025, s. 2; Kelly ja muut, 2022, s. 2). Tässä alaluvussa tarkastellaan, miten virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää edellä mainittujen taitojen kehittämisessä urheilun kontekstissa. Ensimmäisenä tarkastellaan päätöksentekotaitoja, jotka ovat erityisen keskeisiä suorituksen onnistumisen kannalta monissa lajeissa.

Fyysisten suoritusten ohella urheilijoiden on tärkeää hallita päätöksentekotaitoja, eli kykyä havaita, tulkita ja reagoida tilanteisiin nopeasti ja tarkoituksenmukaisesti. Tämän

vuoksi myös päätöksentekoa tulisi harjoittaa systemaattisesti osana valmennusta (Pagé ja muut, 2019, s. 2403). Sekä Pagén ja muiden (2019) että Jian ja muiden (2024) tutkimukset osoittavat, että virtuaalitodellisuus voi olla tehokas työkalu näiden taitojen kehittämisessä. Jia ja muut (2024) tutkivat virtuaalitodellisuuden käyttöä päätöksenteon harjoittelussa eri joukkueurheilulajeissa, kuten jalkapallossa, koripallossa, käsipallossa ja kriketissä. Pagé ja muut (2019) puolestaan tarkastelivat päätöksentekotaitojen siirtymistä ja yleistymistä todelliseen maailmaan.

Jian ja muiden (2024) tutkimukseen osallistui niin aloittelijoita, ammattilaispelaajia kuin tuomareitakin. Käytössä olivat sekä animoidut, että 360 asteen panoraamaversiot virtuaalitodellisuudesta, joita esitettiin HMD- ja CAVE-teknologioiden avulla. Joissakin tapauksissa hyödynnettiin lisäteknologioita, kuten liikkeenkaappausta ja silmänliikkeiden seuranta. Tutkimuksessa arvioitiin eri päätöksentekotehtävien onnistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Vaikka tulokset vaihtelivat tehtävätyypin, VR-ympäristön ja osallistujan taustan mukaan, yleisesti VR:n todettiin olevan vähintään yhtä tehokas kuin perinteinen harjoittelu – ja joissain tapauksissa jopa tehokkaampi. Esimerkiksi jalkapallotuomarit kokivat VR:n videomateriaalia realistisempänä, mikä paransi päätöksenteon tarkkuutta. Ammattilaistason pelaajat raportoivat päätöksenteon nopeutuneen erityisesti panoraamaversiota hyödyntävässä HMD-ympäristössä. Myös kyky hahmottaa tilanteita eri näkökulmista, keskittymiskyvyn paraneminen sekä turvallinen, kuormittamaton harjoitteluympäristö nähtiin virtuaalitodellisuuden etuina.

Pagé ja muut (2019) tarkastelivat päätöksenteon siirtymistä ja yleistymistä koripalloilijoilla vertaamalla tietokonenäytöltä katsottuja simulaatioita virtuaalitodellisuusympäristössä katsottuihin videoihin. Tutkimuksessa VR-harjoittelu ei ainoastaan parantanut pelaajien päätöksentekoa tutuissa tilanteissa, vaan mahdollisti myös osaamisen siirtymisen uusiin, harjoittelemattomiin tilanteisiin – toisin kuin 2D-näytön avulla harjoitteleilla. Tämä viittaa siihen, että immerstiivinen VR-ympäristö voi edistää syvällisempää oppimista ja rohkaista aktiiviseen visuaalisen informaation etsimiseen.

Jian ja muiden (2024) tutkimus tarkasteli laajasti VR-tekniikan käyttöä eri lajeissa ja käyttäjäryhmissä, ja nosti esiin VR:n potentiaalisen päätöksenteon tarkkuuden ja nopeuden kehittämisessä, kun taas Pagén ja muiden (2019) tutkimuksessa selvitettiin VR-harjoittelun vaikutuksia koripalloilijoiden päätöksentekoon kenttäolosuhteissa. Sekä Pagén ja muiden (2019) että Jian ja muiden (2024) tutkimukset korostavat VR:n kykyä tarjota autenttisia ärsykeitä ja todennukaisia pelitilanteita, jotka voivat parantaa päätöksenteon nopeutta ja tarkkuutta. Jian ja muiden (2024) tutkimuksen laajempi otanta ja teknologinen monipuolisuus tukevat Pagén ja muiden (2019, s. 2407–2408) havaintoja: VR-harjoittelu ei ole ainoastaan vaihtoehtoinen toimintatapa, vaan se voi myös yleistyä yli tilanteiden ja tasojen – edellyttäen, että harjoittelu on säännöllistä ja sisältää runsaasti palautejaksoja.

Ulas & Semin (2020, s. 322) tutkivat virtuaalitodellisuusharjoittelun vaikutuksia korkeakouluopiskelijoiden terveyteen sekä motivaation kautta tapahtuvaan aktiivisuuden lisääntymiseen. Tutkimukseen osallistui 80 opiskelijaa, jotka jaettiin kolmeen ryhmään: VR-harjoitteluryhmään, perinteisen harjoittelun ryhmään ja kontrolliryhmään. Harjoitteluryhmät liikkuvat kahdeksan viikon ajan kolme kertaa viikossa 30 minuutin ajan, joko VR-lasien avulla tai perinteisesti peilin edessä video-ohjauksen avulla. Kuusi kuukautta tutkimuksen jälkeen lähetetyssä kyselyssä yli puolet osallistujista kertoi tutkimuksen motivoineen heitä aloittamaan liikunnan, mutta vain noin viidesosa VR-harjoitteluryhmästä ja kontrolliryhmästä sekä vajaa viidesosa perinteisen harjoittelun ryhmästä oli jatkanut säännöllistä liikuntaa. Perinteisen ryhmän raportoitiin käyttäneen harjoituksissa enemmän energiaa ja ottaneen enemmän askelia, mutta kokeneen myös enemmän väsymystä. VR-ryhmässä puolestaan raportoitiin harjoittelun aikaisesta irtautumisesta ja vapauden tunteesta sekä ahdistuksen vähenemisestä.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että virtuaalitodellisuus voi lisätä liikuntamotivaatiota ja toimia ahdistusta lieventävänä tekijänä. Vaikka perinteinen harjoittelu tuotti

