

Učinkovitost virtualne realnosti u provedbi rekreativnog tjelesnog vježbanja kod mladih osoba: Sustavni pregled literature i meta-analiza

Višić, Grgur

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:314821>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZILOŠKI FAKULTET

Grgur Višić

UČINKOVITOST VIRTUALNE STVARNOSTI U
PROVEDBI REKREATIVNOG TJELESNOG
VJEŽBANJA KOD MLADIH OSOBA: SUSTAVNI
PREGLED LITERATURE I META-ANALIZA

diplomski rad

Zagreb, rujan, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu
Kineziološki fakultet
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

Naziv studija: Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i Tenisu

Vrsta studija: sveučilišni

Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij

Studij za stjecanje akademskog naziva: sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i Tenisu (univ. mag. cin.)

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: Znanstveno-istraživački rad

Naziv diplomskog rada: je prihvaćen od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini (2023./2024.) dana (7. veljače 2024.).

Mentor: doc. dr. sc. *Darko Katović*

Učinkovitost virtualne stvarnosti u provedbi rekreativnog tjelesnog vježbanja kod mladih osoba: sustavni pregled literature i meta-analiza

Grgur Višić, 0034085071

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1. doc. dr. sc. <i>Darko Katović</i> | Predsjednik - mentor |
| 2. prof. dr. sc. <i>Dražan Dizdār</i> | član |
| 3. prof. dr. sc. <i>Pavle Mikulić</i> | član |
| 4. doc. dr. sc. <i>Igor Gruić</i> | zamjena člana |

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Zagreb
Faculty of Kinesiology
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Tennis

Type of program: University

Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate

Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Tennis

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Type of thesis: Scientific-research

Master thesis: has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year (2023/2024) on (February 7th, 2024).

Mentor: *Darko Katović*, assistant prof.

The effectiveness of virtual reality in the implementation of recreational physical exercise in young people: a systematic review and meta-analysis

Grgur Višić, 0034085071

Thesis defence committee:

- | | |
|---|------------------------|
| 1. <i>Darko Katović</i> , assistant prof. | chairperson-supervisor |
| 2. <i>Dražan Dizdar</i> , PhD, prof. | member |
| 3. <i>Pavle Mikulić</i> , PhD, prof. | member |
| 4. <i>Igor Gruić</i> , assistant prof. | substitute member |

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology, Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Hvala mentoru Darku Katoviću. Hvala djevojci, prijateljima i obitelji. Hvala Filipu Kataviću na lekturi. Hvala Niprijama i hvala Bogu.

Vidio sam najbolje umove svoje generacije uništene ludilom, histerično izgladnjele gole, dok se vuku kroz crnačke ulice u zoru tražeći bijesni fiks.

- Allen Ginsberg

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc. dr. sc. Darko Katović

Student:

Grgur Višić

Sadržaj

1. Uvod.....	10
1. 1. Rekreativno tjelesno vježbanje.....	10
1. 2. Virtualna stvarnost.....	12
1. 3. Aktivne videoigre	13
1. 4. Potencijal aktivnih videoigara i metodološka ograničenja istraživanja.....	14
2. PICO okvir, istraživački problem i hipoteze	16
3. Metoda/Postupak.....	18
3.1. Pretraživanje literature, identifikacija i odabir istraživanja.....	18
3. 2. Kriteriji uključivanja i isključivanja	18
3.3. Kodni plan	19
3.3.1. Karakteristike istraživanja	20
3.3.2. Karakteristike intervencije	20
3.3.3. Karakteristike sudionika	20
3.3.4. Karakteristike glavnog ishoda istraživanja	20
3.4. Procjena rizika od pristranosti	21
3.5. Statistička analiza i obrada podataka.....	21
4. Rezultati	25
4.1. Odabir i uključivanje istraživanja.....	25
4.2. Karakteristike uključenih istraživanja	26
4.3. Rezultati prve meta-analiza	32
4.3.1. Korekcija pristranosti u objavljivanju.....	35
4.4. Rezultati druge meta-analiza	36
4.4.1. Korekcija pristranosti u objavljivanju.....	37
5. Rasprava	39
6. Metodološko ograničenje rada	50
7. Zaključak.....	51

8. Literatura 52

UČINKOVITOST VIRTUALNE STVARNOSTI U PROVEDBI REKREATIVNOG TJELESNOG VJEŽBANJA KOD MLADIH OSOBA: SUSTAVNI PREGLED LITERATURE I META-ANALIZA

Sažetak

Pozadina. Napredak digitalne tehnologije doveo je do razvoja aktivnih videoigara (AVG) koje svoj vrhunac pronalaze u tehnologiji virtualne stvarnosti (VR). **Cilj.** Budući da AVG-ovi potiču korisnika na fizičku pokretljivost, cilj ovog rada bio je ispitati je li ta pokretljivost dovoljna kako bi se zadovoljile propisane smjernice za potrebnu količinu tjelesne aktivnosti (TA). **Metoda.** Proveden je sustavni pregled literature u kojeg je uključeno 12 primarnih istraživanja koja su zadovoljila postavljene kriterije. Također, provedene su dvije meta-analize od kojih je prva uključila 6, a druga 4 istraživanja. **Rezultati.** Meta-analizama je dokazano kako se aktivnost unutar VR-a ne razlikuje od tradicionalnog načina vježbanja. Također je dokazano da postoji značajna razlika između aktivnih i pasivnih videoigara, gdje je ukupna veličina učinka (SDM – standardizirana razlika aritmetičkih sredina) iznosila 2,33 u korist AVG-ova. Sustavnim pregledom se iz uključenih istraživanja ekstrahirala varijabla razine TA koja se uspoređivala s propisanim smjernicama, pri čemu je većina istraživanja pokazala učinkovitost u postizanju ciljanog radnog intenziteta. Također, gotovo su sva istraživanja pokazala da ispitanici više uživaju igrajući VR igre nego tradicionalno vježbajući te imaju slabiju percepciju intenziteta i umora. **Zaključak.** Kako bi se u potpunosti zadovoljile zdravstvene smjernice, potrebno je barem dvostruko više vremena (300 min/tjedno) provesti igrajući AVG-ove od propisanog minimalnog vremena umjerene TA (150 min/tjedno). Preporučuje se korištenje AVG-ova kao dodatak tradicionalnom načinu vježbanja, jer isključivo oslanjanje na VR bez šireg poznavanja i planiranja može uroditi nedovoljnom količinom TA. Zbog različitih unutrašnjih struktura AVG-ova od kojih samo neke stimuliraju dovoljnu razinu TA, potrebno je biti pažljiv pri odabiru.

Ključne riječi

virtualna stvarnost, rekreativno tjelesno vježbanje, aktivne videoigre, razina tjelesne aktivnosti

THE EFFECTIVENESS OF VIRTUAL REALITY IN THE IMPLEMENTATION OF RECREATIONAL PHYSICAL EXERCISE IN YOUNG PEOPLE: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

Abstract

Background. The advancement of digital technology has led to the development of active video games (AVGs), which find their peak in virtual reality (VR) technology. **Objectives.** Since AVGs force the user to be physically active, the aim of this study was to examine whether this activity is sufficient to meet the prescribed guidelines for the required amount of physical activity (TA). **Methods.** A systematic review was conducted that included 12 primary studies that met the set criteria. Also, two meta-analyses were conducted, the first of which included 6 and the second 4 studies. **Results.** Meta-analyses have proven that the activity within VR is no different from the traditional way of exercising. It was also proven that there is a significant difference between active and passive video games, where the total effect size (SDM – standardized mean difference) was 2,33 in favour of AVGs. The review extracted a TA level variable from the included studies that was compared with the prescribed guidelines, with most studies showing effectiveness in achieving the target work intensity. Also, almost all studies have shown that respondents enjoy playing VR games more than exercising traditionally and have a weaker perception of intensity and fatigue. **Conclusion.** To fully comply with health guidelines, it is necessary to spend at least twice as much time (300 min/week) playing AVGs as the prescribed minimum time of moderate TA (150 min/week). It is recommended to use AVGs as an addition to the traditional way of exercising, because relying solely on VR without extensive knowledge and planning can result in an insufficient amount of TA. Due to the different internal structures of AVGs, with only some of which stimulate a sufficient level of TA, it is necessary to be careful when choosing a desired AVG.

Keywords

virtual reality, recreational physical exercise, active video games, level of physical activity

1. Uvod

Počeci tjelovježbe pronalaze se još u drevnim civilizacijama. Otkako je ljudi, postoji i tjelovježba (Jajčević, 2010). Danas se trećina svjetske populacije redovito bavi tjelesnom aktivnošću (WHO, 2020). Osvrnemo li se oko sebe, pronaći ćemo neki aspekt tjelovježbe na svakom koraku. Prisutna je u školstvu, zdravstvu, industriji ljepote, profesionalnom i amaterskom sportu, politici, novinarstvu, a možda najviše na ulici. Tolika raširenost tjelovježbi daje veliku važnost. S time na umu, ne smijemo ju izostaviti iz gorućeg pitanja tehnološkog napretka i promjene svakodnevnog života.

