

Kati Tanhua

**VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTÖN HYÖDYT
URHEILUSSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2019

TIIVISTELMÄ

Tanhua, Kati

Virtuaalitodellisuuden käytön hyödyt urheilussa

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2019, 32 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja(t): Kollanus, Sami

Tämän kandidaatintutkielman tarkoituksena on kirjallisuuskatsauksen avulla selvittää virtuaalitodellisuuden hyötyjä urheilussa. Tätä varten katsauksessa tutkittiin ensin virtuaalitodellisuuden hyötyjä yleisesti erilaisissa koulutustarkoituksissa, joista sitten etsittiin yhteneväisyyksiä urheilullisten tarpeiden kanssa. Yhteneviä hyötyjä todettiin olevan muun muassa riskien hallinnassa, toistettavuudessa ja tehokkuuden parantamisessa.

Virtuaalitodellisuus, urheilu, harjoittelu.

ABSTRACT

Tanhua, Kati

Benefits of using virtual reality in sports

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2019, 32 pp.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor(s): Kollanus, Sami

This Bachelor's Thesis will be conducted as a literature review. The purpose of this Bachelor's Thesis is to find out possible advantages of using virtual reality in sports training. To answer the research question, advantages of using virtual reality in training purposes general, had to be researched first. After that, similarities between the two different uses were studied. Similar advantages were found for example in risk management, repetitions and in improving efficiency.

Virtual reality, sports, training.

KUVIOT

KUVIO 1 Kertauskuvio virtuaaliodellisuuden käytön hyödyistä 27

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
KUVIOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 VIRTUAALITODELLISUUS KÄSITTEENÄ.....	9
2.1 Virtuaalitodellisuuden määritelmä.....	9
2.1.1 Virtuaalitodellisuus Burdean ja Coiffetin (2003) mukaan.....	9
2.1.2 Virtuaalitodellisuus Shermanin ja Craigin (2003) mukaan.....	10
2.2 Virtuaalitodellisuudessa käytettyä välineistöä	11
2.2.1 Virtuaalitodellisuuslasit	12
2.2.2 Projektoripohjaiset näytöt	12
2.2.3 Muut välineet.....	13
2.3 Samankaltaiset käsitteet.....	13
2.3.1 Virtuaalimaailma ja virtuaaliympäristö.....	13
2.3.2 Lisätty todellisuus	14
2.3.3 Telepresence.....	14
3 VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTÖN HYÖDYT YLEISESTI KOULUTUSTARKOITUKSISSA	15
3.1 Riskien pienentäminen sekä vaikeasti toteutettavien skenaarioiden toistaminen	15
3.2 Harjoittelumotivaation ja tehokkuuden lisääminen.....	16
3.3 Toistot ja fyysisten taitojen opettelu virtuaalitodellisuudella.....	18
3.4 Kustannusten pieneminen	18
3.5 Muokattavuus	19
4 VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTTÖ URHEILUSSA	20
4.1 Tutkimusmenetelmä	20
4.2 Urheilu suoritusten laadukas arvioiminen sekä toistettavuus pelaajan näkökulmasta	21
4.3 Riskien pienentäminen sekä fyysisten taitojen oppiminen	22
4.4 Käytetyn harjoitusajan tehokkuuden nostaminen.....	24
4.5 Yhteenveto	25
5 POHDINTAA	28

LÄHTEET	30
---------------	----

1 JOHDANTO

Cotterillin (2018) mukaan kiinnostus virtuaalitodellisuutta kohtaan on noussut viime vuosina jälleen esiin. Tämä johtuu pitkälti teknologian ottamista merkittävistä kehitysaskelista niin koneiston, ohjelmien kuin tietokoneiden prosessikyvyn osalta. Saatavuuden ja mobiiliuden lisääntyessä virtuaalitodellisuuden osalta, on siitä tullut urheilusuoritusten ja -psykologian näkökulmasta äärimmäisen kiinnostavaa erityisesti strategian, taktiikan ja päätöstenteon harjoittelun kannalta (Cotterill, 2018). Virtuaalitodellisuuden avulla harjoittelu saadaan muistuttamaan mahdollisimman paljon kilpailutilannetta (Wang, 2012). Viimeaikaisen kehityksen virtuaalitodellisuuden teknologioissa on jo nyt todettu säästäneen odotettua enemmän aikaa ja resursseja (Hament, Cater & Oh, 2017). Teknologian kehitys tulee pienentämään käytön kustannuksia tulevaisuudessa-kin mahdollistaen virtuaalitodellisuuden käytön yhä useammille ja yhä laajemmin. Lisäksi ohjelmistoja kehitetään jatkuvasti yhä useamman lajin käyttöön. Erilaisia simulaatioita on nyt jo kehitetty muun muassa jalkapallolle, koripallolle, jääkiekolle, baseballille, lumilautailulle, käsipallolle, amerikkalaiselle jalkapallolle ja rugbyille (Applebaum & Erickson, 2018, Huang, Churches & Reilly, 2015, Bideau, Kulpa, Vignais, Brault, Multon, & Craig, 2010).

Aiheen ollessa kiihtyvässä kehitysvaiheessa ja levittäytyessä yhä laajemmalle tulee pohtia siihen liittyviä kysymyksiä. Tässä kirjallisuuskatsauksessa päätutkimuskysymyksenä on:

- Mitä hyötyä virtuaalitodellisuuden käytöstä on urheilussa?

Lisäksi katsauksessa pohditaan esiin tulevien hyötyjen relevanttiutta. Ovatko kyseiset hyödyt tarpeeksi tärkeitä huomioitavaksi, kun ryhdytään pohtimaan kannattaako valita virtuaalitodellisuudella vai perinteisin keinoin harjoittelu? Tutkielman tuloksena saatiin monenlaisia hyötyjä virtuaalitodellisuuden käytöstä urheilussa. Tutkielmassa huomattiin virtuaalitodellisuuden pienentävän esimerkiksi loukkaantumiseriskiä. Erityisesti huippu- ja kilpaurheilijoille tämä voi olla erittäinkin ratkaisevaa varsinkin loukkaantumisherkeissä lajeissa kuten

lumilautailussa tai amerikkalaisessa jalkapallossa. Myös tavalliset kuluttajat ovat yhä enemmän kiinnostuneita terveydestään ja arvostavat siksi useammin turvallisia harjoitusolosuhteita.

Tämä tutkielma on tehty kirjallisuuskatsauksena.

Katsaus koostuu kolmesta käsittelykappaleesta: ensimmäisessä käsitellään virtuaalitodellisuuden määritelmää, toisessa virtuaalitodellisuuden hyötyjä yleisesti erilaisissa harjoitus- ja koulutustilanteissa ja viimeisessä käsittelykappaleessa käydään esimerkkien kautta läpi virtuaalitodellisuuden hyötyjä nimenomaan urheilussa ja erityisesti urheiluvalmennuksessa. Lopuksi on vielä yhteenveto katsauksessa käsitellyistä asioista ja mahdollisista jatkotutkimusaiheista.

2 VIRTUAALITODELLISUUS KÄSITTEENÄ

2.1 Virtuaalitodellisuuden määritelmä

Virtuaalitodellisuus on kirjallisuudessa määritelty monella tapaa. Tässä kirjallisuuskatsauksessa käytettävä virtuaalitodellisuuden määritelmä pohjautuu yhdistelmään Burdean ja Coiffetin (2003) ja Shermanin ja Craigin (2003) määritelmistä.

2.1.1 Virtuaalitodellisuus Burdean ja Coiffetin (2003) mukaan

Burdean ja Coiffetin (2003) teoksessa virtuaalitodellisuuden määrittelemisen lähtee liikkeelle sen toiminnallisesta näkökulmasta: Kyse on simulaatiosta, jossa tietokonegrafiikoilla luodaan realistisen näköinen maailma. Tekijät jotka tekevät tästä simulaatiosta virtuaalitodellisuutta tiivistetään teoksessa kolmeen avaintekijään. Näitä kutsutaan myös kolmeksi I:ksi, avaintekijöiden ollessa interaktiivisuus (interaction), immersio (immersion) ja mielikuvitus (imagination). Yhdenkin tekijän puuttuessa sovelluksen moniulotteisuus ja kokemus virtuaalitodellisuudesta kärsii (Burdea & Coiffet, 2003).

Burdean ja Coiffetin (2003) mukaan virtuaalitodellisuutta varten luotu synteettinen maailma ei ole staattinen, vaan reagoi käyttäjän tuottamiin syötteisiin. Nämä syötteet voivat olla esimerkiksi suullisia käskyjä tai liikettä, kuten suurimmassa osassa tämän katsauksen esimerkeistä. Kun tietokone havaitsee syötteen virtuaalitodellisuuden sovelluksissa, pystyy se saman tien syötteen mukaan muokkaamaan esillä olevaa virtuaalimaailmaa. Tällaisella tietokoneen ja käyttäjän vuorovaikutuksella tarkoitetaan ensimmäistä virtuaalitodellisuuden avaintekijää eli reaaliaikaista interaktiivisuutta (Burdea & Coiffet, 2003).

Burdea ja Coiffet (2003) kirjoittavat, että interaktiivisuus vaikuttaa vahvasti myös seuraavaan virtuaalitodellisuuden avaintekijään eli immersioon. Pelkkä interaktiivisuus mahdollistaa jo jonkin asteisen immersion eli tunteen siitä, että käyttäjä kuuluu osaksi toimintaa. Virtuaalitodellisuus vie kokemuksen vielä pidemmälle mahdollistaen graafisten objektien näkemisen ja manipuloimisen

lisäksi mahdollisesti myös esimerkiksi niiden koskemisen ja tuntemisen. Näissä tapauksissa virtuaalitodellisuus käyttää hyväkseen niin näkö- kuin tuntoaistia-kin. Myös kuuloaistia on vahvasti hyödynnetty. Tutkimuksissa on pohdittu myös maistamisen ja haistamisen hyödyntämistä, mutta niitä ei ainakaan vielä laajalti käytetä (Burdea & Coiffet, 2003).

