

PREGLED I SISTEMATIZACIJA ISTRAŽIVANJA UČINKOVITOSTI PRIMJENE TEHNOLOGIJE VIRTUALNE STVARNOSTI U REHABILITACIJI OSOBA S MOŽDANIM UDAROM

Kovačić, Lorena

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Applied Sciences Ivanić-Grad / Veleučilište Ivanić-Grad**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:258:398935>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-07**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University of Applied Sciences Ivanić-Grad](#)



VELEUČILIŠTE IVANIĆ- GRAD

**SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STUDIJ: PROTETIKA, ORTOTIKA I
ROBOTIKA U FIZIOTERAPIJI**

Studij za stjecanje akademskog naziva: Magistra fizioterapije

Lorena Kovačić

**PREGLED I SISTEMATIZACIJA
ISTRAŽIVANJA UČINKOVITOSTI PRIMJENE
TEHNOLOGIJE VIRTUALNE STVARNOSTI U
REHABILITACIJI OSOBA S MOŽDANIM
UDAROM**

Diplomski rad

Mentor: doc.dr.sc. Darko Katović

Sažetak

Kompleksne moderne tehnologije na različite se načine integriraju i utječu na prostor fizikalne terapije. Jedna od takvih jest upravo virtualna stvarnost čiji će se utjecaj na rehabilitaciju moždanog udara pobliže pojasniti u ovome radu. Pretražene su baze podataka PubMed, Web of Science i PEDro. Ukomponirano je 20 relevantnih istraživanja koja su zadovoljavala određene kriterije.

Korištenje VR tehnologije u rehabilitaciji moždanog udara pruža jednu od ključnih prednosti- fleksibilnost koja omogućuje prilagodbu specifičnim ciljevima rehabilitacije, dok ista omogućuje sposobnost prilagođavanja terapija svakom pacijentu individualno. VR potpomognuta terapija pruža pacijentima rehabilitaciju na moderan i motivirajući način te omogućuje terapeutima konstantan uvid u napredak pacijentova stanja na način da pohranjuje sve informacije i rezultate rehabilitacije. Provedba rehabilitacije uz dodatak VR tehnologije omogućuje kontrolirano okruženje za pacijente što u pravilu rezultira većom motiviranošću i bržim oporavkom.

Dodatno istraživanje VR tehnologije i njezine uporabe u fizikalnoj terapiji dovest će do razvoja novih pravaca primjene VR tehnologije u rehabilitaciji, kako moždanog udara, tako i drugih bolesti. Edukacija zdravstvenih djelatnika o korištenju modernog načina rehabilitacije uporabom VR sustava pridonijet će integraciji iste u svakodnevnu praksu.

KLJUČNE RIJEČI: cerebrovaskularni inzult, fizioterapija, moderna tehnologija

Abstract

Overview and systematization of research on the effectiveness of application of virtual reality technology in rehabilitation of people with stroke

Complex modern technologies are integrated in different ways, and they affect the field of physical therapy. Virtual reality is one of these modern technologies, whose impact on stroke rehabilitation will be explained in more detail in this paper. Databases such as PubMed, Web of Science, and PEDro were searched and twenty relevant studies that met certain criteria were included.

The use of VR technology in stroke rehabilitation provides one of the key advantages- flexibility that enables adaptation to specific rehabilitation goals, while the same enables the ability to adapt therapies to each patient individually. VR-assisted therapy provides patients with rehabilitation in a modern and motivating way and enables therapists to have constant insight into the progress of the patient's condition in a way that stores all information and rehabilitation results. Rehabilitation with the addition of VR technology provides a controlled environment for patients, which usually results in greater motivation and faster recovery.

Additional research into VR technology and its use in physical therapy will lead to the development of new directions for the application of VR technology in the rehabilitation of both stroke and other diseases. Education of healthcare workers on the use of modern rehabilitation methods using the VR system will contribute to its integration into everyday practice.

KEY WORDS: Stroke, physiotherapy, modern technology

SADRŽAJ

1	UVOD	5
1.1	Virtualna stvarnost (VR)	5
1.2	Virtualna stvarnost u rehabilitaciji	7
1.3	Moždani udar	9
2	CILJ.....	12
3	MATERIJALI I METODE	13
4	Metoda/postupci pretraživanja literature i odabir istraživanja	15
4.1	Prikupljanje podataka	15
4.1.1	Kriteriji za uključene studije	15
4.1.2	Kriteriji za isključene studije	16
4.2	Slika 2. Tijek rezultata pretraživanja (dijagram toka) korišten u postupku pregleda zahvaćenog opsega rada.....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Ograničenja rada	17
5	REZULTATI	18
5.1	Rehabilitacijski postupci za poboljšanje motoričke funkcije kod eksperimentalnih grupa	19
5.2	Rehabilitacijski postupci za poboljšanje motoričke funkcije kod kontrolnih grupa	25
5.3	Funkcionalni testovi korišteni prilikom mjerenja rezultata ishoda	26
6	RASPRAVA	28
7	ZAKLJUČAK	30
8	LITERATURA.....	31
9	Prilog A: Strukturirani pregled prikupljenih istraživanja.....	37

1 UVOD

Tehnološki napredak učinio je pojam virtualne stvarnosti opće prihvaćenim terminom integriranim u gotovo sve segmente ljudskog života. Virtualna stvarnost (VR) može se opisati kao skup više različitih vrsta tehnologija koje imaju za zadatak korisnikovu sliku stvarnosti što bolje zamijeniti slikom virtualnog svijeta uključivanjem digitalno kreiranih stimulusa računalom. Definiranje pojma virtualne stvarnosti često je kontekstualno vrlo različito i u pravilu povezano sa suštinom konteksta područja uz koje se povezuje. U knjizi *Silicon Mirage; The Art and Science of Virtual Reality* autori Aukstakalnis S. i Blatner D. (1992) opisuju tehnologiju virtualne stvarnosti kao „...način na koji ljudi mogu vizualizirati, manipulirati i biti u interakciji s računalom i ekstremno kompleksnim podacima“ (Aukstakalnis Steve & Blatner David, 1992), dok H. Newquist (1992) objašnjava termin virtualne stvarnosti, akceptirajući tehnološki pristup, kao tehnologiju koja kombinira računala i senzorne mehanizme za kreiranje simuliranih, interaktivnih, računalno kontroliranih okolina i osjeta (Newquist H., 1992). U knjizi „Virtualna okruženja: Interaktivna 3D grafika i njene primjene“, autor Pandžić i suradnici (2011) navode kako je „VR skup tehnologija koje korisnika „uranjaju“ u virtualno okruženje. Pritom u idealnom slučaju korisnikova čula osjećaju samo virtualne podražaje proizvedene računalom, a uz to je ostvaren izravan unos korisnikovih pokreta u računalno“ (Pandžić I.S. i ostali, 2011).

Virtualni svjetovi, odnosno okruženja s kojima je korisnik u interakciji, korištenjem različitih ulazno izlaznih uređaja, mogu biti raznolika, a parcijalne elemente VR sustava ili u potpunosti zaokružene sustave sa svim tehnološkim elementima interakcije mogu se pronaći i u područjima računalnih igara, filma, televizije, dizajna, projektiranja, medicine, rehabilitacije, sporta i marketinga (Lavalle, 2020; Pandžić I.S. i ostali, 2011).

1.1 Virtualna stvarnost (VR)

VR se može definirati kao poticanje ciljanog ponašanja u živom organizmu putem senzorne stimulacije, dok je organizam malo ili nimalo svjestan virtualnog okruženja koje se doima stvarno. Navedeni opis sadrži četiri komponente koje se mogu izdvojiti: ciljano ponašanje (vođena simulacija), živi organizam (subjekt/korisnik), senzorna stimulacija (digitalni podražaj) i svjesnost (iluzija prisutnosti u virtualnoj okolini) i koje zajedno stvaraju iluziju

zamjene stvarnog svijeta sa virtualnim što je u skladu i s nekim od kontekstualno, ponešto, različitim opisima koji se u biti svode na pojašnjavanje kako VR tehnologija pruža interaktivno okruženje koje može simulirati aktivnosti iz stvarnog života (Laver i ostali, 2017). Korisnik se u virtualnoj stvarnosti nalazi u tzv. *petlji* te je povezan s računalom putem ulaznih i izlaznih jedinica. Ulazne jedinice (senzori pokreta, senzori sila, senzori orijentacije, miš, tipkovnica, kamera i mikrofon) imaju za zadatak pratiti korisnikove pokrete i koordinate položaja segmenata tijela prosljeđivati računalu. Izlazne jedinice (monitor, VR kacige, VR naočale, stereoskopski projektor) služe kako bi računalo pomoću njih vizualiziralo virtualno okruženje i pružilo povratne informacije korisniku.

VR sustav je multi modalan ako uključuje više različitih digitalno generiranih izvora podržaja kao što su, primjerice, vizualni, slušni i taktilni (haptički), koristeći ih za pružanje povratnih informacija (Lohse i ostali, 2014; Melo i ostali, 2022). Vizualni izvor (vizualna povratna informacija) se koristi za pružanje povratnih informacija o okolini virtualnog svijeta u vidu simuliranih trodimenzionalnih reprezentacija elemenata koje opisuju okolinu u koju je korisnik uronjen. Slušni senzorni izvor omogućuje korisnicima da dožive zvukove koji se prilagođavaju njihovim pokretima i orijentaciji unutar virtualnog okruženja. Taktilna povratna informacija može korisniku biti prosljeđena putem uređaja kao što su senzoričke rukavice, senzorička odijela ili egzoskeleta¹ koji pružaju taktilne senzacije kao odgovor na interakciju s elementima virtualne okoline i koriste se za simulaciju sile pritiska i osjeta temperature i dodira (Crosbie i ostali, 2007). Simulacija olfaktornog i okusnog stimulusa može se dodatno koristiti u simulaciji stvarnog okruženja u svrhu stvaranja potpunijeg psiho-fiziološkog odgovora za cjelovito senzoričko uranjanje u virtualnu okolinu. Količina, intenzitet i usklađenost navedenih multi modalnih digitalnih podražaja rezultira (u većoj ili manjoj mjeri) efektom uranjanja² (eng. *Immersion*) u virtualnu okolinu i ostvarivanja osjećaja potpune ili djelomične prisutnosti³ (eng. *Presence*) (G. Kim & Biocca, 2018; Sherman R. Wiliam & Craig B. Alan, 2018; Slater, 2018).

¹ Vanjski skelet, ili egzoskelet - sklop čovjeka i stroja koji kombinira ljudsku interakciju sa mehaničkom snagom sklopa/stroja pričvršćenog na ljudsko tijelo kako bi podržao ili pojačao pokrete nositelja.

² Definira kao "stupanj raspona senzornih izvora angažiranih virtualnom simulacijom" (Kim i Biocca 2018).

³ Definira se kao osjećaj prisustva u virtualnom svijetu. Autori pojašnjavaju kako je iluzija „prisustva u virtualnom svijetu“ perceptivna, ali ne i kognitivna, budući da perceptivni sustav identificira događaje i objekte, a sustav mozak-tijelo automatski reagira na promjene u okolini, dok kognitivni sustav polako odgovara zaključkom da je ono što osoba doživljava iluzija (Slater 2018).

Promatrajući uranjanje kroz arhitekturu različitih VR uređaja koji se pri tome koriste, može se govoriti o *ne-uranjajućim*, *polu-uranjajućim* i *potpuno-uranjajućim* VR sustavima.

Ne-uranjajući VR sustav podrazumijeva dvodimenzionalno iskustvo za koje je potreban ekran, miš i/ili tipkovnica kako bi korisnik mogao biti u interakciji s virtualnom okolinom. Ovakva vrsta uranjanja jest najniži oblik uranjanja (Plechata i ostali, 2019). Polu-uranjajući VR koristi veće zaslone (veće razlučljivosti) i/ili stereoskopske projektore kombinirane s ulaznim uređajima koji mogu uključivati mogućnost pozicioniranja u tri dimenzije (3D miš, senzorička rukavica sa mogućnošću pozicioniranja u prostoru...) i bazičnom taktilnom povratnom informacijom (vibracija), s ciljem postizanja veće razine uranjanja. Najvišu razinu uranjanja pruža potpuno-uranjajući VR za koji je potrebno imati uređaje koji će korisniku u potpunosti omogućiti uranjanje u virtualni svijet. Najčešće korišteni uređaj za ovu razinu uranjanja podrazumijevaju korištenje najviše tehnološke razine uređaja za pozicioniranje/položaj/orijentaciju (segmenata tijela i glave), vizualne izlazne uređaje poput HMD⁴ kacige (eng. *Head Mounted Display*) i/ili pametnih naočala⁵, odnosno CAVE⁶ (Cave Automatic Virtual Environment) sustave uz podršku različitih sustava za simuliranje sile, dodira i kretanja. Očekivano, potpuno-uranjajući VR sustavi pružaju korisniku prirodnije i sveobuhvatno vođeno osjetilno iskustvo (Kyrlitsias & Michael-Grigoriou, 2022; Rizzo i ostali, 2004).