enemmän fyysisiä hyötyjä, VR-harjoittelun koettiin olevan miellyttävämpää ja psykisesti palkitsevampaa. Molempien harjoitusryhmien kouluarvosanat paranivat keväällä, mikä korreloi vähentyneen ahdistuksen ja lisääntyneen motivaation kanssa. Tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin, että VR-sovellukset voivat lisätä liikunnan mielekkyyttä ja muodostavat motivoivan työkalun fyysisen aktiivisuuden kontekstiin. Nämä havainnot ovat Ulasin ja Seminin (2020, s. 324) mukaan linjassa aiemmin teetetyn tutkimuksen kanssa, jossa VR:n havaittiin lisäävän suorituksen nautittavuutta sekä lieventävän ahdistuksen ja masennuksen tunteita. Vaikka Ulasin ja Seminin (2020) tutkimus kohdistui korkeakouluopiskelijoihin eikä ammattiuurheilijoihin, sen tulokset ovat merkityksellisiä myös ammattiuurheilun näkökulmasta. Ammattilaisurheilussa psyykinen hyvinvointi, motivaatio ja ahdistuksen hallinta ovat keskeisiä suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä, ja näin ollen tutkimus tarjoaa arvokasta pohjaa sille, miten virtuaalitodellisuutta voitaisiin hyödyntää myös urheilijoiden henkisen tuen ja harjoittelumotivaation tukemisessa.

Urheilijan kokema ahdistus ja paineen tunne ovat osa-alueita, jotka ovat kiinnostaneet tutkijoita urheilupsykologian alalla runsaasti, mutta haasteena sen tutkimisessa on ollut luoda realistisen paine- ja jännitystaso, jonka vaikutuksia käyttäytymiseen voitaisiin arvioida kontrolloidussa ympäristössä (Kelly ja muut, 2022, s. 1–2). Virtuaalitodellisuus voi toimia ratkaisuna tähän ongelmaan, sillä sen keskeiset ominaisuudet - kuten toistettavuus, realismi, muovattavuus sekä mitattavuus – voivat mahdollistaa sellaisen ympäristön luomisen, joka ei todellisuudessa olisi mahdollista. Kelly ja muut (2022, s. 2) halusivat tutkia, onko virtuaaliympäristöön muodostettu harjoittelusimulaattori verrattavissa todelliseen urheiluharjoitukseen, ja jos on, vaikuttavatko paineen manipulaatiot ahdistustasoihin ja suorituskykyyn eliitti- ja harrastajapelaajien välillä.

Kellyn ja muiden (2022) tutkimukseen osallistui 28 kriketin pelaajaa, jotka jaettiin taitotason mukaan kahteen ryhmään. Pelaajat suorittivat HMD:tä hyödyntäen kolme pelitilannetta VR-ympäristössä: kaksi matalan paineen tilannetta ja yhden korkean paineen tilanteen. Korkean paineen tilanne sisälsi muun muassa virtuaalisen yleisön, tunnetun

stadionin ja kansainvälisen tason syöttäjän, joiden tarkoituksena oli luoda painetta. Suorituskykyä mitattiin useilla eri muuttujilla, kuten osumien määrällä, saaduilla juoksuilla sekä mailan liikkeen ajoituksella. Samalla mitattiin psykologisia vasteita, kuten kognitiivista ja somaattista ahdistusta sekä koettua kontrollin tunnetta tilanteessa. Tutkimuksen hypoteesina oli, että kilpailupaine lisää psykologisia ja fysiologisia vasteita, kuten ahdistusta ja sykettä, ja että vähemmän kokeneiden pelaajien suorituskyky heikkenee paineen alla enemmän kuin kokeneiden.

Tutkimustulokset osoittivat, että painetilanne onnistuttiin luomaan virtuaaliympäristöön uskottavasti. Tämä pystyttiin päättelemään siitä, että kilpailupaine lisäsi selvästi psykologista ahdistusta ja psyykkistä ponnistelua molemmilla taitotasoilla. Toinen hypoteeseista osoittautui siis paikkansapitäväksi, mutta oletus siitä, että vähemmän kokeneiden pelaajien suorituskyky heikkenisi paineiden alla kokeneita pelaajia enemmän, ei toteutunut. Kokeneempien pelaajien ryhmä säilytti kuitenkin kokonaisuudessaan paremman suorituskyvyn ja koki enemmän kontrollia kaikissa tilanteissa. Suoritus saattoi jopa parantua korkean paineen tilanteissa, mikä viittaa siihen, että paine ei aina heikennä suoritusta, vaan se voi jopa aktivoida.

Vaikka Ulasin ja Seminin (2020) ja Kellyn ja muiden (2022) tutkimukset tarkastelivat eri käyttäjäryhmiä ja tavoitteita, ne molemmat osoittavat, että virtuaalitodellisuus voi olla tehokas väline vaikuttamaan psykologisiin kokemuksiin harjoittelun aikana: joko lisäämällä hyvinvointia ja motivaatiota (Ulas & Semin, 2020, s. 325) tai simuloimalla realistisia ja kilpailullisia painetilanteita (Kelly ja muut, 2022, s. 6). Tutkimustulokset myös vahvistavat ajatusta siitä, että VR:n käyttö voi tuottaa mielekkäitä ja autenttisia kokemuksia, jotka tukevat käyttäjän sitoutumista harjoitteluun, vaikkakin sen vaikutukset suorituskykyyn tai käyttäytymisen muutokseen voivat vaihdella. Ahdistuksen väheneminen oli tutkimustuloksissa yhteinen tekijä: Ulas & Semin (2020, s. 324) totesivat virtuaaliympäristössä toteutetun liikuntaharjoittelun korreloivan ahdistuksen tunteen vähenemiseen, ja

Kelly ja muut (2020, s. 10) päättelivät, että kokeneilla pelaajilla ahdistuksen hallinnan kanssa korreloivana tekijänä oli virtuaaliympäristössä koettu kontrolli.