Viimeinen avaintekijä virtuaalitodellisuudessa Burdean ja Coiffetin (2003) mukaan on mielikuvitus eli englanniksi imagination. Mielikuvitus tulee siitä, että virtuaalitodellisuuden sovellusten avulla ratkaistaan reaali maailman ongelmia. Se miten laajasti sovellus pystyy tarjoamaan ratkaisua johonkin ongelmaan, eli miten hyvin ja uskottavasti sovellus toimii, riippuu pitkälti sovelluksen kehittäjän mielikuvituksesta. Virtuaalitodellisuudessa mielikuvitus vaikuttaa myös siihen, miten ihmismieli hahmottaa asioita, jotka eivät oikeasti ole olemassa, kuten esimerkiksi käyttäjälle esitettyä virtuaali maailmaa (Burdea & Coiffet, 2003).

Toinen määritelmä, jota tässä kirjallisuuskatsauksessa hyödynnetään virtuaalitodellisuuden määrittelyssä, on Shermanin ja Craigin (2003) määritelmä. Se on pitkälti Burdean ja Coiffetin (2003) kanssa samoilla linjoilla, mutta pieniä eroja löytyy.

2.1.2 Virtuaalitodellisuus Shermanin ja Craigin (2003) mukaan

Sherman ja Craig (2003) luettelevat myös interaktiivisuuden ja immersion virtuaalitodellisuuden avaintekijöihin. Lisäksi he nostavat avaintekijöiksi sensoripalautteen ja virtuaali maailman.

Myös Sherman ja Craig (2003) korostavat interaktiivisuuden vaikutusta virtuaalitodellisuuden autenttisuuden vahvistamisessa. Heidän mukaansa interaktiivisuus tulee jo pitkälti tietokoneen lisäämisestä virtuaalitodellisuusjärjestelmään. Virtuaalitodellisuusjärjestelmän erottaa tyypillisestä tietokoneen kanssa tapahtuvasta kanssakäymisestä, kuten tietokonepelien pelaamisesta se, että virtuaalitodellisuusjärjestelmä reagoi fyysisiin liikkeisiin, ei niinkään tekstipohjaisiin komentoihin tai painikkeiden painamiseen (Sherman & Craig, 2003).

Kuten Burdea ja Coiffet (2003) myös Sherman ja Craig (2003) kirjoittavat immersioista ja siitä, kuinka virtuaalitodellisuudella korvataan tai muutetaan käyttäjän jonkin aistin kokemusta. Sherman ja Craig (2003) kutsuvat tätä fyysiseksi immersioiksi. He myös korostavat immersiota ympärillä olevan havainnointina ja sitä, kuinka virtuaalitodellisuuden sovelluksilla voidaan havainnoida jotain muuta kuin tämän hetkistä maailmaa kahdella tavalla. Ensinnäkin voidaan havaita kokonaan vaihtoehtoinen maailma tai sitten voidaan havaita todellinen maailma, mutta eri näkökulmasta kuin normaalisti (Sherman & Craig, 2003). Urheilumaailmassa tätä hyödynnetään esimerkiksi siinä, että peleistä tai harjoituksista kuvattuja videoita voidaan katsella useasta eri näkökulmasta havainnoin parantamiseksi (Bideau, ym., 2010).

Sherman ja Craig (2003) luettelevat yhdeksi virtuaalitodellisuuden avaintekijäksi sensoripalautteen. Toisin kuin perinteisemmissä medioissa, virtuaalitodellisuudessa käyttäjät saavat itse valita haluamansa näkökulman ja vaikuttaa

virtuaalimaailman tapahtumiin. Virtuaalitodellisuus on media, joka mahdollistaa simuloitun kokemuksen, joka lähestyy fyysistä todellisuutta. Virtuaalitodellisuus myös mahdollistaa fyysisen todellisuuden vaaran vähentämisen ja sellaisten skenaarioiden luomisen, jotka todellisessa maailmassa eivät olisi mahdollisia. Tärkeä osa virtuaalitodellisuutta on sensoripalautte. Virtuaalitodellisuudessa tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmä antaa suoraa sensoripalautetta käyttäjän fyysisestä asennosta. Suurimmassa osassa virtuaalitodellisuusjärjestelmiä tämä tarkoittaa näkökentän muutoksia pään tai muun vartalon osan liikkuessa. On olemassa myös virtuaaliympäristöjä, jotka esittävät kosketusperäisiäkin kokemuksia. Sensoripalautteen mahdollistamiseksi täytyy virtuaalitodellisuusjärjestelmän seurata käyttäjän liikkeitä. Tyypillinen virtuaalitodellisuusjärjestelmä seuraa käyttäjän päätä ja ainakin toista kättä tai kädessä pidettävää esinettä. Kehittyneimmät järjestelmät saattavat seurata kaikkia tärkeitä vartalon liitoskohtia. Palautteen samanaikaisuuden varmistamiseksi käyttäjän liikkeiden kanssa tarvitaan kovatehoinen tietokone pyörittämään ohjelmaa (Sherman & Craig, 2003).

Viimeisenä virtuaalitodellisuuden avaintekijänä Sherman ja Craig (2003) listaavat virtuaalimaailman. Virtuaalimaailma vastaa Shermanin ja Craigin (2003) määritelmässä pitkälti samaa mitä mielikuvitus edustaa Burdean ja Coiffetin (2003) määritelmässä. Virtuaalimaailma on käsiteltävänä olevan median sisältö. Virtuaalimaailma voi olla olemassa vain sen kehittäjän mielessä, tai se voidaan esitellä laajemmalle yleisölle. Virtuaalimaailma voi siis olla olemassa, vaikka sitä ei esitettäisikään virtuaalitodellisuusjärjestelmässä. Tietokonepohjainen virtuaalimaailma on simulaatiossa olevien objektien kuvaus (Sherman & Craig, 2003).

Yhdistettäessä molemmista määritelmistä tärkeimmät ominaisuudet esitellyistä avaintekijöistä saadaan tarkempi määritelmä. Virtuaalitodellisuus on interaktiivisista tietokonesimulaatioista muodostettu media, jonka avulla ratkaistaan reaali maailman ongelmia. Kyseinen media huomioi osallistujan paikan ja liikkeen ja korvaa tai muuttaa yhden tai useamman aistin saamaa palautetta luoden tunteen fyysisestä immersioista tai paikallaolosta simulaatiossa. Käytämme tätä määritelmää, koska se selittää virtuaalitodellisuuden ydinajatuksen, mutta jättää tilaa erilaisten laitteistojen mahdollistamille sovelluksille.

2.2 Virtuaalitodellisuudessa käytettyä välineistöä

Virtuaalitodellisuus luo monenlaisia mahdollisuuksia joita rajoittavat lähinnä vain sovelluksen kehittäjän mielikuvitus ja käytetty välineistö. Tässä kappaleessa käydään läpi sellaisia välineitä, joita tyypillisesti käytetään liikunta-alan virtuaalitodellisuuden sovelluksissa.

2.2.1 Virtuaalitodellisuuslasit

Tunnetuimpia virtuaalitodellisuudessa käytetyistä välineistä ovat niin kutsutut virtuaalitodellisuuslasit, jotka voivat olla täysi kypärä tai muistuttaa enemmän nimensä mukaisesti laseja. Shermanin ja Craigin (2003) mukaan virtuaalitodellisuuslasien sisällä käyttäjälle esitetään grafiikkaa simulaatiosta joko yhdelle tai kahdelle näytölle, jolloin kummallakin silmällä on oma näytönsä. Käyttäjän päähän on liitetty seurantasensori, joka tarkkailee käyttäjän päänliikkeitä ja muuttaa sen mukaan esitettävää grafiikkaa vastaaman liikkeiden mukaisesti muuttunutta näkymää. Tällöin käyttäjä pystyy katsomaan simuloitua maailmaa mahdollisimman todenmukaisesti (Sherman & Craig, 2003). Eräs iso kehitysaskel viime vuosina on ollut 360 asteen kuvaus, joka mahdollistaa realistisen näkökulman tietyn käyttäjän silmin virtuaalitodellisuudessa (Cotterill, 2018). Tällainen systeemi on esimerkiksi Hamentin, ym. (2017) kehittämä ja tutkima virtuaalitodellisuuden sovellus lumilautailun alkeiden oppimista varten. Systeemissä käyttäjä pystyy kääntämään lautaansa täydet 360 astetta, joten myös hänen päässään olevien lasien tulee pystyä näyttämään näkymää 360 asteen matkalta. Mitä laajempi näkyvyys käyttäjällä on, sitä todenmukaisempi systeemi on (Hamlet ym., 2017). Systeemiin voidaan lisätä välineitä, jotka mahdollistavat muunkinlaisen toiminnan kuin vain ympärillensä katselun. Tällainen väline on esimerkiksi äänen tunnistusjärjestelmä, joka mahdollistaa suullisten käskyjen toteutuksen (Sherman & Craig, 2003).

2.2.2 Projektoripohjaiset näytöt

Burdea ja Coiffet (2003) kirjoittavat, että tällaisten näyttöjen avulla voidaan mahdollistaa myös useamman kuin yhden käyttäjän osallistuminen virtuaalitodellisuussimulaatioon. Shermanin & Craigin (2003) mukaan tässä käyttäjä, tai mahdollisesti käyttäjät, laitetaan huonemaiseen tilaan, joka on ympäröity tietokonetuotteisilla kuvilla. Tyypillisesti tämä toteutetaan heijastamalla tietokonegrafiikat isoille kiinteille näyttöruuduille. (Sherman & Craig, 2003). Luultavasti tunnetuin esimerkki näyttöruuduille heijastetusta virtuaalitodellisuusohjelmistosta on niin kutsuttu CAVE-ympäristö. Cruz-Neiran, Sandinin ja DeFantin (1993) kehittämä ympäristö koostuu kolmesta seinille osoittavasta takaprojektorista ja yhdestä alaspäin lattialle osoittavasta projektorista. Järjestelmässä on tietokoneohjattu äänijärjestelmä, joka mahdollistaa useamman kaiuttimen yhteiskäytön. Tämän avulla äänimaailmasta saadaan moniulotteisempi. Käyttäjän päätä ja käsiä seurataan elektromagneettisten sensorien avulla (Cruz-Neira ym., 1993).

