

# Virtualna stvarnost u fizioterapiji

---

**Burčul, Ivona**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Libertas International University / Libertas međunarodno sveučilište**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:223:255223>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of the Libertas International University](#)



**LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE  
ZAGREB**

**IVONA BURČUL**

**DIPLOMSKI RAD**

**VIRTUALNA STVARNOST U FIZIOTERAPIJI**

**Zagreb, listopad 2023.**

**LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE  
ZAGREB**

**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE**

**VIRTUALNA STVARNOST U FIZIOTERAPIJI**

**VIRTUAL REALITY IN PHYSIOTHERAPY**

**KANDIDAT: Ivona Burčul**

**MENTOR: izv. prof. dr. sc. Antonija Balenović**

**Zagreb, listopad 2023.**

## Sadržaj

SAŽETAK.....	V
SUMMARY .....	VI
1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i ciljevi rada.....	1
1.2. Metodologija istraživanja.....	1
1.3. Istraživačka pitanja.....	2
1.4. Struktura rada .....	2
1.5. Doprinos rada .....	3
2. DIGITALNE TEHNOLOGIJE U FIZIOTERAPIJI.....	4
2.1. Općenito o ulozi fizioterapeuta u provođenju rehabilitacije .....	4
2.2. Virtualna stvarnost, proširena stvarnost, gamifikacija, telerehabilitacija.....	4
2.3. Što je proširena stvarnost?.....	6
2.4. Prednosti proširene stvarnosti u fizioterapiji.....	9
2.5. Rehabilitacija kod kuće .....	10
3. UPOTREBA TELEMEDICINE I VIRTUALNE STVARNOSTI U FIZIOTERAPIJSKOJ PRAKSI .....	12
3.1. Komunikacija s pacijentima .....	12
3.2. Vježbanje uz virtualnu stvarnost .....	12
3.2.1. Virtualna ortopedska rehabilitacija.....	12
3.2.2. Učinci treninga virtualne stvarnosti na funkciju pacijenata s kroničnim moždanim udarom .....	12
3.2.3. Učinkovitost korištenja terapije vježbanja podržane virtualnom stvarnošću za motoričku rehabilitaciju gornjih ekstremiteta kod pacijenata s moždanim udarom .....	14
3.2.4. Virtualna stvarnost u neurorehabilitaciji .....	17
3.2.5. Validacija točnosti nove platforme virtualne stvarnosti za određivanje orijentacije implantata u simuliranoj primarnoj totalnoj zamjeni kuka.....	18
3.2.6. Rehabilitacija u virtualnoj stvarnosti nakon totalne artroplastike koljena.....	19
3.3. „Gaming“ u fizioterapiji.....	21
3.3.1. Gamifikacija za rehabilitaciju prijeloma distalnog radijusa .....	21
3.4. Vrednovanje povratnih informacija i metode evaluacije provedene terapije .....	22
4. PREDNOSTI I OGRANIČENJA VIRTUALNE STVARNOSTI U FIZIOTERAPIJI .....	25
4.1. Prednosti digitalne tehnologije u fizioterapiji .....	25
4.2. Ograničenja u digitalnoj praksi vezano za rehabilitaciju pacijenata .....	26
4.2.1. Korisnički servis.....	26
4.2.2. Tehnologija.....	26
4.2.3. Osiguranje i financiranje .....	27
4.2.4. Trening (edukacija) .....	27

4.2.5. Istraživanje .....	27
4.2.6. Regulacija.....	27
4.3. Tehnološka ograničenja virtualne stvarnosti.....	27
4.4. Dostupnost tehnologije virtualne stvarnosti .....	29
4.5. Virtualna stvarnost kao alat za obrazovanje i obuku u medicini.....	30
4.6. Prednosti i ograničenja virtualne stvarnosti na život društva .....	31
4.6.1. Industrijske simulacije.....	33
4.6.2. Simulacije vožnje .....	33
4.6.3. Dizajn proizvoda i izrada prototipova .....	34
4.6.4. Obrazovanje.....	35
4.6.5. Javno zdravstvo .....	36
4.6.6. Medicinska obuka.....	36
4.6.7. Vježbanje, <i>fitness</i> i sport.....	37
4.6.8. Terapija i meditacija .....	38
4.6.9. Društvena interakcija.....	39
4.6.10. Zabava .....	40
5. VIRTUALNA STVARNOST ZA OBRAZOVANJE ZDRAVSTVENIH DJELATNIKA.....	42
6. SMJERNICE ZA PRIMJENU VIRTUALNE STVARNOSTI U FIZIOTERAPIJI.....	47
7. RASPRAVA I PREPORUKE .....	48
8. ZAKLJUČAK .....	50
9. LITERATURA.....	51
10. ŽIVOTOPIS .....	54

## SAŽETAK

Virtualna stvarnost u fizioterapiji je instrument provođenja rehabilitacije pacijenata. Definira se kao upotreba interaktivnih simulacija koje su stvorene pomoću računalnog hardvera i softvera kako bi se korisnicima pružile mogućnosti uključivanja u okruženja koja izgledaju i djeluju slično objektima i događajima u stvarnom svijetu. Rad prikazuje pregled istraživanja o tome na koji je način provođenje takvog tipa terapije utjecao na pacijente, koje su prednosti kao i ograničenja iste te općenito učinke virtualne stvarnosti na fizioterapiju. Rezultati istraživanja pokazuju veliki potencijal virtualne rehabilitacije, uključujući virtualnu stvarnost, proširenu stvarnost, gamifikaciju i telerehabilitaciju. Stoga se preporuča daljnje poboljšanje tehnologija i proširenje područja njihove primjene jer omogućuju kvalitetnu skrb uz smanjene troškove.

Ključne riječi: virtualna stvarnost, rehabilitacija, proširena stvarnost, gamifikacija, telerehabilitacija

## **SUMMARY**

Virtual reality in physiotherapy is an instrument for the rehabilitation of patients. It is defined as the use of interactive simulations that are created using computer hardware and software to provide users with opportunities to engage in environments that look and act similar to real - world objects and events. The paper presents an overview of the research on how the implementation of this type of therapy affected the patients, what are the advantages and limitations of the same, and the effects of virtual reality on physiotherapy in general. Research results show the great potential of virtual rehabilitation including virtual reality, augmented reality, gamification and telerehabilitation. Therefore, it is recommended to further improve the technologies and expand the area of their application, as they enable quality care at reduced costs.

Keywords: virtual reality, rehabilitation, augmented reality, gamification, telerehabilitation

## **1. UVOD**

Virtualna stvarnost u fizioterapiji je instrument provođenja rehabilitacije pacijenata te se definira kao upotreba interaktivnih simulacija koje su stvorene pomoću računalnog hardvera i softvera kako bi se korisnicima pružile mogućnosti uključivanja u okruženja koja izgledaju i djeluju slično objektima i događajima u stvarnom svijetu. Rezultati istraživanja pokazuju veliki potencijal virtualne rehabilitacije.

### **1.1. Predmet i ciljevi rada**

Predmet rada bit će pregled ICT rješenja korištenjem telerehabilitacije i virtualne stvarnosti u fizioterapiji koje se koriste u odabiru terapija za pacijente, u evaluaciji terapije koju provode pacijenti i u upravljanju fizioterapijskim postupcima na daljinu korištenjem virtualne stvarnosti.

Cilj rada je utvrditi, prema podacima iz postojeće literature, koji se telerehabilitacijski postupci mogu smatrati korisnom pomoći fizioterapeutima, te analizirati prepreke za implementaciju inovativnih digitalnih alata koji koriste virtualnu stvarnost i smjernice za njihovu daljnju upotrebu.

### **1.2. Metodologija istraživanja**

U svrhu obrade predmeta i ciljeva rada, te odgovora na postavljena istraživačka pitanja korišteni su provjereni stručni i znanstveni podaci objavljeni u domaćim i međunarodnim publikacijama i bazama podataka, a koji su analizirani, sintetizirani i prezentirani. Za prezentiranje rezultata istraživanja i dobivenih spoznaja korištene su sljedeće znanstvene metode: metoda indukcije i dedukcije, povijesna metoda, komparativna metoda i metoda deskripcije.

Metoda indukcije korištena je kod donošenja općih zaključaka o primjeni novih inovativnih digitalnih alata u fizioterapiji posebno virtualne stvarnosti. Pomoću metode dedukcije iz općih zaključaka izvučeni su posebni o prednostima i preprekama za primjenu virtualne stvarnosti u fizioterapiji. Povijesna metoda korištena je kod kronološkog prezentiranja informacija o razvoju metode virtualne stvarnosti i spoznaja koje su pridonijele primjeni u fizioterapiji. Komparativna metoda korištena je kod uspoređivanja tuđih iskustava, stavova i mišljenja o primjeni metode virtualne stvarnosti u fizioterapiji, a koji su poslužili za donošenje zaključaka u ovom diplomskom radu. Metoda deskripcije korištena je za opisivanje primjene



metode virtualne stvarnosti u fizioterapiji i načina na koji doprinosi ostvarivanju terapijskih ciljeva.

### 1.3. Istraživačka pitanja

Provedeno istraživanje za potrebe ovog diplomskog rada treba dati odgovore na sljedeća istraživačka pitanja:

1. U kojoj mjeri virtualna stvarnost može zamijeniti fizičku prisutnost fizioterapeuta tijekom fizioterapijskog postupka?
2. Kakav je doprinos telemedicine i virtualne stvarnosti u kreiranju i odabiru novih vježbi za pacijente?
3. Je li telemedicinskim metodama fizioterapeutima osigurano pravilno nadziranje izvođenja vježbi i je li im omogućena pouzdana procjena ispunjavanja zadanih terapijskih ciljeva?

### 1.4. Struktura rada

Rezultati istraživanja koje je provedeno u ovom diplomskom radu podijeljeni su u sedam povezanih poglavlja. U prvom poglavlju *uvodu*, daje je kratak opis teme istraživanja, zatim je definiran predmet i ciljevi istraživanja, metodologija istraživanja i istraživačka pitanja, prikazana je struktura rada i doprinos istraživanja.

Drugo poglavlje naslova *digitalne tehnologije u fizioterapiji*, daje prikaz uloge fizioterapeuta u provođenju rehabilitacije, opis značenja pojmova virtualne stvarnosti, proširene stvarnosti, gamifikacije i telerehabilitacije, zatim su opisane prednosti proširene stvarnosti u fizioterapiji i rehabilitacija kod kuće. U trećem poglavlju naslova *upotreba telemedicine i virtualne stvarnosti u fizioterapijskoj praksi*, dan je prikaz komunikacije s pacijentima, vježbanja uz virtualnu stvarnost, virtualne ortopedske rehabilitacije, učinka treninga virtualne stvarnosti na funkciju pacijenata s kroničnim moždanim udarom, učinkovitosti korištenja terapije vježbanja podržane virtualnom stvarnošću na motoričku rehabilitaciju gornjih ekstremiteta kod pacijenata s moždanom udarom, korištenja virtualne stvarnosti u neurorehabilitaciji, validacije točnosti nove platforme virtualne stvarnosti za određivanje orijentacije implantata u simuliranoj primarnoj totalnoj zamjeni kuka i rehabilitacije kod totalne artroplastike koljena. U nastavku poglavlja opisan je gamming u fizioterapiji i njegova primjena u rehabilitaciji prijeloma distalnog radijusa, te vrednovanje povratnih informacija i metoda evaluacije provedene terapije.

Četvrto poglavlje naslova *prednosti i ograničenja virtualne stvarnosti u fizioterapiji*, daje prikaz prednosti korištenja digitalne tehnologije u fizioterapiji, ograničenja u digitalnoj praksi vezano uz rehabilitaciju pacijenata, a koja proizlaze iz korisničkog servisa, osiguranja, financiranja, treninga i regulacije. Zatim je u nastavku poglavlja dan prikaz tehnoloških ograničenja virtualne stvarnosti koja proizlaze iz dostupnosti tehnologije, zatim kao alata za obrazovanje i obuku u medicini, te prednosti i ograničenja virtualne stvarnosti na život društva iz dimenzije industrijske simulacije, simulacije vožnje, dizajna proizvoda i izrade prototipova, obrazovanja, javnog zdravstva, medicinske obuke, vježbanja, *fitnessa* i spora, terapije, meditacije, društvene interakcije i zabave.

U petom poglavlju naslova *virtualna stvarnost za obrazovanje zdravstvenih djelatnika*, dan je prikaz mogućnosti korištenja virtualne stvarnosti u obrazovanju zdravstvenih djelatnika. Šesto poglavlje pruža uvid u smjernice za primjenu virtualne stvarnosti u fizioterapiji, a sedmo poglavlje sadrži raspravu i preporuke temeljene na rezultatima i spoznajama provedenog istraživanja. U osmom poglavlju *zaključku*, dana je sinteza cjelokupnog istraživanja i odgovora na istraživačka pitanja.

## **1.5. Doprinos rada**

Rehabilitacijske usluge kod kuće sve češće se koriste u procesu oporavka pacijenata, ne samo kao rješenje za prepreke pristupačnosti (npr. u slučaju ograničenja radi nedostupnog transporta i udaljenosti od fizioterapijskih centara ili nedavne situacije radi pandemije COVID-19), već i kao dopuna uobičajenoj rehabilitaciji. Telerehabilitacija je postala dostupnija i održivija kako se upotrebljivost i dostupnost komunikacijskih tehnologija poboljšava a interes za ovim oblikom provođenja terapije raste i radi ograničenih ljudskih resursa u zdravstvenom sustavu nasuprot sve većim potrebama za provođenjem fizioterapije radi visoke učestalosti kroničnih bolesti i starije populacije. Doprinos ovog diplomskog rada biti će u povećanju zdravstvene i digitalne pismenost svih dionika u procesu telerehabilitacije kako bi se osiguralo kvalitetno i učinkovito provođenje fizioterapijskih postupaka na daljinu.

## **2. DIGITALNE TEHNOLOGIJE U FIZIOTERAPIJI**

### **2.1. Općenito o ulozi fizioterapeuta u provođenju rehabilitacije**

Fizioterapeut procjenjuje, planira i provodi rehabilitacijske programe s ciljem oporavljanja motoričkih funkcija pacijenta, povećanja sposobnosti pokreta, ublažavanja boli, sprječavanja tjelesnih poteškoća povezanih s ozljedama, bolestima i drugim oštećenjima. Da bi se ostvario takav cilj, fizioterapeuti koriste različite metode kao što su pokret/kretanje, ultrazvuk, primjena toplinskih modaliteta, laser i drugo.

Fizioterapeut ponajprije mora procijeniti tjelesne probleme pacijenta. U tu svrhu će provesti testove pokretljivosti mišića, živaca, zglobova i funkcionalne sposobnosti. U skladu s tim, odredit će cilj liječenja te osmisliti i provesti program liječenja. Rezultat bi trebao biti smanjenje bola, ojačavanje mišića, poboljšanje kardiorakalnih, kardiovaskularnih i respiratornih funkcija, vraćanje pokretljivosti zglobova kao i poboljšanje ravnoteže i koordinacije.

Rehabilitacija obuhvaća primjenu terapijskih vježbi, toplinu, hladnoću, masažu, manipulativne tehnike, hidroterapiju, elektroterapiju, ultraljubičaste i infracrvene zrake te ultrazvuk. I nakon završetka rehabilitacije pacijenti moraju, unutar kliničkog okruženja, nastaviti provoditi određene postupke. O tome će fizioterapeuti upoznati i uputiti pacijenta i članove njegove obitelji.

Također, fizioterapeut prati rehabilitacijski program tako što bilježi podatke o zdravstvenom stanju pacijenta i reakcijama na liječenje u bazama podataka o pacijentima. Podatke po potrebi razmjenjuje s drugim zdravstvenim stručnjacima radi nastavka cjelokupne njege. Sukladno tome, planira i provodi program za praćenje i sprječavanje uobičajenih tjelesnih poteškoća i poremećaja (HKF. Kompetencije fizioterapeuta).

### **2.2. Virtualna stvarnost, proširena stvarnost, gamifikacija, telerehabilitacija**

Cilj virtualne stvarnosti i proširene stvarnosti je navesti mozak pacijenta da povjeruje da se nalazi na drugom, a ne na stvarnim mjestima. Iako u virtualnoj stvarnosti, pacijent simulira aktivnost stvarnog života, no postoji određeni rizik. Rizik se očituje u tome što pacijent nije u mogućnosti prepoznati opasnosti koje mogu izazvati ozljede. S druge strane, u proširenoj se stvarnosti virtualna i prava stvarnost preklapaju i pacijent je svjestan potencijalnih opasnosti.

Gamifikacija je dodavanje mehanike igre u okruženja koja nisu igra poput mrežne stranice, *online* zajednice, sustava za upravljanje učenjem ili poslovnog intraneta kako bi se

povećalo sudjelovanje. Cilj gamifikacije je angažirati potrošače, zaposlenike i partnere kako bi se potaknula suradnja, dijeljenje i interakcija. Temelji se na primjeni „elemenata dizajna igre u kontekstu izvan igre” kako bi se pacijenta motiviralo na aktivno sudjelovanje. Zabilježeni su korisni učinci u nekoliko područja invaliditeta (npr. idiopatska skolioza i rehabilitacija nakon moždanog udara).

Telerehabilitacija je grana telemedicine koja pacijentima omogućuje daljinsku komunikaciju sa svojim liječnikom tijekom rehabilitacijske sesije.

Prednost svih navedenih tehnologija je smanjenje vremena i troškova hospitalizacije te povećanje broja pacijenata koji se mogu liječiti u isto vrijeme. Također, prednost je i izravna i kontinuirana interakcija između pacijenta i pružatelja zdravstvenih usluga, što povećava spremnost na suradnju u liječenju. Istraživanja su pokazala da virtualna rehabilitacija na daljinu povećava motivaciju pacijenta da se pridržava terapije. Unatoč tim prednostima, još uvijek je potrebno analizirati i donijeti konačne zaključke o odnosu prema rehabilitaciji „licem u lice“.

Prva uporaba virtualne i proširene stvarnosti započela je 1998. godine, kada se poboljšana vizualizacija slike trebala primijeniti u dijagnostičke svrhe. To je postupno dovelo do korištenja ovih metoda za rehabilitaciju i medicinsko podučavanje. Telerehabilitacija je raširenija jer ju je lakše realizirati u odnosu na druge tehnologije.

Virtualne tehnologije procjenjivane su temeljem rehabilitacije na daljinu nakon artroplastike koljena i kuka. Dob i društveni kontekst uvelike utječu na to kako će se pacijent prilagoditi tehnologiji. Za starije pacijente tehnologija je izazov, a mlađi pacijenti su zbog same dobi predisponirani za to. Dakle, na liječenje i ishode liječenja nedvojbeno može utjecati pacijentova percepcija tehnologije. Budući da je većina ortopedskih pacijenata srednje do visoke starosne dobi, virtualna tehnologija treba biti što jednostavnija. Zato se s vremenom stvara sve više jednostavnih platformi koje ne zahtijevaju složeni softver niti instalaciju višesmjernih kamera. Potrebno je samo da pacijent ima računalo ili pametni telefon kako bi se mogao spojiti na internet.

Analiza ishoda liječenja pomoću virtualne tehnologije pokazala je da virtualna rehabilitacija nije inferiorna terapiji licem u lice u nekoliko ishoda. Više kliničkih rezultata pokazalo je fizička poboljšanja nakon udaljene virtualne rehabilitacije.