4.1.3 Virtuaalitodellisuus urheilijan palautteensaannin tukena

Hanashima ja muut (2023, s. 248) määrittelevät palautteen yhdeksi motorista oppimista merkittävästi edistäväksi tekijäksi. Heidän mukaansa palaute voidaan luokitella sisäiseksi, eli kehon omista aistinelimistä saatavaksi, sekä ulkoiseksi, joka saadaan ulkoisista lähteistä, kuten valmentajalta. Ulkoinen palaute jaetaan edelleen suoritustuloksen tietoon ja suoritustavan tietoon. Sigrist ja muut (2015, s. 910) vahvistavat Hanashiman ja muiden (2023, s. 248) näkemystä palautteen tärkeydestä motoriikan oppimisessa ja harjoittamisessa toteamalla, että palautteen on havaittu parantavan suorituskyykyä harjoittelun aikana, ja suorituskyvyn on todettu heikkenevän merkittävästi, kun palaute poistetaan. Virtuaalitodellisuus voi tehostaa ja helpottaa palautteensaantiprosessia monin eri tavoin, sillä perinteisistä nyky menetelmistä puuttuvat muun muassa reaaliaikaisuus sekä 3D-näkymä, mikä voi aiheuttaa esimerkiksi vajavaisuutta urheilijoiden oikea-aikaiseen reagointiin ja liikkeenkorjaukseen (Geisen & Klatt, 2022, s. 1179). Seuraavaksi tutkimuksessa tarkastellaan, millaista lisäarvoa virtuaalitodellisuus voi urheiluun palautteensaannin ja -antamisen kontekstissa tuoda.

Palautemuotoja voi olla erilaisia ja niitä voidaan tehokkaasti myös yhdistellä. Hanashima ja muut (2023) selvittivät tutkimuksessaan, miten VR-ympäristössä esitetty avatar-näkymä ja palautteen muoto vaikuttavat motoriseen asennon oppimiseen. Hypoteesina oli, että kolmannen persoonan näkymä sekä oikeaan suoritukseen yhdistetty tuntoaistiin perustuva palaute parantavat oppimista ja tukevat oppimisprosessia. Tutkimus toteutettiin siten, että osallistujat oppivat virtuaaliympäristössä erilaisia kehon asentoja vertaamalla omaa avatariaan ohjaajan avatarin kanssa: avatareja esitettiin päällekkäin joko ensimmäisestä tai kolmannesta persoonasta katsottuna. Palautetta annettiin joko pelkästään visuaalisesti, tai näkö-tunto-yhdistelmänä, jossa tunnettiin tärinää oikeasta tai väärästä suorituksesta. Jokaisen asennon oppimisprosessi sisälsi katseluvaiheen, toistot ilman

palautetta, oppimisvaiheen palautteen kanssa, kyselyt sekä uudelleentoistot ilman palautetta.

Hanashiman ja muiden (2023, s. 259) tutkimustulokset osoittivat, että VR:ssä kolmannen persoonan näkymä ja oikeaan suoritukseen sidottu, tuntoaistiin perustuva palaute, tukevat motorisen oppimisen kokemuksellista puolta. Palautemuotona käytetty ääni ei parantanut mitattua oppimistarkkuutta, mutta lisäsi koettua oppimisen helppoutta. Tuloksia voidaan hyödyntää erilaisissa VR-sovelluksissa, joissa palautteen annolla on tärkeä rooli, kuten urheilijan tekniikkaharjoittelussa, missä visuaalisen ja tuntoaistiin perustuvan palautteen yhdistelmä sekä tarkkailumahdollisuus kolmannesta persoonasta voivat tehostaa oppimista ja kehonhallinnan kehittymistä.

Ulkoinen palaute on palautetta, jonka urheilija saa suorituksensa tuloksista tai suoritustavasta ulkopuoliselta taholta, kuten valmentajalta, terapeutilta tai vaikkapa näytöltä (Sigrist ja muut, 2015, s. 909). Kuten Hanashima ja muut (2023), myös Sigrist ja muut (2015) tutkivat aisteihin perustuvien palautteiden yhdistämistä teettämällä tutkimuksen, jossa tarkasteltiin ulkoisen palautteen vaikutuksia monimutkaisen motorisen liikkeen oppimiseen soutamistehtävässä. Tutkimuksen hypoteesina oli, että multimodaaliset, eli moninkertaiset ja yhtäaikaiset palautteet parantaisivat oppimista erityisesti liikkeen nopeuden ja tilallisten tekijöiden osalta, koska ne auttaisivat liikkeen dynaamisten ja tilallisten piirteiden havainnointia ja muistamista. Tutkimus toteutettiin CAVE-ympäristöön muodostetussa soutuharjoituksessa, jossa osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään: pelkän visuaalisen palautteen ryhmään, visuaalisen ja auditiivisen palautteen ryhmään, sekä visuaalisen ja haptisen, eli kosketukseen liittyvän, palautteen ryhmään.

Kaikille osallistujille Sigristin ja muiden (2015) tutkimuksessa annettiin palautetta eri tavoin ja he harjoittelivat soutamista eri palautejärjestelmillä. Harjoittelun aikana seurattiin virheitä liikkeen nopeudessa ja tilallisissa seikoissa. Visuaalinen palaute muodostui näytöllä näkyvästä tavoiteairosta, ja mitä suurempi tapahtunut virhe oli, sitä näkyvämpi

tavoiteairo ja suuremmat värilliset merkit näytöllä olivat. Auditiiivisessa palautteessa airoliike muokattiin ääniksi, ja osallistujan tuli synkronoida oma liikkeensä mallin ääneen kuulokkeilla. Haptisen palautteen ryhmässä osallistuja tunsu airossa vastusta, kun se poikkesi tavoiteradalta. Pieni virhe ei tuottanut tuntoaistimusta, mutta suuremmista virheistä syntyi vastustavia voimia. Harjoituksia tehtiin sekä palautteen kanssa että ilman palautetta, ja oppimista mitattiin perusmittauksin, arvioimalla opitun muistamista, sekä toteuttamalla osallistujakysely.

Sigrist ja muut (2015, s. 922) totesivat tutkimustuloksissaan, että kaikilla palautetyypeillä oli omat positiiviset vaikutuksensa, mutta monilla niistä oli myös haasteensa. Visuaalinen palaute yksinään oli tehokasta, sillä se vähensi virheitä liikkeeseen liittyvissä tilallisissa tekijöissä sekä liikkeen nopeudessa. Auditiiivinen palaute paransi erityisesti liikkeen nopeuden oppimista, eikä se kuormittanut osallistujia liikaa. Haptinen palaute auttoi tilallisten virheiden vähenemisessä, mutta vaikutukset olivat haasteellisempia, erityisesti niille, jotka kokivat palautteen liian haastavaksi. Multimodaaliset palautteet, eli visuaalisch auditiiivinen ja visuaalisch haptinen, vähensivät virheitä tehokkaasti, mutta jo pelkkä yksimodaalinen visuaalinen palaute tuotti hyviä tuloksia, joten multimodaalinen palaute ei ollut kaikille osallistujille välttämätöntä.