Trenutno živimo u vremenu četvrte industrijske revolucije, takozvane Industije 4.0 (Žažar, 2022). Koncept četvrte industrijske revolucije prikladan je za analizu promjena koje proizlaze iz digitalne tehnologije. Koristimo sljedeću definiciju: "Industrija 4.0 je digitalna industrijska transformacija koja se temelji na automatizaciji, razmjeni podataka, kiberfizičkim sustavima, robotima, umjetnoj inteligenciji, internetu stvari (IoT), 3D ispisu, nanotehnologiji, biotehnologiji, znanosti o materijalima, skladištenju energije, autonomnim vozilima i autonomnim industrijskim tehnikama napravljenim za proizvodnju pametnih industrija. Oznaka 4.0 znači da se Četvrta industrijska revolucija može smatrati nasljednicom ranijih triju industrijskih revolucija koje su uvelike poboljšale ljudsku produktivnost i ljudske živote diljem svijeta" (Družić & Basarac Sertić, 2018; WEF, 2020). Time postavljamo temeljni odnos kojim će se ovaj rad baviti, a to je odnos tjelovježbe i suvremenosti.

1. 1. Rekreativno tjelesno vježbanje

Nedostatak fizičke aktivnosti i premalo vježbanja predstavljaju ključne faktore rizika za nastanak kroničnih bolesti, a broj smrtnih slučajeva povezanih s nedostatkom fizičke aktivnosti premašuje pola milijuna godišnje (WHO, 2020). Prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), odrasli bi trebali provoditi barem 150 minuta aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta ili 75 minuta aerobne aktivnosti visokog intenziteta tjedno. Fizička aktivnost, prema Caspersenu, Powellu i Christonsenu (1985), obuhvaća svaki pokret tijela koji izvode skeletni mišići i koji troši energiju, a klasificira se prema intenzitetu vježbanja u aktivnosti niskog (LI), srednjeg (MI) i visokog/žustrog intenziteta (HI). Lansley, DiMenna i Bailey (2011) navode da redovita fizička aktivnost smanjuje rizik od bolesti (WHO, 2010) te igra značajnu ulogu u poticanju tjelesnog razvoja i jačanju fizičke kondicije, poboljšava metabolizam tijela (Kahn, Ramsey i Brownson, 2002), dok je umjerena fizička aktivnost učinkovita i u prevenciji te regulaciji mentalnog zdravlja adolescenata (Biddle i sur., 2019).

Trenutne američke smjernice tjelesne aktivnosti, isto kao i WHO, preporučuju najmanje 150-300 minuta tjedno vježbanja umjerenim intenzitetom ili 75-150 min tjedno aerobne tjelesne aktivnosti žustrog intenziteta (Ministarstvo zdravstva i socijalnih usluga SAD-a), ali malo pojedinaca ispunjava ove smjernice (Tucker, Welk i Beyler, 2011). Prema Američkom koledžu sportske medicine (ACSM) (Garber i sur., 2011), odrasli trebaju provoditi barem pet dana u tjednu u aktivnosti umjerenog intenziteta (64-76% maksimalnog broja otkucaja srca [%HRmax] ili 40-59% rezerve otkucaja srca [%HRR]), s preporučenim trajanjem od 30 minuta dnevno, što iznosi ukupno 150 minuta tjedno. Kako bi se zadovoljili minimalni standardi za zdravu tjelesnu aktivnost, potrebno je razvijati nove oblike vježbanja koji će biti privlačniji širem krugu ljudi. Motivacija igra ključnu ulogu u započinjanju, održavanju, ali i odustajanju od vježbanja (Rivera-Torres i sur., 2019). Thin, Brown i Meenan (2013) otkrili su da dugoročno sudjelovanje u tjelesnim aktivnostima povećava one vrste vježbanja koje ljudi doživljavaju kao ugodne. Osjećaj ugone upravo je jedan od ključnih faktora tijekom vježbanja. Brojni dokazi to posebno potvrđuju kod djece školske dobi i adolescenata u rasponu od 9 do 20 godina. Veće uživanje dovodi do povećane motivacije, što se odražava na veću tjelesnu aktivnost, a time i na bolje zdravlje i uspjeh u školi. Jedna studija pokazala je da su tjelesno aktivniji učenici uspješniji u školskom životu (Guixeres i sur., 2013).

Tjelesna aktivnost pokazala se učinkovitim načinom za smanjenje rizika od nezaraznih bolesti poput kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2 (Lee i sur., 2012), kao i za poboljšanje mentalnog zdravlja (Blondell, Hammersley-Mather i Veerman, 2014; Warburton, Nicol i Bredin, 2006). Također, visoka razina aerobne kondicije korisna je za očuvanje izvršnih funkcija, poput promjene mentalnog sklopa, ažuriranja informacija i inhibicije prepotentnih odgovora (Miyake i sur., 2000), što tjelesnu aktivnost čini još važnijom i kod mlađih i kod starijih odraslih osoba (Hyodo i sur. 2016; Themanson, Pontifex i Hillman, 2008; Weinston i sur., 2012; Kuwamizu i sur., 2021). Unatoč tome, prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, oko 25% odraslih i 80% adolescenata širom svijeta ostaje neaktivno, što predstavlja ozbiljan zdravstveni izazov. Situaciju je dodatno pogoršala pandemija COVID-19 koja je prisilila ljude na socijalnu distancu i samoizolaciju (Ammar i sur., 2021). Za vrijeme nedavne globalne pandemije većina ljudi je provodila vrijeme u izolaciji bivajući u zatvorenim prostorima. U takvom se okruženju moderan čovjek nalazi sve češće, a pandemija COVID-19 dodatno je osvijestila potrebu za snalaženjem i egzistencijom unutar vlastita četiri zida. Uzevši u obzir sve navedene benefite tjelesne aktivnosti, postavlja se pitanje kako ih osoba koja većinu vremena provodi kod kuće može i ostvariti. Naravno, nakon što je pandemija završila, život se vratio „na staro“, ali promjene koje svakodnevno uočavamo, a koje su se kristalizirale nakon

pandemije, konstantno osvještavaju prekretnicu u načinu čovjekova življenja. Na to se nadovezuje iduća problematika različitosti čovjekovih ličnosti, što je veliko i kompleksno područje i nije tema ovog rada, ali važno je spomenuti podjelu ličnosti na ekstroverte i introverte. Ekstroverti i introverti predstavljaju dvije vrste ličnosti koje su detaljno razrađene u Myers-Briggsovoj psihološkoj teoriji (1998), adaptiranoj iz Jungove teorije (1953). Ekstroverti su obično društveni, otvoreni, energični i uživaju u pažnji drugih, dok su introverti skloniji povučenosti, rezerviranosti i sramežljivosti, te preferiraju provoditi vrijeme sami (Evans, 2023). Sama činjenica da postoji profil ljudi koji preferiraju svoje vrijeme provoditi odvojeni i „sigurni“ od svijeta upućuje na važnost njihova postojanja, zbog čega je od velike važnosti pružiti mogućnost benefita vježbe i takvom tipu osoba. Tu se u priču uključuje rastuća tehnologija virtualne stvarnosti.

1. 2. Virtualna stvarnost

Virtualna stvarnost (engl. *virtual reality* - VR) revolucionarna je tehnologija koja uranja korisnike u alternativne stvarnosti angažirajući njihova osjetila na potpuno nove načine. Može nas prenijeti u čarobne svjetove nalik crtiću ili udaljene lokacije diljem svijeta i svemira, nudeći iskustva daleko izvan dosega tradicionalnih medija poput slika, filmova ili videoigara. U tim virtualnim svjetovima možemo čak i komunicirati s drugima, bilo u realističnom ili potpuno umjetnom okruženju.

Unatoč svom obećanju, VR je imao svoj dio neuspjeha. Početkom 1990-ih došlo je do značajnog interesa za tu tehnologiju, ali ona nije ispunila očekivanja, uglavnom zbog visokih troškova i ograničene dostupnosti potrebne opreme. Međutim, nedavni napredak, posebno onaj koji proizlazi iz industrije pametnih telefona, doveo je do razvoja jeftinih, prijenosnih VR naočala visoke rezolucije, što je ponovno potaknulo interes.

Od 2014. velike tehnološke tvrtke uložile su milijarde dolara u izgradnju robusnog VR ekosustava koji obuhvaća umjetnost, komunikaciju, zabavu, produktivnost i društvenu interakciju. Ovaj preporod također je nadahnuo novi val tehnologa (uključujući *online* zajednice hakera, kreatora i studenata) koji doprinose svježim idejama, pokreću start-upove i potiču inovacije u tom području. Razvoj tehnologije doveo je do stvaranja nekoliko različitih varijacija virtualne stvarnosti, pa tamo postoji termin proširene stvarnosti (engl. *augmented reality* - AR) i mješovite stvarnosti (engl. *mixed reality* - MR)

Proširena stvarnost je tehnologija koja preklapa digitalne informacije - kao što su slike, zvukovi ili drugi podaci - na stvarni svijet u stvarnom vremenu. Za razliku od virtualne stvarnosti koja uranja korisnike u potpuno virtualno okruženje, AR unaprjeđuje fizički svijet dodavanjem

virtualnih elemenata koji su u interakciji s okolinom. Primjeri AR-a uključuju aplikacije koje vam omogućuju da vidite digitalna stvorenja u vašem okruženju (kao što je *Pokémon GO*) ili pametne naočale koje prikazuju informacije prekrivene onim što vidite u stvarnom svijetu.