Toinen esimerkki kolmen näyttöseinän käytöstä on Xun, Songin, Chinin, Chuanin, Huangin ja Rahardjan (2009) teettämä tutkimus tennissimulaattorista. Tutkimuksessa mainitaan näyttöseinien valitsemisesta, että käyttäjän edessä oleva seinä on toiminnallisesti tärkeä ja sivun ja lattiatason näytöt taas ovat tärkeitä immersion vuoksi. Sivuseinäksi kannattaa valita oikea seinä useimpien pelaajien ollessa oikeakätisiä. Kahta sivuseinää tulee välttää, jotta pelaajan liik-

kumavara ei kärsisi. Myös kattoseinä olisi immersion kannalta hyvä, mutta sen toteutus on usein hankala (Xu, ym., 2009).

2.2.3 Muut välineet

Useampaa aistia varten tarvitaan useampia ja vaihtelevampia välineitä. Sherman ja Craig (2003) kirjoittavatkin, että virtuaalitodellisuuden ei ole välttämätöntä olla ensisijaisesti visuaalista. Esimerkiksi kirurgit harjoittelevat leikkaamista järjestelmällä, jossa he pitävät tietokoneeseen liitettyjä leikkausvälineitä käsissään ja leikkaavat tietokonegrafiikoilla toteutettua potilasta. Kirurgin käsiä seurataan ja sensoripalautteen johdosta hänen osuessaan elimiin tuntee hän välineiden kautta painetta ja vastusta samaan tapaan kuin oikeassakin leikkauksessa. Tässä yhdistyvät siis visuaalinen kokemus ja kosketusperäinen kokemus (Sherman & Craig, 2003).

Kuten aiemmin mainittiin myös kuuloaistia hyödynnetään usein virtuaalitodellisuuden sovelluksissa. Park, Jang ja Chai (2006) tutkivat tutkimuksessaan sähkölinjoja huoltavien työntekijöiden koulutuksessa käytettävää virtuaalitodellisuuden sovellusta, jossa on mukana äänentunnistusjärjestelmä. Kyseisellä alalla töiden suorittaminen vaatii usein kommunikointia parin tai ryhmän kanssa ja äänentunnistusjärjestelmän avulla pyritään simuloimaan myös tätä (Park, ym., 2006).

2.3 Samankaltaiset käsitteet

Virtuaalitodellisuuteen liittyy paljon käsitteitä, jotka liittyvät vahvasti toisiinsa. Hämmennysten välttämiseksi tässä kappaleessa käydään läpi erilaisia virtuaalitodellisuudelle läheisiä käsitteitä ja sitä, miten ne eroavat toisistaan.

2.3.1 Virtuaalimaailma ja virtuaaliympäristö

Shermanin ja Craigin (2003) mukaan virtuaaliympäristöä käytetään usein synonyminä virtuaalimaailmalle ja jopa virtuaalitodellisuudelle. Virtuaaliympäristö voidaan käytännössä määritellä samana kuin virtuaalimaailma tai maailmana, joka on esitettyä tietyssä virtuaalitodellisuuslaitteistossa (Sherman & Craig, 2003). Virtuaalimaailman erottaa virtuaaliympäristöstä myös se, että virtuaalimaailma-termi on usein yhdistetty pysyviin verkossa toimiviin sosiaaliin tiloihin eli esimerkiksi netissä pyöriviin monen pelaajan peleihin, joissa pelaajat pystyvät keskustelemaan keskenään (Schroeder, 2008). Tässä katsauksessa käytetäänkin virtuaaliympäristö-termiä sen ollessa urheilumaailmaan sopivampi. Virtuaalitodellisuuden urheilumaailman sovelluksissa kuvataan lähinnä todellisen maailman tilanteita erilaisista näkökulmista, joten virtuaaliympäristö on tässä tapauksessa virtuaalimaailmaa parempi valinta.

2.3.2 Lisätty todellisuus

Sherman ja Craig (2003) kirjoittavat, että lisätyssä todellisuudessa käyttäjän käyttämä laitteisto sallii hänen havainnoida todellista maailmaa, johon on lisätty informaatiota laitteiston toimesta. Käyttäjä ei siis pystyisi havainnoimaan tätä informaatiota ilman käyttämänsä laitteistoa. Lisättyä todellisuutta voidaan pitää eräänä virtuaalitodellisuuden tyyppinä. Verrattuna fyysisen todellisuuden kokemukseen, lisätyssä todellisuudessa käyttäjä sijoitetaan todellisuuteen, joka yhdistää fyysisen virtuaaliseen (Sherman & Craig, 2003).

2.3.3 Telepresence

Sherman ja Craig (2003) kuvaavat, että telepresence käyttää samankaltaista teknologiaa kuin virtuaalitodellisuus. Erilaisten etävälineiden välityksellä käyttäjä pystyy näkemään ja kuulemaan ensimmäisen persoonan näkökulmasta mitä jossain toisaalla tapahtuu. Käyttäjä pystyy omilla toiminnoillaan olemaan vuorovaikutuksessa ja vaikuttamaan yleisesti etänä tapahtumiin. Tämä eroaa virtuaalitodellisuudesta siinä, että telepresensessä esitetään fyysinen todellinen maailma eikä täysin tietokonepohjaisesti luotu maailma. Toisin sanoen virtuaalitodellisuudessa voidaan esittää todellista maailmaa kuvaava tietokonepohjaisesti luotu maailma, kun taas telepresensessä esitetään kameroiden ja muiden välineiden välityksellä todellinen maailma vaikkakin etänä. Tätä käytetään esimerkiksi vaarallisten aineiden käsittelyssä sekä avaruusluotainten operaatioiden hallinnassa. Sekä lisätty todellisuus että telepresence ovat virtuaalitodellisuuden lähisukulaisia (Sherman & Craig, 2003).

3 VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTÖN HYÖDYT YLEISESTI KOULUTUSTARKOITUKSISSA

Virtuaalitodellisuutta käytetään jo nyt paljon erilaisiin koulutustarkoituksiin. Sovelluksia löytyy niin lääketieteen opiskelijoiden kouluttautumisesta kuin teollisuuden työntekijöiden koulutuksistakin. Tässä kappaleessa käydään läpi virtuaalitodellisuuden hyötyjä jo käytössä olevissa koulutustarkoituksissa, jotta myöhemmin voidaan hahmottaa samanlaisia yhtymäkohtia urheiluvalmennuksen sovelluksista.

3.1 Riskien pienentäminen sekä vaikeasti toteutettavien skenaarioiden toistaminen

Virtuaalitodellisuuden avulla pystytään luomaan todentuntuisia ja todellisuutta mallintavia tilanteita turvallisessa ympäristössä. Burdea ja Coiffet (2003) kirjoittavatkin, että tämän ominaisuuden johdosta siitä on ollut hyötyä muun muassa armeijan sotilaskoulutuksessa. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa sotilaille kouluttautumisen vaarallisia tehtäviä varten. Sellaisissa tehtävissä kuin miinojen etsinnässä tai pommien purussa virheet voivat koitua jopa hengenvaarallisiksi. Virtuaalitodellisuuden avulla vahingoittumisriskit poistetaan, mutta sotilaat saavat kuitenkin realistista harjoitusta todellisen maailman tehtäviä varten. Muun muassa Ranskan armeijan käyttöön on kehitetty miinojen etsimistä varten virtuaalitodellisuutta hyödyntävä järjestelmä, joka antaa sensoripalautetta kosketuksesta. Järjestelmää käyttävä harjoittelija pitää kädessään standardisoitua koetinta ja tutkii sen avulla maastoa. Kun jotain alkaa löytyä, koettimessa tuntuu kasvava paineen tuntu. Seuraavaksi harjoittelijan tulee tunnistaa miinan tyyppi jatkamalla ensimmäisen kontaktin ympärillä olevan maaston koettamista (Burdea & Coiffet, 2003). Järjestelmän avulla harjoitteleva sotilas saa realistisia oppikokemuksia asettamatta itseään kuitenkaan todelliseen vaaratilanteeseen.

Arkisempänä esimerkkinä toimii Parkin, ym. (2006) tutkima sähkölinjoja huoltavien työntekijöiden kouluttautuminen. Nyky-yhteiskunnassa on sähkökatkoista niin paljon haittaa, että työntekijät joutuvat usein huoltamaan linjoja sähköjen ollessa päällä, vaikka sähköiskun saannin riski tällöin kasvaakin. Työntekijöiden tulee siksi tunnistaa vaaratilanteet ja osata toimia vaarallisessakin työympäristössä. Käyttämällä virtuaalitodellisuutta pystytään jälleen kouluttamaan työntekijöitä realistisissa ympäristöissä hallitsemalla kuitenkin samalla työntekijöihin kohdistuvaa riskiä (Park, ym., 2006).

Burdean ja Coiffetin (2003) mukaan ensimmäisiä aktiivisesti virtuaalitodellisuutta koulutustarkoituksiin käyttäneitä olivat lentokoneiden lentäjät. Lentotoalan luonne on sellainen, että lentäjillä on kerralla käsissään useamman ihmisen henki. Siksi ensinnäkin harjoittelu on tärkeää, mutta yhtä lailla tärkeää on pitää huoli riskien hallinnasta. Lentäjillä on siksi koulutustaan varten käytössään laitteet, joissa on ohjelman grafiikoita esittävien näyttöjen lisäksi realistinen kopio lentokoneen ohjaamon kojelaudasta (Burdea & Coiffet, 2003). Tällöin lentokoneen matkustajat eivät joudu vaaraan, mutta lentäjä saa kokemuksia siitä millaista on toimia aidossa lentokoneen ohjaamossa.

Kirurgisten taitojen harjoittelua virtuaalitodellisuudessa ja kyseisten taitojen siirtämistä oikeisiin leikkaussalioperaatioihin tutkivassa tutkimuksessa todetaan virtuaalitodellisuuden mahdollistavan opiskelijoiden taitojen arvioimisen virtuaalitodellisuudessa, ennen pääsyä ihmisillä harjoitteluun, vähentäen opiskelijan kokemattomuudesta johtuvia riskejä potilaita kohtaan (Seymour, Gallagher, Roman, O'Brien, Bansal, Andersen & Satava (2002). Lisäksi virtuaalitodellisuudella harjoittelun on todettu lisäävän aloittelevien kirurgiopiskelijoiden itsetuntoa, mikä taas vaikuttaa positiivisesti heidän toimintaansa stressaavissa tilanteissa (Pulijala, Ma, Pears, Peebles & Ayoub, 2018).