Sigristin ja muiden (2015) tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että palautteen suunnittelu on ratkaisevaa oppimisen kannalta, ja multimodaaliset palautteet voivat parantaa oppimistuloksia erityisesti monimutkaisissa ja kontekstissaan tapahtuvissa liikkeissä. Tutkimus tukee samoja johtopäätöksiä kuin Hanashiman ja muiden (2023) tutkimus VR-ympäristössä: molemmissa tutkimuksissa havaittiin, että visuaalisen palautteen yhdistäminen toiseen aistikanavaan – kuten tunto- tai kuuloaistiin – voi tukea motorisen oppimisen kokemuksellista puolta sekä parantaa liikkeen sisäistä hahmotusta, vaikka se ei aina näkyisikään välittömästi mitattavassa suoritustarkkuudessa. Molemmat tutkimukset korostavat myös mahdollisuuksia hyödyntää löydöksiä virtuaaliodellisuudessa ja urheilutekniikan harjoittelussa.

Verbaalinen palaute liitetään usein pelkästään perinteisiin palautteenantomenetelmiin, mutta sitä voidaan hyödyntää myös virtuaalitodellisuuden kanssa harjoitellessa. Perinteisten menetelmien osalta verbaalinen palaute saadaan usein vasta suorituksen jälkeen, ja valmentajien antamassa palautteessa saattaa kestää jopa tunteja (Geisen & Klatt, 2022, s. 1179). Virtuaalitodellisuudessa verbaalinen palaute voidaan sisällyttää virtuaaliympäristöön, jossa urheiluharjoitus tehdään, ja palaute saadaan reaaliajassa. Hülsmann ja muut (2018) tutkivat visuaalisen palautteen lisäksi myös verbaalista palautetta kehittäessään järjestelmän, joka tunnistaa motorisia virheitä reaaliaikaisesti ja tarjoaa palautetta virtuaalitodellisuudessa urheilusuoritusten aikana. Tutkimuksen taustalla oli ajatus siitä, että sen aikaiset VR-harjoitusjärjestelmät kykenivät tarjoamaan vain karkean tason tietoa liikkeen laadusta, eikä riittävästi tarkkaa palautetta motoristen virheiden korjaamiseksi. Tavoitteena oli siis luoda järjestelmä, joka osaa analysoida käyttäjän liikkeitä tarkasti ja antaa yksilöllistä, informatiivista palautetta.

Hülsmannin ja muiden (2018) tutkimuksessa kehitettiin monivaiheinen palauteprosessi, joka koostui kahdesta pääosasta: motoristen virheiden luokittelusta ja lisätyn palautteen automaattisesta tuottamisesta. Työn tavoitteena oli arvioida urheiluvalmennuksen kontekstissa VR-ympäristössä suoritettuja kyykkyjä ja Tai Chi -lajiin kuuluvia työntöjä. Hypoteesi oli, että kehitetty koneoppimispohjainen järjestelmä pystyy aiemmin hyödynnettyjä menetelmiä tehokkaammin tunnistamaan motorisia virheitä ja tuottamaan verbaalista ja visuaalista palautetta reaaliajassa, mikä parantaa harjoittelijan suoritusta VR-ympäristössä. Verbaalinen palaute muodostui ennalta määritellyistä virheilmoituksista, ja visuaalinen palaute muodostui käyttäjän avatarin virhealueiden korostamisesta värimuutoksin. Tutkimuksessa kehitettyä menetelmää verrattiin kahteen yleiseen lähestymistapaan sekä liikkeen tarkkuuden että nopeuden suhteen.

Hülsmannin ja muiden (2018, s. 57) hypoteesi osoittautui paikkansapitäväksi, sillä kehitetty palauteprosessi tunnistoi virheitä tarkemmin ja nopeammin kuin muut testatut menetelmät. Reaaliaikainen visuaalinen palaute avatarin värimuutoksin koettiin

hyödylliseksi ja intuitiiviseksi. Sanallisen palautteen raportoitiin toimineen hyvin tukena, mutta visuaalinen palaute toimi parhaiten motoristen virheiden korjaamiseen. Järjestelmän todettiin soveltuvan erinomaisesti VR-pohjaisiin urheiluvalmennuksen sovelluksiin, joissa tarkka ja yksilöllinen palaute on tärkeää. Tutkimus on vahvasti linjassa sekä Sigristin ja muiden (2015) että Hanashiman ja muiden (2023) tutkimusten kanssa, sillä kaikki totesivat visuaalisen palautteen toimivan tehokkaana työkaluna motorisessa oppimisessa. Kaikkia tutkimuksia yhdisti myös yhteinen johtopäätös siitä, että yhdistetty monikanavainen palaute voi parantaa kokemuksellisuutta, tarkkuutta ja itsenäistä liikkeenkorjausta suorituksen aikana.

4.2 Yhteenveto

Virtuaalitodellisuuden avulla harjoittelun voidaan tehdyn tutkimuksen pohjalta todeta olevan tehokasta, matalariskistä ja vaivatonta. VR-tekniikoista CAVE vaatii käyttäjältään resursseja enemmän kuin 2D-muotoinen videokuvaus tai pienikokoinen ja edullinen HMD (Jia ja muut, 2024, s. 11), mutta kaikkien teknologioiden piirteitä ovat immersio, interaktiivisuus sekä toistettavuus (Faure ja muut, 2020), mikä mahdollistaa harjoittelun ajasta ja paikasta riippumatta. Lisäksi virtuaalitodellisuus pystyy huomioimaan urheilijan yksilöllisyyden (Chan ja muut, 2024, s. 15), mikä puolestaan mahdollistaa räätälöityjen harjoitusohjelmien luomisen sekä kunkin käyttäjän tarvittavien osa-alueiden oppimisen ja harjoittelemisen. Virtuaalitodellisuus hyödyttää myös valmentajia muun muassa uusien strategioiden kehittämisessä (Zhao & Guo, 2022, s. 5) sekä tehokkaassa kommunikoinnissa urheilijan kanssa (Geisen & Klatt, s. 1188).