Jedan od značajnijih prednosti virtualne tehnologije u medicini je smanjenje troškova za nacionalni zdravstveni sustav što je posljedica smanjenja transporta, hospitalizacija i ponovnih prijema. Virtualna rehabilitacija omogućuje kontinuirano praćenje više pacijenata u isto vrijeme, a time se štedi vrijeme i novac. Korisna je za pacijente koji žive daleko od rehabilitacijskih centara i za osobe s teškim invaliditetom. S obzirom na sve veću potražnju za

ortopedskom rehabilitacijom i sve veće troškove povezane s njom, ovakva vrsta skrbi je iznimno potrebna i korisna.

Novе tehnologije dovode do sve veće potražnje za ortopedskom rehabilitacijom, ali postoje prepreke. Prepreke se najviše odnose na osobe starije životne dobi koje čine značajan dio ortopedskih bolesnika. Takva kategorija pacijenata nije sklona novim tehnologijama i teže se na njih prilagođavaju, zato je glavni izazov učiniti tehnologije dostupnijima ovoj populaciji pacijenata (Berton A. et sur. 2020: 9,8).

### **2.3. Što je proširena stvarnost?**

Proširena stvarnost je tehnologija koja se sastoji od generiranja novih slika iz digitalnih informacija u stvarnom fizičkom okruženju osobe simulirajući okruženje u kojem se miješaju umjetno i stvarno. Korištenje proširene stvarnosti u fizioterapiji pokazalo je prednosti u određenim zdravstvenim područjima. Provedena su istraživanja kojima je bio cilj utvrditi trenutne znanstvene dokaze o proširenoj stvarnosti kao terapiji koja služi kao nadopuna fizioterapiji, područjima u kojima se najviše koristila te koje su se metode pokazale najučinkovitijima.

Proširena stvarnost se u kombinaciji s konvencionalnom terapijom koristi za liječenje ravnoteže i prevenciju pada u gerijatriji, funkcionalnost donjih i gornjih udova kod moždanog udara, boli kod sindroma fantomske boli i okretanja u mjestu kod pacijenata s Parkinsonovom bolešću sa smrzavanjem hoda.

Svrha novih tehnologija je pojednostaviti, optimizirati i usavršiti neku od aktivnosti koje obavljamo u svakodnevnom životu. Među njima je i proširena stvarnost. Proširena stvarnost se razlikuje od virtualne stvarnosti jer se u nju unose dodatni podaci poput zvuka, teksta ili videa čime nastaju multimedijiska virtualna okruženja. Proširena stvarnost je izvedena iz virtualne, ali predstavlja spajanje virtualnog okruženja sa stvarnim i tako poboljšava interakciju sa stvarnim životom.

Proširena stvarnost trenutno se koristi u različitim područjima kao što su oglašavanje, psihologija, medicina i fizioterapija. U fizioterapiji se koristi uglavnom za motoričku i kognitivnu rehabilitaciju. Može se koristiti kao radni alat i kao nadopuna tretmanu koji provodi fizioterapeut jer stvara sigurna okruženja koja su slična stvarnom okruženju pacijenta. Rehabilitacija korištenjem proširene stvarnosti pokazala je bolje rezultate od ponavljajućih pokreta koje pacijent izvodi sam jer proširena stvarnost omogućuje bolju orijentaciju vježbi prema ciljevima s većom motivacijom pacijenata, a uz to je i ugodna za korištenje.

Tehnologije proširene stvarnosti imaju značajne prednosti. Pružaju nova iskustva pacijentima tijekom fizioterapijskih tretmana na način da povećavaju angažman pacijenta i poboljšavaju terapijske ishode.

Mogu stvoriti zanimljive prilike za jeftinu fizioterapiju kod kuće. Fizioterapeut može izvesti i procijeniti različite ishode pomoću ovih alata uz analizu podataka. Iako su nedostatak tehnološke zrelosti i pristupa uređajima njihove slabosti, pojavljuju se različite vrste sučelja kako bi se osigurala interakcija pacijenta s okruženjem rehabilitacije proširene stvarnosti, uključujući nosive pametne senzore, senzore ugrađene u okolinu i mobilne uređaje koji poboljšavaju pristupačnost tehnologije ove vrste. Unatoč ovim mogućim dobrobitima, malo je istraživanja o proširenoj stvarnosti koja se koristi u fizioterapiji, za razliku od virtualne stvarnosti koja je proučavana u više područja, uglavnom neurološkog tipa, kao što su moždani udar, cerebralna paraliza, multipla skleroza, Parkinsonova bolest, ozljeda leđne moždine i kronična bol.

Od nekoliko istraživanja koja su provedena na proširenoj stvarnosti, većina je provedena na zdravim ljudima s ciljem određivanja strategija koje bi se kasnije mogle koristiti. Interes za proučavanjem proširene stvarnosti također je porastao u određenim područjima, kao što je kinematička analiza parametara hoda, funkcionalnost gornjeg uda ili rana dijagnoza limfedema povezanog s rakom dojke. Pozitivni rezultati na ravnotežu i mobilnost također su postignuti pri korištenju plesa s uređajima proširene stvarnosti uz visoku adherentnost. Međutim, nije pronađeno poboljšanje u korištenju proširene stvarnosti za obavljanje svakodnevnih životnih zadataka kod bolesnika s Alzheimerovom bolešću.

Istraživanja su pokazala da uporaba proširene stvarnosti u kombinaciji s konvencionalnom terapijom daje povoljne rezultate u ravnoteži i hodu, funkcionalnosti gornjih udova, mišićnoj masi, tjelesnoj izvedbi i samoučinkovitosti vježbanja te u smanjenju rizika od padova i bola kod sindroma fantomske boli.

Osim toga, utvrđene su značajne razlike u odnosu na konvencionalnu terapiju. Ta je intervencija primijenjena za moždani udar, amputacije, starije odrasle osobe i Parkinsonovu bolest. Što se tiče uporabe kod pacijenata s amputacijama, ispitivanja su pokazala da je bol značajno smanjena korištenjem proširene stvarnosti. Kod pacijenata koji su imali moždani udar, došlo je do poboljšanja u funkcionalnosti gornjeg uda uz visoku motivaciju među sudionicima i poboljšanja u snazi donjeg uda, ravnoteže i hoda. Proširena stvarnost također se čini obećavajućom za rehabilitaciju koordinacije oko – ruka i spretnosti prstiju.

Što se tiče starijih pacijenata, pronađeni su povoljni rezultati u snazi donjih udova, ravnoteži, mišićnoj masi, tjelesnoj izvedbi, samoučinkovitosti vježbanja i prevenciji pada. Za

starije odrasle osobe koje inače ovise o vizualnim informacijama za postizanje ravnoteže, trening proširene stvarnosti mogao bi učinkovito poboljšati propriocepciju donjih udova, favorizirajući statičku ravnotežu.

Postoje druga područja unutar fizioterapije gdje se proširena stvarnost može koristiti za poboljšanje ovih parametara, kao što je Parkinsonova bolest gdje se virtualna stvarnost koristi za poboljšanje ravnoteže. Međutim, vizualni znakovi proširene stvarnosti nisu poboljšali zamrzavanje hoda, oslabljenu aksijalnu kinematiku ili skaliranje skretanja i vrijeme.

Postoje neke prepreke koje ograničavaju opću upotrebu proširene stvarnosti, kao što su tehnološka ograničenja i ograničenja korisničkog sučelja. Drugi negativni aspekti, kao što je zamor očiju ili ljudskih čimbenika povezanih s učincima dugotrajne uporabe poput latencije i korisnikove prilagodbe opremi, mogli bi smanjiti izvedbu zadatka. Osim toga, percepcija dubine može učiniti da objekti izgledaju dalje nego što stvarno jesu. Također, čini se da proširena stvarnost nije korištena jer bi se za isti cilj mogle koristiti druge tehnologije s lakšim pristupima, kao što je virtualna stvarnost.

Ipak, treba uzeti u obzir da proširena stvarnost ima određene prednosti koje virtualna stvarnost nema. Na primjer, virtualna stvarnost ne može prepoznati stvarne opasnosti koje mogu uzrokovati ozljede, dok je u proširenoj stvarnosti pacijent svjestan mogućih rizika. Osim toga, sudionik može komunicirati s aplikacijom, okolinom i opipljivim objektima jer proširena stvarnost ima veću proprioceptivnu povratnu spregu. Rehabilitacija temeljena na igrama također bi bila od interesa za stvaranje sučelja (sredstava) prikladnog za proširenu stvarnost jer potiče korištenje personaliziranih igara što bi moglo poboljšati motivaciju ako se uzme u obzir smislenost i motivirajuća snaga igre, vrsta dobivene povratne informacije, upotrebljivost i tehnika interakcije koja se koristi s okolinom.

Nadalje, prednosti proširene stvarnosti u korištenju telerehabilitacije pokazuju njegovu učinkovitost u daljinskom praćenju pacijenta i mogu se čak modificirati u skladu s njihovim napretkom pružajući visokokvalitetnu pozornost uz smanjene troškove. Stoga bi razvoj proširene stvarnosti sustava na mobilnim uređajima mogao biti dobra alternativa za pacijente. Čini se da fizioterapija još nije otkrila sav potencijal koji ima proširena stvarnost. Čini se da je uobičajeni pristup korištenju proširene stvarnosti oporavak donjih ekstremiteta za prevenciju pada i poboljšanje ravnoteže.

Prema rezultatima istraživanja zaključuje se da se proširena stvarnost u kombinaciji s konvencionalnom terapijom koristi za tjelesnu izvedbu, liječenje ravnoteže i prevenciju padova u gerijatriji, funkcionalnost donjeg i gornjeg ekstremiteta kod moždanog udara te bolove kod

sindroma fantomske boli. Međutim, nisu dobiveni pozitivni rezultati s okretanjem i mjerenjem vremena u zamrzavanju hoda kod Parkinsonove bolesti (Vinolo Gil M. J. et sur. 2021: 9, 4).

## **2.4. Prednosti proširene stvarnosti u fizioterapiji**

Prednosti tehnologije proširene stvarnosti su brojne. Povećavaju motivaciju za sudjelovanje pacijenta u terapiji i sukladno tome dovode do dobrih rezultata. Također, proširena stvarnost je prilika za terapiju kod kuće bez velikih troškova, a fizioterapeut jednostavno procjenjuje ishod terapije pomoću alata za analizu podataka. Napravljene su različite vrste sučelja da bi se osigurala dobra interakcija pacijenta s okruženjem proširene stvarnosti. To uključuje senzore i mobilne uređaje koji poboljšavaju pristupačnost ovoj vrsti tehnologije. Unatoč ovim prednostima, malo je istraživanja o korištenju proširene stvarnosti u fizioterapiji, za razliku od virtualne stvarnosti, koja je proučavana u više područja, uglavnom neurološkog tipa, kao što su moždani udar, cerebralna paraliza, multipla skleroza, Parkinsonova bolest, ozljeda leđne moždine i kronična bol.

Vezano uz uporabu tehnologija proširene stvarnosti istraživanja su pokazala povoljne rezultate u ravnoteži i hodu, funkcionalnosti gornjih udova, mišićnoj masi, tjelesnoj izvedbi i samoučinkovitosti vježbanja te u smanjenju rizika od padova i boli u sindromu fantomske boli. Osim toga, utvrđene su značajne razlike u odnosu na konvencionalnu terapiju. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da proširena stvarnost u kombinaciji s konvencionalnom terapijom daje dobre rezultate za tjelesnu izvedbu, liječenje ravnoteže i prevenciju padova u gerijatriji, funkcionalnost donjeg i gornjeg ekstremiteta kod moždanog udara te bolove kod sindroma fantomske boli. Međutim, nisu dobiveni pozitivni rezultati s okretanjem i mjerenjem vremena u zamrzavanju hoda kod Parkinsonove bolesti. Dakle, ne koristi za spretnost ruku i hod.

Postoje neki negativni aspekti koji ograničavaju upotrebu proširene stvarnosti. To su određena tehnološka ograničenja i ograničenja korisničkog sučelja. Također, aspekti poput zamora očiju ili ljudskih faktora koji su povezani s učincima dugotrajne uporabe, poput latencije i korisnikove prilagodbe opremi, također bi mogli smanjiti uspješnost rehabilitacije. Osim toga, percepcija dubine može učiniti da objekti izgledaju dalje nego što stvarno jesu.

Također, čini se da proširena stvarnost nije dovoljno korištena jer bi se za isti cilj mogle koristiti druge tehnologije s lakšim pristupima, kao što je primjerice virtualna stvarnost. Ipak, proširena stvarnost ima određene prednosti koje virtualna stvarnost nema. Na primjer, virtualna stvarnost ne može prepoznati stvarne opasnosti koje mogu uzrokovati ozljede, dok je u



proširenoj stvarnosti pacijent svjestan mogućih rizika. Osim toga, pacijent može komunicirati s aplikacijom, okolinom i opipljivim objektima. Rehabilitacija koja se temelji na igrama također je zanimljiva za stvaranje sučelja (sredstava) prikladnog za proširenu stvarnost, jer potiče korištenje personaliziranih igara. To bi svakako moglo poboljšati motivaciju pacijenta. Igra naravno mora biti smisljena i motivirajuća. Također, prednosti proširene stvarnosti u korištenju telerehabilitacije pokazuju njegovu učinkovitost u daljinskom praćenju pacijenta. Stoga bi razvoj sustava proširene stvarnosti na mobilnim uređajima mogao biti dobra alternativa za pacijente.

Fizioterapija nesumnjivo još nije otkrila sav potencijal koji pruža tehnologija proširene stvarnosti. Čini se da je za sada uobičajeno njeno korištenje za oporavak donjih ekstremiteta kako bi se prevenirali padovi i poboljšala ravnoteža (Rutkowski S et sur. 2020:52,11).

## **2.5. Rehabilitacija kod kuće**

Kako bi se ljudima povećao pristup uslugama rehabilitacije, mora se istražiti kako se pružanje tih usluga može prilagoditi. To uključuje korištenje rehabilitacije kod kuće i telerehabilitacije. Rehabilitacijske usluge kod kuće mogu postati često korištene opcije u procesu oporavka pacijenata, ne samo kao rješenje za prepreke pristupačnosti, već i kao nadopuna uobičajenoj rehabilitaciji u bolnici. Telerehabilitacija također postaje održivija kako se upotrebljivost i dostupnost komunikacijskih tehnologija poboljšava.

Istraživanja pokazuju da pacijenti doživljavaju usluge kod kuće kao prikladne i manje ometajuće za njihove svakodnevne aktivnosti. Pacijenti i davatelji usluga također sugeriraju da ove usluge mogu potaknuti pacijente na samokontrolu i učiniti da se osjećaju osnaženo u procesu rehabilitacije. S druge strane, pacijenti, članovi obitelji i pružatelji usluga opisuju probleme privatnosti i povjerljivosti u slučaju pružanja usluga kod kuće. To uključuje povećanu privatnost mogućnosti vježbanja kod kuće, ali i gubitak privatnosti kada je život kod kuće vidljiv drugima. Pacijenti i pružatelji usluga također opisuju druge čimbenike koji mogu utjecati na uspjeh usluga rehabilitacije kod kuće. To uključuje podršku pružatelja usluga i članova obitelji, dobru komunikaciju s pružateljima usluga, zahtjeve pacijenata i njihove okoline te prijelaz s bolničkih na kućne usluge. To uključuje podršku pružatelja usluga i članova obitelji, dobru komunikaciju s pružateljima usluga, zahtjeve pacijenata i njihove okoline te prijelaz s bolničkih na kućne usluge.

Pacijenti, članovi obitelji i davatelji usluga vide telerehabilitaciju kao priliku da usluge učine dostupnijima. No pružatelji usluga ukazuju na praktične probleme pri procjeni ispravnog

izvođenja vježbi od strane pacijenata. Pružatelji i pacijenti također opisuju prekide od strane članova obitelji. Osim toga, pružatelji usluga žale se na nedostatak opreme, infrastrukture i održavanja, a pacijenti govore o problemima upotrebljivosti i frustraciji digitalnom tehnologijom. Pružatelji usluga imaju različita mišljenja o isplativosti telerehabilitacije, no mnogi pacijenti vide telerehabilitaciju kao pristupačnu i isplativu ako su oprema i infrastruktura osigurani. Pacijenti i pružatelji usluga sugeriraju da telerehabilitacija može promijeniti prirodu njihova odnosa. Na primjer, neki pacijenti opisuju kako telerehabilitacija dovodi do lakše i opuštenije komunikacije. Drugi pacijenti opisuju osjećaj napuštenosti kada primaju usluge telerehabilitacije. Pacijenti, članovi obitelji i pružatelji usluga traže tehnologije koje su jednostavne za korištenje te više obuke i podrške. Također, sugeriraju da su potrebni barem neki osobni razgovori s pružateljem usluga. Smatraju da same usluge telerehabilitacije mogu otežati uspostavljanje smislenih veza. Osim toga, objašnjavaju da su za neke usluge potrebne ruke pružatelja usluga. Pružatelji ističu važnost personalizacije usluga potrebama i okolnostima svake osobe (Velez M. et sur. 2023: 2, 2).

### **3. UPOTREBA TELEMEDICINE I VIRTUALNE STVARNOSTI U FIZIOTERAPIJSKOJ PRAKSI**

#### **3.1. Komunikacija s pacijentima**

Virtualna rehabilitacija osobito je dobila na važnosti nakon pandemije COVID-19. Istraživanje je pokazalo da dob i društveni kontekst utječu na prilagodljivost tehnologiji, a to onda utječe na ishod liječenja. Dobar odnos između pacijenta i fizioterapeuta ključan je za dobre rezultate liječenja, a interakcija između pacijenta i fizioterapeuta uspješno se može postići i virtualno, na daljinu.

Izazov prilikom primjene virtualnih tehnologija je praćenje terapije pacijenata u stvarnom vremenu. To se može riješiti programiranim vizualno-optičkim povratnim informacijama za određene zadatke. Budući razvoj trebao bi se usmjeriti na određene sustave za pohranu podataka i analizu kontinuirano ažuriranih informacija u stvarnom vremenu. Tako bi se pacijentima pružila trenutna povratna informacija. Ti bi sustavi također trebali jamčiti i zaštitu privatnosti (Berton A. et sur. 2020: 9, 8).

#### **3.2. Vježbanje uz virtualnu stvarnost**

##### **3.2.1. Virtualna ortopedska rehabilitacija**

Općenito, virtualne tehnologije nedvojbeno smanjuju troškove liječenja, pa tako i troškove ortopedske rehabilitacije. Ortopedska rehabilitacija iznimno je važna nakon traume ili kirurškog zahvata. Terapija se temelji na kombinaciji vježbi za poboljšanje mobilizacije zglobova i jačanje mišića kako bi se oporavila fizička funkcija. Program rehabilitacije započinje odmah nakon operacije u bolničkom okruženju, a zatim se nastavlja u privatnom/kućnom okruženju. Napredak tehnologije otvara nove horizonte na ovom polju. Ortopedska virtualna rehabilitacija na daljinu smanjuje troškove povezane s prijevozom, hospitalizacijama i ponovnim prijemima.

##### **3.2.2. Učinci treninga virtualne stvarnosti na funkciju pacijenata s kroničnim moždanim udarom**

Istraživanja su pokazala da je trening virtualne stvarnosti učinkovit u poboljšanju funkcije kod pacijenata s kroničnim moždanim udarom. Učinci programa virtualne stvarnosti bili su najučinkovitiji za poboljšanje mišićne napetosti, zatim mišićne snage, svakodnevnih životnih

aktivnosti, rasponu pokreta zglobova, hoda, ravnoteže i kinematike. Trening virtualne stvarnosti pokazao je sličan učinak za poboljšanje funkcije donjih udova kao i za funkciju gornjih udova.