1.2 Virtualna stvarnost u rehabilitaciji

Rehabilitacijski tretman, generalno, ima za cilj vratiti prethodno izgubljene sposobnosti kretanja, naučiti kompenzatorne kretne strukture ili liječiti kognitivne i psihološke nedostatke pružajući subjektima mogućnost povratka svakodnevnim životnim navikama te vraćanje/približavanje očekivanoj kvaliteti života. Uključivanje VR tehnologije u proces rehabilitacije naglašeno je u fizioterapiji, radnoj terapiji i psihoterapiji. Primjene u fizioterapiji i radnoj terapiji obično se sastoje od metoda za oporavak funkcionalnosti ekstremiteta nakon

⁴ Projekcijska tehnologija VR sustava integrirana u kacigu koja u potpunosti odvaja korisnika od stvarnog svijeta, zamjenjujući sliku korisnikovog stvarnog svijeta računalno generiranom 3D slikom.

⁵ Projekcijska tehnologija slična HMD tehnologiji integrirana u naočale. Slici stvarne okoline dodaje elemente računalno generiranih informacija i 3D objektima.

⁶ Uređaj definiran praznom sobom u obliku kocke u kojoj se svaka od površina – zidovi, pod i strop – mogu koristiti kao projekcijski ekrani za stvaranje vrlo impresivnog virtualnog okruženja.

bolesti ili nezgode. U psihoterapiji se VR uglavnom koristi za liječenje fobija ili stresnih trauma (PTSP).

Reiner (2020), kao ključne elemente procesa rehabilitacije navodi sljedeće: ponavljanje pokreta segmenta tijela koji treba rehabilitirati, aktivno sudjelovanje pacijenta u postupku rehabilitacije i povratna informacija o učinku (Bannwart & Riener, 2020). Ponavljanje pokreta važno je i za motoričko učenje i za odgovarajuće kortikalne promjene i povezano je s postupnim uspjehom u nekom zadatku ili cilju. U neoštećenom živčanom sustavu to se postiže praksom pokušaja i pogrešaka, uz povratnu informaciju o uspješnosti izvedbe koju daju osjetila, dok će u rehabilitacijskom postupku potpomognutim VR sustavom povratna informacija biti usmjerena prema korisniku nekim od izlaznih uređaja (vizualni, zvučni, taktilni) (Bannwart & Riener, 2020).

Očekivano, VR tehnologija usmjerena prema visoko funkcionalnim i na zadatke orijentiranim virtualnim okruženjima pronašla je opravdanu primjenu u procesu rehabilitacije gdje uz aktivno sudjelovanje korisnika, povećanu motivaciju i dodatne stimulirajuće povratne informacije kao dodatak konvencionalnom postupku čini takav kombinirani pristup učinkovitijim dajući bolje rezultate oporavka kod neuroloških bolesnika (Leong i ostali, 2022).

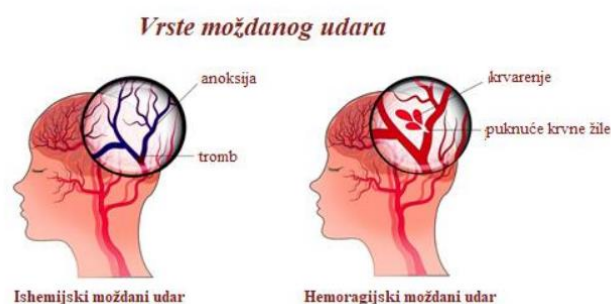
Osim aspekata poboljšanja aktivnog sudjelovanja kroz motivaciju, VR pruža prikladan alat za manipuliranje metodama terapijskog postupka te testiranje i snimanje motoričkih odgovora sudionika. Postavke VR okruženja, izbor zadataka i razina težine mogu se jednostavno i postupno prilagoditi subjektu s obzirom na motoričke sposobnosti, kognitivne sposobnosti, veličinu i kompleksitet oštećenja, interese, dob (Bannwart & Riener, 2020).

Kao dodatnu prednost za korištenje VR tehnologija u rehabilitaciji, navodi isti autor, je mogućnost automatske upute specifične za kontekst tretmana. Već i samo promatranje virtualnog okruženja može stimulirati i privući pacijenta da se intuitivno uključi u interakciju (tretman), bez daljnjih usmenih objašnjenja od strane terapeuta.

Rehabilitacijski postupci korištenja virtualne stvarnosti usmjereni prema liječenju osoba s moždanim udarom, čijim će se sustavnim pregledom radova baviti ovaj rad, usmjereni su prema, prvenstveno, motoričkom oporavku, senzorno-motornoj integraciji i transferu novo usvojenog motoričkog znanja iz virtualne okoline u realan svijet. Uspješnost takvog rehabilitativnog postupka ovisi o različitom broju faktora, poput: dobi pacijenta, lokalizacija lezije, tip moždanog udara, pacijentovo stanje prije moždanog udara (Stewart i ostali, 2018).

1.3 Moždani udar

Ljudski mozak ovisi o stalnoj opskrbi kisikom i hranjivim tvarima iz krvi kako bi mogao pravilno funkcionirati. Moždane stanice, poznate kao neuroni, osnovne su funkcionalne jedinice mozga. Moždane stanice iznimno su osjetljive na nedostatak kisika i hranjivih tvari koje se prenose krvlju. Ukoliko dođe do prekida dotoka krvi u neki dio mozga, bilo zbog ugruška ili rupture krvne žile, moždane stanice počinju odumirati (Knight-Greenfield i ostali, 2019). Medicinski opis moždanog udara navodi kako je to naglo nastali neurološki poremećaj, odnosno sindrom karakteriziran neurološkim deficitima koji traju duže od 24 sata (Feske, 2021; *World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022*, bez dat.). Moždani udar nastaje kao posljedica kardiovaskularnih bolesti koja mogu dovesti do trajnog invaliditeta osobe, hemipareze ili smrti. Brojke pokazuju da godišnje 12.2 miliona ljudi dobije moždani udar. Globalno gledano, svaka četvrta osoba nakon 25. godine vrlo vjerojatno će oboljeti od moždanog udara (*World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022*, bez dat.). Sukladno navedenim podacima, moždani udar jest vodeći uzrok invaliditeta u svijetu, dok je po uzroku smrtnosti smješten na treće mjesto. Prema literaturi, moždani udar moguće je grupirati u dvije glavne skupine: ishemijski i hemoragijski (Slika 1). Najčešće dolazi do ishemijskog moždanog udara, odnosno do začepljenja arterija krvnim ugruškom, dok je hemoragijski moždani udar uzrokovan puknućem arterije u mozgu što posljedično dovodi do intracerebralnog krvarenja. Osim puknuća arterije, hemoragijski moždani udar također može biti izazvan pojavom krvarenja u subarahnoidalnom području mozga. Ishemijski moždani udar čini 87% svih moždanih udara, hemoragijski 13%, dok se krvarenje u subarahnoidalnom području pojavljuje u svega 3% slučajeva. (Feske, 2021; Vidović, 2017).



Slika 1. Prikaz dva tipa moždanog udara⁷

⁷ Izvor: <https://www.neofect.com/us/blog/what-are-the-different-types-of-stroke>

Ukoliko mozak promatramo topološki (u kontekstu moždanog udara) dijeleći ga na lijevu i desnu hemisferu, gdje je lijeva hemisfera odgovorna za verbalne sposobnosti kao što su pričanje, čitanje i pisanje, razumijevanje govora i za analitičko mišljenje, dok je desna hemisfera odgovorna za procesiranje prostornih i vidnih informacija, prepoznavanje lica i glazbene sposobnosti, moždani udar na lijevoj hemisferi mozga rezultirat će poteškoćama prilikom verbalne komunikacije i razumijevanja govora, nemogućnosti čitanja, pisanja i učenja, narušenih sposobnosti analitičkog razmišljanja i računanja, dok će moždani udar na desnoj hemisferi mozga rezultirati poteškoćama s orijentacijom u prostoru, crtanjem, bojanjem ili drugim oblikom umjetničkog izražavanja te razumijevanja emocija (American Stroke Association, 2020).

Mozak je dio središnjeg živčanog sustava, a kako moždani udar može oštetiti različite dijelove mozga, tako i simptomi narušenih statusa pojedinih sustava mogu biti u rasponu od poteškoća pričanja, narušenog balansa, respiratornih komplikacija, narušenog statusa vizualnog sustava, narušenog motoričkog statusa, narušenog kognitivnog statusa te do oštećenja i drugih sustava kao što su respiratorni sustav, mišićno-koštani i mokraćni sustav (Prabhakaran Dorairaj & Shuchi Anand, 2017).

Funkcionalnost mišićno-koštanog sustava može biti narušena u smislu paraliza i spastičnosti mišićne mase, otežanog kretanja, narušenog balansa (Prabhakaran Dorairaj & Shuchi Anand, 2017; Whitelock, 2019). Oštećeni dio mozga može biti odgovoran za kontrolu mokraćnog mjehura što može dovesti do pretjerane aktivnosti mokraćnog mjehura (inkontinencija), smanjene aktivnosti mokraćnog mjehura, poremećaja mlaza i opstipacije (Sržentić, 2012; Whitelock, 2019). Respiratorne komplikacije koje se javljaju radi nastalog moždanog udara uključuju poremećenu mehaniku stijenke prsnog koša i funkciju dijafragme, abnormalne obrasce disanja, centralnu neurogenu hiperventilaciju, ataksično disanje, apneju (hipoventilacija), poremećaj disanja tijekom spavanja, plućnu emboliju, disfagiju, upalu pluća, neurogeni plućni edem (Rochester & Mohsenin, 2002).

Narušen motorički status gornjih ili donjih ekstremiteta dovodi do problema s hodom, ugrožavajući izvođenje svakidašnjih životnih aktivnosti kao i brige o samome sebi uz povećan rizik od padova.

Konvencionalna rehabilitacija kod moždanog udara obično se bazira na poboljšanju motoričkih funkcija kao što su snaga, opseg pokreta i koordinacija. Terapija se također usmjerava na poboljšanje balansa i rehabilitaciju hoda.

Ukoliko je došlo do narušavanja kognitivnog statusa, jedan od ciljeva konvencionalne terapije može biti usmjeren i na rehabilitaciju kognitivnih poteškoća kao što su smetnje pamćenja i pažnje, dezorijentiranost, teškoće prilikom izražavanja, usporenost i gubitak u prostoru. Ne smije se zaboraviti kako ovi pacijenti često obole od depresije i/ ili anksioznosti te im je zato izrazito potrebna potporna terapija i pomoć od psihologa (Mehrholz i ostali, 2018; Veerbeek i ostali, 2014).

2 CILJ

U svrhu razumijevanja cilja ovog rada potrebno je jasno definirati pojam „sustavnog pregleda literature“. Prigodnim za potrebe ovog rada autor izdvaja sljedeći: "Sustavni pregled literature ima za cilj usporediti sve empirijske dokaze koji odgovaraju unaprijed određenim kriterijima prihvatljivosti (uključivosti) kako bi se odgovorilo na specifično istraživačko pitanje" (Higgins JPT, 2011).

Sukladno gore navedenom, cilj rada je usmjeren prema identifikaciji, procijeni i strukturiranju empirijskih dokaza koji ukazuju na veličinu rehabilitacijskih učinaka primjene tehnologije virtualne stvarnosti kod osoba oboljelih od moždanog udara.

Rezultati učinaka rehabilitacijskih postupaka korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u rehabilitaciji (nakon moždanog udara) bit će grupirani i uspoređeni s konvencionalnom terapijom (gdje je to moguće) s ciljem razvoja preporuka pri korištenju tehnologije virtualne stvarnosti u rehabilitaciji nakon moždanog udara i širem razumijevanju učinkovitih rehabilitacijskih intervencija kod ovakvih tretmana.

3 MATERIJALI I METODE

U svrhu vrednovanja izvora informacija, njihovog strukturiranja i osiguravanja jasnih parametara pretraživanja, autori koriste različite okvire/strategije sustavnog pretraživanja baza podataka. Neke od najčešće korištenih su:

PICO - **P**opulation | **I**ntervention | **C**omparator | **O**utcome

PECO – **P**opulation | **E**nvironment | **C**omparison | **O**utcome

Vrlo slično PICO-u, ali fokusiran na učinak izloženosti nečemu (npr. zadržana atmosfera).

SPICE - **S**etting | **P**opulation | **I**ntervention | **C**omparison | **E**valuation

Varijanta PICO-a koja uključuje postavke (gdje?) i (u kojem kontekstu?).

CIMO - **C**ontext | **I**ntervention | **M**echanisms | **O**utcome

Varijanta PICO-a pogodna za studije menadžmenta i organizacije.

ECLIPSE - **E**xpectation | **C**lient group | **L**ocation | **I**mpact | **P**rofessionals | **S**ervice

Preporučeno za pretraživanje zdravstvene politike/menadžmenta.