Taito- ja taktiikkaharjoittelun osalta virtuaalitodellisuuden todettiin hyödyttävän urheilijoita heittoharjoittelussa (Chan ja muut, 2024), uusien asioiden oppimisessa (Zhao & Guo, 2022; Geisen & Klatt, 2022), virtuaalisesti opittujen taitojen siirtämisessä todellisuuteen (Oagaz ja muut, 2022), taktiikoiden ja pelikuvioiden harjoittamisessa (Chan ja muut, 2024) sekä monimutkaisten taitojen ja taktiikoiden opettelemisessa (Tsai ja muut,

2022). Useissa tutkimuksissa virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä harjoitusryhmällä tulokset olivat parempia kuin perinteisen harjoittelun ryhmällä, mikä johtui useasta eri VR-teknologioihin liittyvästä tekijästä: VR-ryhmät hyötyivät visuaalisesta ohjauksesta, näkökulman vaihtelusta ja suoritustekniikan analysoinnin mahdollistavasta liikkeenkaap-pausteknologiasta (Chan ja muut, 2024, s. 13–15), erilaisista kehon visualisoinneista (Pastel ja muut, 2022, s. 538), virtuaalitodellisuuden kyvystä jäljitellä pallon lentofysiikkaa, pelitilanteeseen tarjottavista vaihtoehtoisista vastustajista ja mallina toimivista virtuaaliavatarista (Oagaz ja muut, 2022, s. 4334), sekä virtuaaliympäristössä toimivista mit-tareista (Tsai ja muut, 2022, s. 2980–2981).

Kognitiivisten ja psykologisten taitojen osalta virtuaalitodellisuudesta todettiin olevan hyötyä päätöksentekoprosessissa (Pagé ja muut, 2019, s. 2407; Jia ja muut, 2024, s. 14), käyttäjän motivoimisessa (Ulas & Semin, 2020, s. 325), tarkkaavaisuudessa (Shimi ja muut, 2021, s. 13) sekä tunteiden säätelyssä (Kelly ja muut, 2022, s. 10; Trpkovici ja muut, 2025, s. 5). Päätöksenteko nopeutui ja tarkentui virtuaalitodellisuuden avulla, ja päätöks-entekotaidot siirtyivät virtuaalimaailmasta myös todellisiin, aiemmin harjoittelematto-miin tilanteisiin (Jia ja muut, 2024, s. 14; Pagé ja muut, 2019, s. 2407). Motivaatioon VR-ympäristössä harjoitteleminen vaikutti positiivisesti (Ulas & Semin, 2020, s. 324) ja ahdis-tuksen koettiin monesti vähenevän (Ulas & Semin, 2020, s. 324; Kelly ja muut, 2022, s. 10). Kognitiivisia ja psykologisia taitoja pystyttiin uskottavasti luomaan virtuaa-liympäristöihin, sillä tilanteisiin pystyttiin lisäämään tarvittavia elementtejä – kuten todellisen kaltaisia urheiluympäristöjä, virtuaalista yleisöä sekä joukkueovereita tai vas-tustajia.

VR-teknologiat todettiin hyödylliseksi apukeinoksi myös urheilijan palauteprosessissa. Eri palautemuotojen yhdistäminen todettiin kaikista tehokkaimmaksi keinoksi, ja aisti-kanavia yhdistämällä saatua multimodaalista palautetta pystyttiin antamaan virtuaa-liympäristön ansiosta. Palauteprosessissa hyödynnettiin ensimmäisen ja kolmannen per-soonan näkymiä sekä visuaalista, auditiivista ja haptista palautetta. Haptinen palaute

osoittautui tehokkaaksi keinoksi lisätä koettua oppimisen helppoutta (Hanashima ja muut, 2023, s. 259), visuaalinen palaute vähensi virheitä suoritusliikkeisiin liittyvissä tilallisissa tekijöissä sekä niiden nopeudessa, ja auditiivinen palaute paransi erityisesti liikkeen nopeuden oppimista kuormittamatta osallistujia liikaa (Sigrist ja muut, 2015, s. 910). Aistikanavia yhdistämällä saatu palaute toimi virheiden vähentämisessä tehokkaasti. Virtuaalitodellisuus mahdollisti reaaliaikaisen, suorituksen aikana saatavan palautteen, ja se pystyi myös antamaan tarkkaa palautetta motoristen virheiden korjaukseksi. VR-pohjaisen palauteprosessin koettiin voivan parantavan kokemuksellisuutta, tarkkuutta ja urheilijan itsenäistä liikkeenkorjausta suorituksen aikana (Hülsmann ja muut, 2018; Sigrist ja muut, 2015; Hanashima ja muut, 2023).

5 Diskussio

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, miten virtuaalitodellisuuden teknologioita pystytään hyödyntämään ammattiurheilun kontekstissa. Tutkimuksessa perehdyttiin virtuaalitodellisuudessa käytettäviin teknologioihin sekä VR:n tuomaan lisäarvoon urheilussa, aina taito- ja taktiikkaharjoittelusta psykologisiin ja kognitiivisiin taitoihin sekä palauteprosessiin. Monet tutkimukset (ks. esim. Zhao & Guo, 2022; Giblin ja muut, 2016; Jia ja muut, 2024) käsitelivät urheilun eri osa-alueita verraten niiden toteuttamista virtuaaliympäristössä perinteisiin menetelmiin, ja virtuaalitodellisuudella havaittiin olevan merkittävästi potentiaalia urheilusuoritusten ja saavutettujen tulosten parantamisessa (ks. esim. Oagaz ja muut, 2022; Tsai ja muut, 2022; Pagé ja muut, 2019).

Tässä tutkimuksessa esiin nousseet havainnot ovat linjassa aiemman tutkimuksen käsityksen kanssa virtuaalitodellisuuden monipuolisista soveltamismahdollisuuksista urheilun kontekstissa. Aiemmat tutkimukset (ks. esim. Kelly ja muut, 2022; Giblin ja muut, 2016; Zhao & Guo, 2022) ovat osoittaneet virtuaalitodellisuusteknologian kykenevän simuloimaan todellisia tilanteita tehokkaasti, ja tämän tutkimuksen perusteella tämä pätee myös monimutkaisissa taitojen ja taktiikoiden oppimisen prosesseissa. Erityisesti ensimmäisen persoonan näkymän ja immersiiivisen ympäristön on havaittu tukevan taktisen ymmärryksen ja päätöksenteon kehittymistä erityisesti siksi, että ne tarjoavat realistisia, kokemuksellisia harjoitustilanteita (Chan ja muut, 2024; Tsai ja muut, 2022). Lisäksi useat lähteet (ks. esim. Jia ja muut, 2024; Ulas & Semin, 2020) painottavat virtuaalitodellisuuden mahdollistamaa turvallista, motivoivaa ja vähemmän kuormittavaa oppimisympäristöä: kyseinen havainto sai tukea myös tämän tutkimuksen aineistosta. Virtuaalitodellisuuden psykologinen lisäarvo, kuten ahdistuksen lieventyminen ja keskittymiskyvyn parantuminen, voi toimia merkittävänä tekijänä erityisesti urheilijoiden psyykkisen valmennuksen tukena (Kelly ja muut, 2022; Jia ja muut, 2024).