Riskien pienentämisen lisäksi virtuaalitodellisuudella pystytään toteuttamaan myös sellaisia skenaarioita, joita muuten olisi vaikea toteuttaa. Van Wyk ja De Villiers (2009), mainitsevat virtuaalitodellisuuden käyttöä kaivostoiminnan koulutuksissa käsittelevässä tutkimuksessaan siitä, kuinka virtuaalitodellisuuden avulla pystytään muun muassa luomaan sellaisia tilanteita, joita ei ole vielä koskaan aiemmin tapahtunut, mutta jotka ovat kuitenkin mahdollisia. Kun tällaisia tilanteita pystytään luomaan, pystytään myös harjoittelemaan, miten kyseisen tilanteen sattuessa tulisi toimia.

Virtuaalitodellisuudella pystytään siis pienentämään sekä harjoittelijaan itseensä että sivullisiin kohdistuvaa riskiä. Lisäksi harjoittelija voi virtuaalitodellisuuden avulla harjoitella myös sellaisia tilanteita, joiden toistaminen perinteisillä koulutusmenetelmillä olisi vähintäänkin haasteellista.

3.2 Harjoittelumotivaation ja tehokkuuden lisääminen

Virtuaalitodellisuutta on käytetty paljon myös erilaisiin kuntoutustarpeisiin. Kuntoutusharjoitteet ovat pitkälti yksinkertaisia ja monia toistoja vaativia ja tästä johtuen kuntoutuspotilaat kokevat ne usein myös tylsiksi (Burdea & Coif-

fet, 2003, Bailenson, Patel, Nielsen, Bajscy, Jung, & Kurillo, 2008). Kuntoutuspotilaat tekevät harjoitteita paljon omatoimisesti kotona, mutta niiden tylsän luonteen vuoksi harjoitteita jää tekemättä, mikä taas hidastaa kuntoutumisprosessia. Virtuaalitodellisuus tarjoaa tähän ratkaisua, kun harjoitteita voidaan tehdä valvotusti kotona ja interaktiivisissa ympäristöissä lisäten niiden mielenkiintoa (Burdea & Coiffet, 2003, Rizzo & Kim, 2005).

Burdea ja Coiffet (2003) jatkavat, että virtuaalitodellisuuden käytöstä kuntoutuksessa on kahta eri tyyppiä: Virtuaalitodellisuudella lisätty, jolloin virtuaalitodellisuutta käytetään klassisen terapian lisänä ja virtuaalitodellisuuspohjainen, jolloin klassinen kuntoutusterapia on kokonaan korvattu virtuaalitodellisuudella. Toiminnallisesti virtuaalitodellisuuden kautta pystytään simuloimaan arkipäiväisiä askareita, joiden tekemiseen potilaat kuntoutuksen aikana tähtäävät. Virtuaalitodellisuuden avulla potilaat pystyvät myös tekemään asioita, joihin he eivät normaalisti pystyisi, piristäen heidän tahtoaan, mikä on tärkeä osa paranemisprosessia (Burdea ja Coiffet, 2003).

Burdea ja Coiffet (2003) esittelevät myös teollisuudenalalta esimerkin virtuaalitodellisuuden käytön tehokkuudesta koulutuksessa. Kyse on yhdestä vanhimmista virtuaalitodellisuuden sovelluksista eli Motorolan käyttämä pilottiprojekti. Projektin tarkoituksena oli varmistaa Motorolan kokoonpanolinjastosta tehdyn simulaation tehokkuus koulutuksessa. Simulaation käyttöä koulutuksessa verrattiin oikealla kokoonpanolinjastolla kouluttautumiseen. Simulaatiossa oli teksturoidut grafiikat ja realistinen ääni, mutta ei tuntumaa. Silti tutkimuksen tuloksena oli, että ryhmä, joka käytti simulaatiota, teki kuusi kertaa vähemmän virheitä kuin muilla tavoin kouluttautuneet ryhmät (Burdea ja Coiffet, 2003).

Teollisuudenalalta on myös lisää esimerkkejä. Van Wyk ja De Villiers (2009) kirjoittavat tutkimuksessaan virtuaalitodellisuuden käytöstä kaivostyöläisten koulutuksessa. Afrikassa kaivostyössä keskimäärin yksi työntekijä kuolee ja 16 loukkaantuu joka työpäivä. Syiksi listataan usein puuttuva tai puutteellinen perehdytys työhön. Kaivosten ulkopuolella toteutettavat perehdytykset ja koulutukset ovat kuitenkin usein tehokkuudeltaan riittämättömiä todenmukaisuuden puutteen vuoksi. Tätä varten on haettu ratkaisua virtuaalitodellisuudesta. Virtuaalitodellisuudella toteutettavan koulutuksen pääpaino on vaarallisen tilanteen tunnistamisessa ja siihen liittyvien turvallisuustoimien käyttöön ottamisessa. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös kaivoksen ulkopuolella todenmukaisten perehdytysten järjestämisen (Van Wyk & De Villiers, 2009).

Myös rakennusalalla toteutetussa tutkimuksessa (Sacks, Perlman & Barak, 2013) virtuaalitodellisuuden käytön tehokkuus koulutustarkoituksessa oli todennettavissa. Kyseisessä tutkimuksessa virtuaalitodellisuuskoulutus oli merkittävästi parempi kolmella osa-alueella neljästä testatusta kuin perinteinen koulutus. Neljännelläkin osa-alueella ero virtuaalitodellisuuden ja perinteisen koulutuksen välillä oli virtuaalitodellisuuden hyväksi, mutta ei kuitenkaan merkitsevästi (Sacks, ym. 2013).

3.3 Toistot ja fyysisten taitojen opettelu virtuaalitodellisuudella

Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös fyysisten taitojen opettelun. Tästä esimerkkinä on Seymourin, ym. (2002) tutkimus virtuaalitodellisuudessa harjoittelujen taitojen siirtämisestä todellisiin tilanteisiin kirurgisissa leikkauksissa. Tutkimukseen osallistuneet kirurgian opiskelijat jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen ryhmä harjoitteli tyypillisten harjoitteiden mukaan ja toinen ryhmä harjoitteli lisäksi virtuaalitodellisuuden sovelluksen avulla. Opiskelijoille tehtiin alkuun lähtötasotestaus, jossa ryhmien välillä ei todettu huomattavia eroja. Tutkimuksen lopussa opiskelijat suorittivat leikkauksen kokeneiden kirurgien arvioidessa heitä. Arvioivat kirurgit olivat tietämättömiä kunkin opiskelijan harjoitustaustasta. Tutkimustuloksista selviää, että virtuaalitodellisuuden avulla harjoitelleet opiskelijat suoriutuivat leikkauksesta 29% nopeammin kuin tyypillisten harjoitteiden avulla harjoitelleet opiskelijat. Leikkauksen tavoitteena oli leikata erilleen sappirakko vahingoittamatta sitä. Virheitä, joissa sappirakko vahingoittui tai ei-kohteena olevaa kudosta poltettiin, tapahtui viisi kertaa useammin niille opiskelijoille, jotka olivat harjoitelleet vain tyypillisimmillä harjoitteilla. Kaiken kaikkiaan virheitä sattui kuusi kertaa enemmän opiskelijoille, jotka olivat harjoitelleet vain tyypillisimmillä harjoitteilla. Tutkimuksen perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että kirurgisia taitoja voidaan harjoitella virtuaalitodellisuuden sovellusten avulla (Seymour ym., 2002). Tämä tarkoittaa myös, että virtuaalitodellisuuden avulla voidaan harjoitella henkisten taitojen lisäksi fyysisiäkin taitoja.

Samaisessa tutkimuksessa kirurgisten taitojen harjoittelusta virtuaalitodellisuudessa mainitaan virtuaalitodellisuuden erääksi suureksi hyödyksi sen mahdollistama suuri toistojen määrä (Seymour ym., 2002). Tutkimuksen perusteella ei pystytä tekemään johtopäätöstä siitä, johtuivatko virtuaalitodellisuudella harjoitelleiden opiskelijoiden tulosten paremmuus virtuaalitodellisuudella harjoittelun laadusta vai sen mahdollistamista lisätoistojen määristä.

3.4 Kustannusten pieneminen

Virtuaalitodellisuudella vahvistetussa kuntoutuksessa potilaan terapeutti pystyy internetin välityksellä etänä seuraamaan potilaan kehitystä. Matkoihin kuuluvan ajan poistuessa ja aikataulujen ollessa joustavimmat mahdollistaa tämä yksittäiselle terapeutille myös useamman potilaan vastaanottamista, jolloin myös yleisesti kustannukset vähenevät (Burdea & Coiffet, 2003).

Sama pätee myös Seymourin, ym. (2002) mukaan kirurgeihin kirurgikoulutuksessa. Kun virtuaalitodellisuuden sovellus antaa harjoituksen yhteydessä opiskelijalle palautetta, vähennetään tämän myötä kokeneempien kirurgien aikaa opetustyön parissa, jolloin heillä on enemmän aikaa keskittyä esimerkiksi omiin leikkauksiinsa tai tutkimuksiinsa (Seymour, ym., 2002).

Kustannuksia on vähennetty myös rakennustyömaatyöntekijöiden koulutuksissa. Aiemmin tarkoitusta varten on täytynyt rakentaa fyysisiä rakennelmia mallintamaan työmaaympäristöä, ja nyt taas koulutukset voidaan hoitaa fyysisesti huomattavasti vähemmän tilaa vaativalla tietokonepohjaisella järjestelmällä (Sacks, ym., 2013).

Teknologian kehittyminen on tuonut virtuaalitodellisuuden myös kuluttajille paremmin käyttöön. Kehityssuunta on tähdännyt pienempiin ja mukaan otettaviin laitteistoihin, jotka samalla myös vähentävät käytön kustannuksia, kun virtuaalitodellisuuden käyttöä varten ei tarvitse lähteä erikseen käytön mahdollistaviin keskuksiin.