Mješovita stvarnost je tehnologija koja spaja fizički i digitalni svijet, omogućujući interakciju i suživot stvarnih i virtualnih elemenata. MR nadilazi AR ne samo preklapanjem digitalnog sadržaja sa stvarnim svijetom, već i sidrenjem i integracijom tog sadržaja tako da komunicira s okolinom u stvarnom vremenu. Na primjer, u MR-u, virtualni objekt može se postaviti na fizički stol i ostati fiksiran dok se krećete, čak i reagirajući na uvjete osvjetljenja i fizičke prepreke. To stvara impresivnije iskustvo u kojem su granice između fizičkog i digitalnog svijeta zamagljene. Virtualna stvarnost je tehnologija koja stvara računalno generirano okruženje s kojim korisnici mogu komunicirati na naizgled stvaran ili fizički način. Korištenjem specijaliziranih uređaja kao što su VR naočale, korisnici se prenose u potpuno virtualni svijet u kojem se njihova osjetila - prvenstveno vid i zvuk - stimuliraju kako bi se osjećali kao da su zapravo prisutni u tom okruženju. Za razliku od proširene stvarnosti (AR) ili mješovite stvarnosti (MR), koji kombiniraju stvarni i virtualni svijet, VR u potpunosti zamjenjuje korisnikovu okolinu digitalnom simulacijom, nudeći iskustva u rasponu od igara i simulacija do obrazovnih aplikacija.

Kako se VR nastavlja razvijati, razlike između VR-a, proširene stvarnosti (AR) i mješovite stvarnosti (MR) postaju sve manje izražene. Te se tehnologije sve više integriraju u slične uređaje, što dovodi do usvajanja pojma proširena stvarnost (engl. *extended reality* - XR) za opisivanje ove konvergencije. VR ekosustav neprestano raste, a specifične aplikacije poput obuke u industriji brzo se šire. Ključni izazov koji ide naprijed je razvoj naprednog hardvera posebno dizajniranog za VR, primarno u području vizualnih zaslona, kako bi se dodatno poboljšalo uranjajuće iskustvo (LaValle, 2023).

1. 3. Aktivne videoigre

Svijet videoigara značajno je narastao u proteklih nekoliko godina, postajući sve privlačniji oblik zabave (Thin, Brown i Meenan 2013). Konzumira ga 53% populacije u Europi i 58% stanovništva u Sjedinjenim Američkim Državama (Polechoński, Dębska i Dębski 2019). Iako većina videoigara ne zahtijeva fizički angažman igrača, sve veći interes izazivaju igre koje uključuju tjelesnu aktivnost, poput aktivnih videoigara (engl. *exergames*) (Garcia i sur., 2016; Peng, Lin i Crouse 2011), u kojima je cilj igre izvršavanje fizičkih pokreta koristeći vlastito tijelo. Aktivne videoigre mogu biti inovativan alat u promociji zdravlja, koji zamjenjuje sjedilačku zabavu aktivnijim vremenom čime stimulira zdravstvene benefite.

Aktivne video igre (AVG) nastaju odvojeno od tehnologije virtualne stvarnosti. Jedna od prvih igara je bila *Dance Dance Revolution (DDR)* (Konami Digital Entertainment, Redwood City, CA). Istraživači su već u ranim fazama razvoja AVG-ova uočili njihov potencijal u promociji tjelesne aktivnosti. Jedno od prvih istraživanja u ovom području je pokazalo da je povećana potrošnja energije 10-godišnjaka za vrijeme igranja DDR-a na razini sličnoj hodanju niskog do umjerenog intenziteta (2,4 km/sat). (Lanningham-Foster i sur., 2006). Što je još važnije, potrošnja energije tijekom DDR-a bila je 172% veća nego pri gledanju televizije ili igranju tradicionalnih videoigara sjedeći. Idući komercijalno dostupan sustav aktivnih videoigara, *Nintendo Wii* (Nintendo, Redmond, WA), omogućio je pojedincima igranje simuliranih sportskih igara i drugih aktivnosti pomoću ručnih senzora pokreta. Ovakav napredak je ključan jer je kasniji razvoj tehnologije integrirao ručne pokrete s VR naočalama, što je dovelo do stvaranja aktivnih videoigara i u ovom području.

1. 4. Potencijal aktivnih videoigara i metodološka ograničenja istraživanja

Aktivne videoigre predstavljaju novu opciju za poticanje umjerene do žustre tjelesne aktivnosti (MVPA), posebno u razdobljima socijalne izolacije poput pandemije COVID-19, kada su tradicionalne metode tjelesne aktivnosti (poput trčanja na otvorenom, teretane, osobnih satova joge i biciklizma) često nepristupačne ili predstavljaju dodatni rizik od zaraze. U usporedbi s konvencionalnim metodama, AVG-ovi izazivaju veću razinu motivacije i angažmana, potičući osjećaj uranjanja, kontrole i ovladavanja igrom (Staiano, Adams i Norman, 2019; Yee, 2006; Ryan, Rigby i Przybylski, 2006). Ovi aspekti, zajedno s osjećajima kompetentnosti i autonomije, ključni su za održavanje motivacije pri igranju videoigara (Staiano i sur., 2019; Ryan i sur., 2006).

Tijekom protekla dva desetljeća AVG-ovi su se značajno razvili, a spajanje s VR tehnologijom stvorilo je novu platformu za aktivno igranje (Costa i sur., 2019). VR omogućuje igračima potpuno uranjanje u računalno generiran svijet putem naprednih digitalnih naočala koje pružaju slikovni i zvučni ulaz (Furht, 2008). VR može biti AVR – aktivna virtualna stvarnost, koja zahtijeva pokrete donjeg dijela, gornjeg dijela ili cijelog tijela, ili SVR – sjedilačka virtualna stvarnost, koja zahtijeva samo pokrete prstiju. To će vjerojatno rezultirati različitim razinama tjelesne aktivnosti. Ova tehnologija može poboljšati iskustvo igranja u odnosu na ne-VR postavke, izazivajući veći osjećaj uranjanja, protoka, pozitivnog utjecaja i empatije, uz istovremeno smanjenje negativnog utjecaja (Christensen i sur., 2018). Takvi aspekti mogu povećati angažman u igri i vrijeme provedeno u MVPA, osobito kod igrača koji koriste AVR.

Imerzivni VR omogućuje igračima interakciju u stvarnom vremenu s virtualnim objektima i avatarima (Pasco, 2013). Međutim, ovo potpuno uranjanje može izazvati mučninu zbog neusklađenosti između vizualnog i vestibularnog sustava, što može smanjiti angažman u igri (Yates, Miller i Lucot, 1998; Faric i sur., 2019). Za preciznije mjerenje aktivnosti izazvane AVG-om, preporučuje se korištenje višesenzorskih metoda, kao što su akcelerometri i mjerenje otkucaja srca, kako bi se poboljšala valjanost MVPA mjerenja tijekom igre, osobito u VR okruženju (Strath i sur., 2013).

Osim tjelesnih benefita, AVG može pružiti i kognitivne prednosti, kako kod zdravih odraslih osoba, tako i kod djece (Gao i Mandryk, 2012; Best, 2012). Kognitivne performanse, koje su ključne za profesionalni učinak i funkcionalnost u svakodnevnom životu, prirodno opadaju i povezane su s nizom komorbiditeta povezanih sa starenjem (van Hooren i sur., 2007). Stoga, aktivnosti koje potiču kogniciju, poput AVG-ova, mogu pomoći u ublažavanju ovog prirodnog kognitivnog pada kod starijih osoba i spriječiti njegov nastanak kod mlađih (Stanmore i sur., 2017). Studije također pokazuju da AVG može pružiti koristi za fokus i koncentraciju koje su usporedive s onima koje pružaju vježbe na traci za trčanje, ali s nižim razinama napora i većim osjećajem zabave. Usporedba desktop igara s imerzivnom sjedilačkom virtualnom stvarnošću (SVR) pokazala je da potonja donosi veće koristi za radnu memoriju (Gabana i sur., 2017), što sugerira da bi kombinacija imerzivnog VR-a i vježbanja mogla dodatno poboljšati kognitivne performanse.