Moždani udar uzrokuje senzorne, motoričke, kognitivne i vidne poremećaje i ograničava obavljanje svakodnevnih životnih aktivnosti. Osamdeset posto bolesnika koji su preboljeli moždani udar ima motorička oštećenja, a ona mogu uključivati gubitak ravnoteže i hoda. Rehabilitacija je usmjerena na poboljšanje ravnoteže i hoda te je većina istraživanja u tom pravcu pokazala pozitivne učinke. Međutim, postojeće metode rehabilitacije često postaju zamorne, zahtijevaju velike resurse i specijalizirane objekte ili opremu.

Virtualna stvarnost definira se kao „upotreba interaktivnih simulacija stvorenih pomoću računalnog hardvera i softvera kako bi se korisnicima pružile mogućnosti uključivanja u okruženja koja izgledaju i djeluju slično objektima i događajima u stvarnom svijetu“. Sudionici stupaju u interakciju s projiciranim slikama, upravljaju virtualnim objektima i izvode aktivnosti koje su zadane u programu. Na taj način pacijentu daju osjećaj uronjenosti u simulirano okruženje. Kroz okolinu pružaju se različiti oblici povratnih informacija, od kojih su najčešći vizualni i auditivni, kako bi se poboljšalo zadovoljstvo i motoričko učenje putem povratnih informacija u stvarnom vremenu i trenutnih rezultata. Trening virtualne stvarnosti od nedavno se naširoko koristi u području rehabilitacije nakon moždanog udara.

Trening virtualne stvarnosti uglavnom je učinkovit u povećanju raspona pokreta zglobova gornjih udova, poboljšanju osjeta, jačanju mišića, smanjenju boli i poboljšanju funkcionalnih procesa u smislu rehabilitacije koja se provodi nakon moždanog udara. Trening virtualne stvarnosti za pacijente s moždanim udarom pokazao se sigurnim i isplativim za poboljšanje funkcije donjih udova, posebno za poboljšanje ravnoteže, brzine penjanja uz stepenice, snage mišića gležnja, raspona pokreta i brzine hoda. U usporedbi s postojećim metodama liječenja, može biti učinkovitiji u poboljšanju dinamičke kontrole ravnoteže i sprječavanju padova u pacijenata sa subakutnim i kroničnim moždanim udarom.

Metode liječenja koje koristi virtualna stvarnost pružaju virtualno okruženje za aktivnosti svakodnevnog života koje je teško izvesti u bolnici. Zato bi mogle biti vrlo učinkovite u poboljšanju funkcije gornjih i donjih ekstremiteta. Međutim, budući da donji udovi moraju podnijeti težinu tijela, potrebni su različiti elementi, uključujući mišićnu snagu i ravnotežu za kontrolu tjelesne težine, pokrete zglobova i kognitivnu sposobnost za integraciju navedenih elemenata. Intervencija virtualne stvarnosti trenutno se opsežnije koristi za poboljšanje funkcije gornjih udova što je relativno lakše primijeniti od funkcije donjih udova.

Rezultati istraživanja sugeriraju da je potrebno trajanje od najmanje osam tjedana da bi se postigao učinak virtualne stvarnosti. Istraživanja su pokazala da je rehabilitacijski trening virtualne stvarnosti pokazao sličan učinak za poboljšanje funkcije donjih udova kao i za funkciju gornjih udova. Obuka virtualne stvarnosti zahtijeva trajanje od najmanje 8 tjedana i povremeni tretman je zapravo učinkovitiji od svakodnevnog tretmana.

Trening virtualne stvarnosti bio bi od pomoći u poboljšanju funkcionalnih ishoda kod bolesnika s kroničnim moždanim udarom, kao što su hod, ravnoteža, kretanje donjih udova, snaga donjih udova i tonus mišića donjih ekstremiteta. Međutim, detalji o tome kako koristiti program virtualne stvarnosti moraju biti postavljeni u skladu s terapijskim ciljevima (Lee H. S. et sur. 2019).

### **3.2.3. Učinkovitost korištenja terapije vježbanja podržane virtualnom stvarnošću za motoričku rehabilitaciju gornjih ekstremiteta kod pacijenata s moždanim udarom**

Istraživanja su pokazala učinkovitost korištenja terapije vježbanja uz podršku virtualne stvarnosti za motoričku rehabilitaciju gornjih ekstremiteta kod bolesnika s moždanim udarom. Zaključak je da terapija vježbanja gornjih ekstremiteta uz podršku virtualne stvarnosti može biti učinkovita u poboljšanju rezultata motoričke rehabilitacije.

Oštećenje motorike gornjih ekstremiteta nakon moždanog udara uvelike otežava obavljanje svakodnevnih aktivnosti i utječe na kvalitetu života bolesnika. Glavni zdravstveni cilj za ove pacijente je oporavak njihove motoričke funkcije i ponovno stjecanje samostalnosti. Vježbe gornjih ekstremiteta glavni su pristup koji se koristi za postizanje ovog cilja.

Pristup izvođenju terapijskih vježbi predvođen fizioterapeutom, licem u lice, bio je uobičajena praksa. Međutim, takav pristup može biti skup i nezgodan zbog profesionalnih i institucionalnih zahtjeva za resursima. Zato su razvijeni alternativni protokoli isporuke koji koriste tehnologiju. Konkretno, primjena tehnologije virtualne stvarnosti u pružanju terapijskih vježbi nakon moždanog udara privukla je značajnu pozornost posljednjih godina.

#### Učinci na motoričku funkciju gornjih ekstremiteta

Istraživanja pokazuju da je terapija vježbanjem podržana virtualnom stvarnošću učinkovita u poboljšanju motoričkih funkcija, osobito grubih motoričkih funkcija. Jedno moguće objašnjenje je da virtualna stvarnost potiče motoričko učenje.

Prvo, virtualna stvarnost može promovirati pristup terapijskim vježbama; može se koristiti za simulaciju okruženja stvarnog života što omogućuje interakcije u stvarnom vremenu

i pruža način pojedincima da prakticiraju terapijske zadatke koje možda nije moguće izvesti u stvarnom svijetu zbog ograničenja resursa ili sigurnosnih razloga.

Drugo, virtualna okruženja mogu pružiti vizualnu, slušnu ili taktilnu povratnu informaciju koja može olakšati učenje motoričkih vještina. Takve povratne informacije mogu informirati pojedince o njihovom uspjehu ili neuspjehu u obavljanju terapijskih zadataka. Pojedinci tada mogu izvršiti prilagodbe tijekom zadataka. Povezivanje pozitivnih povratnih informacija s poboljšanim ili uspješnim izvođenjem terapijskog zadatka također može motivirati i potaknuti pojedince da se uključe u rehabilitacijsku terapiju.

Treće, VR omogućuje ponavljajuće i intenzivne terapijske vježbe. Intenzivna vježba može olakšati kontrakciju mišića uključenih u vježbu i potaknuti koordinaciju mišića. Na razini živčanog sustava, velika količina vježbe može ojačati veze među neuronima i potaknuti reorganizaciju u regijama cerebralnog korteksa koji odgovaraju zahvaćenom ekstremitetu, čime se poboljšava motorička funkcija.

Četvrto, razne vrste značajki igranja mogu se uključiti u protokole terapije vježbanja podržane virtualnom stvarnošću, što može biti korisno za povećanje motivacije pojedinaca za obavljanje terapijskih zadataka. Na primjer, igre mogu postavljati nagrade (npr. kredite) čija potraga i iskustvo motiviraju korisnike da izvode određena ponašanja. Kao drugi primjer, igre mogu imati različite razine poteškoća kako bi zadovoljile potrebe različitih korisnika. Pružanje odgovarajućih razina izazova korisnicima može im pomoći da izbjegnu dosadu ili frustraciju terapijom. Povećana motivacija povezana je s boljom koncentracijom na terapijske zadatke, većim intenzitetom treninga i pridržavanjem terapije.

#### Učinci na motoričku sposobnost ruke i šake

Istraživanje je pokazalo da terapija vježbanjem podržana virtualnom stvarnošću nije imala nikakav pozitivan učinak na poboljšanje fine motoričke funkcije (ARAT). Moguće objašnjenje navedenog otkrića je sljedeće. U terapiji vježbanja podržanoj virtualnom stvarnošću postoji potreba za interakcijom s virtualnim objektima, a to zahtijeva korištenje ulaznih uređaja. U većini pregledanih terapija vježbanja podržanih virtualnom stvarnošću, korišteni ulazni uređaji bili su ručni kontroleri koji su zahtijevali od pojedinaca primjenu samo grube motoričke vještine za držanje i pomicanje kontrolera za interakciju. Na primjer, posljedično, fini pokreti jedva da su mogli biti uključeni, a njihovo vježbanje teško se moglo postići. Stoga nije primijećeno značajno poboljšanje fine motoričke funkcije. Ovo otkriće sugerira da bi sustavi virtualne stvarnosti koji koriste ulazne mehanizme koji bi olakšali fine motoričke pokrete, kao što je *Leap Motion* ili rukavice sa sensorima, mogli biti prikladniji za podršku finim pokretima.

### Učinci na samostalnost u svakodnevnim aktivnostima

Istraživanja pokazuju da terapija vježbanjem podržana virtualnom stvarnošću može poboljšati samostalnost u obavljanju svakodnevnih aktivnosti koje zahtijevaju dobru funkciju gornjih ekstremiteta. Primjerice, aktivnosti kao što su jedenje, kupanje i odijevanje, obično uključuju korištenje obje strane gornjih ekstremiteta. Drugi primjer je da promjena položaja iz ležećeg u sjedeći može uključivati korištenje zahvaćenog gornjeg ekstremiteta za podupiranje gornjeg dijela tijela. Dakle, terapija vježbanjem podržana virtualnom stvarnošću može pomoći u poboljšanju motoričke funkcije gornjih ekstremiteta jer pacijentima omogućuje aktivnije sudjelovanje u gore navedenim svakodnevnim aktivnostima i zahtijeva manje pomoći od pružatelja zdravstvenih usluga ili njegovatelja nakon primanja terapije vježbanja podržane virtualnom stvarnošću.

Rehabilitacija i oporavak nakon moždanog udara dugotrajan je, a ponekad i cjeloživotni proces, stoga su potrebna dodatna istraživanja kako bi se utvrdilo kako najbolje održati dugoročne učinke terapije vježbanja podržane virtualnom stvarnošću.

Istraživanja pokazuju da se intervencije temeljene na virtualnoj stvarnosti mogu uključiti u terapijske vježbe za trening motoričkih funkcija i trening svakodnevnih aktivnosti kod pacijenata nakon moždanog udara. Čini se da su komercijalne igre (npr. *Nintendo Wii Sports*) dobra opcija zbog njihove visoke dostupnosti na tržištu i relativno niskih cijena. Korištenje komercijalno dostupnih igara omogućilo bi istraživačima da izbjegnu troškove (npr. vremena i resursa) dizajniranja i razvoja novih igara. Međutim, treba napomenuti da su komercijalne igre tipično namijenjene igranju zdravih korisnika i možda neće zadovoljiti heterogene potrebe pacijenata s oštećenjima. Na primjer, komercijalne igre mogu pružiti vježbe za cijelu ruku, ali ne i za određene zglobove. Kako bi se bolje ispunile potrebe pacijenata i ispunili specifični terapijski ciljevi, moraju se osmisliti specijalizirani programi virtualne stvarnosti koji terapeutima omogućuju prilagodbu terapijskih aspekata, kao što su vrsta povratne informacije i razina težine na temelju stanja svakog pacijenta.

Osim toga, pacijenti s moždanim udarom obično su stariji ljudi koji se mogu suočiti s poteškoćama u učenju novih tehnologija zbog opadanja fizičkih ili kognitivnih funkcija povezanih s godinama i drugim psihološkim čimbenicima (npr. tehnološka anksioznost). Stoga se upotrebljivost intervencija temeljenih na virtualnoj stvarnosti mora procijeniti i poboljšati kako bi se osiguralo korisničko sučelje, uskladile sposobnosti i sklonosti pacijenata te u konačnici kako bi se promicalo pacijentovo iskustvo i prihvaćanje intervencija temeljenih na virtualnoj stvarnosti jer prihvaćanje tehnologije bitan je preduvjet za uspješnu provedbu intervencija zdravstvene skrbi temeljenih na tehnologiji.

Nadalje, budući da stariji pacijenti mogu imati ograničeno iskustvo s tehnologijom virtualne stvarnosti, potrebno je osigurati odgovarajuću pomoć i smjernice kako bi se pacijenti podržali u učenju korištenja ulaznih uređaja i interakcije s virtualnim okruženjima.

Nalazi pokazuju da bi, u usporedbi s upotrebom konvencionalne terapije ili bez terapije, terapija vježbanjem podržana virtualnom stvarnošću mogla učinkovito poboljšati grubu motoričku funkciju gornjih ekstremiteta i samostalnost u svakodnevnom životu, ali ne bi poboljšala finu motoričku funkciju (Chen J. et sur. 2022:24,6).

### **3.2.4. Virtualna stvarnost u neurorehabilitaciji**

Virtualna stvarnost naširoko se primjenjuje u medicinskom području, posebno u neurorehabilitaciji.

Neurološka stanja glavni su čimbenici koji doprinose mortalitetu i invalidnosti u suvremenom svijetu. Većina neuroloških pacijenata prijavljuje različite stupnjeve smetnji motoričkih, senzornih, kognitivnih i vizualnih funkcija što rezultira ozbiljnim funkcionalnim ograničenjima u obavljanju aktivnosti svakodnevnog života. Prema sve brojnijim dokazima istraživanja, rehabilitacija je najučinkovitiji način smanjenja invaliditeta i ključan faktor u liječenju neuroloških bolesti. Konvencionalna neurorehabilitacija s vježbom visokog intenziteta, ponavljanjem i specifičnim zadacima potvrdila je kurativni učinak na poboljšanje performansi neuroloških pacijenata. Međutim, te tehnike rehabilitacije mogu biti skupe i nezgodne zbog profesionalnih zahtjeva i zahtjevnih resursa. Stoga je hitno potreban novi učinkoviti tretman, različit u perspektivi od postojećih tretmana.

Uobičajeni primjeri virtualne stvarnosti u neurorehabilitaciji su: vježbanje na traci za trčanje temeljeno na virtualnoj stvarnosti za vraćanje grube motoričke funkcije i ravnoteže, zatim vježbe manipuliranja virtualnim objektima za stjecanje finih motoričkih vještina te izvođenje različitih aktivnosti korištenjem individualnih platformi za igre za poboljšanje kvalitete života. Eksperimentalni pristupi koji se temelje na virtualnoj stvarnosti mogu simulirati sigurno okruženje u stvarnom životu i smatra se bitnim dijelom učinkovite neurorehabilitacije s dokazano poboljšanom motivacijom.

Virtualna stvarnost može obnoviti ili poboljšati razine funkcija u neurorehabilitaciji. Ipak, neke prepreke ostaju uspješnoj primjeni terapije virtualne stvarnosti. Prvu prepreku čine razna tehnička ograničenja koja se tiču mogućnosti softvera i hardvera moraju se riješiti kako bi se zadovoljili klinički zahtjevi i individualizacija. Zatim, pacijenti koji su pretrpjeli nuspojave (npr. mučnina kretanja, osjećaj dezorijentacije i naprezanje očiju), što se očekuje da će se



istražiti u budućim istraživanjima. Nadalje, prepreka je i jaz u raznolikosti stanovništva, kao što je prihvaćanje tehnologije virtualne stvarnosti od strane starijih osoba, zahtijeva dodatna istraživanja te u obzir treba uzeti etičke i političke čimbenike u kasnijem dizajnu sustava.

Smatra se da je virtualna tehnologija korisna u poboljšanju učinkovitosti zdravstvenih radnika, smanjenju rizika od izbijanja bolesti i omogućavanju pacijentima s neurološkim poremećajima pristup odgovarajućim terapijama uz praćenje učinkovitosti, što će vjerojatno biti budući scenarij primjene (Guo Q. F. et sur. 2022: 10).

### **3.2.5. Validacija točnosti nove platforme virtualne stvarnosti za određivanje orijentacije implantata u simuliranoj primarnoj totalnoj zamjeni kuka**

Nova platforma virtualne stvarnosti vrlo je precizna i pouzdana u određivanju orijentacije komponenata acetabularne čašice i femoralne debla u simuliranim modelima totalne zamjene kuka (dalje u tekstu: THR). Ova prilagodljiva i troškovno učinkovita platforma za digitalno praćenje može se modificirati za korištenje u nizu simuliranih kirurških treninga i u obrazovne svrhe, posebno u ortopedskoj kirurgiji.

Uspostavljanje normalne biomehanike kuka važan je aspekt totalne endoproteze kuka i povezuje se s poboljšanom funkcijom pacijenta, produljenim vijekom trajanja komponente i smanjenom incidencijom komplikacija. Postizanje takvog cilja zahtijeva prijeoperativnu radiografsku analizu i modeliranje komponenti u kombinaciji s pedantnom intraoperativnom kirurškom tehnikom i procjenom za pripremu i implantaciju komponenti točne veličine u optimalnom položaju i orijentaciji. Točno pozicioniranje i orijentacija acetabularne čašice potrebna je za ponovno uspostavljanje središta rotacije kuka i optimiziranje funkcionalnog raspona pokreta, dok je točan položaj i orijentacija bedrene kosti ključan za uravnoteženje duljina nogu i optimizaciju stabilnosti zgloba kuka i raspona pokreta. Orijentacija acetabularne čašice obično se opisuje njezinim nagibom i verzijom, što se može procijeniti anatomski, radiografski ili operativno. Operativna anteverzija acetabularne čašice definirana je kao kut između uzdužne osi pacijenta i osi acetabuluma u sagitalnoj ravnini. Operativni nagib acetabularne čašice ili kut abdukcije je kut između osi acetabuluma i sagitalne ravnine. Anteverzija vrata bedrene kosti je kut između stražnje bikondilarne osi distalnog femura i linije prema središtu vrata bedrene kosti u aksijalnoj ravnini.

U konvencionalnom THR-u, kirurg kontrolira položaj i orijentaciju komponente prilikom implantacije cementiranih i necementiranih acetabularnih čašica i cementiranih femoralnih stabljika. Kirurzi obično imaju manju kontrolu nad verzijom bedrenog debla kada koriste

necementirane proteze jer to uvelike diktira pacijentova proksimalna anatomija bedrene kosti. Robotika i navigacijski sustavi nove su digitalne tehnologije koje koriste računalno navođenje kako bi pomogle kirurzima u postizanju željenog položaja komponente i orijentacije u operacije zamjene kuka i koljena. Suvremeni programi kirurške obuke imaju smanjeni obujam i širinu kirurškog iskustva tijekom obuke u usporedbi s prethodnim generacijama. S obzirom na to smanjenje, postoji potreba za fokusiranim, na dokazima utemeljenim i jedinstvenim pristupom kirurškoj obuci kako bi se povećale mogućnosti za polaznike da postiči operativnu osposobljenost prije završetka obuke. Pojavljuje se sve veći broj izvješća o primjeni platformi virtualne i proširene stvarnosti u području kirurške obuke, a posebno THR-a. Međutim, točnost VR sustava u procjeni položaja i orijentacije objekta zabilježeno je u relativno malom broju objavljenih istraživanja. Tradicionalne laboratorijske istraživačke metode za procjenu položaja acetabularne i femoralne komponente uključuju radiografsku analizu i stereofotogrametriju.