Tämä tutkimus tuo uutta syvyyttä erityisesti siihen, miten monella tasolla virtuaalitodellisuus voi tukea urheilijan kehitystä – ei ainoastaan teknisessä tai taktisessa harjoittelussa, vaan myös psykologisten valmiuksien ja palauteprosessin osa-alueilla. Aiemmissä tutkimuksissa (ks. esim. Chan ja muut, 2024; Hanashima ja muut, 2023; Sigrist ja muut, 2015) virtuaalitodellisuutta on lähestytty usein yksittäisen käyttötarkoituksen näkökulmasta, kun taas tässä katsauksessa korostuu kokonaisvaltaisempi ymmärrys virtuaalitodellisuuden roolista urheilijan oppimisprosessissa. Erityisesti multimodaalisen palautteen merkitys motorisen oppimisen tukena nousee keskeiseksi havainnoksi, mikä tarjoaa hyödyllistä pohjaa valmennusmetodien kehittämiseen. Lisäksi tutkimuksessa tuodaan esiin virtuaalitodellisuuden soveltuvuus aloittelijoiden taitojen siirtämisessä virtuaaliympäristöstä reaali maailmaan, mikä on teema, joka voi osoittautua erityisen arvokkaaksi junioriurheilun tai loukkaantumisesta toipuvien urheilijoiden harjoitusratkaisujen suunnittelussa.

Tutkimuksella on kuitenkin useita rajoitteita, jotka on syytä ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Ensinnäkin kyseessä on narratiivinen kirjallisuuskatsaus, mikä tarkoittaa, että lähteiden valinta ja tulkinta ovat väistämättä tekijän subjektiivisesti painottamia. Toisin kuin systemaattinen kirjallisuuskatsaus, narratiivinen katsaus ei noudata ennalta määriteltyä, toistettavaa hakustrategiaa, mikä rajoittaa tulosten yleistettävyyttä ja arvioitavuutta. Tästä johtuen valitut tutkimukset saattavat painottua tiettyihin näkökulmiin tai aihealueisiin, eikä kattavuus ole samalla tavalla varmistettu kuin systemaattisessa menetelmässä. Toinen keskeinen rajoite liittyy virtuaalitodellisuusteknologian nopeaan kehitykseen ja sen moninaiisiin toteutustapoihin eri tutkimuksissa. Koska VR-laitteistot, ohjelmistot ja vuorovaikutusmenetelmät vaihtelevat merkittävästi tutkimusten välillä, tuloksia voi olla vaikea vertailla keskenään tai yleistää laajemmin. Osa tarkastelluista tutkimuksista (ks. esim. Tsai ja muut, 2022; Pagé ja muut, 2019; Sigrist ja muut, 2015) perustuu vanhempiin teknologioihin, joiden ominaisuudet – kuten resoluutio tai liikkeentunnistus – poikkeavat merkittävästi nykyisistä, kaupallisesti saatavilla olevista ratkaisuista. Tämä teknologinen hajanaisuus voi vaikuttaa tutkimustulosten relevanssiin

nykykontekstissa ja vaikeuttaa virtuaalitodellisuuden todellisen potentiaalin arviointia ammattuurheilun tarpeisiin.

Lisäksi, suurin osa tarkastelluista tutkimuksista on toteutettu kontrolloiduissa laboratorioympäristöissä, mikä voi rajoittaa tulosten suoraan sovellettavuutta huipputason kilpailutilanteisiin tai käytännön valmennustilanteisiin. Näin ollen tarvitaan lisätutkimusta, joka kohdistuu VR-tekniikan käyttöön todellisissa harjoitusympäristöissä, eri urheilulajien konteksteissa ja erityisesti pitkäaikaisina interventioina. Lisäksi olisi hyödyllistä tarkastella, miten VR:n ja tekoälypohjaisen analytiikan yhdistäminen voi tukea yksilöllisen palautteen antamista esimerkiksi reaaliaikaisen liikeanalyysin avulla. Myös valmentajien näkemyksiä virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä tulisi tutkia laajemmin, sillä heidän roolinsa on keskeinen uuden tekniikan jalkauttamisessa osaksi arjen harjoittelua.

Lähteet

- Alzahrani, A. & Ullah, A. (2024). Advanced biomechanical analytics: Wearable technologies for precision health monitoring in sports performance. *Digital Health*, 10(2), 1–18. <https://doi.org/10.1177/20552076241256745>
- Carrio Sampedro, A. (2024). Artificial intelligence in sports: A revolutionary technology that must be handled with care. *Movimento*, 30, 2–5. <https://doi.org/10.22456/1982-8918.143278>
- Chan, C. H. M., Ma, M. K. I., Chan, T. K., Yeung, L. T., Chan, Y. K. (2024). Current applications of virtual reality in basketball training: a systematic review. *Sports Engineering*, 27(2), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s12283-024-00469-1>
- Farley, O. R. L., Spencer, K. & Baudinet, L. (2020). Virtual reality in sports coaching, skill acquisition and application to surfing: A review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 535–548. <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.153.06>
- Faure, C., Limballe, A., Bideau, B. & Kulpa, R. (2019). Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of Sports Sciences*, 38(2), 192–205. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689807>
- Frevel, N., Beiderbeck, D. & Schmidt, S. L. (2022). The impact of technology on sports – A prospective study. *Technological Forecasting & Social Change*, 182, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121838>
- Geisen, M. & Klatt, S. (2022). Real-time feedback using extended reality: A current overview and further integration into sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(5), 1178–1194. <https://doi.org/10.1177/17479541211051006>
- Giblin, G., Tor, E. & Parrington, L. (2016). The impact of technology on elite sports performance. *Sensoria: A Journal of Mind, Brain & Culture*, 12(2), 3–9. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>
- Hanashima, R., Tokuda, T., Mochimaru, M. & Ohyama, J. (2023). Effect of Perspective and Visuo-Tactile Feedback in Virtual Reality-Based Posture Learning. *International*

Journal of Automation Technology, 17(3), 248–261.