Literatura pokazuje da AVG-ovi mogu donijeti zdravstvene koristi poput poboljšanja tjelesne kondicije i gubitka težine (Gao i Chen, 2014; Benzing i Schmidt, 2018). Dosadašnja istraživanja često su se fokusirala na učinke AVG-ova na smanjenje tjelesne težine, pri čemu su značajna smanjenja težine i indeksa tjelesne mase zabilježena nakon programa tjelesne aktivnosti temeljenih na AVG-ovima (Staiano i sur., 2018; Foley i sur., 2014). Stoga se AVG-ovi smatraju inovativnim i privlačnim alatom za poticanje tjelesne aktivnosti, osobito među osobama s prekomjernom tjelesnom težinom. Ključno je procijeniti utrošak energije tijekom igranja AVG-ova kako bi se razumio intenzitet aktivnosti koji se može postići. Prema sustavnom pregledu, razine utroška energije kretale su se između 2,0 i 5,0 metaboličkih ekvivalenata zadataka (MET). Drugi pregledni članak izvijestio je da su igre izazvale utrošak energije od 3 MET-a ili više, što odgovara tjelesnoj aktivnosti umjerenog intenziteta. Ove studije, koje su obuhvatile mlade do 18 ili 21 godinu, temeljile su procjene utroška energije na neizravnoj kalorimetriji (Biddiss i Irwin, 2010; Barnett, Cerin i Baranowski, 2011). Većina istraživanja provedena je u laboratorijskim uvjetima. S obzirom na to da AVG-ovi iskorištavaju interes mladih za videoigre

i potrebu za povećanjem tjelesne aktivnosti (Gao i Chen, 2014), oni mogu biti učinkovit alat za promicanje aktivnijeg načina života.

Iako se na prvu čini jednoznačno, velik broj literature i dalje prikazuje neznčajne rezultate kada je u pitanju odnos između VR-a i tjelovježbe. Tehnologija brzo napreduje, što znači da se neprestano mijenja. Velik broj istraživanja je rađen na sad već zastarjelim sustavima, zbog čega je potrebno stalno osvježavanje spoznaja. Također, naišli smo na izrazito malenu količinu literature u ovom području koja je pisana na hrvatskom jeziku. Jedan od ciljeva ovog rada je približiti aktualno stanje VR-a inertnoj kineziološkoj struci. Ovim sustavnim pregledom i meta-analizom želimo na temelju strukturiranog i iscrpnog građenja dokaza odgovoriti na jednostavno pitanje „ima li smisla?“. Rezultati i zaključci ovog rada pomoći će nam u budućoj argumentaciji za koju želimo da ide u pozitivnom smjeru kada je riječ o VR-u. Također, u potpunosti razumijemo i poštujemo otpor kojeg će određen broj ljudi imati prema VR-u. Nije nam cilj rušiti utvrđene postulate, nego isključivo ispitati nove mogućnosti da, kada se jednog dana nađemo u situaciji u kojoj nam se pruža mogućnost korištenja VR-a, izbjegnemo floskule. Točno je da su autori ovo područje već istraživali, doduše znatno manje nego neka druga područja struke, i da se odgovor i bez čitanja može anticipirati, ali kako je riječ o diplomskom radu, oprostite mi ponavljanje.

Važno je napomenuti heterogenost metoda koje su razni autori primjenjivali u svojim istraživanjima, a koja se primijetila već u preliminarnom presjeku literature. Budući da je riječ o širokom zajedničkom području kretanja i tjelesne aktivnosti, postoji šarolika mogućnost izbora pri mjerenju određenih parametara. Takvo metodološko ograničenje treba uzeti u obzir pri sagledavanju konteksta ovog preglednog rada.

2. PICO okvir, istraživački problem i hipoteze

Maleni broj istraživanja i rapidni razvoj VR tehnologije dovodi do potrebe za ispitivanjem njenih novih mogućnosti. Riječ je o tehnologiji koja je daleko od svojeg potpunog razvoja, stoga ukoliko bi već u ovom stadiju pokazala pozitivne učinke na tjelesnu vježbu, u budućnosti možemo očekivati jedino napredak. Cilj ovog rada je detaljno ispitati učinkovitost najnovijih metoda i programa VR tehnologije na učinkovitost tjelesnog vježbanja kod mladih. Točnije, zanima nas može li igranje raznih oblika aktivnih videoigara dovesti do dovoljnog fiziološkog stimuliranja kako bi se zadovoljile smjernice WHO-a i drugih zdravstvenih ustanova koje su istraživale potrebnu razinu tjelesnog vježbanja koja pozitivno utječe na zdravlje i prevenciju kardiovaskularnih bolesti.

Za postavljanje cilja i problema istraživanja u sustavnom pregledu literature potrebno je primijeniti tzv. PICO okvir/formulaciju znanstvenog pitanja (engl. *Patient/Population - Intervention - Comparison - Outcomes*). Na hrvatskom jeziku PICO okvir prevodimo kao "Sudionik-Intervencija-Usporedba-Rezultati" (Vičić Hudorović, 2020). Prema elementima PICO okvira postavljamo kriterije isključivanja i uključivanja, putem kojih određujemo koja istraživanja ulaze u našu statističku analizu. Ciljani ishodi mogu biti definirani usko ili široko, ovisno o predmetu istraživanja. Primjerice, možemo postaviti pitanje o učinku različitih vrsta VR-a na sveukupne tjelesne promjene ili se fokusirati na specifičnu vrstu intervencije i ispitati njezine učinke na pojedine procese, poput razine tjelesne aktivnosti.

Stoga smo prije postavljanja PICO okvira proveli preliminarni pregled literature kako bismo identificirali trenutno stanje u području tjelesne aktivnosti pri korištenju VR tehnologije te istražili potencijal virtualne stvarnosti u zadovoljavanju minimalne potrebe za umjerenim tjelesnim vježbanjem. U našoj analizi primarni cilj bio je pronaći istraživanja koja su imala jasno definiranu mjeru tjelesne aktivnosti za vrijeme korištenja VR tehnologije. Većina istraživanja su randomizirani kontrolirani pokusi, no prihvaćali smo i druge vrste studija ukoliko su zadovoljavale kriterije uključivanja određene temeljem PICO okvira (točan postupak opisan je detaljnije pod kriterijima za uključivanje i isključivanje). Odredili smo istraživački cilj i postavili sljedeće istraživačke probleme.

P1: Ispitati učinkovitost vježbanja za vrijeme korištenja VR tehnologije kod zdravih mladih osoba.

H1: Aktivne VR videoigre mogu stimulirati zadovoljavajuću razinu tjelesnog vježbanja prema smjernicama svjetskih zdravstvenih organizacija.

P2: Ispitati doživljaje ispitanika za vrijeme korištenja VR tehnologije.

H2a: Aktivne videoigre mogu prouzročiti veću ugodu i veću motivaciju pri korištenju u odnosu na tradicionalan način vježbanja.

H2b: Zbog brojnih vizualnih i zvučnih podražaja, osjećaj umora i intenziteta vježbanja bit će manji kod aktivnih VR igara u usporedbi s tradicionalnim načinom vježbanja.

3. Metoda/Postupak

3.1. Pretraživanje literature, identifikacija i odabir istraživanja

Za svrhovito i strukturirano pretraživanje literature, slijedile su se PRISMA (engl. *The Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) preporučene smjernice za izvještavanje u sistematskim pregledima i meta-analizama (Page i sur., 2021), s ciljem pronalaska svih relevantnih istraživanja. U procesu prikupljanja radova za izradu baze podataka korišteni su sljedeći izvori: SCOPUS, Web of Science, PubMed i SPORTDiscus, uz primjenu ključnih riječi: (*"virtual reality" OR "virtual environment" OR "immersive virtual environment" OR "immersive virtual reality" OR "VR" OR "AR" OR "IVR" OR "augmented reality" OR "mixed reality" OR "MR" OR "XR" OR "extended reality" OR "semi-immersive virtual environment") AND (exercise OR "physical activity" OR "physical fitness" OR training OR "video exercise" OR "virtual high-intensity training" OR "active gaming" OR "exercise games" OR "fitness games") AND ("health-oriented physical activity" OR "heart rate" OR "intensity of physical activity" OR "energy expenditure" OR "intensity" OR "extensity" OR "volume") AND ("randomized controlled trial" OR „RCT“ OR "non-randomized clinical trial" OR „NRCT“ OR "pre-post stud*" OR "controlled trial" OR "clinical trial" OR intervention OR random* OR "before-and-after stud*" OR "CBA") NOT ("older adults" OR "old people" OR "older people" OR "elderly" OR "seniors" OR "geriatrics") NOT ("patient*" OR "rehabilitation" OR "surgery").*

Literatura je pretraživana do travnja 2024. godine. Uvršteni su radovi objavljeni od 2018. do 2024. godine kako bi ostali u toku suvremenosti. Također, uvršteni su samo radovi na engleskom jeziku. Cjeloviti proces prikupljanja i selekcije istraživanja proveo je autor rada, uz smjernice mentora doc. dr. sc. Darka Katovića. Zbog lakše organizacije istraživanja korišten je program otvorenog koda *Zotero*.