3.5 Muokattavuus

Ympärillä oleva maailma muuttuu nopeasti ja koulutusten ja harjoitusten on pystyttävä vastaamaan tähän. Monet virtuaalitodellisuusohjelmistot tarjoavat mahdollisuuden räätälöidä simulaatioita kunkin käyttäjän tarpeiden mukaan (Applebaum & Erickson, 2018).

Burdea ja Coiffet (2003) kirjoittavat, että armeijan käytössä olevia virtuaalitodellisuutta hyödyntäviä koulutusjärjestelmiä arvostetaan muun muassa niiden muokattavuuden vuoksi. Sotilaskäytössä isossa osassa ovat erilaisten aseiden ja välineiden käyttö, ja uusien mallien julkaisujen ja käyttöönottojen myötä myös koulutusten tulee vastata juuri kyseisellä hetkellä käytössä olevaa mallia. Virtuaalitodellisuudessa koulutusta saadaan muokattua usein perinteistä koulutusta nopeammin vastaamaan uusien mallien käyttöönottoa (Burdea & Coiffet, 2003).

Zhaon ja Lucaksen (2015) tutkimuksessa rakennustyömaan sähkötöiden koulutuksista virtuaalitodellisuudella todetaan muokattavuuden olevan suuri hyöty myös rakennusalalla. Turvallisuusohjelman kehittämisen ongelma on kyseisellä alalla se, että vaaratilanteet ovat usein työ- ja ympäristökohtaisia. Tämä tarkoittaa, että kaikkien ei tarvitse tuntea kaikkia mahdollisia alaan liittyviä vaaratilannemahdollisuuksia. Virtuaalitodellisuudella koulutusta voidaan muokata kunkin työntekijän työtehtäviä ja työskentely-ympäristöä vastaavaksi, jolloin työntekijän keskittyminen ohjataan oikeisiin asioihin ja estetään työntekijän ylikuormitus tiedolla (Zhao & Lucas, 2015).

Virtuaalitodellisuuden käytöllä on todettu olevan monenlaisia hyötyjä erilaisissa koulutus- ja harjoitustilanteissa. Seuraavassa luvussa perehdytään tarkemmin siihen, onko urheilukäytössä todennettavissa samankaltaisia hyötyjä.

4 VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTTÖ URHEILUSSA

Urheilussa erilaisia teknologioita omaksutaan usein hyvinkin nopeasti. Daiber, Kosmalla ja Krüger (2013) kirjoittavat tutkimuksessaan, että teknologian käyttö on nykyään yleisesti käytetty käytäntö suorituksen ja kehityksen mittaamiseen, analysoimiseen ja dokumentointiin erityisesti ammattimaisissa urheiluympäristöissä. Myös vähemmän tavoitteelliset liikkujat käyttävät harjoitussuunnitelmia ja -päiväkirjoja (Daiber, ym., 2013). Huippu-urheilussa taas marginaalit ovat pienet ja uusimpien teknologisten kehitysten avulla pyritään saamaan ratkaisevaa etua muihin kilpailijoihin ja vastustajiin nähden. Virtuaalitodellisuus on kuitenkin yksi teknologia, jota ei vielä kovinkaan laajasti käytetä urheilumaailmassa harjoitteluun. Edellisessä luvussa esitellyt hyödyt olisivat kuitenkin tärkeitä myös urheiluharjoittelussa.

4.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen tekeminen kirjallisuuskatsauksena tarkoittaa sitä, että tutkimuskysymykseen on pyritty vastaamaan alan kirjallisuuden pohjalta. Tässä kirjallisuuskatsauksessa lähteitä etsiessä hankaluuksia aiheutti aiheesta olevan akateemisen kirjallisuuden vähyys. Kuten Huang, ym. (2015) toteavat konferenssiartikkelissaan, aihetta on kyllä tutkittu, mutta ei täysin tästä näkökulmasta: on käytetty liian pelillistettyjä urheiluolosuhteita tai keskitytty liikaa urheilijoiden psykologiaan ja biomekaniikkaan. Myös virtuaalitodellisuuden käytön hyötyjä on yleisesti tutkittu paljonkin, mutta ei juurikaan reaali maailman urheiluharjoituksista (Huang, ym., 2015). Tämä vaikuttaa tietysti myös lähteiden laatuun, sillä iso osa tähän tutkimukseen käytetyistä lähteistä on konferenssiartikkeleita. Lähteitä onkin pitänyt tarkastella erityisen kriittisesti lähdemateriaalina käytettyjen artikkelien käsitellessä usein sellaisia ohjelmistoja ja järjestelmiä, joiden kehittäjät toimivat myös tutkimuksessa tutkijoina.

Lähteitä on etsitty lähinnä englanninkielisillä hakusanoilla. Koska kirjallisuutta on suhteellisen vähän, on mahdollisimman monipuolisen aineistokirjallisuuden saamiseksi etsittävä tietoa kansainvälisistä julkaisuista ja englannin kielellä. Hakuja tehtiin niin JYKDOKin, Google Scholarin kuin Scopuksenkin kautta. Hakuja tehtiin myös IEEE Explorerin tietokannoista. Hakusanoja ovat olleet "virtual reality", "sports", "training", "athletes" ja näiden yhdistelmät. Lisäksi kirjallisuuteen tutustuessa esiin tulivat alan kehittäjäyritykset, joten osassa hauista käytettiin myös heidän tuotteidensa nimiä kuten "STRIVR" ja "SIDEKIQ". Taustalukuja varten aineistoa pyrittiin hakemaan alalla yleisesti käytetyistä lähteistä. Lisäksi taustalukujen teoriaan on otettu päivitettyä tietoa uudemmissa tutkimuksista. Neljättä lukua varten on etsitty monipuolisesti virtuaalitodellisuutta käsitteleviä artikkeleita eri urheilulajien osalta, minkä lisäksi tiedon on haluttu olevan mahdollisimman tuoretta.

4.2 Urheilusuoritusten laadukas arvioiminen sekä toistettavuus pelaajan näkökulmasta

Bideau, ym. (2010) kirjoittavat tutkimuksessaan virtuaalitodellisuuden käytöstä urheilusuoritusten arvioinnissa. Urheilusuoritusten arvioiminen keskittyy useimmiten kolmeen erilaiseen parametriin: biomekaniikkaan, jonka avulla pystytään optimoimaan urheilijan liikkumista tai auttamaan urheilijaa omaksumaan uusi tekniikka, fysiologisiin analyysiin, jotka kertovat urheilijan liikkumisen energiankulutuksesta ja aineenvaihdunnan vaikutuksista harjoitteluun sekä käyttäytymisen neurotieteeseen, joka pystyy selittämään pelaajien taktisia päätöksiä kilpailutilanteissa. Kaikki nämä parametrit ovat kilpailutilanteessa käytössä samanaikaisesti, mikä tekee monimutkaisten tilanteiden, kuten vaikka pelaajien keskinäisen vuorovaikutuksen tutkimisen vaikeaksi. Esimerkiksi tarpeellisen tiedon saaminen vastustajan elekielestä on yksi tärkeimpiä ominaisuuksia vastustajan aikeiden ennakoimisessa. Vastustajan lukemisen harjoittelu on teknologian puutteellisuuden takia rajoittunut videotallenteisiin. Tämä ei kuitenkaan vastaa täysin tarvetta, sillä kameran näkökulma on rajoittunut kameran kuvauskulmaan kuvaushetkellä. Lisäksi videon tarjoama kuvaus riippuu vahvasti sen hetkisestä tilanteesta pelissä tai kilpailussa. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa vuorovaikutuksen urheilijan omasta näkökulmasta ja tarjoaa moninaisia simulaatioita mahdollisimman monenlaisten tilanteiden läpikäymiseen (Bideau, ym., 2010).

Monessa edellisen luvun tutkimuksista (Van Wyk & De Villiers, 2009, Zhao & Lucas, 2015, Sacks, ym., 2013) tutkittujen koulutusten oli tarkoitus kehittää työntekijöiden havainnointia sekä reagoimista tehtyihin havaintoihin. Kyseiset taidot ovat usein tärkeitä myös urheilumaailman suorituksissa, erityisesti lajeissa, joissa pelataan jotain vastustajaa vastaan. Bideaun, ym. (2010) tutkimuksessa tutkitaan havainnon ja toiminnan aiheuttamaa silmukkaa: miten ha-

vainto vaikuttaa urheilijan päätökseen toimia ja miten nämä päätökset vaikuttavat taas seuraaviin havaintoihin. Tutkimusta varten tehtiin 2 erillistä case-tutkimusta, jossa ensimmäisessä keskityttiin pelkkään havainnointiin. Tutkimuksessa rugby pelaajat havainnoivat harhaanjohtavaa liikettä (hyökkäys yrittää puolustuksen ohi). Järjestelmää käyttävä pelaaja käytti järjestelmään liitettyjä virtuaalitodellisuuslaseja, ja valmentaja pystyi erilliseltä näytöltä seuraamaan mitä pelaaja kussakin tilanteessa näki. Toisessa tutkimuksessa (Bideau, ym., 2010) tutkittiin virtuaalitodellisuuden avulla sekä havainnointia että toimintaa. Näitä seurattiin tutkimuksessa tarkkailemalla käsipallomaalivahtien reagointia erilaisiin heitettyjen pallojen liikeratoihin (Bideau, ym., 2010). Kyseinen esimerkki esittelee, miten virtuaalitodellisuus mahdollistaa yksittäisten päätöksentekoon vaikuttavien tekijöiden tutkimisen, mikä muilla tavoin olisi vaikeaa tai jopa mahdotonta. Kun valmentajat ymmärtävät pelaajiensa ajatuksia ja heillä olevaa tietoa päätöksentekohetkellä, on heidän helpompi opastaa pelaajia tekemään oikeita havaintoja ja kuhunkin tilanteeseen nähden hyviä päätöksiä. Urheilijoita auttavia järjestelmiä on myös erilaisia. Hament, ym. (2017) kirjoittavat järjestelmästä nimeltä STRIVR. Kyseessä on virtuaalitodellisuuteen perustuva harjoittelujärjestelmä, joka auttaa urheilijoita analysoimalla heidän reagointiaikaansa ja tehtyä suoritusta (Hament, ym., 2017). STRIVR on käytössä jo huippu-urheilutasolla. Willage (2017) STRIVR:n laboratorion esittelee STRIVR:n käyttöä amerikkalaisessa koripallon huippuliigassa NBA:ssa pelaavassa Washington Wizardsissa. Siellä järjestelmä on otettu käyttöön etenkin vapaahheittojen parantamiseen. Kyseinen harjoitus perustuu visualisoinnin vaikutukseen taitojen kehittämisessä. Harjoituksessa pelaaja sijoitetaan virtuaaliympäristössä pelikentälle ja siellä hän näkee omasta näkökulmastaan itsensä heittävän vapaahheittoja uudestaan ja uudestaan. Näiden virtuaalisten toistojen on tarkoitus antaa pelaajille mahdollisuus sisäistää visualisoinnin avulla heittoiin vaadittavaa liikettä (Willage, 2017).