SPIDER – **S**ample | **P**henomenon of **I**nterest | **D**esign | **E**valuation | **R**esearch Type

Razvijen za stvaranje učinkovitih strategija pretraživanja kvalitativnih i mješovitih metoda istraživanja (specifičnije od PICO/PECO).

Ovaj rad pisan je prema elementima PICO okvira/strategije (Tablica 1) pretraživanja i strukturiranja, stoga će ova metoda biti dodatno pojašnjena.

PICO okvir/strategija, strukturirani je pristup formuliranju pitanja u medicinskim istraživanjima ili sustavnom pregledu literature. Koristan je okvir za jasno definiranje ključnih elemenata pitanja kako bi se olakšalo pretraživanje i analiza relevantne literature, obuhvaćajući elemente populacije, intervencije, usporedbe i ishoda. Pomaže u izbjegavanju višeznačnih ili nedorečenih pitanja i osigurava preciznost istraživanja te relevantnost kliničke prakse.

Tablica 1. PICO strategija

P (eng. <i>Population</i>)	Populacija: pacijent, subjekt, entitet koji predstavlja ili ima problem
I (eng. <i>Intervention</i>)	Intervencija: postupak usmjeren prema ispitaniku (pacijentu)
C (eng. <i>Comparison</i>)	Usporedba: način provođenja istraživanja u svrhu rješavanja problema
O (eng. <i>Outcome</i>)	Ishod: rezultat intervencije

Element populacije odnosi se na skup osoba/pacijenata koji su predmet istraživanja, uključujući karakteristike poput: dobi, spola, dijagnoze i/ili simptoma. Definiranje ciljane populacije pomaže u sužavanju fokusa i usmjerenju istraživanja. Element intervencije opisuje tretman, terapiju ili postupak koja se primjenjuje na određenu populaciju. Intervencija može biti kirurški zahvat, lijek, terapija, promjena stila života. Element usporedbe odnosi se na usporedbu dviju ili više različitih opcija liječenja/intervencije. Usporedba može uključivati standardni tretman, placebo, drugu terapiju ili bilo koju drugu stavku koju istraživači žele usporediti s primarnom intervencijom. Element ishoda definira mjere rezultata koje se koriste za procjenu učinkovitosti ili utjecaja intervencije na populaciju. Ishodi mogu biti različiti, ovisno o istraživanju i mogu uključivati relevantne parametre kao što su smanjenje smrtnosti, ublažavanje simptoma ili poboljšanje sveukupne kvalitete života.

U zadanim okvirima PICO okvira/strategije može se koristiti i meta-analiza. Meta-analiza je statistička metoda koja kombinira rezultate više nezavisnih studija koje se bave istim istraživačkim pitanjem (koje je autor postavio kao istraživačku hipotezu), pružajući preciznu procjenu učinka intervencije kombinirajući rezultate velikog broja različitih studija. Korištenjem ove metode moguće je detektirati razlike među studijama koje mogu utjecati na rezultate, pružiti uvid u faktore koji mogu objasniti variranje rezultata i procijeniti, odnosno, usporediti učinke intervencije.

4 Metoda/postupci pretraživanja literature i odabir istraživanja

Tijekom postupka pretraživanja, prilikom odabira ključnih riječi, korišteni su kontrolirani rječnici poput MeSH rječnika (eng. *Medical Subject Headings*) koji omogućuju korištenje standardiziranih pojmova za precizniju pretragu. Pretraživanja odabranih baza podataka podrazumijevala su korištenje standardnih uvjeta za pretraživanje i korištenje skupa operatora "AND", "OR" i "NOT" (Booleova logika) kako bi se pretraga prilagodila specifičnoj strukturi pojedine baze uz dobivanje rafiniranijih rezultata pretraživanja.

U svrhu lociranja dostupnih istraživanja korišteni su sljedeći izvori/baze podataka: PubMed, Web of Science i PEDro (eng. *Physiotherapy Evidence Database*) u periodu od 2015. do 2023. godine pri čemu su korištene sljedeće ključne riječi i pripadajući logički operatori:

"virtual reality" AND "stroke"

"virtual reality" AND "stroke" OR "cerebrovascular insult"

"virtual reality" OR "vr" AND "stroke" OR "cerebrovascular insult"

"virtual reality" AND "stroke" NOT "cognitive"

4.1 Prikupljanje podataka

Prikupljeni radovi pregledani su u cijelosti, nakon čega su zadržani samo one koje udovoljavaju prethodno definiranim kriterijima za uključivanje, odnosno isključivanje rada u studiju.

4.1.1 Kriteriji za uključivanje radova u studiju

Uključene su studije koje su zadovoljavale sljedeće uvjete:

- Osobe oboljele od ishemijskog ili hemoragijskog moždanog udara
- Eksperimentalna istraživanja, RCT (eng. *Randomized Control Trials*), istraživanja s jednim subjektom, istraživanja sa pred i post-test eksperimentalnim dizajnom na engleskom i hrvatskom jeziku koja su koristila uranjajuće ili ne uranjajuće elemente

tehnologije virtualne stvarnosti u rehabilitaciji osoba oboljelih od ishemijskog ili hemoragijskog moždanog udara

- VR tehnologija uključujući monitor, senzore, konzole, HMD kacige, CAVE projekcijske sustave
- Studije bazirane na motoričkom oporavku pacijenata

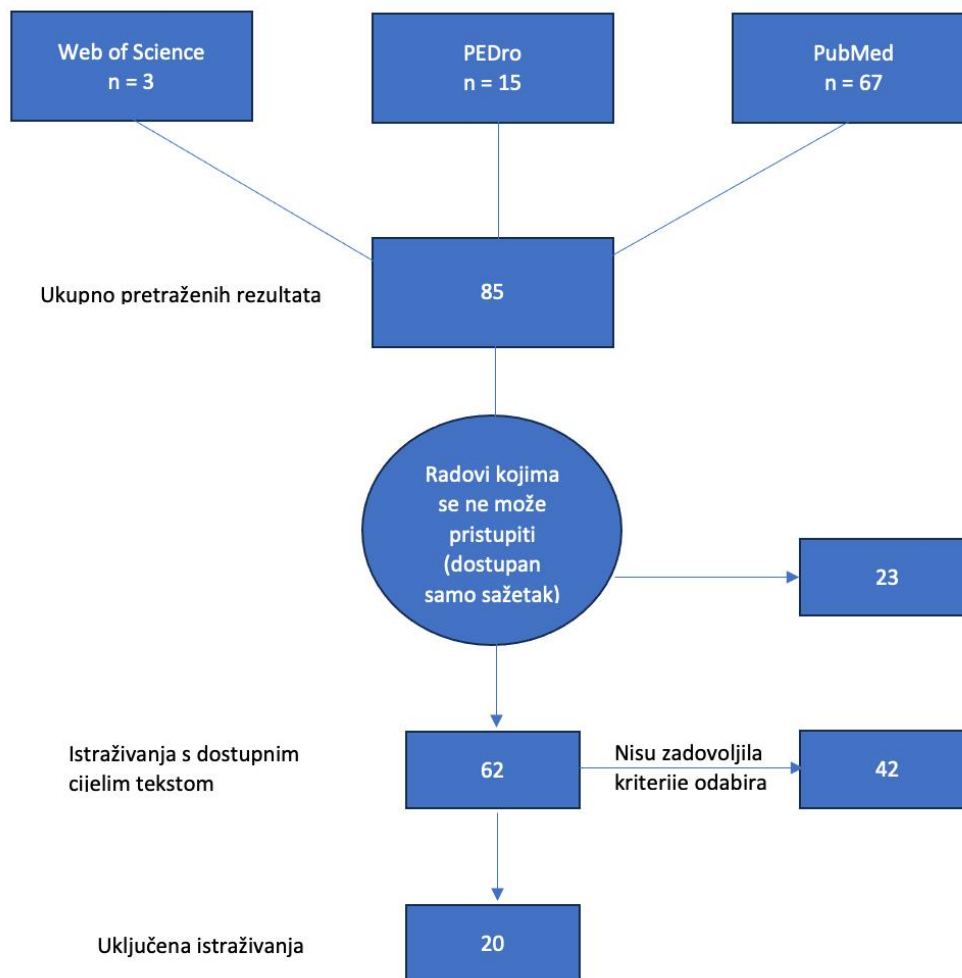
4.1.2 Kriteriji za isključivanje radova iz studije

- Studije koje uključuju samo zdravu populaciju
- Studije bazirane na kognitivnom oporavku
- Studije koje su uključivale ispitanike s kognitivnim bolestima kao što su Alzheimerova bolest i demencije
- Studije koje su uključivale bolesti koje nisu moždani udar (Parkinson, multipla skleroza, cervikalne ozljede, cerebralna paraliza)
- Studije kod kojih nije moguće doći besplatno do cijelog istraživanja, već prikazuju samo sažetak

Ukupno je prikupljeno 85 radova, a prema postavljenim kriterijima zadržano je njih 20. Tijek rezultata pretraživanja i rezultatski ishodi primjene kriterija za zadržavanje, odnosno isključivanje radova, korišten u postupku pregleda zahvaćenog opsega radova vidljiv je na dijagramu toka (Slika 2).

Kao konačan rezultat kreirana je strukturirana tablica (Prilog A) koja sadrži podatke o autoru (autorima), godinu izdavanja članka, informaciju o bazi podataka gdje je pronađena, karakteristike ispitanika (dob, vrijeme od nastanka moždanog udara), broj ispitanika (ukoliko se radi o eksperimentalnoj studiji), broj eksperimentalnih i kontrolnih grupa, korišteni VR sustavi, zadatak eksperimentalne grupe, zadatak kontrolne grupe, cilj istraživanja, procjenu, ishod.

4.2 Dijagram toka



Slika 2. Tijek rezultata pretraživanja (dijagram toka) korišten u postupku pregleda zahvaćenog opsega radova

4.3 Ograničenja rada

Upravo, ograničeni broj baza podataka kojima je pristupljeno u svrhu prikupljanja rezultata studija za analizu, zadana formalna struktura diplomskog rada i samo djelomično oslanjanje na PICO strategiju pretraživanja, strukturiranja i analizu dohvaćenih radova čini dio ograničenja ovog rada koje treba uzeti u obzir prilikom interpretacije zaključaka.

5 REZULTATI

Ukupan broj ispitanika koji je participirao kroz učešće u kontrolnim i eksperimentalnim grupama iznosio je 669. Trinaest istraživanja fokusiralo se na rehabilitaciju gornjih ekstremiteta (Aşkın i ostali, 2018; Chen i ostali, 2022; El-Kafy i ostali, 2021; Gueye i ostali, 2021; Ho i ostali, 2019; Huang i ostali, 2022; Lee i ostali, 2018; Norouzi-Gheidari i ostali, 2020; Ögün i ostali, 2019; Park i ostali, 2019; Rodríguez-Hernández i ostali, 2021; Rogers i ostali, 2019; Shin i ostali, 2016), dok je njih sedam uključilo rehabilitaciju donjih ekstremiteta (Bergmann i ostali, 2017; In i ostali, 2016; Karasu i ostali, 2018; Kržišnik i ostali, 2021; Miclaus i ostali, 2021; Shobhana & Rakholiya, 2020; Yom i ostali, 2015). Nadalje, jedno istraživanje uključilo je ispitanike s moždanim udarom unutar 12 mjeseci (Karasu i ostali, 2018), osam istraživanja uključilo je ispitanike s moždanim udarom unutar 6 mjeseci (Aşkın i ostali, 2018; Bergmann i ostali, 2017; El-Kafy i ostali, 2021; In i ostali, 2016; Lee i ostali, 2018; Rodríguez-Hernández i ostali, 2021; Shobhana & Rakholiya, 2020; Yom i ostali, 2015), dva istraživanja uključilo je ispitanike s moždanim udarom unutar 3 mjeseca (Chen i ostali, 2022; Huang i ostali, 2022), jedno istraživanje obuhvatilo je ispitanike s moždanim udarom između 6 i 24 mjeseca (Ögün i ostali, 2019), jedno istraživanje obuhvatilo je ispitanike s moždanim udarom unutar 4 godine (Miclaus i ostali, 2021) te njih sedam nije specificiralo (Choi i ostali, 2016; Gueye i ostali, 2021; Kržišnik i ostali, 2021; Norouzi-Gheidari i ostali, 2020; Park i ostali, 2019; Rogers i ostali, 2019; Shin i ostali, 2016). Od 20 uključenih istraživanja samo dva su koristila potpuno-uranjajuće sustave virtualne stvarnosti (Huang i ostali, 2022; Ögün i ostali, 2019). Preostalih 18 istraživanja koristilo je djelomično - uranjajuće VR sustave što znači da nisu koristili uređaje poput VR kaciga već su koristili veće zaslone i stereoskopske projektore kombinirane s ulaznim uređajima koji mogu uključivati mogućnost pozicioniranja u tri dimenzije.