Obje metode oduzimaju puno vremena i ne daju povratne informacije o korisničkoj izvedbi u stvarnom vremenu. Svrha ove studije je utvrditi izvedivost, točnost i pouzdanost virtualne stvarnosti praćenja za orijentaciju THR komponente. Da bismo to učinili, razvijena je nova platforma virtualne stvarnosti otvorenog koda pod nazivom *Aescular VR*. *Aescular VR* koja pruža okvir koji omogućuje kalibraciju i mjerenje kuta i udaljenosti između više praćenih objekata u 3D prostoru. Također, omogućuje snimanje ovih vrijednosti u stvarnom vremenu kako bi se olakšalo prikupljanje podataka. Ovo je upotrijebljeno u procjeni orijentacije komponenti acetabularne čašice i bedrene debla u THR modelu u usporedbi s validiranim, vrlo točnim i preciznim sustavom optičkog snimanja pokreta (*MoCap*).

Istraživanje je pokazalo da je testirana eksperimentalna platforma virtualne stvarnosti točna u mjerenju orijentacije acetabularne čašice i bedrene kosti u laboratorijskim uvjetima pomoću modela sintetičke kosti. Taj se sustav može modificirati za korištenje u raznim kirurškim treninzima i obrazovnim scenarijima, posebno u ortopedskoj kirurgiji gdje je poznato da su točno pozicioniranje i orijentacija implantata ključni za funkciju implantata, preživljavanje i ishode pacijenata (Howgate D. et sur. 2022: 8, 8).

### **3.2.6. Rehabilitacija u virtualnoj stvarnosti nakon totalne artroplastike koljena**

Korištenje rehabilitacije temeljene na virtualnoj stvarnosti znatno je poraslo unutar ortopedske kirurgije, posebno u području totalne artroplastike koljena (dalje u tekstu: TKA).

Fizička rehabilitacija nakon totalne artroplastike koljena široko se provodi i pokazalo se da poboljšava rane funkcionalne ishode i zadovoljstvo pacijenata. Rehabilitacija nakon

hospitalizacije predstavlja značajan udio u ukupnim troškovima TKA. Posljednjih godina, telerehabilitacija predložena je kao učinkovita i isplativa alternativa tradicionalnim osobnim pristupima.

Virtualna stvarnost predstavlja jezgru tehnologije koja svojim korisnicima omogućuje da budu potpuno uvučeni u simulirani svijet i osjećaju stvarnu prisutnost. Upotreba rehabilitacije temeljene na virtualnoj stvarnosti značajno je porasla unutar ortopedske kirurgije, a posebno TKA. Predloženo je nekoliko protokola koji se temelje na virtualnoj stvarnosti za rehabilitaciju nakon TKA. Rani protokoli koristili su uspostavljene interaktivne videoigre kao što je *Nintendo Wii™* kao dodatak tradicionalnoj terapiji. Napredak tehnologije omogućio je razrađeniju terapiju temeljenu na virtualnoj stvarnosti s trodimenzionalnom tehnologijom praćenja i digitalno simuliranim trenerima za demonstraciju i pružanje trenutne povratne informacije o kvaliteti vježbanja. Terapija temeljena na virtualnoj stvarnosti uvedena je kao dodatak formalnoj osobnoj terapiji ili kao primarni način rehabilitacije s terapeutima koji prate napredak pacijenata na asinkroni način na temelju povratnih informacija s platforme virtualne stvarnosti.

Postoperativna rehabilitacija s ciljem funkcionalne obnove i ublažavanja boli bitan je i kritičan dio procesa oporavka. Studije su pokazale da postoperativna rehabilitacija može biti korisna za pacijente nakon TKA, uključujući skraćivanje boravka u bolnici i smanjenje komplikacija. Telerehabilitacija, uključujući terapiju temeljenu na virtualnoj stvarnosti, ima potencijal za rješavanje prepreka pristupu, uključujući dostupnost terapeuta i prisutnost terapijskih centara unutar razumne udaljenosti. Očekuje se da će predviđeno povećanje TKA nadmašiti dostupnost fizioterapeuta. Terapija temeljena na virtualnoj stvarnosti ima potencijal smanjiti taj teret jer se terapeuti mogu koristiti asinkrono i pružiti sinkronu skrb kada napredak zastane. Terapija temeljena na virtualnoj stvarnosti može se provoditi od kuće, a time se izbjegava potreba za prijevozom u terapijski centar, što je čini potencijalnom mjerom uštede vremena i troškova. Ovo je osobito značajno u neposrednom postoperativnom razdoblju kada se pacijenti ne mogu sami odvesti na preglede ili kod pacijenata koji se nalaze u ruralnim područjima.

Kritični aspekt postoperativne terapije je pridržavanje pacijenata. Nepridržavanje postoperativnih rehabilitacijskih protokola povezano je s povećanom boli, ukočenošću i slabošću nakon TKA. Čimbenici koji utječu na pridržavanje vježbanja u ovoj populaciji uključuju vrijeme, prijevoz, pristup opremi za vježbanje i troškove fizioterapije. S obzirom da telerehabilitacija temeljena na virtualnoj stvarnosti ima priliku riješiti mnoge od ovih prepreka, možda postoji prilika za poboljšano postoperativno pridržavanje vježbi.

Jedna od pokretačkih snaga u pomaku prema telerehabilitaciji u cjelini je potencijalna ušteda troškova i na razini pacijenta i na razini sustava. Telerehabilitacija pokazala je uštedu troškova u usporedbi s terapijom licem u lice, osobito kada se uzmu u obzir putni troškovi. Iako se telerehabilitacijom rješavaju geografske i prometne prepreke, cijena i dostupnost terapeuta ostaju prepreka pristupu. Rehabilitacija temeljena na virtualnoj stvarnosti ima potencijal za uklanjanje ovih prepreka zato što pacijenti mogu pristupiti i provoditi terapiju kod kuće bez potrebe za dostupnim terapeutom.

Rehabilitacija temeljena na virtualnoj stvarnosti ima potencijal smanjiti troškove i na razini zdravstvene skrbi i na razini pacijenta, povećati pridržavanje vježbi i smanjiti prepreke pristupu postoperativnoj terapiji nakon TKA. Potrebna su buduća istraživanja kako bi se potvrdili rezultati istraživanja i procijenio optimalan protokol rehabilitacije temeljene na virtualnoj stvarnosti (Gazendam A. et sur. 2022: 30, 8).

### **3.3. „Gaming“ u fizioterapiji**

#### **3.3.1. Gamifikacija za rehabilitaciju prijeloma distalnog radijusa**

Gamifikacija je novi intervencijski pristup funkcionalnom oporavku i rehabilitaciji. Uočen je značajan utjecaj primjene gamifikacije na netraumatska stanja i kronične neurološke i mišićno-koštane bolesti. Međutim, implikacija gamifikacije na funkcionalni oporavak pacijenata s distalnim prijelomima radijusa (dalje u tekstu: DRF) tek treba biti istražena.

Bilo je značajnih poboljšanja u pogledu boli, raspona pokreta, snage stiska i funkcionalne neovisnosti u obje skupine. Međutim, poboljšanja u funkciji ruke i funkcionalnoj neovisnosti bila su značajno veća u skupini koja je primala gamifikaciju nego u skupini koja je primala konvencionalnu fizioterapijsku rehabilitaciju. Istraživanje je zaključilo da se čini da igranje ima značajan utjecaj na rehabilitaciju nakon DRF-a u smislu boli, raspona pokreta, snage stiska i funkcionalne neovisnosti.

Gamifikacija je implikacija ozbiljnog igranja u funkcionalnoj rehabilitaciji kao nova tehnika intervencije. Pokazalo se da ima pozitivan učinak kod bolesnika s kroničnom boli u donjem dijelu leđa, amputacijom donjih udova, traumatskom ukočenošću ramena, cerebralnom paralizom, traumatskom ozljedom mozga i drugim mišićno-koštanim poremećajima.

Pacijenti nakon DRF-a obično osjećaju bol, ograničeni raspon pokreta, smanjenu snagu stiska i ograničenu funkcionalnu neovisnost zbog imobilizacije pod gipsom tijekom četiri do šest tjedana neposredno nakon prijeloma. Istraživanje je pokazalo da se čini da gamifikacija

ima značajan utjecaj na rehabilitaciju nakon DRF-a u smislu ublažavanja boli, poboljšano raspona pokreta, snage stiska i funkcionalne neovisnosti. Početni rezultati pokazuju da gamifikacija može biti impresivna, zanimljiva i učinkovita metoda liječenja pacijenata s gornjim udovima.

Gamifikacija pruža privlačnu, zanimljivu, interaktivnu i jednostavnu platformu za motoričku i kognitivnu rehabilitaciju. Povratne informacije u stvarnom vremenu ometaju ograničeni stupanj slobode i osiguravaju okruženje za uživanje u postizanje ograničene funkcije ruke. Gamifikacija ima širok spektar primjena u različitim stanjima s različitim rehabilitacijskim ciljevima. S druge strane, heterogena raspodjela sudionika, intervencija, ishoda i implikacija iznijela su ograničenja studije. Ishodi se mogu istraživati i pratiti na dugoročnoj osnovi uz navođenje budućih implikacija s isključivom učinkovitošću pojedinačnih igara (Naqvi W. M. et sur. 2022: 14, 9).

### **3.4. Vrednovanje povratnih informacija i metode evaluacije provedene terapije**

Distalne radijalne frakture (dalje u tekstu: DRF) često se susreću kod prijeloma gornjih ekstremiteta, a njihove povezane komplikacije utječu na funkcionalnu neovisnost pojedinca nakon ozljede. Potencijal gamifikacije u primijenjenoj rehabilitaciji proširuje svoje horizonte u rehabilitaciji stanja u rasponu od neuromotornih nedostataka do kognitivnih oštećenja.

Distalni radijalni prijelom najčešći je prijelom gornjeg ekstremiteta koji ograničava funkcionalne aktivnosti svakodnevnog života i zahtijeva posebnu pažnju tijekom rehabilitacije za učinkovit povratak funkcionalne samostalnosti. Prema istraživanju, pacijenti su bili imobilizirani šest tjedana nakon zatvorene redukcijske unutarnje fiksacije K-žicom i gipsom, što je rezultiralo atrofijom miškulature podlaktice i ručnog zgloba. To je u konačnici ograničilo funkcionalnu pokretljivost ruke. Uobičajeno se fizioterapijska rehabilitacija savjetuje za uklanjanje gipsa kako bi se učinkovito poboljšala motorička oštećenja, uključujući bol, smanjeni raspon pokreta, snagu mišića i funkcionalnu sposobnost. Konvencionalna terapija obično je bolna, zamorna i odbojna. Gamifikacija pruža sesije igranja koje su bezbolne, zanimljive, interaktivne, privlačne i jednostavne za razumijevanje i izvođenje.

DRF je najčešći prijelom u svijetu s potrebom rehabilitacije za povratak na funkcionalne aktivnosti svakodnevnog života. Fizioterapijska praksa osmišljava vježbe i smjernice koje se koriste u oporavku nakon pacijenata s DRF-om. Ovo je konvencionalno pokazalo da se savjetuje intervencija tjelovježbe za pacijente nakon DRF-a.

Postoji iznimno obećavajuća potvrda da je interaktivna virtualna stvarnost koja koristi povratne informacije ili igre u stvarnom vremenu iznimno značajna i pouzdana u analizi raspona pokreta kod asimptomatskih pojedinaca i pacijenata s dugotrajnom boli u vratu i DRF-om. Valjanost virtualne stvarnosti treba istražiti procjenom posturalne ravnoteže, vremena odgovora, brzine kretanja i preciznosti kako bi se napravila snažna odluka.

Rehabilitacija temeljena na virtualnoj stvarnosti uključuje motoričko učenje, uključujući ozbiljno igranje kao rehabilitacijsku platformu za poboljšanje funkcionalnog kapaciteta gornjih udova. Potiče sudjelovanje i motivaciju u rehabilitaciji bolesnika s moždanim udarom i multiplom sklerozom jer poboljšava kognitivne vještine koje uključuju pažnju, pamćenje, govor, vizualno-prostorne sposobnosti, senzorne funkcije i izvođenje pokreta. Dizajn pojedinačnog slučaja o primjeni rehabilitacije temeljene na virtualnoj stvarnosti na glavi kod bolesnika s kroničnim moždanim udarom objavio je da kombinacija komercijalnog igranja, dodirnih ručnih kontrola i virtualne stvarnosti na glavi ima evidentan učinak na rehabilitaciju gornjih udova kod kroničnih pacijenata s moždanim udarom. Troškovno učinkovite vrijednosti popraćene širokom proizvodnjom učinile su tehnologije temeljene na virtualnoj stvarnosti lako dostupnima i dostupnima za različite varijante gamifikacije u rehabilitaciji.

Oporavak motoričke funkcije gornjih udova nakon primjene imerzivnog rehabilitacijskog programa temeljenog na virtualnoj stvarnosti na 60 subakutnih pacijenata sa subakutnim moždanim udarom pokazao je da gamifikacija utječe na ponašanje i motivaciju korisnika koji koriste iskustva koja podsjećaju na igre. Također su pružene smjernice za korištenje gamifikacije za rehabilitaciju gornjih udova u kojima se navodi da motivacija poboljšava usklađenost.

Utjecaj integracije gamifikacije imperativno utječe na tjelesnu aktivnost adolescenata, kao i kod pacijenata s kroničnom križoboljom, amputacijom donjih ekstremiteta, cerebralnom paralizom i traumatskim ozljedama mozga uz kliničku praksu. Prošireni horizont primjene gamifikacije u rehabilitaciji širi se na temelju njezine učinkovitosti u poboljšanju fine i grube motorike. Imerzivno okruženje koje pruža povratne informacije u stvarnom vremenu pokazalo se obećavajućim u poboljšanju usklađenosti i prilagodljivosti dugotrajne skrbi za pacijente. Učinkovito vrijeme odgovora, brzina pokreta i preciznost pokreta razvijaju se pomoću gamifikacije koja stvara snažnu odlučnost u bolesnom stanju (Naqvi WM et sur. 2022:14,9).

Gamifikacija može pružiti ohrabrujuće mogućnosti vježbanja. Trenutačno postoje ograničeni dokazi o vježbanju kod kuće u postoperativnoj fazi totalne zamjene koljena (dalje u tekstu: TKR). Najprije, pretpostavlja se da bi pacijenti s TKR-om koji su raspoređeni u skupinu za vježbanje pokazali bolje funkcioniranje i nižu razinu simptoma u usporedbi s onima koji su

dodijeljeni skupini za standardnu kućnu vježbu. Osim toga, pretpostavlja se da bi pridržavanje vježbi bilo veće u skupini koja je provodila egzercirne igre i da bi postojala povezanost između pridržavanja i pozitivnog iskustva korisnika i igre. Koristeći pristup mješovitih metoda, očekuje se da će se bolje razumjeti složeni međudodnos između gamificirane rehabilitacije, pridržavanja vježbi, fizičke funkcije i simptoma kod starijih osoba nakon operacije TKR.

U terapijskim vježbama, pridržavanje treninga diktira učinkovitost intervencija vježbanja u stvarnom životu. Tradicionalno, tiskane upute podsjećale su pacijente koji su prošli TKR da slijede preporučeni proces rehabilitacije kod kuće. Nova rješenja za rehabilitacijsku tehnologiju dobrodošla su za podršku ljudima u procesu promjene ponašanja nakon operacije. Nedavno su razvijene daljinske tehnologije kao što su mobilne aplikacije, nosivi senzori i gamificirana rješenja za procjenu, usmjeravanje, motiviranje i primanje povratnih informacija tijekom procesa rehabilitacije (Aartolahti E et sur. 2022: 11, 11).

## 4. PREDNOSTI I OGRANIČENJA VIRTUALNE STVARNOSTI U FIZIOTERAPIJI

### 4.1. Prednosti digitalne tehnologije u fizioterapiji

Svjetska konfederacija za fizikalnu terapiju (*The World Confederation for Physical Therapy – WCPT*) i Međunarodna mreža regulatornih tijela za fizikalnu terapiju (*International Network of Physiotherapy Regulatory Authorities – INPTRA*) osnovali su zajedničku Radnu skupinu za razvoj digitalne fizikalne terapije i izradili su „bijelu knjigu“ koja se bavi praksom i regulacijom fizikalne terapije u digitalnom dobu. Napravili su anketu kako bi dobili povratne informacije od stručnjaka i nadzornih tijela širom svijeta (HKF. Digitalna praksa u fizioterapiji).

Prednosti digitalne fizioterapije za pacijente su: proširenje mogućnosti povezivanja s pružateljima usluga i/ili stručnjacima, bez obzira na udaljenost, zatim smanjenje prepreka kao što je parkiranje, čekanje u čekaonicama ili vrijeme putovanja. Osim toga, prednost je i povećavanje sigurnosti jer pacijenti smanjene pokretljivosti ili slabog zdravlja ne moraju putovati, potom otvaranje pristupa istoj usluzi putem tehnologije bez obzira na promjene u lokacijama pacijenta, povećavanje neovisnosti i kontrole pacijenta u upravljanju vlastitim zdravstvenim problemima zahvaljujući jednostavnom internetskom pristupu, povećavanje fleksibilnosti jer pacijenti mogu zakazati terapiju u vrijeme koje im najviše odgovara, smanjenje troškova koji su povezani s putovanjima, pomoći koja je potrebna za napuštanje kuće i izgubljeno vrijeme za druge aktivnosti, uključujući izostajanje s radnog mjesta i briga o drugima.

Osim dobrobiti za pacijente, digitalna fizioterapija nudi prednosti i za pružatelje usluga. Jedna od prednosti je što se proširuje sposobnost postizanja veće učinkovitosti radne snage. Osim toga, otvaraju se prilike za pouzdanu standardizaciju korisničkih puteva usluga te se omogućava veća kontrola upravljanja nad sadržajem i oblikom informacija i resursa, povećava se mogućnost praćenja standarda skrbi i rezultata rada pacijenta te se pruža mogućnost za kreativnije razmišljanje i rad, tako da se iskoriste prednosti koje pružaju nove tehnologije.

Zatim, digitalna fizioterapija dobra je za društvo u cjelini jer zahvaljujući njoj povećava se učinkovito korištenje javnih resursa i to posebno u sustavima javnog zdravstva. Osim toga, poslodavci imaju veliku korist jer to uključuje manju odsutnost na radu zaposlenika i veću organizacijsku efikasnost. Zatim, digitalna fizioterapija osigurava bolje informiranu i neovisnu javnost u pogledu osobnog zdravlja te stavlja veći naglasak na osobno upravljanje zdravstvenim problemima i na manje medicinski ovisno društvo. Nadalje, veća je mogućnost utjecaja na



zdravije ponašanje te se prilagođava sklonostima pojedinaca koji teže digitalnom načinu života. Također, digitalna fizioterapija osigurava jednak pristup uslugama neovisno o lokaciji te se zbog nje smanjuje negativan utjecaja na okoliš jer za pristup skrbi nije potrebno putovanje prijevoznim sredstvima koji zagađuju okoliš.