4.3 Riskien pienentäminen sekä fyysisten taitojen oppiminen

Kappaleessa 3.1. käytiin läpi riskien pienentämistä virtuaalitodellisuuden avulla erilaisissa koulutuksissa. Riskien, erityisesti loukkaantumis- ja sairastumisriskin, hallinta on varsinkin kilpaileville urheilijoille tärkeää.

Hament, ym. (2017), esittelevät tutkimuksessaan virtuaalitodellisuuteen perustuvan järjestelmän lumilautailun aloittelijaharjoittelua varten. Laskettelussa iso osa loukkaantumisista tapahtuu ensimmäisen seitsemän päivän sisällä lajin kokeilun aloittamisesta. Lisäksi taitotasosta huolimatta yli puolet loukkaantumisista johtuvat kaatumisista. Kyseisen järjestelmän tarkoitus on realistisesti simuloida lautailua minimoimalla kuitenkin samalla loukkaantumisriskit. Tämä järjestelmä eroaa aiemmista lautailua varten kehitetyistä järjestelmistä siten, että tässä kaikki perustuu käyttäjän liikehdintään. Taso, jonka päällä harjoitus tehdään, on tyypiltään passiivinen mahdollistaen tasapainoharjoittelun, jonka on todettu vähentävän loukkaantumisriskejä. Lisäksi taso mahdollistaa

360 asteisen kääntymisen. Virtuaalitodellisuuslasien avulla käyttäjälle esitetään lumiset rinteet. Infrapunasensorit tarkkailevat lasien liikehdintää, ja lasien esittämä kuvakulma vaihtelee sensorien havaitsemien pään liikkeiden mukaan. Järjestelmä reagoi käyttäjän manuaaliseen laudan ohjaukseen ja tarjoaa tämän avulla mahdollisuuden opetella lautailun perustaitoja. Tämän vuoksi se sopii erityisesti aloittelijoille, jotka arvostavat loukkaantumista ehkäisevää harjoittelua (Hament, ym., 2017).

Loukkaantumiseriski kontaktista ei ole ainoa riski, jota pyritään pienentämään virtuaalitodellisuuden avulla. Myös sääolosuhteista johtuvaa loukkaantumiseriskiä pyritään virtuaalitodellisuuden sovelluksilla hallitsemaan (Applebaum & Erickson, 2018). Esimerkiksi sateessa harjoittelusta johtuvaa kasvanutta sairastumis- ja loukkaantumiseriskiä voidaan välttää simuloimalla samoja olosuhteita virtuaalitodellisuuden avulla. Lisäksi mahdottomien säätilojen sattuessa harjoituksia ei välttämättä tarvitse perua vaan ne voidaan järjestää virtuaalitodellisuuden avulla sisätiloissa.

Edellä mainitussa lumilautailuesimerkissä virtuaalitodellisuus mahdollisti aloittelijoille lautailun perustaitojen opetteluun. Toisena esimerkkinä fyysisten taitojen oppimisesta virtuaalitodellisuuden avulla toimii Bailensonin, ym. (2008) tekemä tutkimus Tai Chi liikkeiden oppimisesta virtuaalitodellisuuden avulla. Tutkimuksessa he huomasivat, että tärkeä osa oppimista on palautteen saanti, ja virtuaalitodellisuudella se pystytään mahdollistamaan monipuolisesti. Tutkimuksessa harjoittelija pystyi näkemään itsensä monesta näkökulmasta suorittaessaan liikkeitä saaden täten näköaistin kautta jatkuvaa palautetta omista liikkeistään. Useamman näkökulman johdosta taitojen kehittyminen tehostui (Bailenson, ym., 2008). Samaa oli havaittavissa myös Hoffmannin, Filippeschin, Ruffaldin ja Bardyn (2014) tutkimuksessa energiaa säästävän strategian oppimisesta soutamisessa. Tutkimuksessa todettiin, että näköaistin avulla saatava palaute auttoi virtuaalitodellisuuden avulla harjoitteleita aloittelijoita hahmottamaan parhaimman taktiikan 2000:n metrin soutamista varten (Hoffmann, ym., 2014). Palaute voidaan antaa myös muiden aistien kautta. Covacin, Postelnicuksen, Panfirin ja Talaban (2012) teettämän tutkimuksen mukaan palautteenantoa varten voidaan käyttää myös kuulo- ja tuntoaistia. Näköaistin kautta annettava palaute on kuitenkin tähän mennessä jo useaan virtuaalitodellisuuden ohjelmistoon saatu menestyksekkäästi sisällytettyä. Käyttäjät kokevat kuitenkin tuntoaistin olevan myös tärkeä osa realistisuuden tunnetta harjoituksessa (Covaci, ym., 2012).

Hamentin, ym. (2017) lumilautailututkimuksessa pohditaan myös paljon järjestelmän mahdollisia kehityssuuntia. Kehitetty järjestelmä voi tulevaisuudessa toimia pohjana teknologian kehittämiseksi eteenpäin myös kokeneempien lautailijoiden harjoittelua varten. Järjestelmän tärkeimpiä hyötyjä käyttäjälle on, että liikkeitä pystytään harjoittelemaan lihaskuistiin. Tulevaisuudessa myös hyppyjen ja volttien harjoittelu pystytään luultavasti mahdollistamaan erilaisen kaapeleiden avulla. Lisäksi kerätystä datasta voidaan kehittää palautejärjestelmä, jonka avulla käyttäjä oppisi koordinaatiosta, ajoituksesta ja päätöksenteosta, sekä kehitystä pystyttäisiin seuraamaan paremmin (Hament, ym. 2017).

Ihmisillä on aiempaa enemmän rahaa muuhun kuin perustarvikkeisiin ja he ovat kiinnostuneita kokemuksista ja terveydestä. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa turvallisen tavan opetella uusi laji. Lisäksi virtuaalitodellisuus mahdollistaa sellaisia asioita, jotka muuten olisivat vaikeita tai mahdottomia toteuttaa kuten esimerkiksi laskettelurinne keskellä Barcelonaa. Tässä kohtaa apuna on myös kappaleessa 3.5 käsitelty muokattavuus. Hamentin, ym. (2017) tutkimuksessa käsiteltiin sitä, että tulevaisuudessa ohjelmistoa voitaisiin kehittää vaativampienkin liikkeiden harjoittamiseen. Tällöin luultavasti ohjelmistossa tehtävät harjoitukset on mahdollista räätälöidä kunkin käyttäjän taitotasoa vastaaviksi. Aiemmin mainittiin myös sääolosuhteiden vaikutus harjoittelemiseen. Muokattavuuden avulla voidaan myös simuloida erilaisia sääolosuhteita. Lisäksi tässä kappaleessa esitellyt esimerkit tukevat kappaleessa 3.3. käsitellyn Seymourin, ym. (2002) teettämän tutkimuksen osoittamaa havaintoa siitä, että virtuaalitodellisuuden avulla pystytään harjoittelemaan fyysisiäkin taitoja.

4.4 Käytetyn harjoitusajan tehokkuuden nostaminen

Edellisessä luvussa käytiin läpi virtuaalitodellisuuden tehokkuutta koulutuksissa ja harjoituksissa verrattuna perinteisiin koulutusmenetelmiin. Kappaleessa 3.2 käytiin läpi useampi tutkimus, joissa virtuaalitodellisuudella harjoitelleet ryhmät saivat parempia tuloksia kuin perinteisillä tavoilla harjoitelleet ryhmät (Burdea & Coiffet, 2003, Van Wyk & De Villiers, 2009, Sacks, ym., 2013). Vastaavaa on ollut havaittavissa myös urheilumaailmassa. Muun muassa Casalen (2017) tutkimuksessa STRIVR-järjestelmän käytöstä amerikkalaisen jalkapallon harjoittelussa oli nähtävissä virtuaalitodellisuuden kannalta positiivisia tuloksia. Tutkimukseen osallistui 711 koehenkilöä, joilla jokaisella oli vähän tai ei ollenkaan kokemusta amerikkalaisen jalkapallon pelinrakentajana olosta. Koehenkilöiden harjoiteltua joko virtuaalitodellisuudella tai perinteisillä harjoitusmenetelmillä tekivät he harjoitusten perään virtuaalitodellisuusjärjestelmällä testin, jossa esitettiin tilanne pelistä ja siihen liittyen kysymys siitä, miten he toimisivat kyseisessä tilanteessa. Virtuaalitodellisuudella harjoitelleet olivat hieman edellä oikeiden päätösten teossa verrattuna perinteisillä tavoilla harjoitelleisiin. Lisäksi selkeä ero oli huomattavissa reaktioajoissa, joissa myös virtuaalitodellisuudella harjoitelleet saivat parempia tuloksia (Casalen, 2017).

Samankaltaisia tuloksia saivat myös Bailenson, ym. (2008) tutkiessaan virtuaalitodellisuudella harjoittelua verrattuna videon avulla harjoitteluun. Kuten aiemmin mainittiin, virtuaalitodellisuuden mahdollistama palaute tehosti taitojen kehittymistä. Näin ollen virtuaalitodellisuus todettiin tutkimuksessa videoharjoituksia tehokkaammaksi (Bailenson, ym., 2008).