5.1 Rehabilitacijski postupci za poboljšanje motoričke funkcije kod eksperimentalnih grupa

Uvidom u prikupljene radove uočena je heterogenost eksperimentalnih grupa s obzirom na vrstu eksperimentalnog zadatka (zadatak tipa igre ili ciljano kreirani zadatak vođenja nekog objekta), vrstu VR sustava (potpuno uranjajući, djelomično uranjajući i ne uranjajući) i rehabilitacijskom pristupu u smislu asistencije i trajanja eksperimentalnog zadatka. Broj ispitanika eksperimentalnih grupa analiziranih istraživanja varirao je između 9 i 33 (Tablica 2) što uz prikladnu statističku metodologiju i strogo pridržavanje protokola mjerenja, može biti solidan temelj za donošenje valjanih statističkih zaključaka.

Dva istraživanja koristila su elemente potpuno-uranjajućeg sustava VR. Istraživanje autora Huang i suradnika (2022) koristilo je *HTC VIVE* kacigu koja je korisnicima omogućila potpuno uranjanje u virtualnu okolinu tijekom rehabilitacije. Zadatak eksperimentalne grupe ovog istraživanja sastojao se od igara kao što su pucanje, udaranje i bacanje objekata te od provedbe funkcionalnih aktivnosti kao što su, primjerice, kupovanje namirnica ili točenje vode u čašu. Demonstrirano je kako VR rehabilitacija pokazuje bolje rezultate u testu *Fugl-Meyer Upper Extremity Scale* (FMA-UE) ($p=0.008$) od kontrolne grupe koja je provodila samo konvencionalnu terapiju (Huang i ostali, 2022). U istraživanju Ogun i suradnika (2019) koristio se HMD i *Leap Motion*⁸ uređaj. Protokol eksperimentalne grupe sastojao se od četiri igre. Svaka igra bila je usmjerena prema jednoj od funkcija gornjih ekstremiteta: stisak šake, pokret šake (supinacija, pronacija) i podlaktice (fleksija, abdukcija) u smjeru manipuliranja predmetima te u smjeru kompletne geste, primjerice, rukovanje. Primarni test mjerenja bio je FMA-UE, a sekundarni *Action Research Arm Test* (ARAT) te su oba pokazala značajnije poboljšanje funkcije gornjih ekstremiteta u sudionika eksperimentalne grupe ($p<0.001$), dok je *Functional Independence Measure* (FIM) test također pokazao bolje rezultate kod eksperimentalne grupe ($p<0.001$). Autori navode kako je eksperimentalna grupa pokazala veći napredak u domeni samostalne njege (Ögün i ostali, 2019).

U dvanaest istraživanja zadatak eksperimentalne grupe sastojao se od rješavanja zadataka u virtualnom okruženju (polu-uranjajući VR) te od dodatnog provođenja konvencionalne ili radne terapije (Aşkın i ostali, 2018; Choi i ostali, 2016; El-Kafy i ostali, 2021; Gueye i ostali,

⁸ Leap Motion je uređaj koji se može montirati na uređaje kako bi pratio pokrete ruku i prstiju pomoću infracrvenih senzora.

2021; Huang i ostali, 2022; In i ostali, 2016; Karasu i ostali, 2018; Lee i ostali, 2018; Miclaus i ostali, 2021; Rodríguez-Hernández i ostali, 2021; Rogers i ostali, 2019; Shobhana & Rakholiya, 2020). U istraživanju autora Askin i sur. (2018) za zadatak u eksperimentalnoj grupi ispitanici su igrali dvije igre u virtualnom okruženju. Cilj prve igre bio je zahvaćenim ekstremitetom obrisati mrlju na ekranu, dok je druga igra od ispitanika zahtjevala da naprave jelo; biranje i rezanje sastojaka te kuhanje istih. Od ispitanika se tražilo da budu što brži čime se utjecalo na aktivnost u ramenu, laktu i ručnom zglobu. Autori su naglasili kako je u njihovom istraživanju eksperimentalna grupa pokazala znatno bolje rezultate u domeni aktivnog opsega pokreta u ramenu, laktu i šaci (mjereno goniometrom) od kontrolne grupe ($p < 0.05$) (Aşkin i ostali, 2018). U idućem istraživanju autora Huang i sur. (2022) ispitanici su u virtualnom okruženju igrali sljedeće igre: ciljanje i pucanje u metu, udaranje mete, bacanje objekata, neke igre su zahtjevale bilateralnu koordinaciju oba gornja ekstremiteta te su se provodili funkcionalni zadaci kao što su točenje vode u čašu. Demonstrirano je kako VR potpomognuta rehabilitacija pokazuje bolje rezultate u testu FMA-UE ($p = 0.008$) od kontrolne grupe koja je provodila samo konvencionalnu terapiju (Huang i ostali, 2022). Ispitanici eksperimentalne grupe autora Rogers i sur. (2019) rješavali su zadatke u virtualnoj okolini koji su se sastojali od 4 elementa: krug, peterokut, trokut i pravokutnik. Cilj je bio dotaknuti određeni element u točno vrijeme, premjestiti element negdje na ekran na određeno mjesto ili pronaći i dotaknuti jedan element skriven među ostalima. Autori navode kako su rezultati u obje grupe bili zadovoljavajući, ali eksperimentalna grupa, odnosno grupa koja je provodila VR terapiju pokazala je znatno bolje rezultate u motorici ($d = 1.05 - 2.51$) u odnosu na kontrolnu grupu ($d = 0.11 - 0.86$). Rezultati ukazuju da su učinci eksperimentalne grupe veći te pokazuju statistički veća poboljšanja u motoričkoj funkciji teže zahvaćene ruke od učinka kontrolne grupe ($p = 0.008$) (Rogers i ostali, 2019). Ispitanici eksperimentalne grupe u istraživanju autora Lee i sur. (2018) u virtualnoj okolini su veslali u kanou. Veslanje se sastojalo od 3 dijela: ispitanici su prvo slobodno vježbali veslanje 5 minuta kako bi se zagrijali, zatim su veslali što brže u određenom vremenu od 15 minuta kako bi ostvarili osobni rekord te su se na kraju natjecali s terapeutom u veslanju. Autori navode kako su obje grupe napredovale, u ovom slučaju u stabilnosti trupa, ali eksperimentalna grupa pokazala je veći napredak ($p < 0.05$) (Lee i ostali, 2018). Autor El-Kafy i sur. (2021) proveli su istraživanje u kojem su ispitanici eksperimentalne grupe koristili robotski uređaj Armeo Spring⁹. Ispitanici su provodili PNF vježbe, vježbe snaženja i istezanja muskulature te funkcionalne zadatke svakidašnjeg

⁹ Robotski uređaj za rehabilitaciju gornjih ekstremiteta.

života što više koristeći zahvaćenu ruku. Nakon toga su u virtualnom okruženju (igre su prikazane na monitoru) na uređaju Armeo Spring provodili program treniga za gornje ekstremitete-dosezanje rukom do mete, jačanje stiska šake, manipulacija šake kroz igranje igri. Autori su kao testove procjene koristili ARAT i *Wolf Motor Function Test* (WMFT) koji su pokazali znatno bolje rezultate kod eksperimentalne grupe ($p < 0.01$) te su zabilježili kako jačina stiska šake mjerena dinamometrom nije pokazala statistički bitne razlike u rezultatima obje grupe. (El-Kafy i ostali, 2021). Istraživanje autora Rodriguez-Hernandez i sur. (2021) u eksperimentalnoj grupi provodilo je sljedeće zadatke: u virtualnoj okolini ispitanici su provodili izolirane pokrete fleksije, ekstenzije lakta i abdukcije i adukcije ramena. Igre u virtualnoj okolini bile su usmjerene na povećanje opsega pokreta gornjih ekstremiteta i na motoričku kontrolu. Ispitanici su tijekom rješavanja virtualnih zadataka sjedili na nestabilnim podlogama (lopta) ili stajali (trampolin). Istraživanje je pokazalo smanjenje mišićnog tonusa obje grupe, iako je eksperimentalna grupa demonstrirala bolje rezultate ($p = 0.001$). Poteškoće izvođenja funkcionalnih aktivnosti koje zahtijevaju rad gornjih ekstremiteta također su se smanjile kod eksperimentalne grupe te je ista pokazala sveukupno bolji oporavak nakon moždanog udara ($p = 0.000$) (Rodríguez-Hernández i ostali, 2021). U istraživanju autora Gueye i sur. (2021) ispitanici u eksperimentalnoj grupi igrali su igre te izvršavali zadatke u virtualnoj okolini na uređaju Armeo Spring. Autori su zabilježili da se funkcija zahvaćene ruke poboljšala u obje grupe, no eksperimentalna grupa pokazala je bolje rezultate na testu FMA-UE ($p = 0.02$) (Gueye i ostali, 2021). Autori In i sur. (2016) u svojem istraživanju navode sljedeće: eksperimentalna grupa provodila je VRRT (eng. *Virtual reality reflection therapy*) metodu. VRRT je modernizirana verzija terapije zrcalom. Ispitanici sjede na klupici bez naslona s oba stopala na podu. Ispitanicima zdjelica mora biti u anteriornom nagibu te kuk, koljeno i nožni zglobovi moraju biti u fleksiji kako bi se izbjeglo prebacivanje težine tijela na zahvaćeni donji ekstremitet. Ispitanici stave zahvaćeni ud u VRRT kutiju te na monitoru ispred sebe prate vlastite pokrete donjih udova. Ispitanici su provodili sljedeće pokrete: dorzifleksija, adukcija, abdukcija, plantarna fleksija. Autori su koristili sljedeće testove: *Berg Balance Scale* (BBS), *Functional Reach Test* (FRT), *Timed Up and Go* (TUG), *10 Meter Walk Test* (10MWT) koji su pokazali znatno bolje rezultate u domenama balansa i motoričke funkcije donjih ekstremiteta kod eksperimentalne grupe ($p < 0.05$). (In i ostali, 2016). Autori Miclaus i sur. (2021) proveli su istraživanje u kojemu je eksperimentalna grupa koristila elemente ne-uranjajuće virtualne stvarnosti uz terapiju zrcalom, dok je kontrolna grupa provodila konvencionalnu terapiju za donje ekstremitete. Eksperimentalna grupa provodila je vježbe uzimanja predmeta s poda nogom i stavljanja istog predmeta na policu bez odizanja stopala od

poda, sve radeći u virtualnoj okolini, odnosno na ekranu. Autori navode kako terapija zrcalom uz dodatak VR terapije pokazuje bolje rezultate od provedbe same konvencionalne fizioterapije u domenama povećanja opsega pokreta ($p < 0.05$), mišićne jakosti ($p < 0.05$), funkcionalnosti donjih ekstremiteta ($p < 0.05$) te posturalnom balansu ($p < 0.05$) (Miclaus i ostali, 2021). Autori istraživanja Karasu i sur. (2018) u svojem radu navode kako su ispitanici eksperimentalne grupe igrali igre u virtualnoj okolini za balans- glavomet, skijanje, balansiranje na nestabilnoj podlozi, slalom. Statistički značajna razlika ($p < 0.001$) uočena je kod testova kao što su BBS i FRT. Dokazivanje značajne interakcije među grupama kod tih parametara sugerira da, iako su obje grupe pokazale značajno poboljšanje balansa, eksperimentalna grupa pokazala je bolje rezultate od kontrolne grupe (Karasu i ostali, 2018). Autori istraživanja Shobhana i sur. (2020) navode kako su ispitanici eksperimentalne grupe provodili sljedeće igre u virtualnoj okolini: kuglanje, boks, atletika, stolni tenis, odbojka i nogomet. BBS, *6 Minute Walking Test* (6MWT) i parametri hoda mjereni su nakon intervencije u trajanju od 6 tjedana, a rezultati ukazuju na značajan napredak u funkciji donjih ekstremiteta, balansu i obrascu hoda kod eksperimentalne grupe u odnosu na kontrolnu grupu ($p < 0.05$) (Shobhana & Rakholiya, 2020). Choi i sur. (2016) u svojem istraživanju navode kako su ispitanici eksperimentalne grupe u virtualnoj okolini igrali igre pucanja u metu te sakupljanja mrkvi. Testovi *Brunnstorm Stage* (B-Stage), *Muscle Strength Testing* (MMT) i FMA-UE i pokazali su bolje rezultate eksperimentalne grupe u smislu boljeg mišićnog oporavka i funkcionalnosti gornjih ekstremiteta, dok je motorika i jakost stiska šake također bolja kod eksperimentalne grupe (Choi i ostali, 2016).