3. 2. Kriteriji uključivanja i isključivanja

Kako bi se osigurao kvalitetan sustavni pregled literature, cijeli proces odabira istraživanja mora se temeljiti na unaprijed definiranim kriterijima za uključivanje i isključivanje. Ovaj korak slijedi nakon preliminarnog pregleda literature, a služi za izradu PICO okvira pomoću kojeg odabiremo ključne riječi za pretraživanje literature. Kriteriji za uključivanje i isključivanje primarnih istraživanja u ovom radu bili su sljedeći:

Sudionici: U analizu su uključeni radovi čiji su sudionici: (a) odrasle mlade osobe, u okvirnom rasponu 18-35 godina, i (b) zdrave osobe na kojima nije proveden određeni rehabilitacijski

tretman. Isključili bi istraživanja sa sudionicima koji (a) imaju više od 40 godina i (b) ukoliko su sudionici imali bilo kakvu kliničku dijagnozu na koju bi se pomoću primjene virtualne stvarnosti pokušalo djelovati.

Intervencija: Istraživanja su uključena ako se koristio (a) bilo kakav oblik kretanja pojedinca uronjenog u virtualnu stvarnost. VR ima mnogo inačica i primjena, stoga kako bi istraživanje prošlo selekcijski kriterij, bilo je potrebno da se entitet kreće dok nosi naočale pomoću kojih uranja u VR. Istraživanja su također morala sadržavati (b) određeni oblik mjere količine tjelesne aktivnosti. Isključena su istraživanja koja (a) nisu imali mjeru količine tjelesne aktivnosti i (b) u kojima se nije koristila aparatura VR-a.

Usporedba: Uključili smo (a) randomizirane kontrolirane pokuse koji su imali jednu ili više usporednih skupina i (b) bilo koji tip istraživačkog rada koji je imao jasnu varijablu količine tjelesne aktivnosti. Isključili smo istraživanja koja su (a) bili pregledni radovi i (b) koji nisu imali jasno definiranu mjeru količine tjelesne aktivnosti.

Rezultati/Ishodi: Primarni ishod naše analize je usporedba količine tjelesne aktivnosti sa svjetskim smjernicama za potrebnu količinu tjedne tjelesne aktivnosti kako bi se zadovoljio kriterij rekreativnog tjelesnog vježbanja, stoga su uključena istraživanja (a) iz kojih se jasno mogla iščitati količina tjelesne aktivnosti za vrijeme bivanja u virtualnoj stvarnosti, bilo da je izraženo kroz vremensko trajanje intervencije, maksimalni otkucaj srca, maksimalni primitak kisika ili u MET jedinici količine tjelesne aktivnosti. Isključena su istraživanja koja (a) nisu imaju jasno izmjerenu količinu tjelesne aktivnosti.

Nadalje, specifični kriteriji uključivanja bili su: a) istraživanja objavljena u recenziranim časopisima; b) studije provedene na ljudima; c) dostupnost cjelovitog teksta rada; d) studije napisane na engleskom jeziku.

Kriteriji isključivanja uključivali su: a) studije koje ne pružaju dovoljno podataka o korištenju VR tehnologije u kontekstu tjelesne aktivnosti; b) radovi koji nisu recenzirani ili su u obliku sažetaka konferencija.

3.3. Kodni plan

Tijekom faze planiranja istraživanja, izrađen je kodni plan koji uključuje standardizirani skup podataka prikupljenih u svim sustavnim pregledima literature i meta-analizama, kao i određene specifične podatke povezane s područjem na kojem se provodi meta-analiza. Prikupili smo sljedeće informacije:

3.3.1. Karakteristike istraživanja

Uključeni su: autor i godina publikacije, veličina uzorka (broj sudionika u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini) i vrsta kontrolne skupine.

3.3.2. Karakteristike intervencije

Uključeni su: aparatura potreba za provedbu mjerenja, dužina i trajanje intervencije, vrsta VR-a, vrsta i opis VR programa.

3.3.3. Karakteristike sudionika

Uključeni su: aritmetičke sredine i standardne devijacije njihove dobi, zdravstveni status.

3.3.4. Karakteristike glavnog ishoda istraživanja

Za potrebe meta-analize uključeni su: veličine uzorka, aritmetičke sredine i standardne devijacije mjera tjelesne aktivnosti korištenih u svakoj pojedinoj studiji u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini, pomoću kojih se izračunava veličina učinka učinkovitosti intervencija.

S obzirom na specifičnosti i različitosti između istraživanjima, kako bi odgovorili na istraživačko pitanje koje promatra odnos tjelesne aktivnosti za vrijeme korištenja tehnologije VR-a, u početku smo odlučili kvantitativno potvrditi uvriježena načela. Uostalom, nismo imali drugog izbora jer smo naišli na takve rezultate. Odvojili smo stoga ovaj rad u dva dijela, kvantitativnu i kvalitativnu analizu. Proveli smo dvije zasebne meta-analize kako bi istražili dva odnosa: 1) odnos između tjelesne aktivnosti unutar VR-a i one izvan, smatrane tradicionalnom; i 2) odnos između aktivnog i pasivnog VR-a. Na temelju dobivenih rezultata formirali smo argumentaciju u kvalitativnom presjeku istraživanja. Glavni cilj nije bio usporediti tjelesnu aktivnost između VR-a i vježbanja bez VR-a, nego izolirati prvo s ciljem usporedbe s fiziološkim parametrima. Zbog toga su iz svakog istraživanja primarno izvađene mjere tjelesne aktivnosti i, ukoliko je istraživanje to navelo, odnos sa smjernicama za preporučenu količinu tjelesne aktivnosti. Također su izvađene popratne mjere koje su se u gotovo svim istraživanjima odnosile ne ispitanikov unutrašnji odnos s vježbanjem u VR-u, primjerice osjećaj zadovoljstva ili percipiranog umora.

Uključena istraživanja su različita, stoga je primarni fokus ovog rada na kvalitativnoj analizi u kojoj iz širokog spektra informacija i iz svakog istraživanja vadimo mjeru tjelesne aktivnosti te ju uspoređujemo sa svjetskim smjernicama za preporučenu količinu tjelesne aktivnosti koja potiče zdravstvene benefite. Meta-analiza prema tome služi kao potvrda određenih zakonitosti, na čijem temelju promatranje razine tjelesne aktivnosti u VR-u ima učvršćene temelje.

3.4. Procjena rizika od pristranosti

Procjena rizika od pristranosti (engl. *risk of bias assessment*) uključenih primarnih istraživanja ključna je faza u svakom sustavnom preglednom radu i meta-analizi. Randomizirana kontrolirana istraživanja nisu uvijek jednako kvalitetna, stoga nedostaci u njihovom izvođenju, strukturi, analizi podataka i izvještavanju mogu rezultirati netočnim rezultatima i pogrešnim zaključcima o istraživanim intervencijama (Higgins i Thomas, 2019). Za ovu svrhu koristi se nekoliko sredstava. Revidirani Cochraneov alat za procjenu rizika od pristranosti (engl. *Cochrane Risk of Bias Tool - RoB 2*) je poboljšani alat koji ima za cilj unaprijediti i standardizirati procjenu rizika od pristranosti u RCT-ovima uključenima u sustavne pregledne radove i meta-analize (Higgins i Thomas, 2019). Ovo sredstvo uključuje pet domena pristranosti: pristranost u procesu randomizacije, odstupanja od planiranih intervencija, nedostatak podataka o ishodu, mjerenje ishoda i selektivno izvještavanje o rezultatima. Rezultati procjene RoB 2 alatom sastoje se od ukupne procjene rizika od pristranosti kao i rezultata za svaku pojedinu domenu, a izraženi su u tri kategorije: niska, srednja i visoka pristranost. Pristranost u objavljivanju (engl. *publication bias*) jedna je od najčešćih pristranosti, a odnosi se na veću vjerojatnost da će radovi s pozitivnim rezultatima biti objavljeni, dok se istraživanja s negativnim rezultatima rijetko objavljuju. Tijekom izvođenja meta-analize pridržavamo se određenih smjernica, kao što su PICO okvir za kreiranje plana sustavnog pretraživanja literature i PRISMA smjernice. Međutim, čak i pri najtemeljijim pretraživanjima, ne možemo uvijek identificirati sva relevantna istraživanja u određenom području. Već od početka modernih meta-analiza, prisutan je problem pristranosti u objavljivanju, poznat i kao "file drawer problem" (Rosenthal, 1979), koji može značajno utjecati na rezultate meta-analize. Stoga je važno prilagoditi rezultate meta-analize kako bi se u obzir uzela moguća pristranost u objavljivanju. Zbog svega navedenog, koristit ćemo tzv. sigurno neznačajni test N (engl. *Fail Safe N*), dijagram lijevka (engl. *funnel plot test*) i oduzmi–i-dodaj metodu (engl. *Duval and Tweedie's Trim & Fill procedure*), kako bismo rezultate meta-analize korigirali za pristranost u objavljivanju (Mikolajewicz i Komarova, 2019).