<https://doi.org/10.20965/ijat.2023.p0248>

Hülsmann, F., Göpfert, J. P., Hammer, B., Kopp, S. & Botsch, M. (2018). Classification of motor errors to provide real-time feedback for sports coaching in virtual reality – A case study in squats and Tai Chi pushes. *Computers & Graphics*, 76, 47–59.

<https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.08.003>

Jia, YX., Zhou, X., Yang, J. & Fu, Q. (2024). Animated VR and 360-degree VR to assess and train team sports decision-making: a scoping review. *Frontiers in psychology*, 15,

1–15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1410132>

Jin, W. & He, R. (2021). An exploratory study of fit assessment of the virtual reality glasses.

Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 14, 829–838.

<https://doi.org/10.1007/s12652-021-03335-1>

Kelly, N., Stafford, J., Craig, C., Herring, M. & Campbell, M. (2022). Using a virtual reality cricket simulator to explore the effects of pressure, competition anxiety on batting performance in cricket. *Psychology of Sport & Exercise*, 63, 1–11.

<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102244>

Kim, H., Kwon, Y.-T., Lim, H.-R., Kim, J.-H., Kim, Y.-S., & Yeo, W.-H. (2020). Recent advances in wearable sensors and integrated functional devices for virtual and augmented reality applications. *Advanced Functional Materials*, 31(39), 1–12.

<https://doi.org/10.1002/adfm.202005692>

Laine, J., Rastas, E., Seitamaa, A., Hakkarainen, K. & Korhonen, T. (2024). Immersive virtual reality for complex skills training: content analysis of experienced challenges.

Virtual Reality, 28(1), 28–61. <https://doi.org/10.1007/s10055-024-00955-8>

Neumann, D.L., Moffitt, R.L., Thomas, P.R., Loveday, K., Watling, D.P., Lombard C.L., Antonova S. & Tremeer, M.A. (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22, 183–198.

<https://doi.org/10.1007/s10055-017-0320-5>

Ogaz, H., Schoun, B. & Choi, M.-H. (2022). Performance Improvement and Skill Transfer in Table Tennis Through Training in Virtual Reality. *IEEE Transactions on*

- visualization and computer graphics*. 28(12), 4332–4343.
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3086403>
- Pagé, C., Bernier, P-M. & Trempe, M. (2019). Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball. *Journal of Sport Sciences*, 37(21), 2403–2410. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1638193>
- Raab, M., Schinke, R. & Maher, C. A. (2024). Technology Meets Sport Psychology: How Technology and Artificial Intelligence Can Shape the Future of Elite Sport Performance. *Journal of Sport Psychology in Action*, 15(2), 63–69.
<https://doi.org/10.1080/21520704.2023.2287324>
- Seshadri, D. R., Drummond, C., Craker, J., Rowbottom, J. R., & Voos, J. E. (2017). Wearable Devices for Sports: New Integrated Technologies Allow Coaches, Physicians, and Trainers to Better Understand the Physical Demands of Athletes in Real time. *IEEE Pulse*, 8(1), 38–43. <https://doi.org/10.1109/MPUL.2016.2627240>
- Sigrist, R., Rauter, G., Marchal-Crespo, L., Riener, R. & Wolf, P. (2015). Sonification and haptic feedback in addition to visual feedback enhances complex motor task learning. *Experimental Brain Research*, 233(3), 909–925.
<https://doi.org/10.1007/s00221-014-4167-7>
- Siriborvornratanakul, T. (2016). A Study of Virtual Reality Headsets and Physiological Extension Possibilities. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2016*, 9787, 497–508. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42108-7_38
- Tsai, W-L., Pan, T-Y. & Hu, M-C. (2022). Feasibility Study on Virtual Reality Based Basketball Tactic Training. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 28(8), 2970–2982. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3046326>
- Zhao, K. & Guo, XY. (2022). Analysis of the Application of Virtual Reality Technology in Football Training. *Journal of Sensors*. 1–8.
<https://doi.org/10.1155/2022/1339434>

Liitteet

Liite 1. Aineiston hakuprosessi.

| Tietokanta | Hakulause | Tulokset (kpl) | Rajaus | Tulokset ra- jauksen jälkeen (kpl) |
|----------------|---|-------------------|---|--|
| Web of Science | "virtual reality" AND sports | 1 784 | Julkaisuvuosi: 2015-2024 Kieli: englanti Dokumentin tyyppi: Artik- keli Hakutermit esiintyvät otsi- kossa | 67 |
| | "virtual reality" AND coaching | 196 | Hakutermit esiintyvät otsi- kossa | 8 |
| | immersive AND "virtual reality" AND sport* AND training | 134 | Julkaisuvuosi: 2015-2025 Dokumentin tyyppi: Artik- keli Kieli: englanti | 110 |

| Tietokanta | Hakulause | Tulokset (kpl) | Rajaus | Tulokset ra- jauksen jälkeen (kpl) |
|-------------------|--|---------------------------|--|---|
| | “wearable de- vices” AND sports | 912 | Julkaisuvuosi: 2015-2025 Dokumentin tyyppi: Artik- keli Kieli: englanti | 709 |
| | Technolog* AND sports | 756 366 | Hakusanat esiintyvät otsi- kossa Julkaisuvuosi: 2015-2025 | 590 |
| Scopus | “virtual rea- lity” AND ath- let* | 580 | Julkaisuvuosi: 2015-2024 Kieli: englanti Dokumentin tyyppi: Artik- keli, kirjan luku | 320 |
| | “virtual rea- lity” AND exer- cis* | 5 785 | Julkaisuvuosi: 2015-2025 Kieli: englanti | 2 335 |

| Tietokanta | Hakulause | Tulokset (kpl) | Rajaus | Tulokset rajauksen jälkeen (kpl) |
|------------------------------|---|----------------|---|----------------------------------|
| | | | Dokumentin tyyppi: Artikkel, kirjan luku | |
| | "virtual reality glasses" OR "VR glasses" | 505 | Julkaisuvuosi: 2015-2025 Kieli: englanti Dokumentin tyyppi: Artikkel, kirjan luku | 211 |
| | immersive AND "virtual reality" AND sports | 353 | Julkaisuvuosi: 2015-2025 Kieli: englanti Dokumentin tyyppi: Artikkel, kirjan luku | 144 |
| Academic Search Elite | "extended reality" AND sports | 9 | Artikkeli on vertaisarvioitu | 8 |

| Tietokanta | Hakulause | Tulokset (kpl) | Rajaus | Tulokset ra- jauksen jälkeen (kpl) |
|------------|--|-------------------|---|--|
| | "virtual reality" AND "sports training" | 34 | Artikkeli on vertaisarvioitu Kieli: englanti Julkaisupäivä- määrä: viimei- set 10 vuotta | 29 |
| | ("virtual reality" OR VR) AND "team sports" | 19 | Julkaisuvuosi: 2015-2025 Kieli: englanti Artikkeli on vertaisarvioitu | 13 |