U tri istraživanja korišteni su; robotski uređaj Lokomat¹⁰ u kombinaciji sa egzoskeletom donjih ekstremiteta i pokretnom trakom (Bergmann i ostali, 2017, Chen i ostali, 2022, Kržišnik i ostali, 2021). Radovi spomenutih autora za cilj imaju oporavak mišićne jakosti donjih ekstremiteta. Zadaci koje su ispitanici morali savladavati (na uređaju Lokomat) bili su hodanje, funkcionalni zadaci (branje jabuka) i varijacije hoda na pokretnoj traci. Autori rada Bergmann i sur. (2017) zabilježili su kako su ispitanici eksperimentalne grupe proveli više vremena hodajući pomoću robotskog uređaja od ispitanika kontrolne grupe ($p < 0.03$). Test *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI) test pokazao je konstantnu motivaciju kod ispitanika obje grupe, dok je osjećaj pritiska i tenzije popustio kod eksperimentalne grupe ($p < 0.01$) (Bergmann i ostali, 2017). Zabilježeno je od strane autora Chen i sur. (2022) da je eksperimentalna grupa imala znatno bolje rezultate na testovima ARAT i FMA-UE u odnosu na kontrolnu grupu ($p = 0.019$, $p = 0.037$) (Chen i ostali, 2022). U istraživanje autora Kržišnik i sur. (2021) navodi

¹⁰ Robotski uređaj za intenzivnu rehabilitaciju hoda kod djece i odraslih.

se kako su i eksperimentalna i kontrolna grupa pokazale znatan napredak nakon završenih 20 terapija uz naglasak kako je eksperimentalna grupa pokazala veći napredak prostorno-vremenskih parametara hoda ($p < 0.05$) i općeg zadovoljstva VR terapije na pokretnoj traci (Kržišnik i ostali, 2021). Sva tri istraživanja koristila su polu-uranjajući VR.

Istraživanje autora Norouzi-Gheidari i sur. (2020) koristilo je *Jintronix*¹¹ sustav, računalo, monitor i *Kinect*¹² kameru te je zadatak eksperimentalne grupe bio kroz igre (polu-uranjajući VR) aktivirati gornje ekstremitete. U igrama se od ispitanika tražilo da rade sljedeće: rukom pratiti horizontalni pravac prikazan na ekranu, gađanje mete, hvatanje predmeta te ispuštanje istog. Od funkcionalnih testova koristili su *Motor Activity Log* (MAL) koji je ukazao na veći napredak ispitanika u eksperimentalnoj grupi nakon provođenja VR potpomognute terapije ($p = 0.009$) (Norouzi-Gheidari i ostali, 2020).

Autori Park i sur. (2019) koristili su u svojem istraživanju *Rapael Smart Board*¹³ sustav za rehabilitaciju gornjih ekstremiteta i motorički oporavak (polu-uranjajući VR). Putem ovog sustava ispitanici u eksperimentalnoj grupi provodili su zadatke kao što su pomicanje ruke od točke a do točke b i precrtavanje kružnica. U istraživanju autora Park i sur. (2019) navedeno je kako su funkcionalni testovi FMA i WMFT pokazali dobre rezultate u obje grupe, no VR grupa koja je koristila sustav *Rapael Smart Board* pokazala se boljom u domenama abdukcije i unutarnje rotacije ramena ($p < 0.05$) (Park i ostali, 2019).

Autori istraživanja Shin i sur. (2016) navode kako su ispitanici eksperimentalne grupe provodili funkcionalne zadatke u virtualnom okruženju (polu-uranjajući VR), a neki od tih zadataka bili su hvatanje predmeta, pecanje, kuhanje, ličenje ograde i čišćenje poda. Kao primarni test procjene koristili su FMA test koji je pokazao napredak u funkciji gornjih ekstremiteta kod eksperimentalne grupe ($p = 0.006$), dok je *Stroke Impact Scale* (SIS) test za samoprocjenu mentalnog stanja također pokazao veći napredak eksperimentalne grupe ($p = 0.005$). (Shin i ostali, 2016).

Autori rada Yom i sur. (2015) u svojoj studiji su koristili uranjanje ispitanika u virtualnu okolinu korištenjem projekcijskog zaslona (polu-uranjajući VR). Sudionici eksperimentalne grupe provodili su vježbe na podu, balansnoj dasci i lopti te unilateralne vježbe za svaku nogu

¹¹ Rehabilitacijska platforma koja kombinira tehnologiju snimanja pokreta s VR igrama i rehabilitacijskim pokretima.

¹² Linija ulaznih uređaja sa sensorima pokreta koju je proizveo Microsoft.

¹³ Medicinska naprava za pacijente koji imaju limitacije u funkcionalnim pokretima uslijed ozljeda ramena i/ili lakta.

posebno. Kao metoda mjerenja ishoda koristio se TUG test. Test je pokazao značajno bolje rezultate kod eksperimentalne grupe ($p < 0.05$). Parametri hoda: brzina, kadenca, duljina koraka, faze oslonca i njihanja također su rezultirali boljim ishodom nakon intervencije u eksperimentalnoj grupi ($p < 0.05$) (Yom i ostali, 2015).

Tablica 2. Prikaz broja ispitanika eksperimentalnih grupa i pripadajuće reference

Referenca	(n) ¹⁴
Huang i ostali (2022)	15
Ogun i ostali (2019)	33
Askin i ostali (2018)	18
Rogers i ostali (2019)	10
Lee i ostali (2018)	15
El-Kafy i ostali (2021)	20
Rodriguez-Hernandez i ostali (2021)	23
Gueye i ostali (2021)	25
In i ostali (2016)	13
Miclaus i ostali (2021)	31
Karasu i ostali (2018)	12
Shobhana & Rakholiya (2020)	15
Choi i ostali (2016)	12
Bergmann i ostali (2017)	10
Chen i ostali (2022)	18
Kržišnik i ostali (2021)	11
Norouzi-Gheidari i ostali (2020)	9
Park i ostali (2019)	13
Shin i ostali (2016)	24
Yom i ostali (2015)	10

¹⁴ Broj ispitanika eksperimentalne grupe

5.2 Rehabilitacijski postupci za poboljšanje motoričke funkcije kod kontrolnih grupa

Analiza učinaka provedenih terapijskih tretmana moguća je samo uz ispravno postavljene eksperimentalne nacрте. Prikupljena istraživanja najčešće su u eksperimentalnom nacrtu koristila jednu kontrolnu grupu. Broj ispitanika kontrolnih grupa (Tablica 3) varirao je između 8 i 28.

Tablica 3. Prikaz broja ispitanika kontrolnih grupa i pripadajuće reference

Referenca	(n) ¹⁵
Askin i ostali (2018)	20
Huang i ostali (2022)	15
Norouzi- Gheidari i ostali (2020)	9
Rogers i ostali (2019)	11
Lee i ostali (2018)	15
Chen i ostali (2022)	18
Park i ostali (2019)	13
Rodriguez- Hernandez i ostali (2021)	23
Shin i ostali (2016)	22
Gueye i ostali (2021)	25
In i ostali (2016)	12
Miclaus i ostali (2021)	28
Yom i ostali (2015)	10
Karasu i ostali (2018)	11
Choi i ostali (2016)	12
Ogun i ostali (2019)	32
Begmann i ostali (2017)	10
Kržišnik i ostali (2021)	11
El-Kafy i ostali (2021)	20
Shobhana & Rakholiya (2020)	15

¹⁵ Broj ispitanika kontrolne grupe

U istraživanjima koje su proveli Karasu i sur. (2018) i Choi i sur. (2016), protokol kontrolne grupe bazirao se na provedbi radne terapije (Choi i ostali, 2016; Karasu i ostali, 2018). Ispitanici su provodili vježbe opsega pokreta, vježbe za jačanje miškulature gornjih ekstremiteta i funkcionalne zadatke (Choi i ostali, 2016).

Kontrolna grupa u istraživanju Oguna i sur. (2019) provodila je konvencionalnu terapiju i pasivni virtualni program. Pasivni virtualni program podrazumjeva korištenje VR sustava samo za projiciranje vizualnih scena bez interakcije sa objektima u virtualnoj okolini (Ögün i ostali, 2019).

U istraživanjima autora Bergmann i sur. (2017) i Kržišnik i sur. (2021) kontrolna grupa provodila je iste zadatke kao i eksperimentalna samo bez uporabe virtualne stvarnosti (Bergmann i ostali, 2017; Kržišnik i ostali, 2021), dok se u istraživanju autora El-Kafy i sur. (2021) protokol kontrolne grupe sastojao od tri dijela. Prvi dio odnosio se na jačanje i istežanje miškulature, drugi dio obuhvatio je uporabu PNF (Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija) metode, dok je treći dio podrazumijevao funkcionalne vježbe usmjerene k manipuliranju predmeta. (El-Kafy i ostali, 2021).

Tretmani kontrolne grupe u ostalim istraživanjima bazirali su se na provedbu konvencionalne fizikalne terapije koja je uključivala istežanje i jačanje miškulature uporabom bučica, traka i čunjeva (Aşkın i ostali, 2018; Chen i ostali, 2022; Gueye i ostali, 2021; Huang i ostali, 2022; In i ostali, 2016; Lee i ostali, 2018; Mićlaus i ostali, 2021; Norouzi-Gheidari i ostali, 2020; Park i ostali, 2019; Rodríguez-Hernández i ostali, 2021; Rogers i ostali, 2019; Shin i ostali, 2016; Shobhana & Rakholiya, 2020; Yom i ostali, 2015).

5.3 Funkcionalni testovi korišteni prilikom mjerenja rezultata ishoda

Funkcionalni testovi mjerenja u fizioterapiji koriste se kako bi se odredilo početno stanje pacijenta te kako bi se kasnije evaluirao napredak istog. Spomenuti testovi obično su usmjereni na određene zadatke te se koriste prilikom procjene jakosti miškulature, motoričke funkcije gornjih i donjih ekstremiteta, procjene balansa, hoda, stabilnosti trupa, sposobnosti izvršavanja svakidašnjih životnih aktivnosti. U Tablici 4 strukturirano su prikazani funkcionalni testovi s obzirom na reference radova u kojima se pojavljuju.

Tablica 4. Prikaz funkcionalnih testova korištenih u odabranim istraživanjima

Ime testa	Skraćeni naziv	Funkcija	Referenca rada u kojem se pojavljuje
Action Research Arm Test	ARAT	Funkcija GE ¹⁶	Ogun MN (2019), Chen L (2022), El-Kafy (2021)
Functional Independence Measure	FIM	Funkcija GE	Ogun MN (2019), Miclaus RS (2021), Kržišnik M (2021), Gueye T (2021)
Fugl-Meyer Upper Extremity Scale	FMA-UE	Funkcija GE	Askin A (2018), Huang CY (2022), Norouzi Gheidari N (2019), Ogun MN (2019), Chen L (2022), Park M (2019), Rodriguez- Hernandez M (2021), Shin JH (2016), Gueye T (2021), Choi YH (2016)
Wolf Motor Function Test	WMFT	Funkcija GE	Park M (2019), El-Kafy (2021)
Motor Activity Log	MAL	Funkcija GE	Norouzi Gheidari N (2019)
Bocks and Blox Test	BBT	Unilateralna manualna spretnost GE	Askin A (2018), Norouzi Gheidari N (2019), Rogers JM (2019)
Brunnstrom-Stage	BRUNNSTROM-S	Procjena motoričke funkcije GE	Choi YH (2016)
Motricity Index	MI	Procjena motoričke funkcije GE	Askin A (2018)
6 minute walk test	6MWT	Funkcija DE ¹⁷ - kinematički parametri hoda	Shobhana N (2020)
10 meter walk test	10MWT	Funkcija DE- kinematički parametri hoda	Shobhana N (2020), Taesung In (2016)
Timed-Up and Go	TUG	Funkcija DE	Taesung In (2016), Karasu AU (2018), Kržišnik M (2021), Yom C (2015)
Fugl-Meyer Lower Extremity	FMA-LE	Funkcija DE	Miclaus RS (2021)
Berg Balance Scale	BBS	Procjena balansa	Taesung In (2016), Karasu AU (2018), Shobhana N (2020)
Static Balance Index	SBI	Procjena statičkog balansa	Karasu AU (2018)
Modified reach-test	MFRT	Procjena stabilnosti trupa	Lee MM (2018)
Barthel Index	BI	Procjena sposobnosti provođenja svakidašnjih životnih aktivnosti	Karasu AU (2018)
Intrinsic Motivation Inventory	IMI	Procjena motivacije, zainteresiranosti, korisnosti	Bergmann J (2018)
Stroke Impact Scale	SIS	Samoprocjena mentalnog stanja	Norouzi Gheidari N (2019), Rodriguez- Hernandez M (2021), Shin JH (2016)
NIH Stroke Scale	NIHSS	Procjena neurološkog deficita	Chen L (2022)

¹⁶ Oznaka za gornje ekstremitete.

¹⁷ Oznaka za donje ekstremitete.