Huang, ym. (2015) kirjoittavat tutkimuksessaan kehittämästään järjestelmästä, joka harjoituttaa amerikkalaisen jalkapallon pelaajia. Heidän ohjelmistonsa SIDEKIQ on tarkoitettu opiskelijaurheilijoiden ammattimaiseen harjoitteluun. Amerikkalaisessa jalkapallossa valmentajat suunnittelevat kuvioita, jotka sitten pelaajat opettelevat harjoituksissa ulkoa. Nämä kuviot esitellään valmen-

tajien pelikirjoissa joukkueelle. Yhä nykyään ne ovat usein edelleen oikeita kirjoja, joissa kuvioiden ymmärtämisen helpottamiseksi on sivuille laitettu kuvia selkeyttämään kuvion hahmottamista. Kuviot voivat olla käsin piirrettyjä viivoja ja ympyröitä tai ne voivat olla kuvakaappauksia pelattujen pelien videoista, joihin sitten on piirretty tarpeellisia merkintöjä selventämään liikkumissuuntia ja muita yksityiskohtia. Jos valmentaja ei ole teknologiassa valveutunut, piirtää hän usein kuviot edelleen käsin. Ongelmaksi on noussut, että ylhäältäpäin kuvattujen kuvioiden hahmottaminen on tuottanut hankaluuksia erityisesti nuorempien ja kokemattomien pelaajien kohdalla. Järjestelmän avulla käyttäjä pystyy seuraamaan harjoitusta eri näkökulmista, ylhäältä ilmasta käsin, tilanteesta ulkopuolisena henkilönä tai urheilijan kypäräkamerasta (Huang, ym., 2015).

Huangin, ym. (2015) tutkimuksessa pelaajat osallistuivat 3-päiväiseen treenisessioon, jossa toistettiin seuraavanlaista harjoitusta: Pelaaja on pelinrakentajana tilanteessa ja näkee tilanteen pelinrakentajan silmin. Hänen tehtävänsä on arvioida kenelle pallo kannattaa heittää eteenpäin. Harjoitusta suorittavat pelaajat näkevät kuinka kuvio lähtee pyörimään ja muutama sekunti täydellisen heittohetken jälkeen pelaajille esitetään kysymyksenä, kenelle he heittäisivät pallon. Tähän kysymykseen heillä on 3 sekuntia aikaa vastata. Valmentajalla on ohjain ja hän hallitsee, mitä kuviota milloinkin pelataan. Hän näkee näyttöiltä sekä pelin kokonaiskuvan että kopiokuvaa pelaajan näkymästä, jolloin valmentaja tietää tarkalleen mitä pelaaja katsoi tehdessään päätöksensä. Treenisession jälkeen käyttäjissä oli huomattavissa 30 % parempia tuloksia kuin ennen sessiota (Huang, ym., 2015). Amerikassa on säännelty kuinka kauan pelaajat saavat maksimissaan harjoitella kentällä viikoittain. Virtuaalitodellisuus tekee käytetystä ajasta tehokkaampaa. Lisäksi amerikkalaisessa jalkapallossa pelaajat kokevat herkästi rajujakin täräyksiä. Erilaisten ohjelmistojen avulla samaa tilannetta voidaan käydä läpi monta kertaa joutumatta kuitenkaan toistamaan esimerkiksi samaa taklausta montaa kertaa ehkäisten jälleen loukkaantumisia (Appelbaum & Erickson, 2018). Lisäksi kaikkien aikaa säästetään, kun kaikkien pelaajien ei tarvitse seisoskella kentällä yhden kuvion läpikäymistä varten pitkiä aikoja.

4.5 Yhteenveto

Yhteenvetona kuvio 1. kokoaa vielä yhteen katsauksessa havaittuja virtuaalitodellisuuden käytön hyötyjä ja yleisten hyötyjen yhteyksiä urheilumaailmassa havaittaviin hyötyihin. Kuviossa vasemmassa reunassa ja sinisellä tekstillä on lueteltuna katsauksessa havaitut virtuaalitodellisuuden käytön hyödyt yleisesti. Oikeassa reunassa ja vihreällä tekstillä on lueteltuna katsauksessa havaitut virtuaalitodellisuuden käytön hyödyt urheilussa. Nuolilla on merkattu hyötyjen välisiä yhteyksiä.

Riskien pienentämisen välillä yhteys on selkeä. Sekä yleisissä koulutus- ja harjoitustilanteissa että urheilumaailmassa arvostetaan vahingoittumisriskin minimointia. Lisäksi kuten kappaleessa 4.2 todettiin, muokattavuudella pysty-

tään pienentämään riskejä kun harjoitteita voidaan räätälöidä esimerkiksi vastaaman erilaisia taitotasoja. Täten myös riskien pienentämisen ja muokattavuuden välillä voidaan havaita yhteys.

Myös toistojen kohdalla yhteys on selvä. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa toistojen suuren määrän. Urheiluharjoitteluun virtuaalitodellisuus antaa myös mahdollisuuden toistaa tilanteita urheilijan omasta näkökulmasta. Lisäksi toistoissa on yhteys vaikeasti toteutettavien skenaarioiden toistamiseen. Kappaleessa 3.1 mainitaan, että virtuaalitodellisuus pystyy tarjoamaan monipuolisempia toistoja, kun sen avulla voidaan toistaa sellaisiakin tilanteita, joita ei ole vielä aikaisemmin tapahtunut. Lisäksi urheiluharjoituksia varten pystytään virtuaalitodellisuudessa simuloimaan reaali maailman vastustajia pohjautuen videoihin ja muuhun dataan ja harjoittelemaan toistoja näitä vastaan (Wang, 2012).

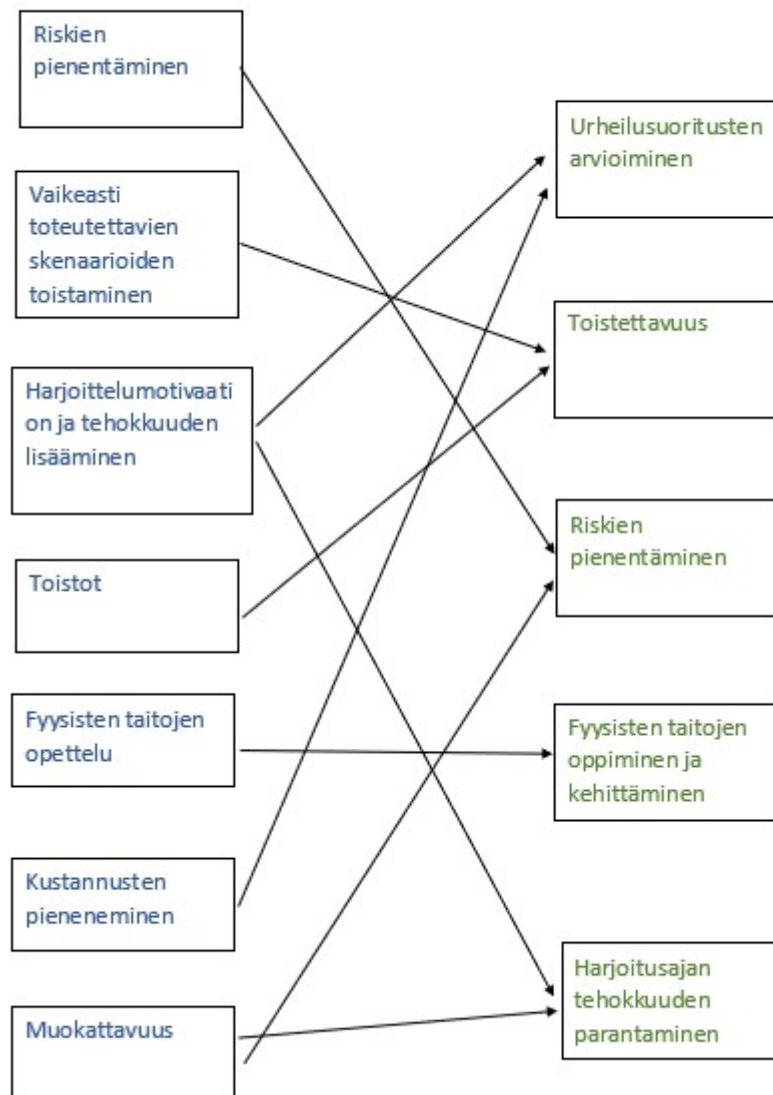
Fyysisten taitojen opettelussa yhteys on myös selkeä. Sekä kappaleen 3.3 kirurgian harjoittelijoita käsittelevä tutkimus, että kappaleen 4.2 aloittelijoiden lumilautailutaitoja käsittelevä tutkimus havainnoivat virtuaalitodellisuuden käyttöä fyysisten taitojen opettelua varten.

Urheilu suoritusten arvioimisen liittyminen harjoittelumotivaation ja tehokkuuden lisäämiseen sekä kustannusten pienemiseen ei ole enää niin selkeää. Kappaleessa 3.2 käytiin läpi, miten kuntoutuspotilaat pystyivät interaktiivisesti ja terapeutin etävalvomana tekemään heille määrättyjä harjoitteita. Lisäksi kappaleessa 3.4 käsiteltiin kuinka virtuaalitodellisuus mahdollistaa palautteen annon etänä harjoitusta seuraavalta ohjaajalta. Kappaleessa 4.1 käsiteltiin suoritusten laadukkaan arvioinnin tärkeyttä urheiluympäristössä. Arviointia varten esimerkiksi valmentajan tulee saada mahdollisimman monipuolista tietoa urheilijan suorittamisesta. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa valmentajalle harjoituksen seuraamisen harjoitusta tekevän urheilijan näkökulmasta ja vaikka etänä.