3.5. Statistička analiza i obrada podataka

Svrha meta-analize je statistički objediniti rezultate pojedinačnih istraživanja. No, da bi takva integracija bila izvediva, potrebno je izračunati ishode za svako istraživanje na način koji omogućuje njihovo objedinjavanje. U društvenim i humanističkim znanostima često se izvještava o istim ishodima i konceptima koristeći različite mjere, instrumente i metode mjerenja (Cuijpers, 2016). Kako bismo standardizirali rezultate tih instrumenata te omogućili

sintezu i usporedbu istraživanja, koristimo standardizirane razlike aritmetičkih sredina (SDM), poznatije kao Cohenov d (Cohen, 1988) i 95%-tni interval pouzdanosti (95% IP), s donjom i gornjom granicom tog intervala. Cohenov d je razlika između srednjih vrijednosti intervensijske (eksperimentalne) i kontrolne (usporedne) skupine, podijeljena s objedinjenim standardnim devijacijama intervensijske i kontrolne skupine (Cuijpers, 2016). Cohenov d je standardizirana mjera koja omogućava usporedbu sličnih varijabli, ali različitih mjernih jedinica. Opređijelili smo se za ovu metodu jer je već u preliminarnom pregledu radova bilo jasno da će heterogenost mjera tjelesne aktivnosti biti primarni problem u ovom sustavnom pregledu.

Za provedbu analize koristili smo *Comprehensive Meta-Analysis (CMA) v4 software* (Borenstein i sur, 2022). Ovaj program omogućuje provedbu analize prema dva statistička i logička modela: modelu slučajnih učinaka (engl. *random-effects model*) i modelu fiksnog učinka (engl. *fixed-effect model*). U ovoj meta-analizi odabiremo koristiti model slučajnih učinaka jer očekujemo visoku heterogenost rezultata iz nekoliko razloga. Prvenstveno, pretpostavljamo postojanje varijabiliteta u intervencijama i njihovim kontrolnim grupama te značajne razlike u mjernim instrumentima za razinu tjelesne aktivnosti. Odluka o korištenju ovog modela temelji se na spoznaji da naša primarna istraživanja nemaju istu veličinu učinka i da ne analiziramo nekoliko repliciranih istraživanja, već istraživanja koja, kao i većina u društvenim znanostima, imaju varijabilitete (kao što su razlike u intervensijskim programima i uvjetima provođenja intervencija) koje ne smijemo zanemariti.

Ovaj model primjenjuje se kada postoji univerzum populacija koje su predmet našeg interesa i možemo pretpostaviti da su studije uključene u analizu slučajni uzorak tih populacija. Rezultati naše analize bit će generalizirani na taj univerzum. Općenito, kada se studije za analizu prikupljaju iz literature, ovo je model koji bismo trebali koristiti jer omogućuje generalizaciju na univerzum usporedivih studija, što je obično naš cilj. Međutim, moramo biti svjesni ograničenja ovog modela kada ga koristimo na ovaj način. Konkretno, za ispravno funkcioniranje modela potreban je dovoljan broj studija kako bismo dobili pouzdanu procjenu tau-kvadrata, varijance između studija. Osim toga, iako možemo tvrditi da se rezultati odnose na univerzum usporedivih studija, možda nije sasvim jasno što taj univerzum uključuje (Borenstein, 2019; Borenstein et al., 2010; Borenstein et al., 2021; Hedges & Vevea, 1998; Higgins & Thomas, 2019).

Iz svih istraživanja, odabrana je varijabla koja najbolje opisuje tjelesnu aktivnost. Neka su istraživanja ponudila samo jednu, a neka i više različitih mjera TA. Osobnom procjenom odabrali smo onu koja se činila najprikladnijom. Nakon ekstrakcije aritmetičke sredine,

standardne devijacije i broja ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine, uvidjeli smo da se kontrolne skupine razlikuju između istraživanja, stoga su napravljene dvije meta-analize. Detaljan popis istraživanja i razmještaja nalazi se u Tablici 1. U prvoj meta-analizi, kontrolnu skupinu čini tradicionalni oblik tjelesnog vježbanja, osmišljen na način da što sličnije prati intervenciju eksperimentalne (VR) grupe. Drugim riječima, ispitanici u kontrolnoj grupi su vježbali bez VR opreme, onako kako smo naučili i kako se prirodno vježba. Takva je usporedba omogućila ispitivanje učinkovitosti TA u VR-u i pitanje pobuđuje li VR vježbanje fiziološke parametre bolje od tradicionalnog vježbanja. Ukupno je u prvu meta-analizu uvršteno šest istraživanja. U drugu meta-analizu uvršteno je četiri istraživanja, u kojima je kontrolna grupa koristila oblik statičnog VR-a ili je pasivno sjedila. Statične odnosno sjedilačke igre (SVR) pobuđuju vizualnu i kognitivnu sferu, ali ispitanik za vrijeme igranja sjedi i eventualno radi pomake rukama. U ovom odnosu se vidi razlika između vrsta VR igara, što će biti ključna točka našeg istraživanja. Spojili smo SVR i kontrolne grupe čija se intervencija svodila na sjedenje i mirovanje jer smo između njih pretpostavili mnogo sličnosti. Naime, iako igranje pasivnih videoigara iziskuje određene kognitivne i vizualne stimulacije, tijelo ispitanika gotovo u potpunosti miruje. Stoga smo učinkovitost aktivnih igara uspoređivali s pasivnim sjedenjem, bilo da je riječ o sjedilačkim igrama ili potpunom mirovanju. Dva istraživanja (Ochi, 2022; Perrin, 2019) uvrštena su u obje meta analize, ali su ovisno o potrebi korišteni podaci različitih kontrolnih grupa. Ova su istraživanja uspoređivala aktivno vježbanje uz VR tehnologiju s obje mogućnosti: tradicionalnim oblicima vježbanja i mirovanjem.

U radovima koji nisu uključeni u jednu od meta-analiza, rezultati kontrolne grupe nisu adekvatno zabilježeni ili kontrolne grupe u potpunosti nije bilo ($n = 4$). Rezultati tih istraživanja su detaljnije razrađeni u kvalitativnom presjeku i u Tablici 3. u Prilogu.

Primarni ishod (učinkovitost VR-a) je mjera tjelesne aktivnosti i izračunat je putem aritmetičke sredine, standardne devijacije i veličine uzorka. Ove indikatore koristili smo u izračunu Cohenovog d indeksa kao mjeru veličine efekta s 95% intervala pouzdanosti (IP). Veličina efekta izraženih u standardiziranim razlikama aritmetičkih sredina interpretirana je prema Cohen-u (1992), kao: mali efekt (0,2), srednji efekt (0,5) i veliki efekt (0,8) intervencije (Cohen, 1992). Veličina sažetog učinka naziva se srednjom veličinom učinka (a ne uobičajenom veličinom učinka) jer koristimo model slučajnih učinaka. Prema ovom modelu, stvarna veličina učinka varira od studije do studije, a naš je cilj procijeniti prosječnu vrijednost tih učinaka.

Također, koristili smo *I-squared* statistiku (I^2) za procjenu heterogenosti. Ova statistika pokazuje postotak ukupne varijance koji se može pripisati heterogenosti, pri čemu se vrijednosti kreću od 0% (nema heterogenosti) do 100% (sva razlika između veličina učinka može se

objasniti heterogenošću). Općenito, vrijednost od 25% ukazuje na nisku heterogenost, 50% na umjerenu, a 75% na visoku heterogenost (Higgins, 2003).

Nadalje, koristili smo Q-test za procjenu heterogenosti. Q-statistika testira nultu hipotezu da sve studije u analizi dijele zajedničku veličinu učinka. Kriterij alfa za ovaj test obično je postavljen na 0,1 kako bi se povećala vjerojatnost otkrivanja varijacija u učincima, s obzirom na to da Q-test često ima nisku statističku snagu. Iako Q-statistika i pripadajuća p-vrijednost pomažu u utvrđivanju prisutnosti varijacija među studijama, ne daju nam informacije o opsegu tih varijacija. Da bismo bolje razumjeli koliko se veličina učinka razlikuje između studija, koristimo interval predviđanja.

Za detaljniju analizu heterogenosti učinaka, koristimo Tau-kvadrat i interval predviđanja. Tau-kvadrat procjenjuje varijancu stvarnih učinaka između studija, dok interval predviđanja daje raspon u kojem se mogu nalaziti stvarni učinci u populaciji. Točnost intervala predviđanja ovisi o pretpostavkama kao što su normalna distribucija učinaka i preciznost procjena srednje vrijednosti i standardne devijacije. Ako interval predviđanja uključuje moguće štetne učinke, potrebno je provjeriti postoje li konkretni rezultati koji podupiru takav zaključak.

Različite statistike za analizu heterogenosti usmjerene su na različite aspekte: Q-test otkriva prisutnost varijacija, I-kvadrat procjenjuje omjer varijance koja se može pripisati stvarnim varijacijama u učincima naspram pogrešci uzorkovanja dok Tau-kvadrat pruža procjenu varijance stvarnih učinaka. Interval predviđanja pomaže nam razumjeti raspon učinaka i daje kontekst srednjoj veličini učinka. Ako interval uključuje učinke koji sugeriraju štetnost intervencije, važno je provjeriti postoje li stvarno uočeni učinci koji to podržavaju (Borenstein, 2019, 2020; Borenstein i sur., 2021; Borenstein i sur., 2017; DerSimonian i Laird, 1986, 2015; Higgins, 2008; Higgins i Thompson, 2002; Higgins i sur., 2003; Higgins i Thomas, 2019; IntHout i sur., 2016).