6 RASPRAVA

Intervencija virtualnom stvarnošću pokazuje veliki potencijal u rehabilitaciji motorike kod osoba oboljelih od ishemijskog ili hemoragijskog moždanog udara, također, ona pruža sekundarne pozitivne učinke i dodatne prednosti u usporedbi sa standardnom terapijom, kako kod gornjih tako i kod donjih ekstremiteta. Virtualna stvarnost predstavlja vrijedan dodatak rehabilitaciji osoba s moždanim udarom kao i sigurnu i dobro podnošljivu terapiju koja povećava motiviranost i suradnju pacijenata (de Rooij i ostali, 2021; N. Kim i ostali, 2015). Spomenuto je (ranije u tekstu) kako su deficiti gornjih ekstremiteta česta posljedica moždanog udara, a više od 80% osoba koje su preživjele moždani udar suočit će se s nekim oblikom disfunkcije gornjih ekstremiteta. Distonije¹⁸, kontraktura mišića, manjak mišićne jakosti i manualne spretnosti, ograničen aktivan opseg pokreta, nedostatak preciznosti i bimanualne koordinacije najčešći su problemi s kojima se ovi ljudi susreću (Faria-Fortini i ostali, 2011).

Uključena istraživanja koja su se bazirala na rehabilitaciji gornjih ekstremiteta zabilježila su značajan napredak kod testa FMA-UE, odnosno u domenama motoričke funkcije, balansa, opsega pokreta (Aşkın i ostali, 2018; Chen i ostali, 2022; Choi i ostali, 2016; El-Kafy i ostali, 2021; Gueye i ostali, 2021; Huang i ostali, 2022; Lee i ostali, 2018; Norouzi-Gheidari i ostali, 2020; Ögün i ostali, 2019; Park i ostali, 2019; Rodríguez-Hernández i ostali, 2021; Rogers i ostali, 2019; Shin i ostali, 2016).

Osim disfunkcionalnosti gornjih ekstremiteta nisu rijetke ni poteškoće odnosno disfunkcionalnost donjih ekstremiteta vidljivi kroz različite oblike narušene ravnoteže, smanjene sposobnosti orijentacije u prostoru i ograničene spacijalne sposobnosti što posljedično vodi prema poremećaju hoda i povećanom riziku od pada koji nije rijedak u subakutnoj fazi (Arienti i ostali, 2019). Pacijenti sa disfunkcionalnošću donjih ekstremiteta žale se na manjak mišićne snage i nemogućnost izvođenja namjernih radnji i aktivnijeg sudjelovanja u životu zajednice (Arienti i ostali, 2019; Bowden i ostali, 2013), stoga je najčešće primarni cilj terapije, ali i samih pacijenata, najčešće fokusiran na uspješnu rehabilitaciju hoda.

Pozitivne učinke VR potpomognute rehabilitacije u domenama funkcionalnosti, kontrole i proprioceptije donjih ekstremiteta te kinematičkih parametara hoda i aktivnog opsega pokreta zabilježile su grupe autora (Bergmann i ostali, 2017; In i ostali, 2016; Karasu i ostali, 2018;

¹⁸ Dugotrajne i nevoljne kontrakcije mišića.

Kržišnik i ostali, 2021; Miclus i ostali, 2021; Shobhana & Rakholiya, 2020; Yom i ostali, 2015) u svojim istraživanjima.

Sažimajući rezultate analiziranih istraživanja vidljivo je kako VR potpomognuta rehabilitacija uspješno nadograđuje konvencionalne rehabilitacijske pristupe kod osoba oboljelih od moždanog udara, a efekti individualno prilagođenih VR tretmana (specifični VR stimulusi, specifična VR okruženja i specifično ciljani motorički zadaci) uz pravilno manipuliranje ekstenzitetom i intenzitetom stimulusa, pokazuje bolje rezultate od same („izolirane“) konvencionalne rehabilitacije posebice u domenama motoričke funkcije i opsega pokreta gornjih ekstremiteta (Norouzi-Gheidari i ostali, 2021; Lee i ostali, 2018; Rodriguez-Hernandez i ostali, 2021; Gueye i ostali, 2021; El-Kafy i ostali, 2021). Autori In i ostali (2016) navode kako VRRT sustav pozitivno utječe na poboljšanje balansa i obrasca hoda, ali i da je potrebno provesti više istraživanja s većim brojem ispitanika.

7 ZAKLJUČAK

Korištenje tehnologije Virtualne stvarnosti u rehabilitacijskim postupcima pokazuje brojne pozitivne ishode u domenama funkcionalnosti ekstremiteta, jačanju miškulature, poboljšanju balansa, obrasca hoda i motoričkih funkcija. Jedna od ključnih prednosti VR tehnologije jest fleksibilnost koja omogućuje prilagodbu specifičnim ciljevima rehabilitacije te se može kombinirati s konvencionalnom fizikalnom terapijom i mirror terapijom kako bi se ostvario maksimalni terapijski učinak. Terapijski pristupi mogu biti individualizirani za svakog pacijenta, uzimajući u obzir njihove potrebe i mogućnosti. VR tehnologija pokazala se kao moćan alat u rehabilitaciji osoba koje su pretrpjele moždani udar, dok je njezina sposobnost prilagodbe rehabilitacijskim ciljevima i kombinacija s drugim rehabilitacijskim i konvencionalnim pristupima čini validnim alatom u poboljšanju funkcionalnosti i sveukupne kvalitete života pacijenata. Tehnologija VR pacijentima omogućuje da se uključe u terapijski program i vježbe na interaktivan i zabavan način, što rezultira povećanjem motivacije za dolazak na terapije. VR terapija pruža mogućnost ponavljanja vježbi u kontroliranom okruženju, a to može ubrzati proces oporavka. Unatoč pozitivnim rezultatima, potrebno je napomenuti da još uvijek postoji prostora za daljnja istraživanja u ovom području. Specifični optimalni pristupi primjene VR tehnologije još uvijek trebaju biti više istraženi kako bi se maksimizirao njezin terapijski učinak u sklopu fizikalne terapije. Dodatna istraživanja mogu pružiti dublje uvide u optimalne načine korištenja VR tehnologije za različite profile pacijenata te mogu pomoći u razvoju smjernica za primjenu iste u rehabilitaciji. Iako su rezultati istraživanja uglavnom pozitivni i pružaju potporu učinkovitosti VR tehnologije, treba uzeti u obzir pristupačnost ovakve tehnologije i cijenu. Daljnja istraživanja, dodatni razvoj tehnologije i primjerena edukacija zdravstvenih radnika otvara vrata prema učinkovitijoj primjeni VR tehnologije u rehabilitaciji pacijenata.

8 LITERATURA

- American Stroke Association. (2020). *Explaining Stroke*. https://www.stroke.org/-/media/Stroke-Files/Stroke-Resource-Center/Brochures/Explaining_Stroke_Brochure_2020.pdf
- Arienti, C., Lazzarini, S. G., Pollock, A., & Negrini, S. (2019). Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews. *PLoS ONE*, *14*(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219781>
- Aşkın, A., Atar, E., Koçyiğit, H., & Tosun, A. (2018). Effects of Kinect-based virtual reality game training on upper extremity motor recovery in chronic stroke. *Somatosensory & Motor Research*, *35*(1), 25–32. <https://doi.org/10.1080/08990220.2018.1444599>
- Aukstakalnis Steve, & Blatner David. (1992). *Silicon Mirage; The Art and Science of Virtual Reality*. Peachpit Press, USA .
- Bannwart, M., & Riener, R. (2020). *Virtual reality for neurorehabilitation* (str. 497–522). <https://doi.org/10.1093/med/9780198824954.003.0036>
- Bergmann, J., Krewer, C., Bauer, P., Koenig, A., Riener, R., & Muller, F. (2017). *Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke: a pilot randomized controlled trial*. *54*(3). <https://doi.org/10.23736/s1973>
- Bowden, M. G., Behrman, A. L., Neptune, R. R., Gregory, C. M., & Kautz, S. A. (2013). Locomotor rehabilitation of individuals with chronic stroke: Difference between responders and nonresponders. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *94*(5), 856–862. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.11.032>
- Buccino, G. (2014). Action observation treatment: A novel tool in neurorehabilitation. U *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Sv. 369, Izdanje 1644). Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0185>
- Carozzo, S., Vatrano, M., Coschignano, F., Battaglia, R., Calabrò, R. S., Pignolo, L., Contrada, M., Tonin, P., Cerasa, A., & Demeco, A. (2022). Efficacy of Visual Feedback Training for Motor Recovery in Post-Operative Subjects with Knee Replacement: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, *11*(24). <https://doi.org/10.3390/jcm11247355>
- Chatterjee, K., Buchanan, A., Cottrell, K., Hughes, S., Day, T. W., & John, N. W. (2022). Immersive Virtual Reality for the Cognitive Rehabilitation of Stroke Survivors. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, *30*, 719–728. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3158731>
- Chen, L., Chen, Y., Fu, W. Bin, Huang, D. F., & Lo, W. L. A. (2022). The Effect of Virtual Reality on Motor Anticipation and Hand Function in Patients with Subacute Stroke: A Randomized Trial on Movement-Related Potential. *Neural Plasticity*, *2022*. <https://doi.org/10.1155/2022/7399995>
- Cho, K. H., Kim, M. K., Lee, H. J., & Lee, W. H. (2015). Virtual reality training with cognitive load improves walking function in chronic stroke patients. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, *236*(4), 273–280. <https://doi.org/10.1620/tjem.236.273>
- Choi, Y. H., Ku, J., Lim, H., Kim, Y. H., & Paik, N. J. (2016). Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience*, *34*(3), 455–463. <https://doi.org/10.3233/RNN-150626>

- Crosbie, J. H., Lennon, S., Basford, J. R., & McDonough, S. M. (2007). Virtual reality in stroke rehabilitation: Still more virtual than real. *Disability and Rehabilitation*, 29(14), 1139–1146. <https://doi.org/10.1080/09638280600960909>
- de Rooij, I. J. M., van de Port, I. G. L., Punt, M., Abbink-Van Moorsel, P. J. M., Kortsmmit, M., van Eijk, R. P. A., Visser-Meily, J. M. A., & Meijer, J. W. G. (2021). Effect of Virtual Reality Gait Training on Participation in Survivors of Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 101(5). <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab051>
- Demeco, A., Zola, L., Frizziero, A., Martini, C., Palumbo, A., Foresti, R., Buccino, G., & Costantino, C. (2023). Immersive Virtual Reality in Post-Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *U Sensors* (Sv. 23, Izdanje 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s23031712>
- El-Kafy, E. M. A., Alshehri, M. A., El-Fiky, A. A. R., & Guermazi, M. A. (2021). The Effect of Virtual Reality-Based Therapy on Improving Upper Limb Functions in Individuals With Stroke: A Randomized Control Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.731343>
- Faria-Fortini, I., Michaelsen, S. M., Cassiano, J. G., & Teixeira-Salmela, L. F. (2011). Upper extremity function in stroke subjects: Relationships between the international classification of functioning, disability, and health domains. *Journal of Hand Therapy*, 24(3), 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2011.01.002>
- Feske, S. K. (2021). Ischemic Stroke. *U American Journal of Medicine* (Sv. 134, Izdanje 12). <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2021.07.027>
- Gueye, T., Dedkova, M., Rogalewicz, V., Grunerova-Lippertova, M., & Angerova, Y. (2021). Early post-stroke rehabilitation for upper limb motor function using virtual reality and exoskeleton: Equally efficient in older patients. *Neurologia i Neurochirurgia Polska*, 55(1), 91–96. <https://doi.org/10.5603/PJNNS.A2020.0096>
- Higgins JPT, G. S. (2011). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration*. Available from www.handbook.cochrane.org.
- Ho, T. H., Yang, F. C., Lin, R. C., Chien, W. C., Chung, C. H., Chiang, S. L., Chou, C. H., Tsai, C. K., Tsai, C. L., Lin, Y. K., & Lee, J. T. (2019). Impact of virtual reality-based rehabilitation on functional outcomes in patients with acute stroke: a retrospective case-matched study. *Journal of Neurology*, 266(3), 589–597. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-09171-2>
- Huang, C. Y., Chiang, W. C., Yeh, Y. C., Fan, S. C., Yang, W. H., Kuo, H. C., & Li, P. C. (2022). Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02547-4>
- In, T., Lee, K., & Song, C. (2016). Virtual reality reflection therapy improves balance and gait in patients with chronic stroke: Randomized controlled trials. *Medical Science Monitor*, 22, 4046–4053. <https://doi.org/10.12659/MSM.898157>
- Karasu, A. U., Batur, E. B., & Karatas, G. K. (2018). Effectiveness of Wii-based rehabilitation in stroke: A randomized controlled study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 50(5), 406–412. <https://doi.org/10.2340/16501977-2331>
- Kim, G., & Biocca, F. (2018). Immersion in Virtual Reality Can Increase Exercise Motivation and Physical Performance. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10910 LNCS, 94–102. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91584-5_8