## **4.2. Ograničenja u digitalnoj praksi vezano za rehabilitaciju pacijenata**

### **4.2.1. Korisnički servis**

Možda će biti potrebno razmotriti prisutnost treće osobe pri korištenju digitalnih tehnologija od strane pojedinaca kao što su djeca i stariji pacijenti. U tom smislu potrebno je odgovoriti na pitanje u kojim okolnostima treća osoba (npr. roditelj, skrbnik) treba biti prisutna.

U nekim zemljama, širenje digitalnih usluga moglo bi otkriti korisnike usluga koji više kupuju, što dovodi do prekida skrbi, a to dovodi do pitanja kako time upravljati.

Osim toga, možda će biti potrebno pridržavati se kulturalnih razloga. Na primjer, može se postaviti pitanje o prikladnosti kontakta očima, snimanja fotografija bez dopuštenja. Uz to, može se postaviti i pitanje o spolu i prisutnosti diskriminacije.

Nadalje, ako fizioterapeut ne govori istim jezikom kao korisnik usluge, možda će biti potrebne pomoćne usluge (npr. prevoditelj), a to dovodi do pitanja upoznatosti prevoditelja s digitalnom praksom.

### **4.2.2. Tehnologija**

Ako je internetska povezanost neadekvatna, mogu biti potrebni alternativni komunikacijski putevi. U nekim okolnostima, loša ili odsutna internetska povezanost može utjecati na sposobnost implementacije digitalne prakse, a uspjeh digitalnih savjetovanja ovisi o sposobnosti fizioterapeuta i pacijenta da pravilno i pouzdano koriste tehnologiju.

Uspješna i sigurna uporaba digitalnih savjetovanja ovisi o cjelovitosti ključnih tehnoloških platformi (npr. softvera za video konferencije). Osim toga, na kvalitetu video savjetovanja može se znatno utjecati ne samo propusnosti/brzinom internetske veze, već i fizičkim postavkama s obje strane (npr. osvjetljenje, razlučivost kamere, visina kamere, kvaliteta zvuka, pozadina itd.). Nadalje, ponašanje i pristup koji se prihvaća u korištenju videopoziva mogu zahtijevati određeno prilagođavanje tradicionalne osobne skrbi. Primjerice, za adekvatan kontakt očima i fizioterapeut i pacijent moraju osigurati uvjete da gledaju u kameru, a ne samo napravljene video snimke.

### **4.2.3. Osiguranje i financiranje**

U nekim se zemljama digitalna praksa ne priznaje u svrhu rabata i osiguranja. Zagovaranje se mora nastaviti u ovom području kako bi se pacijentima omogućio pristup isplativoj skrbi. U drugim sustavima zdravstvenih usluga koje financira javno zdravstvo to nije problem.

### **4.2.4. Trening (edukacija)**

Osoblje mora imati razumijevanje, znanje i vještine o pružanju digitalne fizioterapije. No postavlja se pitanje o tome kako pružanje obuke i edukacije osigurava dosljednost i sigurnost.

### **4.2.5. Istraživanje**

Digitalni praktičari moraju biti svjesni baze dokaza povezane s digitalnom praksom. Također, moraju priznati nedostatak dokaza u nekim područjima. U svim slučajevima, fizioterapeuti trebaju primijeniti razumno kliničko obrazloženje i slijediti standarde prakse i kodekse ponašanja. Preporučuje se rutinska evaluacija pružanja digitalnih usluga kako bi se osiguralo postizanje očekivanih rezultata.

### **4.2.6. Regulacija**

Digitalna praksa pruža mogućnosti poboljšanja zdravstvene zaštite. Međutim, promjene u propisima koje su potrebne da se prilagodi tim kretanjima u nekim zemljama relativno su spore, što može umanjiti inovacije i spriječiti napredak (Izvješće radne skupine za digitalnu fizikalnu terapiju WCPT/INPTRA).

## **4.3. Tehnološka ograničenja virtualne stvarnosti**

Kao tehnologija koja je još uvijek uveliko u ranijim fazama razvoja, virtualna stvarnost napravila je značajne korake u evoluciji. Ipak, mora se dogoditi značajniji napredak prije nego što se virtualna stvarnost može u potpunosti iskoristiti u svim mogućim aplikacijama i svrhama. Trenutno je standardizacija tehnologije virtualne stvarnosti i prezentacija ograničena. Svaki programer može imati vlastite specifikacije sučelja i funkcionalnost povezanu s njihovom tehnologijom, a aplikacije nije lako prenositi između uređaja. Jedina standardizacija koja se trenutno može primijetiti uglavnom je s popularnim igrama koje su razvijene za korištenje na

različitim platformama virtualne stvarnosti. Također je teško otkloniti *bugove* i dobiti odgovarajuću podršku za sve probleme zbog nedostatka standardizacije. Pretpostavlja se da će s vremenom i napretkom u razvoju, tehnologija virtualne stvarnosti postati modernija i omogućiti bolju upotrebljivost za korisnike i prenosivost između uređaja. Trenutno postoje napori da se standardizira virtualna stvarnost, ali ti napori su novi i proces je još uvijek u povojima.

Ostala pitanja uključuju hardverske i softverske zahtjeve za profesionalni razvoj virtualne stvarnosti, budući da većina softvera za razvoj virtualne stvarnosti obično zauzima puno podatkovnog prostora na računalima i ima veliku potrošnju energije. Slušalice virtualne stvarnosti također imaju tendenciju da budu vrlo teške i mogu izazvati fizički napor kod korisnika, uzrokujući glavobolje i bol, posebno oko vrata i ramena. Za sada još nije poznato kakve će štetne učinke korištenje virtualne stvarnosti imati na vid korisnika, ali je poznato da može uzrokovati naprezanje, osobito kod dugotrajnog korištenja.

Drugi uobičajeni problem je kašnjenje između pokreta korisnika i vizualnog prikaza unutar slušalica virtualne stvarnosti. Najčešće, praćenje impulsa koji dolazi iz slušalica ne prati kretanje korisnika u stvarnom vremenu, što ne samo da smanjuje njihovu uvučenost u virtualni svijet, već također može uzrokovati vrtoglavicu ili „kibernetičku bolest“.

Jedan od ključnih problema s korištenjem virtualne stvarnosti je mučnina kretanja izazvana virtualnom stvarnošću ili „kibernetička bolest“. Kibernetička bolest fenomen je kod kojeg će korisnici osjećati simptome slične mučnini kretanja (tj. mučnina, vrtoglavica, ošamućenost) kao rezultat korištenja uređaja. Još se ne zna točno zašto se to događa, ali postoji nekoliko teorija koje objašnjavaju taj fenomen. Najvjerojatnija teorija poznata je kao „teorija osjetilnog sukoba“, koja kaže da pretjerana neusklađenost između pokreta koji korisnik vizualno opaža i nedostatka odgovarajućeg pokreta u tijelu uzrokuje sukob. To se događa kada postoji nesrazmjer između vizualnog sustava korisnika i vestibularnog sustava – senzornog sustava koji je odgovoran za pružanje informacija mozgu o kretanju, položaju glave i prostornoj orijentaciji.

Drugo objašnjenje kibernetičke bolesti je „ekološka hipoteza“, koja kaže da kada ljudi nisu u stanju percipirati ili reagirati na nove dinamičke situacije, dolazi do posturalne nestabilnosti. Kibernetička bolest ne dolazi uvijek s virtualnim iskustvima, ali problem može pogoršati nekoliko čimbenika. Neki pojedinačni čimbenici uključuju produljenu izloženost virtualnoj stvarnosti: korisnikova predispozicija za mučninu, umor ili mučninu i količinu korisnikove prilagođenosti aplikacijama. Čini se da su simptomi kibernetičke bolesti rjeđi kada korisnici sjede umjesto da stoje. Simptomi se obično pogoršavaju kada korisnik doživi brzu

simulaciju ili igru. Budući da su pasivni sudionici, korisnici su osjetljiviji na simptome, nego kada kontroliraju simulaciju.

Postoje i neki tehnički čimbenici koji mogu povećati vjerojatnost pojave kibernetičke bolesti. Ti problemi uključuju primjetna kašnjenja (kašnjenja u vizualnom prikazu mogu uzrokovati simptome), pogreške u praćenju položaja (bolje praćenje glave smanjuje simptome) i titranje u vizualnom prikazu.

Dakle, kibernetička bolest jedan je od najneugodnijih problema koji dolazi s korištenjem virtualne stvarnosti, a ako korisnici nastave osjećati neugodne simptome, to predstavlja veliku prepreku širokom razvoju i korištenju aplikacija virtualne stvarnosti.

#### **4.4. Dostupnost tehnologije virtualne stvarnosti**

Kako se tehnologija virtualne stvarnosti razvija, tako postaje sve dostupnija, osobito u usporedbi s ranijim fazama. Cijena slušalica virtualne stvarnosti na tržištu još uvijek je viša nego što si većina ljudi može priuštiti, ali njihova je trenutna cijena jednaka većini igračih konzola.

Slušalice kao što je *Oculus Quest 2* koštaju oko 300 dolara za osnovni model i njima se može u potpunosti upravljati bez potrebe za računalom, što ih čini jednim od pristupačnijih slušalica na tržištu. Većina drugih slušalica zahtijeva korištenje računala koje je „spremno za virtualnu stvarnost“, što znači vrhunsko računalo sa snažnom grafičkom karticom koja može upravljati aplikacijama virtualne stvarnosti. Računala spremna za virtualnu stvarnost obično su skuplja od većine računala, što ovu vrstu slušalica čini sveukupno skupljom i nedostupnom većini ljudi. Zbog toga je trošak jedna od većih prepreka za ljude da uđu u virtualnu stvarnost kao obični potrošači, što je prepreka rastu virtualne stvarnosti kao tehnologije u kućanstvu.

Virtualna stvarnost također uključuje proširenu stvarnost i mješovitu stvarnost, koji su manje imerzivni oblici virtualnih iskustava u kojima korisnici i dalje rade u stvarnom svijetu s virtualnim slojem. Aplikacije proširene i mješovite stvarnosti pristupačnije su ljudima zbog njihovog razvoja za korištenje na mobilnim uređajima, koji su mnogo češći kod većine ljudi koji ih posjeduju ili im imaju pristup. Čest primjer ove vrste aplikacija su igrice proširene stvarnosti kao što je *Pokémon Go*, koji kombinira korištenje pametnog telefona s fizičkim istraživanjem stvarnog svijeta u potrazi za „Pokémonima“ oko sebe koji se mogu promatrati samo njihovim telefonima. Udaljenosti se prate na temelju koraka korisnika, a korisnici mogu

povezati *fitness* aplikacije s igrom kako bi povećali nagrade dobivene prelaskom velikih udaljenosti. Igrice i aplikacije ove vrste mogu potaknuti ljude da budu fizički aktivniji gamifikacijom iskustva hodanja. Slične igre i aplikacije za pametne telefone mogu biti pristupačnija ulazna točka za ljude zainteresirane za virtualnu stvarnost, ali im nedostaje sredstava za ulaganje u impresivne slušalice i postavku računala.

Tehnologija virtualne stvarnosti ima potencijal biti vrlo koristan alat u mnoštvu primjena i širokom spektru područja. Trenutačne primjene obuhvaćaju različite domene kao što su inženjerstvo, obrazovanje, medicina i zabava. Uz tehnologiju virtualne stvarnosti koja dobiva na popularnosti, više aplikacija virtualne stvarnosti može se dalje koristiti u budućnosti, kako u poboljšanju trenutnih slučajeva upotrebe, tako i u širenju na više domena. Velika je vjerojatnost da će se s tehnološkim otkrićima i razvojem tehnologije trenutna ograničenja i problemi moći prevladati te učiniti dugoročnu upotrebu virtualne stvarnosti realističnijom i pristupačnijom većem broju ljudi.

Općenito, virtualna stvarnost kao tehnologija još je u ranoj fazi, ali sve više ljudi postaje zainteresirano za nju i s optimizmom gledaju kakve promjene može napraviti u njihovim svakodnevnim životima. Kako se moderno društvo brzo prilagodilo osobnim računalima i pametnim telefonima, virtualna stvarnost ima priliku postati sljedeća velika tehnološka prekretnica koja će s vremenom postati uobičajena u većini kućanstava (Hamad A et sur. 2022: 19, 18).

#### **4.5. Virtualna stvarnost kao alat za obrazovanje i obuku u medicini**

Danas se virtualna stvarnost integrira u mnoga različita područja naših života: od videoigara do različitih slučajeva industrijske uporabe i, naravno, počinje se koristiti u medicini. Postoje dvije velike opće klasifikacije virtualne stvarnosti.

Najprije, nailazimo na virtualnu stvarnost u kojoj vizualiziramo svijet koji je u potpunosti kreiran računalom, trodimenzionalan i gdje možemo shvatiti da svijet koji vizualiziramo nije stvaran. Zatim postoji virtualna stvarnost koja se u osnovi sastoji od odraza naše stvarnosti. Ova vrsta virtualne stvarnosti kreirana je pomoću sfernih ili 360° slika i videa, čime gubimo sposobnost trodimenzionalne vizualizacije (dok se 3D kamere ne razviju), ali s druge strane fotografija je realističnija. Može se spomenuti i treća klasifikacija koja spaja prethodne dvije gdje virtualni elementi stvoreni računalom koegzistiraju sa 360° slikama i videozapisima (Izard SG et sur. 2018: 42, 3).

#### 4.6. Prednosti i ograničenja virtualne stvarnosti na život društva

Unatoč tome što je virtualna stvarnost u početku reklamirana za virtualne igre, postoje mnoge potencijalne i postojeće aplikacije virtualne stvarnosti u različitim područjima, uključujući obrazovanje, obuku, simulacije, pa čak i vježbanje i zdravstvenu skrb. Nažalost, još uvijek postoji nedostatak općeg razumijevanja prednosti i ograničenja virtualne stvarnosti kao tehnologije u različitim domenama primjene. Glavne prednosti virtualne stvarnosti prikazane su u tekstu, a nakon toga slijedi rasprava o nekim od glavnih ograničenja trenutnih tehnologija virtualne stvarnosti i rješenja o njihovu ublažavanju ili poboljšanju.

Kako se moderno društvo brzo prilagodilo osobnim računalima i pametnim telefonima, virtualna stvarnost ima priliku postati sljedeća velika tehnološka prekretnica koja će s vremenom postati uobičajena u većini kućanstava.

Virtualna stvarnost odnosi se na računalno generirano, trodimenzionalno virtualno okruženje s kojim korisnici mogu komunicirati, a kojem se obično pristupa računalom koje je sposobno projicirati 3D informacije putem zaslona. Mogu biti izolirani ili nosivi zasloni, zasloni montirani na glavu (HMD) sa senzorima za identifikaciju korisnika. Virtualna se stvarnost može podijeliti u dvije kategorije: neimerzivnu i imerzivnu. Neimerzivna virtualna stvarnost koristi kombinaciju zaslona koji okružuje korisnika za predstavljanje virtualnih informacija. Tipičan primjer toga su simulacije vožnje ili leta u kojima korisnik sjedi u stolcu s više ekrana oko sebe, što im daje osjećaj da su u kokpitu ili na vozačevom sjedalu, a da nisu potpuno uvučeni. Imerzivna virtualna stvarnost odnosi se na korištenje nosivog zaslona, npr. HMD, za praćenje kretanja korisnika i predstavljanje informacija virtualne stvarnosti na temelju položaja korisnika, što im omogućuje da dožive 360 stupnjeva virtualnog okruženja. To iskustvo ono je što većina ljudi misli kada je u pitanju virtualna stvarnost i jedan je od najtržišnjih aspekata tehnologije virtualne stvarnosti. Između imerzivne i neimerzivne virtualne stvarnosti, također postoji proširena stvarnost. Proširena stvarnost koristi računalno generirane slike koje su prekrivene fizičkim elementima u stvarnom svijetu, a koji se mogu pronaći u mnogim aplikacijama, kao što su trgovine koje nude virtualnu aplikaciju za montažu za ljude da „isprobaju“ odjeću. Mješovita stvarnost (XR) predstavlja spektar između fizičkog i digitalnog svijeta, kombinirajući proširenu i virtualnu stvarnost kako bi korisnicima omogućili da urone u virtualni svijet, dok su donekle utemeljeni u stvarnosti.

Koncept virtualne stvarnosti prvi je put predstavljen 1960-ih s Mortonovim stvaranjem *Telesphere Mask* i *Sensorama*. Izvorne tehnologije služile su u svrhu uranjanja korisnika u videoprikaz oko njih, čineći da se osjećaju kao da su dio videa. *Ultimate display* bila je ideja

koju je razvio Ivan Sutherland, radeći na sličnom konceptu dopuštanja korisniku da se osjeća uvučenim u računalno generirano okruženje koristeći višestruke ulazne i izlazne uređaje. Nakon stvaranja *Sensorama* i ideje o *Ultimate* zaslonu u 1960-ima, sljedeći veliki procvat u razvoju tehnologije virtualne stvarnosti dogodio se početkom 2010-ih. Tijekom tog razdoblja, virtualna se stvarnost još uvijek smatrala trikom. Bila je skupa i nije se smatrala tehnologijom koja će ikada postati popularna u široj javnosti. To se, međutim, počelo mijenjati 2012., kada je Palmer Luckey debitirao sa svojim prototipom za prvi *Oculus*. Godine 2014. *Facebook* je kupio *Oculus* nakon što je vidio interes koji je privukao, što je dovelo do značajnog porasta popularnosti uređaja virtualne stvarnosti za kućnu upotrebu. Od tada je virtualna stvarnost postala sve popularnija i pristupačnija svakodnevnom potrošaču, s više slušalica virtualne stvarnosti dostupnih na tržištu, kao što su *HTC Vive*, *Samsung VR*, *Oculus*, *Google Cardboard* i drugi.

Unatoč tome što se virtualna stvarnost u početku reklamirala za igre, postoje mnoge potencijalne i postojeće aplikacije virtualne stvarnosti u različitim područjima, uključujući obrazovanje, obuku, simulacije, pa čak i vježbanje i zdravstvenu zaštitu. Nažalost, još uvijek postoji nedostatak općeg razumijevanja prednosti i ograničenja virtualne stvarnosti kao tehnologije u različitim domenama primjene. Neke od najvećih problema s trenutnom tehnologijom virtualne stvarnosti teško je prevladati i mogu se protezati od tehničkih do financijskih i zdravstvenih problema. Tehnološka ograničenja koja se odnose na korisnike koji se osjećaju nelagodno dok koriste slušalice virtualne stvarnosti, nedostupnost ove tehnologije većini ljudi zbog visoke cijene povezanog hardvera i nedostatak tehničke standardizacije aktualni su problemi za koje se tehnološka industrija nada da će ih prevladati.

Tehnološke primjene virtualne stvarnosti napredovale su do točke u kojoj se mogu primijeniti na širok raspon polja i industrija izvan domene igara ili zabave. Mnogi su počeli iskorištavati virtualnu stvarnost u obavljanju zadataka koje je teško prakticirati zbog ograničenih resursa ili inherentnih rizika i opasnosti povezanih s tim zadacima koji ponekad mogu dovesti do katastrofalnih posljedica. Najveća snaga virtualne stvarnosti u tome je što otvara mogućnosti ljudima da prakticiraju ove zadatke u sigurnom okruženju, a istovremeno su dovoljno uvučeni u nju da osjećaju virtualno simulirane situacije kao stvarnima i prenosivima u stvarni svijet te da točno prikazuju gotovo svaku situaciju.