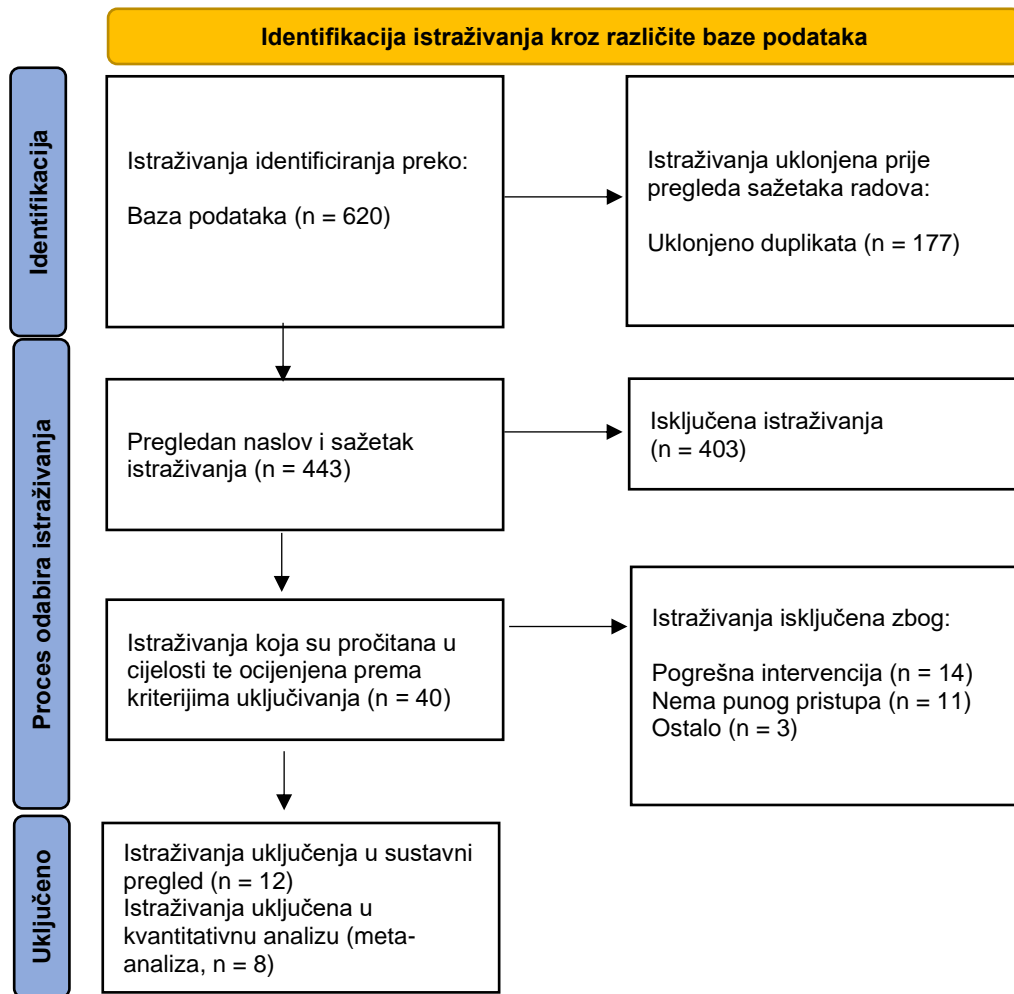
4. Rezultati

4.1. Odabir i uključivanje istraživanja

Sustavno pretraživanje literature provedeno je 15. ožujka 2024. godine sa sljedećim rezultatima: 314 članaka u Scopus-u, 44 članaka u PubMed-u, 223 članka u Web of Science-u i 39 članaka u SPORTDiscus bazi podataka. Sveukupno je u elektronički program otvorenog koda *Zotero* uvezeno 620 radova te je uklonjeno 177 duplikata. U prvom koraku, čitanjem sažetaka, isključili smo 403 istraživanja. Unatoč korištenju vrlo specifičnih ključnih riječi, obuhvatili smo mnogo radova koji nisu ispunjavali kriterije uključivanja. Većina isključenih istraživanja nije koristila virtualnu stvarnost, nije imala mjeru tjelesne aktivnosti ili je koristila VR u rehabilitacijske svrhe. Kada nismo bili sigurni sadrže li radovi korisne podatke, uključili bismo ih u drugi korak te pročitali u cijelosti. U drugom koraku, detaljno smo pročitali i ocijenili 40 istraživanja prema kriterijima uključivanja i isključivanja. Većina isključenih radova koristila je neodgovarajuću intervenciju ($k = 14$), nisu bili dostupni u otvorenom pristupu ($k = 11$) ili su isključeni zbog drugih razloga, poput neadekvatnog uzorka ($k = 3$).

Većina radova je odbačena zbog pogrešne intervencije. Nekoliko je radova za intervenciju koristila bicikl ergometar. Iako konkretna i validna metoda, odlučili smo takve radove izbaciti iz analize jer je cilj ispitati samostalno aktivne VR videoigre koje zahtijevaju pokretljivost čitavog tijela. Bicikl ergometar je trenažer na kojem se lako može dozirati opterećenje, zbog čega smo pretpostavili da će u odnosu s našim istraživačkim pitanjem davati pozitivne rezultate koji bi mogli zasjeniti VR programe koji potiču na pokret svojom unutrašnjom strukturom igre i motivacije. Također smo izbacili 3 rada koji su za intervenciju koristili popularnu mobilnu igru *Pokémon Go*. Zaključili smo da, iako je riječ o aktivnoj igri, previše se odvajava od ciljane intervencije. Iako smo ciljali na populaciju između 18-30 godina, uključili smo jedan rad (Polechonski, 2020) koji je ispitivao djelotvornost aktivnih VR igara na tjelesnu aktivnost pretila djece. Smatrali smo rad prikladnim, jer iako ispitujemo učinkovitost intervencije na zdravim i odraslim ljudima, pretila djeca pripadaju ciljanoj populaciji kojoj bi aktivne VR igre mogle biti zanimljive i privlačne u budućnosti. Spomenuti rad smo narativno opisali, ali ga nismo uključili u meta-analizu. Ciljali smo da uključeni radovi budu RCT-ovi no, zbog specifičnosti intervencije i ciljane mjere, uključivali smo radove koji su bili drugačijeg nacrta, ali s jasno definiranom i izmjerenom količinom tjelesne aktivnosti za vrijeme igranja VR igara. Sveukupno su dva takva rada (Zhang, 2023 i Polechonski, 2020). Konačno, 12 primarnih istraživanja uključeno je u analizu (Brito-Gomes, 2018; Ciazynska, 2022; Dolu, 2022; Lu, 2023; Mologne, 2022; Ochi, 2022; Perrin, 2019; Polechonski, 2020; Rubio-Arias, 2024; Sousa,

2021; Ulas, 2021; Zhang, 2023). Cijeli proces odabira studija ilustriran je na Slici 1., a detaljan popis uključenih radova, njihovih nacрта i uključenosti u meta-analizu nalazi se u Tablici 1.



Slika 1. PRISMA dijagram odabira istraživanja koji ilustrira algoritam pretraživanja i kriterij za odabir/uključenje istraživanja u svrhu izrade meta-analize.

4.2. Karakteristike uključenih istraživanja

Tablica 1. Karakteristike uključenih istraživanja ($k=12$)

Autor	Dizajn	Uzorak	Dob	Rizik od pristranosti	Intervencija	Rezultat	Zaključak	Meta analiza
Brito-Gomes 2018	RCT	n = 24 EG = 24; CG = 24	19,8 ± 2,0	Visok	AVG: 6 tjedana, triput tjedno po 30min	Bez značajnog pada SBP i DBP	Bez kardiovaskularnih benefita	Ne