Liite 2. Aineisto.

| | Artikkelin nimi ja tekijä(t) | Julkaisualusta |
|---|---|---|
| 1 | <i>Advanced biomechanical analytics: Wearable technologies for precision health monitoring in sports performance.</i> Alzahrani, A. & Ullah, A. (2024). | Digital Health |
| 2 | <i>Analysis of the Application of Virtual Reality Technology in Football Training.</i> Zhao, K. & Guo, XY. (2022). | Journal of Sensors |
| 3 | <i>Animated VR and 360-degree VR to assess and train team sports decision-making: a scoping review.</i> Jia, YX., Zhou, X., Yang, J. & Fu, Q. (2024). | Frontiers in Psychology |
| 4 | <i>Artificial intelligence in sports: A revolutionary technology that must be handled with care.</i> Carrio Sampedro, A. (2024). | Movimento |
| 6 | <i>A Study of Virtual Reality Headsets and Physiological Extension Possibilities.</i> Siriborvornratanakul, T. (2016). | Computational Science and Its Applications |
| 7 | <i>A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport.</i> Neumann, D.L., Moffitt, R.L., Thomas, P.R., Loveday, K., Watling, D.P., Lombard C.L., Antonova S. & Tremeer, M.A. (2018). | Virtual Reality |
| 8 | <i>An exploratory study of fit assessment of the virtual reality glasses.</i> Jin, W. & He, R. (2021). | Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | <p><i>Classification of motor errors to provide real-time feedback for sports coaching in virtual reality – A case study in squats and Tai Chi pushes.</i></p> <p>Hülsmann, F., Göpfert, J. P., Hammer, B., Kopp, S. & Botsch, M. (2018).</p> | Computers & Graphics |
| 10 | <p><i>Current applications of virtual reality in basketball training: a systematic review.</i></p> <p>Chan, C. H. M., Ma, M. K. I., Chan, T. K., Yeung, L. T., Chan, Y. K. (2024).</p> | Sports Engineering |
| 11 | <p><i>Effect of Perspective and Visuo-Tactile Feedback in Virtual Reality-Based Posture Learning.</i></p> <p>Hanashima, R., Tokuda, T., Mochimaru, M. & Ohyama, J. (2023).</p> | International Journal Of Automation Technology |
| 12 | <p><i>Feasibility Study on Virtual Reality Based Basketball Tactic Training.</i></p> <p>Tsai, W-L., Pan, T-Y. & Hu, M-C. (2022).</p> | Transactions on Visualization and Computer Graphics |
| 13 | <p><i>Immersive virtual reality for complex skills training: content analysis of experienced challenges.</i></p> <p>Laine, J., Rastas, E., Seitamaa, A., Hakkarainen, K. & Korhonen, T. (2024).</p> | Virtual Reality |
| 14 | <p><i>Performance Improvement and Skill Transfer in Table Tennis Through Training in Virtual Reality.</i></p> <p>Oagaz, H., Schoun, B. & Choi, M-H. (2022).</p> | Transactions on Visualization and Computer Graphics |
| 15 | <p><i>Real-time feedback using extended reality: A current overview and further integration into sports.</i></p> | International Journal of Sports Science & Coaching |

| | | |
|----|--|---|
| | Geisen, M. & Klatt, S. (2022). | |
| 16 | <p><i>Recent advances in wearable sensors and integrated functional devices for virtual and augmented reality applications.</i></p> <p>Kim, H., Kwon, Y.-T., Lim, H.-R., Kim, J.-H., Kim, Y.-S., & Yeo, W.-H. (2020).</p> | Advanced Functional Materials |
| 17 | <p><i>Sonification and haptic feedback in addition to visual feedback enhances complex motor task learning.</i></p> <p>Sigrist, R., Rauter, G., Marchal-Crespo, L., Riemer, R. & Wolf, P. (2015).</p> | Experimental Brain Research |
| 18 | <p><i>Technology meets sport psychology: How Technology and Artificial Intelligence Can Shape the Future of Elite Sport Performance.</i></p> <p>Raab, M., Schinke, R. & Maher, C. A. (2024).</p> | Journal of Sport Psychology in Action |
| 19 | <p><i>The impact of technology on elite sports performance.</i></p> <p>Giblin, G., Tor, E. & Parrington, L. (2016).</p> | Sensoria: A Journal of Mind, Brain & Culture |
| 20 | <p><i>The impact of technology on sports – A prospective study.</i></p> <p>Frevel, N., Beiderbeck, D. & Schmidt, S. L. (2022).</p> | Technological Forecasting & Social Change |
| 21 | <p><i>Using a virtual reality cricket simulator to explore the effects of pressure, competition anxiety on batting performance in cricket.</i></p> <p>Kelly, N., Stafford, J., Craig, C., Herring, M. & Campbell, M. (2022).</p> | Psychology of Sport & Exercise |

| | | |
|----|--|-------------------------------------|
| 22 | <p><i>Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball.</i></p> <p>Pagé, C., Bernier, P-M. & Trempe, M. (2019).</p> | Journal of Sport Sciences |
| 23 | <p><i>Virtual reality in sports coaching, skill acquisition and application to surfing: A review.</i></p> <p>Farley, O. R. L., Spencer, K. & Baudinet, L. (2020).</p> | Journal of Human Sport and Exercise |
| 24 | <p><i>Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review.</i></p> <p>Faure, C., Limballe, A., Bideau, B. & Kulpa, R. (2019).</p> | Journal of Sports Sciences |
| 25 | <p><i>Wearable Devices for Sports: New Integrated Technologies Allow Coaches, Physicians, and Trainers to Better Understand the Physical Demands of Athletes in Real time.</i></p> <p>Seshadri, D. R., Drummond, C., Craker, J., Rowbottom, J. R., & Voos, J. E. (2017).</p> | IEEE Pulse |