Jedna od najčešće korištenih i uvelike primjenjivih aplikacija virtualne stvarnosti je aspekt simulacije, koji se može jedinstveno izraditi i prilagoditi potrebama korisnika. Postoje dvije glavne vrste simulacija: imerzivne i neimerzivne. Kao što je spomenuto, neimerzivne simulacije virtualne stvarnosti obično uključuju višestruke zaslone i neku vrstu platforme ili uređaja koji oponašaju aktivnosti ili zadatke u stvarnosti. Imerzivne simulacije virtualne

stvarnosti razlikuju se u smislu korištenja HMD-ova umjesto zaslona i mogu koristiti kontrolnu platformu ili aparate poput onih koji se koriste u neimerzivnim simulacijama ili umjesto toga mogu biti u potpunosti sadržane u virtualnoj postavi i ne zahtijevaju vanjska podešavanja ili platforme. Bilo da se korisnici odluče za imerzivne ili neimerzivne simulacije virtualne stvarnosti, nema značajne razlike u izvedbi, a čini se da su rezultati vrlo slični u ispunjavanju svrhe simulacije. Postoji, međutim, mala prednost korištenja imerzivnih simulacija virtualne stvarnosti s HMD-ovima jer su one sposobne u potpunosti uroniti korisnika u simulirano okruženje i pružiti mu temeljitije iskustvo.

#### **4.6.1. Industrijske simulacije**

Simulacije virtualne stvarnosti imaju mnogo aplikacija koje se protežu od simulacije obuke do izrade prototipova, projektiranja i testiranja alata i objekata. Neke često korištene simulacije virtualne stvarnosti u industrijskoj domeni uključuju simulatore vožnje, simulatore letenja za pilote i simulatore borbe za vojno osoblje, a svi oni pružaju obuku korisnicima u vrlo opasnim okolnostima bez izlaganja riziku tijekom procesa obuke.

#### **4.6.2. Simulacije vožnje**

Jedna od glavnih upotreba simulacija virtualne stvarnosti simulacije su vožnje za obuku vožnje unutar automobilske industrije. Virtualna stvarnost pruža mogućnost stvaranja simulacija vožnje u kojima se korisnici mogu staviti u rizične scenarije vožnje bez stvarne opasnosti. Simulatori vožnje mogu biti korisni u višestrukim mogućnostima kao što je promatranje ponašanja u vožnji radi prikupljanja podataka ili obuka neiskusnih vozača u okruženju s niskim stresom.

Simulacije vožnje mogu se koristiti za obuku mladih vozača ili vozača početnika i pomoći im da shvate svoje pogreške ili ukažu na neke loše navike u vožnji koje moraju prilagoditi. Unutar simulacije vozači se mogu smjestiti u virtualno vozilo unutar okruženja koje podsjeća na gradski krajolik. Kasnije se promatra i snima njihovo ponašanje i radnje kako bi se analizirali problemi, pogreške ili kako bi se vidjelo jesu li vozači donijeli ispravne odluke u danom scenariju. Nakon provođenja simulacije, vozači mogu biti informirani o svojim pogreškama i dobiti povratnu informaciju o tome kako poboljšati svoje ponašanje u stvarnoj situaciji vožnje. Ove simulacije vožnje također mogu biti korisne u obuci mladih vozača s neurorazvojnim poremećajima kao što je poremećaj iz spektra autizma, koji inače stvara poteškoće u učenju u nekontroliranom okruženju.



Druga primjena simulacija vožnje je mogućnost prikupljanja podataka u stvarnom vremenu o tome kako korisnici reagiraju na različite scenarije kao vozači na cesti u simuliranom okruženju. Ti se podaci mogu koristiti u višestruke svrhe kao što je dizajniranje boljih sigurnosnih značajki u vozilu, pružanje boljeg korisničkog iskustva za vozače, razvoj modula za obuku vozača i za korištenje u istraživanju i razvoju autonomnih vozila. Autonomna vozila polje su tehnologije u nastajanju koje će se nastaviti razvijati i napredovati, a simulacije virtualne stvarnosti kontinuirano pružaju mogućnosti za sigurno i učinkovito prikupljanje podataka i testiranje korisnika.

Jedan od uobičajenih problema u ovom području je razvijanje povjerenja između korisnika i autonomnih vozila i razumijevanje kako ublažiti nepovjerenje koje većina ljudi ima u ovu tehnologiju. Važno je osigurati određenu razinu povjerenja u autonomna vozila kod korisnika kako bi se preuzela vozačeva kontrola kada je to potrebno. U skladu s tim, stavljanje korisnika u simulaciju vožnje u kojoj oni virtualno komuniciraju s autonomnim vozilom može dati znatnu količinu podataka o tome kako se korisnici ponašaju unutar tog okruženja, a istovremeno osigurava da se korisnici osjećaju sigurno u tom procesu i da se mogu naviknuti biti u autonomnom vozilu.

#### **4.6.3. Dizajn proizvoda i izrada prototipova**

Jedna od primjena virtualne stvarnosti koja može biti korisna jest mogućnost gledanja 3D modela u virtualnom prostoru na način koji je teško vizualizirati putem zaslona. Prototipovi ili preliminarni dizajni za proizvode mogu se modelirati i prikazati u virtualnom okruženju u svrhu testiranja i evaluacije. Jedna značajna prednost prikazivanja ovih modela u virtualnoj stvarnosti je predstavljanje virtualnog prototipa ili dijela bez trošenja puno vremena, novaca, truda ili materijala na izradu prototipa u stvarnom životu. Kroz simulacije virtualna stvarnost može pokazati kako bi proizvod reagirao u različitim uvjetima. Simulacije se mogu izvoditi u virtualnoj stvarnosti kako bi se pokazao učinak različitih interakcija između prototipa i okolnih subjekata. To može pomoći dizajnerima prototipa da utvrde treba li bilo koje područje prototipa poboljšati na temelju rezultata simulirane interakcije. Sposobnost da se proizvod vidi u virtualnom okruženju također može pružiti mogućnost izmjena u dizajnu virtualne stvarnosti za brzi preokret i brže rezultate, što bi moglo povećati brzinu izrade prototipa, smanjiti proizvodni otpad prototipa i povećati razumijevanje funkcija prototipa.

#### 4.6.4. Obrazovanje

Obrazovne primjene virtualne stvarnosti još nisu mnogo korištene, ali postoje mnogi obećavajući primjeri i istraživanja o tome koliko virtualna stvarnost može biti korisna u obrazovnom okruženju. Korištenje virtualne stvarnosti može pomoći u povećanju pozornosti učenika držeći ih uključenima u ono što se događa unutar okruženja virtualne stvarnosti. Većini učenika tinejdžerske dobi teško je obratiti pažnju na nastavu, osobito kada smatraju da teme o kojima se raspravlja nisu relevantne za njih. Kada učenici koriste uzbudljive tehnologije kao što je virtualna stvarnost, više su zainteresirani i uključeni u ono što uče dok su „uronjeni“ u virtualno okruženje. Slušalice virtualne stvarnosti također su korisne u blokiranju vizualnih i slušnih smetnji te stvaraju priliku da se učenik bolje usredotoči na nastavne materijale. Takvi pristupi otvaraju više mogućnosti nastavnicima za interakciju jedan na jedan s učenicima i korisniju interakciju između učitelja i učenika.

Osim toga, virtualna stvarnost učenicima pruža i mogućnost konstruiranje te prakticiranje vlastitog znanja tako što će moći sudjelovati u značajnim iskustvima. Učenici su u mogućnosti aktivno se uključiti u obrazovne aktivnosti i steći bolje razumijevanje teme o kojoj se radi. Virtualna stvarnost također ima sposobnost transportiranja učenika u različita okruženja omogućavajući im da uče i sigurno i učinkovito istražuju različite koncepte. Ovo može biti posebno korisno za demonstraciju okruženja koje je nemoguće posjetiti u stvarnosti, kao što su podmorje ili svemir.

Mješovita stvarnost može se smatrati proširenom aplikacijom virtualne stvarnosti koja se može primijeniti na stvarna okruženja za učenje, kao što je istraživanje laboratorijskih eksperimenata. Učenici mogu nositi HMD koji prikazuje informacije i upute o laboratoriju koji će iskusiti i mogu komunicirati s predmetima u stvarnosti kako bi rekreirali ono što im je simulirano u virtualnoj stvarnosti. U suštini, učenici su još uvijek potpuno svjesni svoje okoline, a također imaju bolje vizualno razumijevanje i predstavljanje svog zadatka, što može pomoći u smanjenju pogrešaka, omogućiti učenicima da budu neovisniji te održati interes i angažiranost učenika.

U početku pandemije COVID-19 došlo je do naglog porasta virtualnog učenja, pri čemu se nastava održavala putem platformi za *online* sastanke ili potpuno asinkrono. Virtualna stvarnost nudi novi, jedinstveni pristup asinkronom učenju. Virtualna stvarnost može stvoriti okruženje za učenje u kojem student može sudjelovati u predavanjima i postavljati pitanja virtualnim instruktorima s unaprijed generiranim odgovorima. Osobito je važno da se učenici osjećaju uvučenima u virtualno okruženje kako bi ostali angažirani. Virtualna okruženja mogu

se stvoriti tako da izgledaju poput stvarnih učionica u kojima učenici mogu šetati i raditi s drugim učenicima na zadacima. Problem s asinkronim iskustvima u učionici je to što neće nužno biti odgovoreno na sva studentova pitanja. Informacije bi bile ograničene na ono što je trenutno ažurirano unutar virtualnog iskustva. Stoga, virtualno obrazovanje temeljeno na virtualnoj stvarnosti, s jedne strane, doista pruža bolje iskustvo učenicima od gledanja videa na mreži, ali s druge strane, ne može zamijeniti iskustvo boravka u učionici s učiteljima koji mogu izravno komunicirati s učenicima.

S daljnjim napredovanjem tehnologije virtualne stvarnosti, ona bi se također mogla koristiti za sinkroniziranu nastavu uživo gdje učenici mogu komunicirati s kolegama i učiteljima iz udobnosti svojih domova u stvarnom vremenu. To je bilo posebno korisno kada su škole bile zatvorene zbog pandemije. Takva nastava omogućuje učenicima da pohađaju nastavu dok imaju zdravstvenih poteškoća, putuju ili žive u drugim zemljama itd. Iako nastava uživo još nije stvarno održana korištenjem virtualne stvarnosti, takve se aplikacije mogu razviti u budućnosti, posebice uz dio trenutnog razvoja u asinkronom učenju i društvenoj interakciji.

#### **4.6.5. Javno zdravstvo**

Virtualna stvarnost se koristi i unutar javnog zdravlja i dobrobiti. Zbog imerzivne prirode virtualne stvarnosti, može se koristiti za simulaciju iskustava koja mogu izravno utjecati na zdravlje ljudi. Neki primjeri uključuju pružanje imerzivnih simulacija obuke medicinskom osoblju, ponudu novih metoda vježbanja ili meditacije i pružanje mogućnosti terapeutima da bolje pomognu i razumiju svoje pacijente.

#### **4.6.6. Medicinska obuka**

Simulacije virtualne stvarnosti pružaju priliku medicinskim stručnjacima za uvježbavanje postupaka prije operacije na pacijentu, što se pokazalo da pomaže pacijentima u dosljednijem postizanju boljih rezultata i smanjenju učestalosti pogrešaka. Priprema i praksa u virtualnoj stvarnosti pomažu u poboljšanju ishoda pacijenata jer je medicinsko osoblje bolje pripremljeno za jedinstvene okolnosti svakog pacijenta prije operacije.

Što se tiče učenja o izvođenju postupka, studenti medicine mogu trenirati u interaktivnom virtualnom okruženju koje se može programirati s različitim scenarijima, a to omogućuje studentu da doživi scenarije iz stvarnog života s virtualnim pacijentima. Virtualno okruženje može se programirati na mnoštvo različitih načina kako bi se student mogao pripremiti i bolje naviknuti na različite vrste scenarija s kojima bi se mogli suočiti u budućnosti s pacijentima.

Simulacija se može programirati tako da se reproducira video koji pokazuje kako učinkovito koristiti alat ili predmet kada ga korisnik pogleda. Simulacija također može pružiti savjete ili detaljne upute studentima kako bi znali pravilno izvesti operaciju. Navedene metode praktičnije su od čitanja udžbenika i realističnije od vježbanja na lutkama i to s minimalnim rizicima za pravog pacijenta, što virtualnu stvarnost čini savršenim alatom za pomoć u učenju učenika.

Studenti medicine nisu jedini koji mogu imati koristi od simulacija virtualne stvarnosti. Iskusni medicinski stručnjaci i kirurzi također mogu imati koristi od ove tehnologije. Simulacije virtualne stvarnosti specifične za pacijenta, tehnologija su koja liječnicima omogućuje vježbanje stvarnih nadolazećih operacija u virtualnoj stvarnosti. Ova tehnologija omogućuje kirurzima prakticiranje prilagođenih postupaka koji odgovaraju specifičnim potrebama i okolnostima njihovih pacijenata. Pacijentova povijest bolesti i fizički atributi mogu se stvoriti u simulaciji i programirati s najvjerojatnijim ishodima. Kada kirurg izvrši zadatak ili radnju u simulaciji, odgovarajuća ili najvjerojatnija reakcija može se programirati da simulira ono što bi se dogodilo u stvarnom životu pod istim okolnostima. To pruža priliku kirurzima da planiraju svoju operaciju unaprijed u virtualnom okruženju, a to im omogućuje da budu bolje pripremljeni i sigurniji u svoj plan za operaciju koja je pred njima.

#### **4.6.7. Vježbanje, *fitness* i sport**

Iako je početni fokus virtualne stvarnosti bio na igrama, programeri su vidjeli priliku za pojavu žanra igara nazvanih *exergames*, u kojima korisnici sudjeluju u fizičkim aktivnostima kako bi postigli ciljeve igre. Osnovni koncept igranja igara temelji se na ideji korištenja snažne tjelesne aktivnosti kao ulaza u interakciju sa zanimljivim sadržajem digitalne igre u nadi da će zamijeniti sjedilačku aktivnost koja tipizira tradicionalnu interakciju u igrama koja se oslanja na tipkovnice, *gamepдове* i *joysticke*. Igre virtualne stvarnosti obično spadaju u kategoriju *exergames* jer od korisnika zahtijevaju da ustane i kreće se kako bi stupio u interakciju s okolinom.

Korištenje virtualne stvarnosti kao alata za vježbanje pomaže u gamifikaciji vježbanja, što uvelike pomaže korisnicima da ostanu motivirani i angažirani pružajući im ciljeve koje trebaju postići tijekom vježbanja. Istraživanje na pacijentima na dijalizi pokazuje da su pacijenti koji su koristili vježbe virtualne stvarnosti umjesto konvencionalnih tjelesnih aktivnosti imali povećanu razinu tjelesne aktivnosti u usporedbi s onima koji su vježbali koristeći konvencionalne metode. To je vjerojatno zbog ugodnijeg iskustva vježbanja u obliku igre koje stvarni život nije uspio postići s aplikacijama za vježbanje. Neki trenutačni primjeri uključuju

implementaciju traka za trčanje i sobnih bicikala s aplikacijama virtualne stvarnosti koje korisnicima omogućuju fizičko trčanje/vožnju bicikla na mjestu, dok virtualno putuju kroz virtualno okruženje. Ove vrste sveobuhvatnih iskustava mogu učiniti vježbanje korisnika ugodnijim i mogu potaknuti one koji se tek upoznaju s *fitnessom* da počnu vježbati kod kuće na nov i zanimljiv način.

Osim navedenog, tehnologija virtualne stvarnosti koristi se i u sportu za treniranje sportaša kako bi poboljšali svoje vještine i može im pomoći u pružanju fizikalne terapije i rehabilitacije. U smislu atletskog treninga, virtualna stvarnost predstavlja izvrsnu metodu treninga perceptivno-kognitivnih vještina, gdje korisnici mogu iskusiti i učiti iz reprodukcije zasnovane na videu u imerzivnom okruženju, a ne na ekranu. Ovo može biti posebno korisno u prilagođavanju treninga za igrače u velikim timskim sportovima kao što su nogomet ili košarka. Virtualna stvarnost omogućuje pojedincima opetovano vježbanje vještina s nižim rizikom od ozljeda, što pomaže u smanjenju ozljeda. Kada se ozljede dogode u stvarnom svijetu, virtualna stvarnost može se koristiti u procesu rehabilitacije tako da dopusti sportašima treniranje s bilo kojeg mjesta i u bilo koje vrijeme, čak i u odsutnosti trenera ili objekta.

#### **4.6.8. Terapija i meditacija**

Druga upotreba virtualne stvarnosti je u terapiji mentalnog zdravlja i meditaciji. Imerzivna priroda virtualne stvarnosti pruža fleksibilnost za stvaranje različitih vrsta okruženja ili iskustava.

U skladu s tim, virtualna se stvarnost može koristiti za doživljavanje situacija koje je teško pronaći u stvarnom životu ili kroz koje može biti opasno proći u stvarnom životu. Na primjer, za one koji pate od posttraumatskog stresnog poremećaja (PTSP), virtualna stvarnost može biti način da iskuse situacije koje mogu potaknuti traumatske događaje unutar sigurnih, kontroliranih uvjeta. Specifični scenariji mogu se rekreirati u virtualnom okruženju, a pacijent ih može doživjeti u prisutnosti terapeuta kako bi dobio pomoć u suočavanju sa svojom traumom. Ova vrsta terapije slična je terapiji izlaganjem u kojoj se pacijenti suočavaju s onim što ih pokreće kako bi se polako izliječili od svoje traume.

Za ljude koji imaju određene poremećaje koje je teško objasniti riječima, virtualna stvarnost može biti siguran način stavljanja ljudi u scenarije i situacije koje mogu izazvati njihove poremećaje te se na siguran način može promatrati njihovo ponašanje. Terapeut koji promatra situaciju može imati bolji uvid u određene reakcije i ponašanje svog pacijenta, a to omogućuje bolje liječenje pacijenta.

Osim toga, virtualna stvarnost može se primijeniti u korištenju imerzivne prirode tehnologije u svrhu meditacije. Uz mogućnost doživljavanja mirnog virtualnog okruženja koje u potpunosti blokira smetnje, virtualna stvarnost predstavlja jedinstveni oblik meditacije koji bi inače bilo teško postići kod kuće. Istraživanja o korištenju virtualne stvarnosti u meditaciji pokazale su blago povećanje pozitivnih učinaka i stanja svjesnosti kod korisnika nakon iskustva meditacije. Jedno je istraživanje pokazalo da je meditacija virtualne stvarnosti bila uspješnija u smanjenju anksioznosti prije ispita kod studenata od gledanja videa meditacije, gdje je 71% onih koji koriste virtualnu stvarnost prijavilo niže razine anksioznosti u usporedbi s 47% kontrolne skupine. Meditacija virtualne stvarnosti pokazala se korisnom u smirivanju zdravstvenih radnika, posebice tijekom pandemije COVID-19. Pokazalo se da meditacija virtualne stvarnosti zajedno s *neurofeedbackom* (VR + NF) smanjuje korisnikov bijes, napetost, depresiju, energičnost, umor i zbunjenost. Stručnjaci za meditaciju tvrde da meditacija s virtualnom stvarnosti može biti iznimno korisno i jedinstveno iskustvo koje još nije u potpunosti iskorišteno.