- Kim, N., Park, Y., & Lee, B.-H. (2015). *Effects of community-based virtual reality treadmill training on balance ability in patients with chronic stroke.*
- Kiper, P., Przysiężna, E., Cieślak, B., Broniec-Siekaniec, K., Kucińska, A., Szczygieł, J., Turek, K., Gajda, R., & Szczepańska-Gieracha, J. (2022). Effects of Immersive Virtual Therapy as a Method Supporting Recovery of Depressive Symptoms in Post-Stroke Rehabilitation: Randomized Controlled Trial. *Clinical Interventions in Aging, 17*, 1673–1685. <https://doi.org/10.2147/CIA.S375754>
- Knight-Greenfield, A., Nario, J. J. Q., & Gupta, A. (2019). Causes of Acute Stroke: A Patterned Approach. U *Radiologic Clinics of North America* (Sv. 57, Izdanje 6, str. 1093–1108). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2019.07.007>
- Kržišnik, M., Rauter, B. H., & Bizovičar, N. (2021). Effects of virtual reality-based treadmill training on balance and gait in stroke patients: A randomized controlled trial. *Hrvatska Revija Za Rehabilitacijska Istraživanja, 57*(2), 92–102. <https://doi.org/10.31299/hrri.57.2.6>
- Kyrlitsias, C., & Michael-Grigoriou, D. (2022). Social Interaction With Agents and Avatars in Immersive Virtual Environments: A Survey. U *Frontiers in Virtual Reality* (Sv. 2). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.786665>
- Lavalle, S. M. (2020). *VIRTUAL REALITY*. Dostupno na: <http://lavalle.pl/vr/>
- Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. U *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Sv. 2017, Izdanje 11). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
- Lee, M. M., Lee, K. J., & Song, C. H. (2018). Game-based virtual reality canoe paddling training to improve postural balance and upper extremity function: A preliminary randomized controlled study of 30 patients with subacute stroke. *Medical Science Monitor, 24*, 2590–2598. <https://doi.org/10.12659/MSM.906451>
- Leong, S. C., Tang, Y. M., Toh, F. M., & Fong, K. N. K. (2022). Examining the effectiveness of virtual, augmented, and mixed reality (VAMR) therapy for upper limb recovery and activities of daily living in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. U *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (Sv. 19, Izdanje 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01071-x>
- Lohse, K. R., Hilderman, C. G. E., Cheung, K. L., Tatla, S., & Van Der Loos, H. F. M. (2014). Virtual reality therapy for adults post-stroke: A systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PLoS ONE, 9*(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093318>

- Mehrholz, J., Pohl, M., Platz, T., Kugler, J., & Elsner, B. (2018). Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. U *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Sv. 2018, Izdanje 9). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006876.pub5>
- Melo, M., Goncalves, G., Monteiro, P., Coelho, H., Vasconcelos-Raposo, J., & Bessa, M. (2022). Do Multisensory Stimuli Benefit the Virtual Reality Experience? A Systematic Review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(2), 1428–1442. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3010088>
- Miclaus, R. S., Roman, N., Henter, R., & Caloian, S. (2021). Lower Extremity Rehabilitation in Patients with Post-Stroke Sequelae through Virtual Reality Associated with Mirror Therapy. *International Journal of Environmental Research and Public Health Article Public Health*, 18, 2654. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052654>
- Newquist H. (1992). Virtual Reality's commercial reality. *Computer World*, 93–95.
- Norouzi-Gheidari, N., Hernandez, A., Archambault, P. S., Higgins, J., Poissant, L., & Kairy, D. (2020). Feasibility, safety and efficacy of a virtual reality exergame system to supplement upper extremity rehabilitation post-stroke: A pilot randomized clinical trial and proof of principle. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010113>
- Ögün, M. N., Kurul, R., Yaşar, M. F., Turkoglu, S. A., Avci, Ş., & Yildiz, N. (2019). Effect of leap motion-based 3D immersive virtual reality usage on upper extremity function in ischemic stroke patients. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 77(10), 681–688. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190129>
- Pandžić I.S., Pejša T., Matković K., Benko H., Čereković A., & Matijašević M. (2011). Virtualna okruženja: interaktivna 3D grafika i njene primjene. *Zagreb, Element*.
- Park, M., Ko, M. H., Oh, S. W., Lee, J. Y., Ham, Y., Yi, H., Choi, Y., Ha, D., & Shin, J. H. (2019). Effects of virtual reality-based planar motion exercises on upper extremity function, range of motion, and health-related quality of life: A multicenter, single-blinded, randomized, controlled pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0595-8>
- Patsaki, I., Dimitriadi, N., Despoti, A., Tzoumi, D., Leventakis, N., Roussou, G., Papathanasiou, A., Nanas, S., & Karatzanos, E. (2022). The effectiveness of immersive virtual reality in physical recovery of stroke patients: A systematic review. U *Frontiers in Systems Neuroscience* (Sv. 16). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.880447>
- Plechata, A., Sahula, V., Fayette, D., & Fajnerová, I. (2019). Age-related differences with immersive and non-immersive virtual reality in memory assessment. *Frontiers in Psychology*, 10(JUN). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01330>
- Prabhakaran Dorairaj, & Shuchi Anand. (2017). *Cardiovascular, Respiratory, and Related Disorders 5 VOLUME DISEASE CONTROL PRIORITIES • THIRD EDITION*.
- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. U *Neuropsychological Rehabilitation* (Sv. 14, Izdanja 1-2 SPEC. ISS., str. 207–239). <https://doi.org/10.1080/09602010343000183>
- Rochester, C. L., & Mohsenin, V. (2002). *Pulmonary Complications of Neuromuscular Diseases* (Sv. 23, Izdanje 3).

- Rodríguez-Hernández, M., Polonio-López, B., Corregidor-Sánchez, A.-I., Martín-Conty, J. L., Mohedano-Moriano, A., & Criado-Álvarez, J.-J. (2021). *Effects of Specific Virtual Reality-Based Therapy for the Rehabilitation of the Upper Limb Motor Function Post-Ictus: Randomized Controlled Trial*. <https://doi.org/10.3390/brainsci11050555>
- Rogers, J. M., Duckworth, J., Middleton, S., Steenbergen, B., & Wilson, P. H. (2019). Elements virtual rehabilitation improves motor, cognitive, and functional outcomes in adult stroke: Evidence from a randomized controlled pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *16*(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0531-y>
- Sherman R. Wiliam, & Craig B. Alan. (2018). *Praise for Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. <http://www.arise.mae.usp.br/wp-content/uploads/2018/03/Understanding-Virtual-Reality-Interface-Application-and-Design-The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Computer-Graphics-.pdf>
- Shin, J.-H., Kim, M.-Y., Lee, J.-Y., Jeon, Y.-J., Kim, S., Lee, S., Seo, B., & Choi, Y. (2016). *Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial*. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0125-x>
- Shobhana, N. G., & Rakholiya, S. (2020). The Effect of X Box 360 Kinect-Virtual Reality Intervention on Balance and Gait Training In Stroke Patient": An Interventional Study. U *Indian Journal of Public Health Research & Development* (Sv. 11, Izdanje 7).
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. U *British Journal of Psychology* (Sv. 109, Izdanje 3, str. 431–433). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- Srzić, M. K. (2012). *Zdravstveno veleučilište Specijalistički studij fizioterapije Neurološki modul Nastavni tekstovi Kolegij: Neuroznanost*.
- Stewart, C., Subbarayan, S., Paton, P., Gemmell, E., Abraha, I., Myint, P. K., O'Mahony, D., Cruz-Jentoft, A. J., Cherubini, A., & Soiza, R. L. (2018). Non-pharmacological interventions for the improvement of post-stroke activities of daily living and disability amongst older stroke survivors: A systematic review. U *PLoS ONE* (Sv. 13, Izdanje 10). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204774>
- Thieme, H., Morkisch, N., Mehrholz, J., Pohl, M., Behrens, J., Borgetto, B., & Dohle, C. (2018). Mirror therapy for improving motor function after stroke. U *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Sv. 2018, Izdanje 7). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008449.pub3>
- Veerbeek, J. M., Van Wegen, E., Van Peppen, R., Van Der Wees, P. J., Hendriks, E., Rietberg, M., & Kwakkel, G. (2014). What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. U *PLoS ONE* (Sv. 9, Izdanje 2). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087987>
- Vidović, A. (2017). *Rehabilitacija bolesnika nakon moždanog udara*. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:007712>

Whitelock, C. (2019). *Psychological Effects of Stroke*. St George's Hospital and Wandsworth Community Neurorehabilitation Team.

World Stroke Organization (WSO): *Global Stroke Fact Sheet 2022*. (bez dat.).
<http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

Yom, C., Cho, H.-Y., & Lee, B. (2015). *Effects of virtual reality-based ankle exercise on the dynamic balance, muscle tone, and gait of stroke patients*.

9 Prilog A: Strukturirani pregled prikupljenih istraživanja.

REFERENCA	IME BAZE	KRITERIJI UKLJUČIVANJA	BROJ ISPITANIKA: (GRUPA): KONTROLNA GRUPA DA-NE	KORIŠTENI VR SUSTAVI I UREĐAJI, ZADATAK EKSPERIMENTALNE GRUPE	ZADATAK KONTROLNE GRUPE	CILJ ISTRAŽIVANJA	PROCJENA	ZAKLJUČAK
1. Taesung In et al, 2016	PubMed	25 pacijenata s moždanim udarom u zadnjih 6 mjeseci, razumjeli su verbalne upute, bez fraktura	25 :(2)	Ne uranjajući VR	Provođenje konvencionalne fizikalne terapije 5x tjedno 4 tjedna u trajanju od 30 min	Utvrđiti može li klasična fizikalna terapija uz korištenje VRRT tehnologije pridonijeti poboljšanju balansa i hoda kod pacijenata s moždanim udarom.	Berg Balance Scale (BBS), The Functional Reaching Test (FRT), Timed Up and Go Test (TUG), postural sway, 10 min walking velocity	Konvencionalna fizioterapija uz VR potpomognutu terapiju rezultira boljim učincima rehabilitaciji balansa i hoda kod osoba s moždanim udarom
			DA:12	Zrcalna VR terapija; VRRT oprema (LCD monitor, kamera)				
				Provođenje konvencionalne fizikalne terapije 5x tjedno 4 tjedna u trajanju od 30 min.				
2. Askin A et al, 2018	PubMed	Ishemijski ili hemoragijski moždani udar, stariji od 18 godina, moždani udar u zadnjih 6 mjeseci, bez neglektu, mogući pokreti ručnog zgloba	38:(2)	Ne uranjajući VR	20 tretmana konvencionalne fizioterapije	Vidjeti učinke Kinect VR terapije na motorički oporavak gornjih ekstremiteta u osoba s moždanim udarom	FMA- UE, BBT, MAS, MI, AROM	Uporaba Kinect i VR potpomognute fizioterapije ima pozitivne učinke kod osoba s moždanim udarom
			DA:20	Kinect				
				20 tretmana konvencionalne fizioterapije + 20 tretmana VR terapije korištenjem Kinect uređaja.				
3. Bergmann J et al, 2018	PubMed	Hemipareza nakon ishemijskog ili hemoragijskog moždanog udara, između 18 i 75 godina starosti, moždani udar unutar 6 mjeseci, razumijevanje verbalnih uputa	20:(2)	Ne uranjajući VR	12 tretmana terapija hoda uz pomoć robotskog uređaja Lokomata	Procijeniti prihvatljivost terapije hoda na Lokomatu sa i bez VR	IMI, FAC, MRC	Rezultat ukazuje kako VR potpomognuta rehabilitacija potiče veću motiviranost kod pacijenata i smanjenu stopu odustajanja od terapije.
			DA: 10	Ekran, Lokomat				
				12 tretmana terapija hoda uz pomoć robotskog uređaja Lokomata uz VR				
4. Huang CY, 2022	PubMed	Moždani udar unutar 3 mj, dob 20-75 g, bez komorbiditeta, sposoban razumjeti upute	30:(2)	Uranjajući VR	Konvencionalna terapija za gornje ekstremitete uz uporabu daske, ljestva, čunjeva	Ispitati učinak uranjajuće VR terapije na gornje ekstremitete u osoba s moždanim udarom te vidjeti kako utječe na gornje ekstremitete	FMA-UE, OP-goniometar	Efekt tretmana grupe koja je koristila VR potpomognutu fizikalnu terapiju ukazuje na veće učinke tretmana u odnosu na kontrolnu grupu
			DA:15	HTC VIVE HMD, 2 kontrolera, 2 lasera				
				16 tretmana , 2-3 dana tjedno, 60 min				
				Hodanje, pucanje, udaranje, bacanje objekata, bilateralne aktivnosti, funkcionalni zadatci- kupovanje, točenje vode				