Harjoitusajan tehokkuuden parantamisessa havaitaan yhteys sekä harjoittelumotivaation ja tehokkuuden lisäämisessä että muokattavuudessa. Kuten aiemmissa luvuissa mainittiin, on virtuaalitodellisuuden käytön tehokkuudesta verrattuna perinteisiin harjoitusmenetelmiin sekä yleisesti koulutuksissa että urheilumaailman sovelluksissa saatu vahvistavia tutkimustuloksia. Harjoitusajan tehokkuutta käsittelevässä kappaleessa 4.3 käsitellään esimerkkiä amerikkalaisen jalkapallon kuvioden läpikäymisestä. Esimerkissä ohjelmaa pystyttiin muokkaamaan näytetyn näkökulman osalta. Tässä tapauksessa siis muokattavuudella pystytään helpottamaan kuvioden hahmottamista erilaisilla näkökulmilla ja sitä kautta tehostamaan käytettyä harjoitusaikaa.

Virtuaalitodellisuuden hyödyt yleisesti

Virtuaalitodellisuuden hyödyt urheilussa



KUVIO 1 Kertauskuvio virtuaalitodellisuuden käytön hyödyistä

5 POHDINTAA

Cotterillin (2018) mukaan virtuaalitodellisuuden suuria hyötyjä on, että se palvelee sekä urheilijaa että valmentajaa. Lisäksi mahdollisuus kehittyä vastustajan aikeiden ennakoimisessa elekielen ja liikehännän perusteella on todettu suureksi hyödyksi. Käsipallomaalivahtien kehityksessä on saatu ehkä parhaimpia tuloksia. Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet ovatkin tällä hetkellä potentiaalisimpia hienovaraisessa taitoharjoittelussa ja havainnointi/päätöksentekoharjoittelussa. Vaikeuksia virtuaalitodellisuuden kanssa harjoittelussa syntyy ohjelmiston realistisuuden puutteen kanssa. Esimerkiksi amerikkalaisessa jalkapallossa ja rugbyssa ongelmia aiheuttaa pelialueen laajuus. Oikeassa pelitilanteessa heittäjät saattavat joutua juoksemaan kymmeniäkin metrejä ja tähän virtuaalitodellisuuden teknologioilla on harvemmin mahdollisuus (Cotterill, 2018). Baseball-harjoittelussa taas on huomattu ongelmia lyöntiharjoittelun kehittämiseksi, kun oikeanlaisten tuuliolosuhteiden simuloiminen on ollut ongelmallista (Miles, Pop, Watt, Lawrence & John, 2012).

Virtuaalitodellisuudella harjoittelun onnistuminen riippuu pitkälti ohjelmistosta, kuinka laadukkaasti ja reaali maailmaa vastaavasti se on toteutettu. Erityisesti reaali maailman vastaavuuden on todettu vaikuttavan harjoittelun lopputulokseen. Jos reaali maailman olosuhteet poikkeavat huomattavasti harjoitteluun käytetystä virtuaaliympäristöstä, on myös harjoittelusta saatava hyöty huomattavasti pienempi (Miles, ym., 2012). Mitä laadukkaammin ja reaali maailmaa vastaavasti virtuaalitodellisuuden ohjelmisto on tuotettu, sitä relevantimpi on ohjelmistolla harjoittelusta saatava hyöty.

Monessa artikkelissa korostettiin myös sitä, että virtuaalitodellisuus toimisi hyvin vähintäänkin täydentävänä osana koulutusta. Perinteisestä koulutuksesta ei siis kaikkialla välttämättä kuitenkaan olla valmiita luopumaan. Lisäksi usein mainitaan virtuaalitodellisuuden olevan siksi niin tehokas koulutuskäytössä, että se pitää harjoittelijan mielenkiintoa ja sitä kautta keskittymistä yllä. Sacksin, ym. (2013) artikkelissa todettiin, että kun perinteisellä tavalla koulutautuneet tarvitsivat 40 minuutin jälkeen tauon pystyäkseen keskittymään, niin

virtuaalitodellisuudella kouluttautuneet taas jaksoivat koko puolentoista tunnin koulutuksen yhdeltä istumalta. Tämä ero oli todennettavissa myös tutkimuskohteille jälkeenkäynnin tehtyjen kyselyjen perusteella.

Tärkeää asiaa tutkiessa on myös muistaa lähdekritiikki, esimerkiksi STRIVR:n käyttöä ei ole hirveästi ulkopuolisten tahojen toimesta tutkittu, ja useassa muussakin tapauksessa tutkimuksen kohteena oleva ohjelmisto on tutkimusten tekijöiden kehittämä.

Lisäksi kun kyseessä on näin uusi teknologia ovat kustannuksetkin edelleen suuri kysymysmerkki. Vaikka aiemmissa kappaleissa osoitettiin monia tapoja, joilla virtuaalitodellisuudella voidaan vähentää erinäisiä kustannuksia, on itse virtuaalitodellisuuden sovellusten kehitys yhä suhteellisen kallista. Teknologian kehittyessä myös tuotantokustannukset pienenevät, mutta urheilukäyttöä varten virtuaalitodellisuuden ohjelmistot ovat vielä verrattain kalliita ja monimutkaisia toteuttaa. Esimerkiksi Vignais, Kulpa, Brault, Presse ja Bideau (2015) listaavat artikkelissaan kustannuksia nostaviksi tekijöiksi muun muassa liikkeiden simuloimiseen tarvittavan taustatyön. Lisäksi urheiluun tarkoitettujen virtuaalitodellisuuden sovellusten tulee toimia reaaliaikaisesti käyttäjän toimien kanssa ja tämä taas vaatii suuritehoisen tietokoneen pyörittämään ohjelmistoa, mikä taas nostaa kustannuksia (Vignais, ym., 2015).

Jatkotutkimusaiheena olisi mielenkiintoista tutkia miten virtuaalitodellisuudella harjoittelua pystyttäisiin paremmin hyödyntämään ryhmille. Mitkä olisivat esimerkiksi parhaimpia käytäntöjä ryhmäharjoittelua varten: tulisiko jokaisen osallistua oman näyttönsä kautta vai toimisiko yhteisharjoitus isossa tilassa paremmin ja pystyttäisiinkö silloin edelleen pitämään kiinni nykyisistä hyödyistä kuten esimerkiksi loukkaantumiseriskien vähentämisestä. Lisäksi olisi mielenkiintoista tehdä tarkempaa tutkimusta harjoituksissa kehitettyjen taitojen siirron onnistumisesta virtuaalimaailmasta reaali maailman suorituksiin.

LÄHTEET

- Appelbaum, L. G., & Erickson, G. (2018). Sports vision training: a review of the state-of-the-art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 11(1), 160-189.
- Bailenson, J., Patel, K., Nielsen, A., Bajscy, R., Jung, S. H., & Kurillo, G. (2008). The effect of interactivity on learning physical actions in virtual reality. *Media Psychology*, 11(3), 354-376.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2010). Using virtual reality to analyze sports performance. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2), 14-21.
- Casale, M. (2017). STRIVR Training Demonstrates Faster and More Accurate Learning Compared to Traditional Study Methods.
- Cotterill, S. T. (2018). Virtual Reality and Sport Psychology: Implications for Applied Practice.
- Covaci, A., Postelnicu, C. C., Panfir, A. N., & Talaba, D. (2012, February). A virtual reality simulator for basketball free-throw skills development. In *Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems* (pp. 105-112). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., & DeFanti, T. A. (1993, September). Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. In *Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 135-142). ACM.
- Daiber, F., Kosmalla, F., & Krüger, A. (2013, April). BouldAR: using augmented reality to support collaborative boulder training. In *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 949-954). ACM.
- Hament, B., Cater, A., & Oh, P. Y. (2017, June). Coupling virtual reality and motion platforms for snowboard training. In *Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2017 14th International Conference on* (pp. 556-560). IEEE.
- Hoffmann, C. P., Filippeschi, A., Ruffaldi, E., & Bardy, B. G. (2014). Energy management using virtual reality improves 2000-m rowing performance. *Journal of sports sciences*, 32(6), 501-509.

- Huang, Y., Churches, L., & Reilly, B. (2015, April). A case study on virtual reality American football training. In *Proceedings of the 2015 Virtual Reality International Conference* (p. 6). ACM.
- Miles, H. C., Pop, S. R., Watt, S. J., Lawrence, G. P., & John, N. W. (2012). A review of virtual environments for training in ball sports. *Computers & Graphics*, 36(6), 714-726.
- Park, C. H., Jang, G., & Chai, Y. H. (2006). Development of a virtual reality training system for live-line workers. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 20(3), 285-303.
- Pulijala, Y., Ma, M., Pears, M., Peebles, D., & Ayoub, A. (2018). Effectiveness of immersive virtual reality in surgical training – A randomized control trial. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 76(5), 1065-1072.
- Rizzo, A. S., & Kim, G. J. (2005). A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 14(2), 119-146.
- Sacks, R., Perlman, A., & Barak, R. (2013). Construction safety training using immersive virtual reality. *Construction Management and Economics*, 31(9), 1005-1017.
- Schroeder, R. (2008). Defining virtual worlds and virtual environments. *Journal For Virtual Worlds Research*, 1(1).
- Seymour, N. E., Gallagher, A. G., Roman, S. A., O'Brien, M. K., Bansal, V. K., Andersen, D. K., & Satava, R. M. (2002). Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of surgery*, 236(4), 458.
- Sherman, W. R. & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Van Wyk, E., & De Villiers, R. (2009, February). Virtual reality training applications for the mining industry. In *Proceedings of the 6th international conference on computer graphics, virtual reality, visualisation and interaction in Africa* (pp. 53-63). ACM.
- Vignais, N., Kulpa, R., Brault, S., Presse, D., & Bideau, B. (2015). Which technology to investigate visual perception in sport: Video vs. virtual reality. *Human movement science*, 39, 12-26.
- Wang, J. (2012). Research on application of virtual reality technology in competitive sports. *Procedia Engineering*, 29, 3659-3662.
- Willage, J. (2017). Using VR to improve free throw percentage in the NBA.

- Xu, S., Song, P., Chin, C. L., Chua, G. G., Huang, Z., & Rahardja, S. (2009, September). Tennis space: an interactive and immersive environment for tennis simulation. In *Image and Graphics, 2009. ICIG'09. Fifth International Conference on* (pp. 652-657). IEEE.
- Zhao, D., & Lucas, J. (2015). Virtual reality simulation for construction safety promotion. *International journal of injury control and safety promotion*, 22(1), 57-67.