#### **4.6.9. Društvena interakcija**

Virtualna stvarnost omogućuje prijenos korisnika u virtualno okruženje u kojem mogu komunicirati s drugim korisnicima. To pruža priliku za stvaranje društvenih veza koje bi inače bilo teško stvoriti ili održati. Društvena interakcija putem virtualne stvarnosti može biti od posebne pomoći osobama s autizmom jer im pruža način da uvježbaju svoje komunikacijske vještine. Korisnici mogu sudjelovati u virtualnom kognitivnom treningu kako bi bolje poboljšali svoje socijalne vještine, kao što su prepoznavanje emocija, društvena atribucija i analogno zaključivanje. Postoje čak i programi u kojima mogu sudjelovati mlade odrasle osobe s visokofunkcionalnim autizmom, a osmišljeni su sa svrhom povećanja njihovih društvenih vještina. Ovi programi obučavaju korisnike da bolje prepoznaju izraze lica, govor tijela i emocije iz nečijeg glasa. Ovi programi imaju dugotrajne učinke na korisnike, jer stječu sposobnost prepoznavanja tuđih emocija unutar obuke koju mogu nastaviti u svom životu.

Društvena virtualna stvarnost također pruža novi način povezivanja ljudi na velikim udaljenostima. Virtualni prostori mogu se stvoriti u okruženju virtualne stvarnosti i omogućiti korisnicima međusobnu interakciju u realističnom okruženju. Korisnici mogu imati realistične avatare i razgovarati jedni s drugima kao licem u lice. Ova metoda komunikacije može biti jednako učinkovita kao i razgovor s drugom osobom u stvarnom životu sve dok su korisnici uvučeni u virtualnu okolinu. Tada imaju bolji osjećaj prisutnosti, a njihovi odgovori su

autentičniji. Ovo je bilo posebno popularno tijekom pandemije COVID-19 kada su socijalno distanciranje i ograničenja putovanja otežali ljudima da vide svoje voljene i razgovaraju s njima. Mogućnost prisustvovanja događajima i iskustvo aktivnosti s drugima putem virtualne stvarnosti omogućila je realističniju zamjenu za interakcije u stvarnom životu od razgovora telefonom ili videopozivom.

#### **4.6.10. Zabava**

Najistaknutija primjena virtualne stvarnosti među korisnicima je unutar sfere zabave koja im nudi nove načine da dožive nekoliko vrsta medija u impresivnom kapacitetu. Jedan takav oblik medijske potrošnje unutar virtualne stvarnosti je gledanje filmova, emisija ili videa. Virtualna stvarnost nudi nove načine za korisnike da iskuse vizualne medije zahvaljujući svojoj sposobnosti da uroni korisnike u virtualni svijet. Zaslone virtualne stvarnosti mogu reproducirati videozapise od 360° i omogućuju korisnicima kretanje u virtualnom okruženju što korisniku pruža zanimljivije iskustvo i omogućuje mu interakciju sa svijetom onako kako smatra prikladnim. Korisnici sada imaju veću kontrolu nad time na što žele obratiti pozornost u videu i mogu doživjeti videozapise na potpuno novi način.

Druga primjena virtualne stvarnosti je virtualno putovanje i turizam. Virtualni turizam omogućuje korisnicima da dožive imerzivni turizam u simuliranim okruženjima na temelju stvarnih krajolika ili lokacija. Ovo može putovanje učiniti dostupnim mnogim ljudima koji inače ne bi mogli priuštiti vrijeme ili novac potreban za fizički posjet dalekim odredištima. Primjeri turizma virtualne stvarnosti uključuju virtualne posjete muzejima, navigaciju područjima pomoću aplikacija kao što je *Google Street View* i virtualne obilaske popularnih odredišta kao što su Grand Canyon ili Kineski zid. Koncept virtualnog posjećivanja drugih zemalja ili svjetova postoji od 90-ih godina prošlog stoljeća, ali je došlo do porasta interesa zbog ograničenja putovanja tijekom pandemije COVID-19.

Glazba uživo još je jedan oblik zabave koji postaje sve popularniji kao još jedna velika primjena virtualne stvarnosti. Virtualna stvarnost ima mogućnost promijeniti način na koji ljudi doživljavaju koncerte jer korisnicima nudi mogućnost prisustvovanja i uživanja u koncertima s bilo kojeg mjesta na svijetu. Unaprijed snimljeni koncerti već su dostupni kao iskustvo virtualne stvarnosti s videozapisima koncerata snimljenim u 360 stupnjeva pomoću višesmjernih kamera, a to korisnicima omogućuje da pomiču glavu i osjećaju se kao da su fizički prisutni na koncertu. Ovo može biti prilika za korisnike koji nemaju mogućnost putovanja ili nisu mogli nabaviti ulaznice da fizički prisutni uživaju u koncertu. To će također omogućiti korisnicima da vide

dijelove koncerta koje nisu mogli vidjeti čak i da su bili tamo jer su kamere postavljene na pozornici ili blizu pozornice. *Livestreaming* koncerata u virtualnoj stvarnosti još uvijek nije tehnološki primjenjiv, ali čini se da glazbena industrija namjerava to ostvariti u nekom trenutku u budućnosti s daljnjim razvojem virtualne stvarnosti.

Kao dio najznačajnijih primjena virtualne stvarnosti, virtualno igranje nedavno je steklo ogromnu popularnost, slušalice su postale pristupačnije, a programeri igara više ulažu u krajolik virtualne stvarnosti. Mnogi su korisnici kupili slušalice virtualne stvarnosti za igranje popularnih igara kao što su *Beat Sabre*, *Super-Hot* i *Job Simulator* (Menlo Park, Prag, Češka) – neke od najprodavanijih igara virtualne stvarnosti. Osim označenih igara, razvijaju se i mnoge druge igre koje inicijalno nisu napravljene za virtualnu stvarnost, a uključile bi ovu mogućnost i proširile opcije koje iskustveni igrači imaju. Porast popularnosti igrica virtualne stvarnosti posljednjih godina duguje se impresivnim mogućnostima HMD-ova da uvuče korisnike u okruženje igre, blokirajući sve vanjske smetnje i dajući korisnicima bolji osjećaj prisutnosti. Igrači mogu doživjeti igru sa svoje točke gledišta što korisnicima omogućuje da dožive igre na potpuno novi način (Hamad A. et sur. 2022: 19, 18).



## 5. VIRTUALNA STVARNOST ZA OBRAZOVANJE ZDRAVSTVENIH DJELATNIKA

Virtualna je stvarnost tehnologija koja korisniku omogućuje istraživanje i manipuliranje računalno generiranim stvarnim ili umjetnim trodimenzionalnim multimedijским osjetilnim okruženjima u stvarnom vremenu za stjecanje praktičnog znanja koje se može koristiti u kliničkoj praksi.

Istraživanja su pronašla dokaze koji upućuju na to da virtualna stvarnost poboljšava rezultate znanja i vještina zdravstvenih djelatnika nakon intervencije u usporedbi s tradicionalnim obrazovanjem ili drugim vrstama digitalnog obrazovanja kao što je *online* ili *offline* digitalno obrazovanje. Nalazi o drugim ishodima su ograničeni. Buduća istraživanja trebala bi procijeniti učinkovitost imerzivnih i interaktivnih oblika virtualne stvarnosti i procijeniti druge ishode poput stava, zadovoljstva, isplativosti i kliničke prakse ili promjene ponašanja.

Adekvatno osposobljeni zdravstveni radnici ključni su za osiguranje pristupa zdravstvenim uslugama i postizanje univerzalne zdravstvene pokrivenosti. Godine 2013. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) procijenila je da u svijetu nedostaje oko 17, 4 milijuna zdravstvenih radnika. Manjak i nerazmjerna distribucija zdravstvenih radnika diljem svijeta može biti pogoršana neadekvatnošću programa obuke (u smislu sadržaja, organizacije i pružanja) i iskustva potrebnog za pružanje jednakih zdravstvenih usluga svima. Stoga je postalo bitno generirati strategije usmjerene na učinkovito i visokokvalitetno obrazovanje zdravstvenih profesija. Digitalna tehnologija sa svojom sveprisutnom upotrebom i velikim napretkom sve se više smatra obećavajućim izvorom učinkovitih sustava obrazovanja i obuke za zdravstvene profesije.

Digitalno obrazovanje (poznato i kao *eLearning*) je čin poučavanja i učenja pomoću digitalnih tehnologija. To je sveobuhvatni pojam za evoluirajuće mnoštvo obrazovnih pristupa, koncepata, metoda i tehnologija. Digitalno obrazovanje može uključivati, ali nije ograničeno na *online* i *offline* digitalno obrazovanje temeljeno na računalu, već i na otvorene *online* tečajeve, virtualnu stvarnost, virtualne pacijente, mobilno učenje, ozbiljno igranje i gamifikaciju te trenere psihomotoričkih vještina. Potrebna je snažna baza dokaza kako bi se podržala učinkovita uporaba ovih različitih digitalnih modaliteta za obrazovanje zdravstvenih profesija.

Virtualna stvarnost je tehnologija koja korisniku omogućuje istraživanje i manipuliranje računalno generiranim stvarnim ili umjetnim trodimenzionalnim (3D) multimedijским osjetilnim okruženjima u stvarnom vremenu. Omogućuje aktivno iskustvo učenja u prvom licu

kroz različite razine uvučenosti, odnosno percepciju digitalnog svijeta kao stvarnog i sposobnost interakcije s objektima i/ili izvođenja niza radnji u tom digitalnom svijetu. Virtualna se stvarnost može prikazati s različitim alatima, uključujući zaslone računala ili mobilnih uređaja i sobe virtualne stvarnosti pomoću zaslona na glavi. Sobe virtualne stvarnosti su imerzivni 3D vizualizacijski sustavi temeljeni na projektorima koji simuliraju stvarna ili virtualna okruženja u zatvorenom prostoru i uključuju više korisnika u isto vrijeme. Zaslone koji se montiraju na glavu postavljaju se preko glave korisnika i pružaju impresivno 3D iskustvo okoline za učenje.

Osim toga, virtualna stvarnost može olakšati različite oblike obrazovanja zdravstvenih profesija. Na primjer, često se koristi za projektiranje 3D modela anatomske strukture koji se mogu mijenjati i zumirati. Virtualna stvarnost također omogućuje stvaranje virtualnih svjetova ili 3D okruženja s virtualnim prikazima korisnika koji se nazivaju avatarima. Avatari u virtualnoj stvarnosti za obrazovanje zdravstvenih profesija mogu predstavljati pacijente ili zdravstvene djelatnike. Omogućujući simulaciju, virtualna stvarnost je vrlo pogodna za obuku usmjerenu na kliničke i kirurške postupke.

Istraživanja su pronašla dokaze koji pokazuju malo poboljšanje znanja i umjereno do veliko poboljšanje vještina kod učenika koji sudjeluju u intervencijama virtualne stvarnosti u usporedbi s tradicionalnim ili drugim oblicima digitalnog učenja. U usporedbi s manje interaktivnim intervencijama, čini se da interaktivnije intervencije virtualne stvarnosti umjereno poboljšavaju znanje i vještine sudionika. Niti jedna od uključenih studija nije prijavila nikakve ishode povezane s pacijentima, niti promjenu ponašanja, niti neželjene ili štetne učinke virtualne stvarnosti na pacijente ili učenike.

Većina istraživanja procijenila je učinkovitost neimerzivne virtualne stvarnosti i potrebu da se više istraže učinci virtualne stvarnosti s različitim razinama uvučenosti u nju, kao i interaktivnosti ishoda. Većina istraživanja koje procjenjuju ishode stava i zadovoljstva izvijestila je o nepotpunim ishodima ili neusporedivim podacima o ishodima. Konačno, postoji potreba za standardizacijom metoda za izvješćivanje o smislenim i najtočnijim podacima o ishodima budući da je većina uključenih istraživanja izvijestila o srednjim rezultatima nakon intervencije, a ne o rezultatima promjene ishoda, što ograničava točnost nalaza za prijavljene ishode.

Dakle, kao nova i svestrana tehnologija, virtualna stvarnost ima potencijal transformirati obrazovanje zdravstvenih profesija. Istraživanja pokazuju da u usporedbi s tradicionalnim obrazovanjem ili drugim vrstama digitalnog obrazovanja, kao što je *online* ili *offline* digitalno obrazovanje, virtualna stvarnost može poboljšati znanja i vještine nakon intervencije.

Virtualna stvarnost s većom interaktivnošću pokazala je veću učinkovitost u usporedbi s manje interaktivnom virtualnom stvarnošću za ishode znanja i vještina nakon intervencije (Kyaw B. M. et sur. 2019: 21,1).

### **Starije osobe i telerehabilitacija**

Tijekom prvog zatvaranja zbog pandemije COVID-19 istraživanja su pokazala da starije odrasle osobe koje žive u zajednici sa subjektivnim kognitivnim padom ili blagim kognitivnim oštećenjem koje sudjeluju u grupnoj intervenciji preferirale su osobne sesije nego telerehabilitaciju, ali su priznale dobrobiti telerehabilitacije.

Nadalje, model hibridne intervencije, koji kombinira osobne i sesije telerehabilitacije, može biti optimalan.

Osim toga, grupna intervencija telerehabilitacijom pružila je značajne društvene interakcije i odvratila pažnju od stresa i neizvjesnosti povezanih s karantinom zbog pandemije.

Uz navedeno, istraživanja pokazuju da je tehnološka podrška potakla starije odrasle osobe da se uključe u telerehabilitaciju, da treba raditi na proučavanju i primjeni digitalne samoučinkovitosti te da se emocionalna povezanost među članovima grupe može postići uspostavljanjem virtualnih grupnih normi tako što će se pružiti prilike za neformalne interakcije i nadopunjavanje telerehabilitacije s osobnim sesijama.

Korištenje telerehabilitacije kod starijih osoba značajno se povećalo tijekom posljednja dva desetljeća kao rezultat napretka u zdravstvenoj znanosti i tehnologiji, globalnog porasta stanovništva koje stari i zbog bolesti COVID-19. Telerehabilitacija se odnosi na pružanje usluga kliničke rehabilitacije kroz interakciju u stvarnom vremenu između kliničara i klijenata, korištenjem telekomunikacijskih uređaja. Telerehabilitacija nudi poboljšani pristup zdravstvenim uslugama uz smanjenje napora i troškova povezanih s putovanjima za kliničare i klijente te nudi povećanje dostupnosti pružatelja skrbi.

Istraživanje je ispitalo iskustvo telerehabilitacije kod starijih osoba koje žive u zajednici sa subjektivnim kognitivnim opadanjem (dalje u tekstu: SCD) ili blagim kognitivnim oštećenjem (dalje u tekstu: MCI) koje su prešle s osobnog na virtualni trening. SCD je subjektivno iskustvo kognitivnog pada bez objektivnih dokaza kognitivnog oštećenja, dok je MCI karakteriziran objektivnim, umjerenim, kognitivnim smanjenjem. Starije odrasle osobe s ISS i MCI prijavile su manje korištenje svakodnevnih tehnologija i svoje tehnološke sposobnosti doživljavaju lošijima u usporedbi sa starijim odraslim osobama bez subjektivnog (ili objektivnog) kognitivnog pada. Iako se pokazalo da telerehabilitacija poboljšava kognitivno funkcioniranje, emocionalni status, subjektivne probleme s pamćenjem i kvalitetu života u

starijih osoba s ISS i MCI, potrebno je više istraživanja o pomagačima i preprekama u njegovu prihvaćanju i usvajanju iz perspektive starijih korisnika.

Istraživanje je proučavalo kako se telerehabilitacijska intervencija uspoređuje s osobnim iskustvom kada su pristup intervencije, voditelj i osobe vršnjaka bili identični. Sudionici su mogli koristiti virtualnu platformu, uz određenu podršku, i opisali su prednosti telerehabilitacije. Postojala je snažna sklonost osobnoj intervenciji, koja je pružala cjelovitije iskustvo i rezultirala boljom međuljudskom interakcijom. Unatoč tome, sudionici su identificirali prednosti telerehabilitacije u smanjenju napora pri putovanju na posao i izloženosti ekstremnim vremenskim uvjetima. Cijenili su priliku za interakciju s drugima tijekom karantene.

Sudionici su smatrali da su obuka o korištenju tehnologije prije početka intervencije i stalna tehnička podrška bili uglavnom korisni, a ponekad i nisu, kao što su prethodno sugerirali liječnici primarne zdravstvene zaštite koji pružaju telezdravstvene usluge starijim osobama jer, u kontekstu grupe, voditelj grupe ne može se baviti pojedinačnim tehnološkim problemima, a to je zahtijevalo dodatnu radnu snagu. Iako će financiranje tehničke podrške smanjiti isplativost telerehabilitacije, ulaganje financijskih sredstava ključno je za osiguranje jednakosti u zdravlju. Telerehabilitacija će vjerojatno nadopuniti osobne rehabilitacijske intervencije nakon pandemije, a mora se osigurati da digitalni jaz povezan sa starošću ne ograničava starije odrasle osobe u pristupu zdravstvenoj skrbi. Prethodne studije pokazale su da se zdravstveni sustav ne može osloniti na obiteljsku podršku za korištenje telerehabilitacije od strane starijih osoba, čak i kada je takva podrška dostupna, jer se to doživljava kao prijetnja zdravstvenoj privatnosti i povjerljivosti. To naglašava važnost uključivanja tehničke podrške kao sastavnog dijela telerehabilitacijskog plana usluga za starije osobe.

Neki od sudionika koji su za sebe rekli da imaju nisku digitalnu samoučinkovitost, iskusili su početnu sumnju u pogledu svoje sposobnosti da se uključe u telerehabilitaciju. Međutim, neki su opisali da su se s vremenom osjećali kompetentnijima i sigurnijima jer su vidjeli da mogu sudjelovati u intervenciji telerehabilitacije uz tehnološku podršku. Ovime se jača tvrdnja o digitalnoj samoučinkovitosti koja može razviti i poboljšati korištenjem podržane tehnologije. Digitalna samoučinkovitost ne razvija se nužno kroz stalnu upotrebu tehnologije, već pružatelji zdravstvenih usluga koji žele poboljšati digitalnu samoučinkovitost mogu razmotriti uključivanje metoda za koje se pokazalo da poboljšavaju digitalnu samoučinkovitost među starijim osobama, kao što je sporo ponovljeno vježbanje s tehnologijom, korištenje pisanih uputa, zajedničko rješavanje problema vida i sluha povezanih s korištenjem tehnologije. Osim

toga, digitalna samoučinkovitost razvija se i psihoedukativnim raspravama o potencijalnim dobrobitima korištenja tehnologije.

Sudionici su iskusili osobnu fazu intervencije kao pružanja optimalne grupne dinamike i poboljšane odgovornosti u usporedbi s telerehabilitacijskom isporukom. Identificiralo se nekoliko načina na koja se može uspostaviti bolja grupna dinamika u telerehabilitacijskim grupnim intervencijama. Otkrića prilikom istraživanja istaknula su važnost uspostavljanja virtualnih grupnih normi s aktivnim kamera tijekom sesija. Istraživanja u obrazovanju sugeriraju da je društvena prisutnost ključna za učinkovito učenje jer pomaže učenicima da se osjećaju povezani s nastavnikom i vršnjacima te potiče na aktivno sudjelovanje. U *online* učenju aktivirane kamere podržavaju iskustvo društvene prisutnosti. Zatim, kako bi se odgovorilo na želju sudionika za neformalnim interakcijama, predlaže se da se osigura vrijeme i prilike za neformalne interakcije korištenjem virtualne platforme koja može biti korisna za društveno povezivanje. To se može postići osiguravanjem dodatnog *online* vremena prije i/ili nakon svake nastavne sesije za interakciju sudionika, uspostavljanje pravila za vrijeme pauze koje potiču sudionike da ostanu na ekranu tijekom pauze i, uz dopuštenje, dijeljenje podataka o sudionicima kako bi se pružila prilika za međusobnim povezivanjem između sesija.