REFERENCA	IME BAZE	KRITERIJI UKLJUČIVANJA	BROJ ISPITANIKA: (GRUPA): KONTROLNA GRUPA DA-NE	KORIŠTENI VR SUSTAVI I UREĐAJI, ZADATAK EKSPERIMENTALNE GRUPE	ZADATAK KONTROLNE GRUPE	CILJ ISTRAŽIVANJA	PROCJENA	ZAKLJUČAK
5. Norouzi Gheidari N, 2019	PubMed	Moždani udar, problemi s gornjim ekstremitetima, subakutni ili kronični stadij	18:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija	Ispitati učinkovitost i izvedivost VR terapije kao dodatak konvencionalnoj u usporedbi s konvencionalnom	FMA-UE, BBT, SIS, MAL	VR potpomognuta fizikalna terapija uz kombinaciju konvencionalne terapije pokazuje bolje rezultate u segmentima mobilnosti i motorici od konvencionalne fizioterapije
			DA:9	Jintronix, računalo, monitor, Kinect kamera				
				Fizioterapijski tretman 2-3 puta tjedno, 2-3 x tjedno VR terapija, 4 tjedna				
				VR- praćenje horizontalnog pravca rukom, gađanje u metu, hvatanje, nošenje i puštanje predmeta				
6. Rogers JM, 2019	PubMed	Moždani udar, disfunkcija GE, razumijevanje eng jezika i sposobnost praćenja uputa, moguće sjedenje bez pomoći	21:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija - jačanje mišićne mase, vježbe opsega pokreta, koordinacija, funkcionalni zadaci	Ispitati učinak korištenja elemenata kao oblik VR terapije kod moždanog udara	BBT, MCA, NFI	VR potpomognuta terapija potiče utjecaj na brži motorički i kognitivni oporavak
			DA:11	Multitaction (LCD) ekran				
				3x tjedno, 30-40 min, 4 tjedna				
				VR vježbe uz uporabu 4 elementa- krug, peterokut, trokut i pravokutnik + konvencionalna fizioterapija				
7. Lee MM, 2018	PubMed	Subakutni moždani udar unutar 6 mjeseci, mogućnost samostalnog stajanja barem 3 min	30:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija - vježbe balansa, vježbe snajženja donjih ekstremiteta	Ispitati učinak kombinirane terapije VR i konvencionalne na balans i GE	mFRT	Kombiniran pristup VR potpomognute i konvencionalne fizioterapije poboljšava balans i funkciju GE
			DA:15	Nintendo Wii Sports Resort game, Springboard, LED TV				
				3x tjedno, 30 min VR tretman, 5 tjedana				
				VR veslanje + konvencionalna fizioterapija				
8. Ogun MN, 2019	PubMed	Ishemijski moždani udar u rasponu 6-24 m, MAS<3, ponavljajući moždani udar, oštećenje vida	65:(2)	Uranjajući VR	45 min konvencionalna rehabilitacija GE + pasivni VR	Ispitati učinak uranjajuće VR terapije na funkciju GE	ARAT, FIM, FMUE, PASS	VR potpomognuta terapija rezultira poboljšanjem funkcije GE i vještinama samostalne njege
			DA:32	HMD, Leap Motion, povećalo, slušalice				
				18 tretmana, 3x tjedno, 6 tjedana				
				VR igre- rukovanje kockom za jačanje stiska šake, branje povrća, kuhinja, bubnjanje				

REFERENCA	IME BAZE	KRITERIJI UKLJUČIVANJA	BROJ ISPITANIKA: (GRUPA): KONTROLNA GRUPA DA-NE	KORIŠTENI VR SUSTAVI I UREĐAJI, ZADATAK EKSPERIMENTALNE GRUPE	ZADATAK KONTROLNE GRUPE	CILJ ISTRAŽIVANJA	PROCJENA	ZAKLJUČAK
9. Chen L, 2022	PubMed	Prvi moždani udar unutar 3 mjeseca, potvrda moždanog udara MRI, dob 40-80, sposobni samostalno sjediti barem 30 min, bez jakog kognitivnog oštećenja	36:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna terapija-trening motorike, jačanje stiska šake, selektivnost prstiju	Istražiti učinak VR na kortikalnu ekscitabilnost i funkciju GE	FMA-UE, ARAT, NIHSS	VR terapija je superiorna konvencionalnoj
			DA:18	Ekran, računalo, egzoskelet				
				5x tjedno po 60 min, 2 tjedna				
				VR zadatci za doseg i „hvatanje pečenje jaja“, „branje jabuka“, streličarstvo				
10. Park M, 2019	PubMed	Moždani udar, unilateralni deficit GE, razumiju upute	26:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna terapija za GE- vježbe za opseg pokreta, snaženje muskulature- čunjevi, crtanje osmice	Istražiti utjecaj VR Rapael Smart Boarda na funkciju i OP GE u osoba s moždanim udarom	FMA, WMFT, MBI	Terapija SB poboljšava funkciju GE, OP i kvalitetu života
			DA:13	Rapael Smart Board (SB), kontroler za podlakticu, android, ekran				
				20 tretmana, 5 dana tjedno, 4 tjedna, 60 min				
				SB- istraživanje, dohvat, crtanje kruga				
11. Rodriguez-Hernandez M, 2021	PEdro	Moždani udar unutar 6 mj, dob 18-85 g, deficit GE	46:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija - masaža, mobilizacije, vj snaženja muskulature; utezi, trake, mobilnost GE	Analizirati kombinirani učinak VR potpomognute i konvencionalne fizioterapija na motoričku funkciju GE	FMA-UE, MAS, SIS	Kombinirani pristup VR i konvencionalne fizioterapije daje optimalne rezultate u motoričkoj funkciji GE kod osoba s MU
			DA:23	HandTutor rukavica, 3D Tutor, Rehametrics, Kinect senzor, softver, računalo, ekran				
				15 tretmana, 5x tjedno, 150 min, ukupno 3 tjedna				
				VR- igre, koordinirani pokreti, balans, opseg pokreta + konvencionalna fizioterapija				
12. Miclaus RS, 2021	PEdro	Subakutni moždani udar unutar 4 g, 20 stupnjeva fleksije u kuku	59:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija za DE	Ispitati ima li kombinirana terapija VR i MT bolji učinak od konvencionalne fizioterapije za DE	AROM, MAS, FIM, FMA-LE	VR + MT može uspješno zamijeniti klasičnu rehabilitaciju DE
			DA:28	Ekran, računalo, softver MIRA, Kinect senzor				
				10 dana, 70min svaki dan				
				VR- hvatanje predmeta nogom, uzimanje predmeta s poda i stavljanje na policu bez odvajanja stopala od poda + zrcalna terapija				

REFERENCA	IME BAZE	KRITERIJI UKLJUČIVANJA	BROJ ISPITANIKA: (GRUPA): KONTROLNA GRUPA DA-NE	KORIŠTENI VR SUSTAVI I UREĐAJI, ZADATAK EKSPERIMENTALNE GRUPE	ZADATAK KONTROLNE GRUPE	CILJ ISTRAŽIVANJA	PROCJENA	ZAKLJUČAK
13. Karasu AU, 2018	PEDro	Unilateralni moždani udar unazad 12 mj, sposobnost razumijevanja uputa	23:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija , facilitacija, radna terapija, kognitivna terapija	Ispitati Nintendo Wii Fit balans rehabilitaciju kao nadopunu konvencionalnoj fizioterapiji	BBS, FRT, TUG, SBI, Postural Assessment Scale for Stroke Patients	Kombinirana terapija VR + konvencionalna daje optimalne rezultate kod statičkog i dinamičkog balansa
			DA:11	Wii Fit, Wii Balance Board, ekran, računalo, senzori				
				4 tjedno , 5 dana u tjednu, 2-3 sata				
				VR igre za balans- glavomet, skijanje, nagibni stol, balansni mjehur, slalom + konvencionalna fizioterapija				
14. Shin JH, 2016	PEDro	Prvi moždani udar, unilateralni deficit GE, mogućnost supinacije i pronacije	46:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija - pronacija, supinacija, radijalna i ulnarna devijacija, funkcionalni zadatci	Usporediti učinak VR terapije za GE i ADŽ s konvencionalnom fizioterapijom	FMA-UE, JTT, PPT, SIS	VR grupa pokazala je bolje rezultate u funkciji GE i ADŽ
			DA:22	Rapael Smart Glove, softver, bluetooth, računalo, ekran				
				4 tjedna, 20 tretmana, 30min				
				VR igre- stiskanje naranče, hvatanje leptira, pecanje, kuhanje, ličenje ograde, čišćenje poda				
15. Kržišnik M, 2021	PEDro	Prvi MU, hemipareza, sposobnost praćenja uputa, sposobni hodati sami ili uz pomoć	22:(2)	Ne uranjajući VR	Hod na pokretnoj traci bez VR- gaženje u stranu kao da izbjegavaju predmete, hodanje po uskoj površini	Ispitati učinkovitost VR treninga na pokretnoj traci na balans i hod	FIM, TUG, FGA, FSST	VR trening učinkovit je u poboljšanju balansa i hoda kod osoba s MU, pogotovo kod simetrije hoda (prostorno-vremenski parametri hoda)
			DA:11	Zebris Rehawalk, pokretna traka, monitor				
				20 tretmana, 5x tjedno 13-18 min, 4 tjedna				
				VR- hod na pokretnoj traci, varijacije hoda, izbjegavanje objekata, stajanje na određena mjesta				
16. Yom C, 2015	PEDro	Moždani udar unutar 6 mj, hemipareza, sposobni pratiti upute i komunicirati	20:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija	Ispitati učinak VR vježbi za gležanj na dinamičku ravnotežu, mišićni tonus i hod kod osoba s MU	TUG, MAS	VR rehabilitacija je poboljšala dinamičku ravnotežu, tonus i hod
			DA:10	Notebook X-Note, projektor, ekrani				
				5 dana u tjednu po 30 min, 6 tjedana				
				VR vježbe na podu, balansnoj dasci, mekanoj lopti, 1 nozi				

REFERENCA	IME BA ZE	KRITERIJI UKLJUČIVANJA	BROJ ISPITANIKA: (GRUPA): KONTROLNA GRUPA DA-NE	KORIŠTENI VR SUSTAVI I UREĐAJI, ZADATAK EKSPERIMENTALNE GRUPE	ZADATAK KONTROLNE GRUPE	CILJ ISTRAŽIVANJA	PROCJENA	ZAKLJUČAK
17. Gueye T, 2021	PED ro	Prvi akutni MU, deficit GE, sposoban komunicirati i razumije upute	50:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija za GE	Ispitati kombinirani učinak VR terapije robotskim uređajem Armeo Spring za GE	MoCA, FIM, FMA-UE	Kombinirani pristup VR robotske rehabilitacije i konvencionalne fizioterapije pokazao je optimalne rezultate kod motoričke funkcije GE
			DA:25	Armeo Spring, računalo, ekran 12 tretmana, 3 tjedna, 45min				
				VR igre- kuglanje, boks, atletika, stolni tenis, odbojka, nogomet + konvencionalna fizioterapija				
18. Shobhana N, 2020	PED ro	Moždani udar unutar 6 mj, dob 40-60 g, može prehodati 10 m sam ili uz pomoć	30:(2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna fizioterapija - vj OP, balans, škola hoda	Ispitati učinak VR terapije na balans i hod u osoba s MU	BBS, 6 min walk test, Gait parameters	Bolje rezultate u balansu i hodu pokazao je kombinirani pristup VR potpomognute i konvencionalne fizioterapije
			DA:15	XBOX 360 Kinect, kamera, senzor, ekran				
				3 dana u tjednu po 60 min, 6 tjedana				
19. Choi YH, 2016	Pub Med	Ishemijski MU, sposobnost praćenja uputa, mogućnost aktivne rehabilitacije, oštećenje GE	24:(2)	Ne uranjajući VR	Radna terapija 1h dnevno, 2 tjedna, 5x tjedno - vježbe OP, jačanje muskulature GE, funkcionalni zadatci	Ispitati učinak VR terapije kroz igre na GE kod osoba s MU	FMA-UE, B- stage, MMT, MBI, BDI, EQ- 5D	Bolji rezultati kod eksperimentalne grupe ukazuju kako VR terapija povoljno utječe na jačanje GE kod osoba s MU
			DA:12	Tablet, senzori				
				2 tjedna, 5x tjedno, 30 min radna terapija + 30 min MoU-Rehab				
				Igre na uređaju- pucanje u metu, skupljanje mrkvi				
20. El-Kafy EMA, 2021	Pub Med	MU unutar 6 mj, dob 50-60 g, ocjena MAS 1,1+ ili 2, ekstenzija u ručnom zglobu barem 20° i u prstima 10°, kognitivno dobri i razumiju upute	40 (2)	Ne uranjajući VR	Konvencionalna terapija- jačanje i istezanje muskulature, PNF, manipuliranje predmetima	Ispitati učinak VR terapije na GE kod osoba s MU	ARAT, WMFT, HGS	Kombinacija konvencionalne i VR terapije pokazuje bolje rezultate kod funkcija GE u osoba s MU od same konvencionalne terapije
			DA:20	Armeo Spring, računalo, ekran 3 mjeseca, 3x tjedno u trajanju od 2h				
				PNF, vježbe jačanja, vježbe manipuliranja predmetima, Armeo Spring				