U skladu s drugim telerehabilitacijskim istraživanjima pokazano je da su ljudi bili skloniji sudjelovanju u telerehabilitacijskim sesijama sa zdravstvenim djelatnikom s kojim su uspostavili odnos tijekom osobnih fizičkih posjeta te sugeriraju da bi hibridni model mogao biti koristan. Liječnici primarne zdravstvene zaštite koji rade sa starijim odraslim osobama izvijestili su da je korištenje kombinacije osobnog i telezdravstvenog liječenja pomoglo u zadovoljavanju potreba starijih pacijenata.

Dakle, telerehabilitacija ima prednosti koje nadilaze prevladavanje ograničenja fizičkog udaljavanja. Pružanjem stalne tehničke pomoći, definiranjem virtualnih grupnih normi i pružanjem prilika za neformalnu društvenu interakciju na mreži, pružatelji zdravstvenih usluga mogu poboljšati iskustvo starijih osoba sa SCD i MCI u telerehabilitacijskim intervencijama. Istraživanje podržava hibridni model skrbi, pri čemu se telerehabilitacija koristi za dopunu, a ne zamjenu osobnih zdravstvenih usluga. Budući da će zdravstvena skrb nakon pandemije vjerojatno biti znatno više virtualna, nego što je bila prije pandemije, hibridni model mogao bi biti optimalan za starije odrasle osobe, kako bi se postigle društvene veze uspostavljene tijekom osobnih sesija (Rotenberg S. et sur. 2023: 42, 5).

## **6. SMJERNICE ZA PRIMJENU VIRTUALNE STVARNOSTI U FIZIOTERAPIJI**

Preporučuje se da fizioterapeuti koji digitalno pružaju svoje usluge osiguraju praksu digitalne fizioterapije koja je u najboljem interesu pacijenata i njihove skrbi, i gdje god je to moguće, izbor pružene usluge treba biti napravljen u dogovoru s pacijentima.

Fizioterapeuti su svjesni vlastite domene djelovanja i trenutnog regulatornog okvira unutar kojeg rade u odnosu na digitalnu praksu. Oni su u tijeku s trenutnim dokazima i svjesni su da se digitalna stvarnost brzo razvija, angažirani su u raspravama s drugim fizioterapeutima kako bi se složili i podržali korištenje digitalnih usluga, a svjesni su koristi i ograničenja digitalne stvarnosti u fizioterapiji. Nadalje, uvjereni su da će odabrani digitalni način poboljšati pristup fizioterapeutskim uslugama i informacijama o kvaliteti skrbi. Osim toga, u potpunosti su svjesni i kompetentni u korištenju odabranog digitalnog načina, a njihovi korisnici usluga su kompetentni, sigurni i podržavaju uporabu odabranog digitalnog načina. Zatim, fizioterapeuti su dužni razmotriti i utvrditi prikladnost korištenja digitalnih rješenja s određenim korisnicima usluga u smislu njihove opće podobnosti. Upravo zbog toga oni i dalje prate i unaprjeđuju učinkovitost digitalnih rješenja kako bi mogli spremno surađivati s različitim dionicima te naposljetku podijeliti ishod ili utjecaj digitalne fizikalne terapije (Izvješće radne skupine za digitalnu fizikalnu terapiju WCPT/INPTRA).

## 7. RASPRAVA I PREPORUKE

Sukladno istraživanjima može se tvrditi da tehnologije virtualne stvarnosti rehabilitaciju čine nedvojbeno dostupnijom. Cilj rada bio je utvrditi, prema podacima iz postojeće literature, koji se telerehabilitacijski postupci mogu smatrati korisnom pomoći fizioterapeutima te analizirati prepreke za implementaciju inovativnih digitalnih alata koji koriste virtualnu stvarnost i smjernice za njihovu daljnju upotrebu.

Na postavljeno istraživačko pitanje u kojoj mjeri virtualna stvarnost može zamijeniti fizičku prisutnost fizioterapeuta tijekom fizioterapijskog postupka može se zaključiti da virtualna stvarnost neće moći u potpunosti zamijeniti fizičku prisutnost. Osim toga, nužni su i određeni preduvjeti od strane korisnika zdravstvene zaštite i provoditelja zdravstvene skrbi. Takav način rehabilitacije može se odvijati unutar vlastitog doma pacijenta bez velikih troškova, a fizioterapeut procjenjuje ishod terapije pomoću alata za analizu podataka. Rehabilitacijske usluge kod kuće mogu postati često korištene opcije u procesu oporavka pacijenata kao rješenje za prepreke pristupačnosti, ali i kao nadopuna uobičajenoj rehabilitaciji u bolnici.

Stoga, na pitanje o doprinosu telemedicine i virtualne stvarnosti u kreiranju i odabiru novih vježbi za pacijente može se zaključiti da postoji veliki potencijal u sinergiji s uobičajenim rehabilitacijskim procesima.

Nadalje, postavilo se treće istraživačko pitanje o tome jesu li telemedicinske metode fizioterapeutima osigurale pravilno nadziranje izvođenja vježbi i je li im omogućena pouzdana procjena ispunjavanja zadanih terapijskih ciljeva. Utvrđeno je da fizioterapeuti ukazuju na praktične probleme, primjerice, izvode li pacijenti vježbe na ispravan način budući da i fizioterapeuti i pacijenti nailaze na probleme nedostatka opreme, infrastrukture i održavanja što može utjecati na kvalitetu nadzora bolesnika. Pacijenti i fizioterapeuti sugeriraju da tehnologija virtualne stvarnosti može promijeniti prirodu njihovog odnosa. Na primjer, neki pacijenti opisuju kako digitalne tehnologije dovode do lakše i opuštenije komunikacije. Drugi pacijenti opisuju osjećaj napuštenosti kada primaju usluge telerehabilitacije. Pacijenti, članovi obitelji i fizioterapeuti traže tehnologije koje su jednostavne za korištenje te više obuke i podrške po pitanju tehnologije. Nadalje, sugeriraju da su u nekoj mjeri potrebni osobni razgovori pacijenata s fizioterapeutom te da su za neke usluge potrebne ruke fizioterapeuta koje digitalna tehnologija trenutno ne može zamijeniti.

Konvencionalne metode rehabilitacije često postaju zamorne, zahtijevaju velike resurse i specijalizirane objekte ili opremu. Kod tehnologija virtualne stvarnosti sudionici stupaju u

interakciju s projiciranim slikama, upravljaju virtualnim objektima i izvode aktivnosti koje su zadane u programu. Na taj se način pacijentu daje osjećaj uvučenosti u simulirano okruženje. U takvoj okolini pružaju se različiti oblici povratnih informacija, od kojih su najčešći vizualni i auditivni, a njima se poboljšava motoričko učenje putem povratnih informacija u stvarnom vremenu te su vidljivi trenutni rezultati. Metode liječenja koje koristi virtualna stvarnost pružaju virtualno okruženje za aktivnosti svakodnevnog života koje je teško izvesti u bolnici. Zato bi mogle biti vrlo učinkovite u, primjerice, poboljšanju funkcije gornjih i donjih ekstremiteta. Međutim, budući da donji udovi moraju podnijeti težinu tijela, potrebni su različiti elementi, uključujući mišićnu snagu i ravnotežu za kontrolu tjelesne težine, pokrete zglobova i kognitivnu sposobnost za integraciju drugih elemenata.

Izazov prilikom primjene virtualnih tehnologija je praćenje terapije pacijenata u stvarnom vremenu. To se može riješiti programiranim vizualno-optičkim povratnim informacijama za određene zadatke. Budući razvoj trebao bi se usmjeriti na određene sustave za pohranu podataka i analizu kontinuirano ažuriranih informacija u stvarnom vremenu. Tako bi se pružila brza povratna informacija.

Nadalje, neke od važnih prednosti digitalne fizioterapije za fizioterapeute su omogućavanje veće kontrole upravljanja nad sadržajem i oblikom informacija i resursa kao i povećavanje mogućnosti praćenja standarda skrbi te rezultata pacijentova rada i napretka.



## 8. ZAKLJUČAK

Istraživanja pokazuju da postoje brojne prednosti digitalne terapije. Udaljenost između pacijenta i fizioterapeuta više nije prepreka pružanju rehabilitacijskih usluga jer pacijenti ne moraju provoditi vrijeme čekajući ili putujući do pružatelja usluga. To je od velike važnosti za slabo pokretne pacijente te općenito pacijente slabijeg zdravlja. Ujedno se smanjuju i troškovi koji su povezani s putovanjima, pomoći koja je potrebna za napuštanje kuće i izgubljeno vrijeme za druge aktivnosti, uključujući, primjerice, izostajanje s radnog mjesta. Pacijenti putem jednostavnog internetskog pristupa imaju kontrolu nad upravljanjem svojih zdravstvenih problema. Mogu zakazati termin terapije u vrijeme koje im najviše odgovara.

Pružanje terapije na digitalan način može imati i prepreke. Jedna od prepreka je neadekvatan internetski pristup kao i nedovoljna osposobljenost starijih pacijenata za korištenje digitalnih tehnologija. Osim toga, dob, ali društveni kontekst nesumnjivo utječu na prilagodljivost tehnologiji, a to se onda odražava na ishod liječenja. Na ishod liječenja također utječe i dobar odnos između pacijenta i fizioterapeuta, a interakcija se, kao što istraživanja pokazuju, može uspješno postići i virtualno, na daljinu. Izravna i kontinuirana interakcija između pacijenta i fizioterapeuta povećava spremnost na suradnju u liječenju i motivaciju pacijenta da se pridržava terapije.

Može se zaključiti kako postoji veliki potencijal za udaljenu virtualnu rehabilitaciju. Preporučuje se daljnje poboljšanje tehnologija te proširenje područja njihove primjene jer one omogućuju pružanje visokokvalitetne skrbi uz smanjene troškove. Pojedinci su skloniji digitalnom načinu života, stoga digitalna terapija predstavlja neophodno prilagođavanje takvim okolnostima.

## 9. LITERATURA

1. Aartolahti E., Janhunen M., Katajapuu N., Paloneva J., Pamilo K., Oksanen A., Keemu H., Karvonen M., Luimula M., Korpelainen R., Jämsä T., Mäkelä K., Heinonen A. *Effectiveness of Gamification in Knee Replacement Rehabilitation: Protocol for a Randomized Controlled Trial With a Qualitative Approach*. JMIR Res Protoc. 2022 Nov 28;11(11):e38434. doi: 10.2196/38434. PMID: 36441574; PMCID: PMC9745648.
2. Berton A., Longo U. G., Candela V., Fioravanti S., Giannone L., Arcangeli V., Alciati V., Berton C., Facchinetti G., Marchetti A., Schena E., De Marinis M. G., Denaro V. *Virtual Reality, Augmented Reality, Gamification, and Telerehabilitation: Psychological Impact on Orthopedic Patients' Rehabilitation*. J Clin Med. 2020 Aug 7;9(8):2567. doi: 10.3390/jcm9082567. PMID: 32784745; PMCID: PMC7465609.
3. Chen J., Or C. K., Chen T. *Effectiveness of Using Virtual Reality-Supported Exercise Therapy for Upper Extremity Motor Rehabilitation in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials*. J Med Internet Res. 2022 Jun 20;24(6):e24111. doi: 10.2196/24111. PMID: 35723907; PMCID: PMC9253973
4. C, Spir Brunal M. A., Roberg A. B., Cruz Sarmiento K. M. *Factors that influence the provision of home based rehabilitation services for people needing rehabilitation: a qualitative evidence synthesis*. Cochrane Database Syst Rev. 2023 Feb 10;2(2):CD014823. doi: 10.1002/14651858.CD014823. PMID: 36780267; PMCID: PMC9918343.
5. Gazendam A., Zhu M., Chang Y., Phillips S., Bhandari M. *Virtual reality rehabilitation following total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2022 Aug;30(8):2548-2555. doi: 10.1007/s00167-022-06910-x. Epub 2022 Feb 19. PMID: 35182172; PMCID: PMC8857886.
6. Guo Q. F., He L., Su W., Tan H. X., Han L. Y., Gui C. F., Chen Y., Jiang H. H., Gao Q. *Virtual reality for neurorehabilitation: A bibliometric analysis of knowledge structure and theme trends*. Front Public Health. 2022 Nov 10;10:1042618. doi: 10.3389/fpubh.2022.1042618. PMID: 36438265; PMCID: PMC9684719.
7. Hamad A., Jia B. *How Virtual Reality Technology Has Changed Our Lives: An Overview of the Current and Potential Applications and Limitations*. Int J Environ Res Public Health. 2022 Sep 8;19(18):11278. doi: 10.3390/ijerph191811278. PMID: 36141551; PMCID: PMC9517547.

8. HKF. *Digitalna praksa u fizioterapiji*. Dostupno na: [https://www.hkf.hr/digitalna praksa u fizikalnoj terapiji bijela knjiga/](https://www.hkf.hr/digitalna-praksa-u-fizikalnoj-terapiji-bijela-knjiga/)
9. HKF. *Kompetencije fizioterapeuta*. Dostupno na: [https://www.hkf.hr/pocetna-stranica/ostruču/kompetencije-fizioterapeuta/Izvešće-radne-skupine-za-digitalnu-fizikalnu-terapiju WCPT/INPTRA](https://www.hkf.hr/pocetna-stranica/ostruču/kompetencije-fizioterapeuta/Izvešće-radne-skupine-za-digitalnu-fizikalnu-terapiju-WCPT/INPTRA). Dostupno na: <https://world.physio/sites/default/files/2021-06/digital-practice-report-2021-Croatian-FINAL.pdf>
10. Howgate D., Oliver M., Stebbins J., Roberts P. G., Kendrick B., Rees J., Taylor S. *Validating the accuracy of a novel virtual reality platform for determining implant orientation in simulated primary total hip replacement*. Digit Health. 2022 Dec 8;8:20552076221141215. doi: 10.1177/20552076221141215. PMID: 36518353; PMCID: PMC9742742.
11. Izard S. G., Juanes J. A., García Peñalvo F. J., Estella J. M. G., Ledesma M. J. S., Ruisoto P. *Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine*. J Med Syst. 2018 Feb 1;42(3):50. doi: 10.1007/s10916-018-0900-2. PMID: 29392522.
12. Kyaw B. M., Saxena N., Posadzki P., Vseteckova J., Nikolao u C. K., George P. P., Divakar U., Masiello I., Kononowicz A. A., Zary N., Tudor Car L. *Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta Analysis by the Digital Health Education Collaboration*. J Med Internet Res. 2019 Jan 22;21(1):e12959. doi: 10.2196/12959. PMID: 30668519; PMCID: PMC6362387.
13. Lee H. S., Park Y. J., Park S.W. *The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Biomed Res Int. 2019 Jun 18;2019:7595639. doi: 10.1155/2019/7595639. PMID: 31317037; PMCID: PMC6604476.
14. Naqvi W. M., Qureshi M. I., Nimbalkar G., Umate L. *Gamification for Distal Radius Fracture Rehabilitation: A Randomized Controlled Pilot Study*. Cureus. 2022 Sep 19;14(9):e29333. doi: 10.7759/cureus.29333. PMID: 36277562; PMCID: PMC9580983.
15. Naqvi W. M., Qureshi M. I., *Rapid Synthesis of the Literature on the Evolution of Gamification in Distal Radial Fracture Rehabilitation*. Cureus. 2022 Sep 20;14(9):e29382. doi: 10.7759/cureus.29382. PMID: 36304351; PMCID: PMC9586187.
16. Rotenberg S., Oreper J. S., Bar Y., Davids-Brumer N., Dawson D. R. *It's better than nothing, but I do not find it to be ideal: Older adults' experience of TeleRehab during the first COVID-19 lockdown*. J Appl Gerontol. 2023 May;42(5):811-820. doi: 10.1177/07334648221144022. Epub 2022 Dec 5. PMID: 36471551; PMCID:

PMC9729721 Velez M., Lugo Agudelo L. H., Patiño Lugo D. F., Glenton C., Posada A. M., Mesa Franco L. F., Negrini S., Kiekens

17. Rutkowski S., Kiper P., Cacciante L., Cieślik B., Mazurek J., Turolla A., Szczepańska-Gieracha J. *Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis*. J Rehabil Med. 2020 Nov 19;52(11):jrm00121. doi: 10.2340/16501977-2755. PMID: 33073855.
18. Vinolo Gil M. J., Gonzalez-Medina G, Lucena-Anton D, Perez-Cabezas V, Ruiz-Molinero MDC, Martín-Valero R. *Augmented Reality in Physical Therapy: Systematic Review and Meta-analysis*. JMIR Serious Games. 2021 Dec 15;9(4):e30985. doi: 10.2196/30985. PMID: 34914611; PMCID: PMC8717132.

## 10. ŽIVOTOPIS



### Ivona Burčul

**Kućna :** Medveščak ulica 93/1, 10000, Zagreb, Hrvatska

**E-adresa:** [ivona.burcul1@gmail.com](mailto:ivona.burcul1@gmail.com) **Telefonski broj:** (+385) 0911718234

**Spol:** Žensko **Datum rođenja:** 21/08/1995 **Državljanstvo:** hrvatsko

#### RADNO ISKUSTVO

- [ 17/10/2022 – 17/10/2023 ] **Fizioterapeut - pripravnik**  
*Dom zdravlja Zagreb zapad, KBC Merkur*  
**Mjesto:** Zagreb  
**Zemlja:** Hrvatska
- [ 14/11/2021 – 06/06/2022 ] **Službenica za unos podataka**  
*Hrvatski zavod za javno zdravstvo - Centar za izdavanje covid potvrda*  
**Mjesto:** Zagreb  
**Zemlja:** Hrvatska
- [ 30/11/2018 – 30/04/2019 ] **Administrativna pomoćnica u zdravstvenoj ordinaciji**  
*Poliklinika LabPlus Zagreb*  
**Mjesto:** Zagreb  
**Zemlja:** Hrvatska
- [ 31/05/2014 – 31/08/2014 ] **Tajnica i organizatorica produkcije na projektu "Glas naroda"**  
*Maxima film d.o.o*  
**Mjesto:** Zagreb  
**Zemlja:** Hrvatska

#### OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

- [ 30/09/2018 – 31/10/2021 ] **Prvostupnik fizioterapije**  
*Međunarodno sveučilište Libertas* <https://www.libertas.hr/>  
**Adresa:** Trg Johna Kennedyja 6B, 10000, Zagreb, Hrvatska
- [ 30/09/2021 – 10/10/2023 ] **Diplomski studij fizioterapije**  
*Međunarodno sveučilište Libertas* <https://www.libertas.hr/>  
**Adresa:** Trg Johna Kennedyja 6B, 10000, Zagreb, Hrvatska

#### JEZIČNE VJEŠTINE

**Materinski jezik/jezici:** hrvatski

**Drugi jezici:**

**engleski**

SLUŠANJE C1 ČITANJE C1 PISANJE C1

GOVORNA PRODUKCIJA C1 GOVORNA INTERAKCIJA C1

**talijanski**

SLUŠANJE A1 ČITANJE A2 PISANJE A1

GOVORNA PRODUKCIJA A1 GOVORNA INTERAKCIJA A1

*Razine: A1 i A2: temeljni korisnik; B1 i B2: samostalni korisnik; C1 i C2:iskus*