Ciazynska 2022	RCT	n = 93 EG = 48; CG = 45	EG = 21,96 ± 2,76 CG = 22,25 ± 1,66	Nizak	AVG: 1 dan (2 + 30min)	RT: F(2,182) = 3,14, p = 0,046 MT: F(2,182) = 3,07, p = 0,049	Veća uronjenost u VR dovodi do poboljšanja MT i RT	Ne
Dolu 2022	RCT	n = 46 EG = 23; CG = 23	EG = 29,00 ± 6,13 CG = 27,69 ± 3,94	Srednji	Čučanj uza zid: inicijalno i finalno (tjedan dana razlike)	WS: in (p = 0,034); fin (p = 0,025) HR: in (p = 0,982); fin (p = 0,606)	VR grupe bolje u oba mjerenja, ali bez razlike u HR	Da (1)
Lu 2023	RCT	n = 36 EG = 18; CG = 18	EG = 23,0 ± 2,9 CG = 23,3 ± 2,7	Nizak	AVG: do samoinicijativnog prekida	MVPA(min): AVR vs SVR (p = 0,01); NAR vs NON-NAR (p = 0,35)	Aktivna VR učinkovita opcija promocije TA kod mladih odraslih osoba	Da (2)
Mologne 2022	RCT	n = 32 EG = 16; CG = 16	24 ± 4,0	Nizak	IVR: 12 tjedana, triput tjedno	HRV: EG vs CG (p = 0,001)	IVR AVG platforme mogu biti dodatna metoda rekreativnog vježbanja i treninga zdravstvenih benefita	Da (1)
Ochi 2022	ECT	n = 13 EG = 13; CG = 13	20,15 ± 3,05	Nizak	AVG: 10 minuta	Značajna povezanost između intervencije i vremena provedenog u žustroj TA (p<0,05)	VR aktivne igre povećavaju raspoloženje i dovode do zadovoljavajuće razine TA	Da (1,2)
Perrin 2019	RCT	n = 9 EG = 9; CG = 9	27 ± 5	Srednji	AVG: 1 igračka sesija	HR%: AVG vs AVGw (p = 0,079) EE: AVGw vs CG (p<0,001)	AVG ne zadovoljava uvjete rekreativnog tjelesnog vježbanja; HR nije dobra metoda mjere TA; dodavanje utega pozitivno utječe na ishod	Da (1,2)
Polechonski 2020	Pilot studija	n = 11	9,45 ± 1,35	Srednji	AVG: 15 min sesija	HR%: CD = 77,4 ± 9,8 %; TT = 83,3 ± 9,2 % (p<0,01)	Dovoljna razina TA	Ne
Rubio-Arias 2024	RCT ukrižen	n = 22	29,1 ± 7,8	Nizak	AVG: 30 min (BOX + BS)	HR%: BOX vs BS vs	Dovoljna razina TA	Da (1)

						CG (p<0,001)		
Sousa 2021	RCT ukrižen	n = 29	23,2 ± 2,1	Nizak	AVG: 20 min	MVPA: AVR vs SVR (p<0,001); AVR (hip+hr/2) = 4,88 ± 6,42 min	Dovoljna razina TA	Da (2)
Ulas 2021	RCT	n = 80 EG = 30; CG = 30	19,07 ± 0,57	Visoki	VR: 8 tjedana, triput tjedno, 30 min	VR vs TE: PAL (p = 0,003); AEC (p = 0,000); STEP (p = 0,000)	Tradicionalno vježbanje je učinkovitije, ali VR vježbanje zadovoljava potrebnu razinu aktivnosti	Da (1)
Zhang 2023	MCE i CA	n = 32 EG = 16; CG = 16	22,06 ± 2,47	Nizak	VR: 3 sesije 15 min (niska, srednja, visoka razina TA)	Broj trzaja odgovara razini TA	Dovoljna razina TA	Ne

Legenda: RCT – randomizirani kontrolirani pokus; ECT – eksploratorna ukrižena studija; MCE – miješani ukriženi eksperiment; CA – klaster analiza; EG – eksperimentalna grupa; CG – kontrolna grupa; AVG – aktivna videoigra; IVR – imerzivna (uranjajuća) virtualna stvarnost; VR – virtualna stvarnost; SBP – sistolički tlak; DBP – dijabolički tlak; WS – izdržaj u čučnju uz zid; HR – otkucaj srca; RT – vrijeme reakcije; MT – brzina pokreta; MVPA – umjerena do žustra tjelesna aktivnost; AVR – aktivna VR; SVR – sjedilačka VR; NAR – narativni element; HRV – varijabilnost otkucaja srca; TA – tjelesna aktivnost; HR% - omjer radnog i maksimalnog otkucaja srca; EE – utrošak energije; AVGW – dodatak opterećenja; CD – Core Defense AVG; TT – Travar Training OPS AVG; BOX – BoxVR AVG; BS – Beat Saber AVG; PAL – TA izražena u MET-ima; AEC – potrošnja energije; STEP – broj koraka); Da(1/2/1,2) – istraživanje uključeno u prvu/drugu/obje meta-analize.

Karakteristike istraživanja uključenih u meta-analizu opisane su u Tablici 1. i Tablici 3. u Prilogu. Ukupan broj ispitanika čiji su rezultati testiranja korišteni u meta-analizama je N=160, pri čemu je u prvoj meta-analizi uzorak ispitanika N=113, a u drugoj N=57.

Prosječna dob ispitanika najveća je u istraživanju Rubio-Arias (2024) koja iznosi 29,1 ± 7,8 godina. Jedino istraživanje u kojem su ispitanici mlađi od 18 godina je Polechonski (2020), čiji smo razlog uključivanja opisali u poglavlju *Odabir i uključivanje istraživanja*. Svi ispitanici su bili zdravi i dobrog fizičkog stanja, osim u istraživanju Polechonski (2020) koje je provedeno na pretiloj djeci.

Dvije najvažnije komponente za naš rad su virtualna stvarnost i tjelesna aktivnosti. Sva su uključena istraživanja (k = 12) koristila zaslon na glavi (engl. *head mounted display*) kako bi uronili ispitanika u VR. Najzastupljenija marka je *HTC Vive Pro* (k = 5), na drugom mjestu je *Oculus Quest* (k = 3), zatim *Samsung Gear* (k = 2) i na koncu *Xbox 360* i *OMNI* (k = 1). Zajednička vanjska komponenta VR naočala u svim radovima omogućila je unutrašnju usporedbu korištenih programa. Dva su istraživanja (Mologne, 2022 i Polechonski, 2020) išla

korak dalje i u intervenciju implementirala vanjski VR trener, što je dodatno utjecalo na sveukupni dojam ispitanika. Trajanje pojedine sesije bilo je relativno slično između svih istraživanja. Najkraća je sesija u radu Ochi (2022) koja je trajala 10 minuta. Sesije su najčešće trajale 15 ($k = 2$), 20 ($k = 1$) ili 30 ($k = 3$) minuta. Najduža je sesija od Mologne (2022) koja je trajala između 35-60 minuta. Dva istraživanja (Lu, 2023 i Perrin, 2019) su umjesto fiksnog vremena odlučili ostaviti ispitanicima da igraju „do kad požele“ (Lu, 2023) ili do kraja igračke cjeline odnosno do poraza (Perrin, 2019). U slučaju Lu (2023) sesija je prosječno trajala $24,9 \pm 11,2$ minuta, dok je u slučaju Perrin (2019) igračka sesija kod grupe bez dodatnog opterećenja iznosila 14,6 minuta, a u grupi s dodatnim utezima na rukama 14,7 minuta, tvoreći tako neznačajnu razliku između spomenutih grupa. Iako su pojedinačne sesije bile sličnog trajanja, cjelokupne intervencije su se podosta razlikovale. Najduža intervencija je trajala 12 tjedana sa sesijama triput tjedno (Mologne, 2022), zatim 8 tjedana sa sesijama triput tjedno (Ulas, 2021) i 6 tjedana također sa sesijama triput tjedno (Brito-Gomes, 2018). U ostalim istraživanjima provodile su se ili pojedinačne sesije ili nekoliko sesija, ovisno o nacrtu istraživanja i grupama ispitanika.

Za mjerenje razine tjelesne aktivnosti najčešće se koristila mjera razine otkucaja srca ($k = 7$) ili relativnog otkucaja srca ($k = 4$). Još jedna od značajnijih varijabli je broj trzaja ekstremiteta u minuti mjeren akcelerometrom ($k = 3$). Detaljan popis svih varijabli vezanih u tjelesnu aktivnost kroz sva uključena istraživanja kao i odabrana varijabla koja je uvrštena u meta-analizu za svako pojedino istraživanje nalazi se u Tablici 2.

Osim razine tjelesne aktivnosti, većina je radova ispitivala doživljaj, osjećaj i općenito dojam ispitanika za vrijeme aktivne VR sesije. Detaljan popis mjera i rezultata nalazi se u Tablici 3. pod stupcem *Dodatna mjera i rezultati*. Najčešće se ispitivala razina percipiranog umora ($k = 4$) i uživanje i motiviranost za vrijeme korištenja VR-a ($k = 4$). Ostale mjere koje su se ispitivale su iskustvo igranja ($k = 3$), percipirani intenzitet ($k = 2$), osjećaj nelagode ($k = 2$), kvaliteta sna ($k = 2$), kvaliteta semestra ($k = 1$) i razina anksioznosti ($k = 1$). U svim istraživanjima u kojima se ispitivala razina užitka i motiviranosti, VR grupe su ostvarivale značajno bolje rezultate, dok kod evaluacije percipiranog umora samo u istraživanju Ochi (2022) je umor percipiran jednako u VR i ne-VR skupinama. U svim ostalim istraživanjima je razina percipiranog umora manja kod skupina koje su koristile VR.

Tablica 2. Presjek varijabli tjelesne aktivnosti kroz uključena istraživanja (k=12)

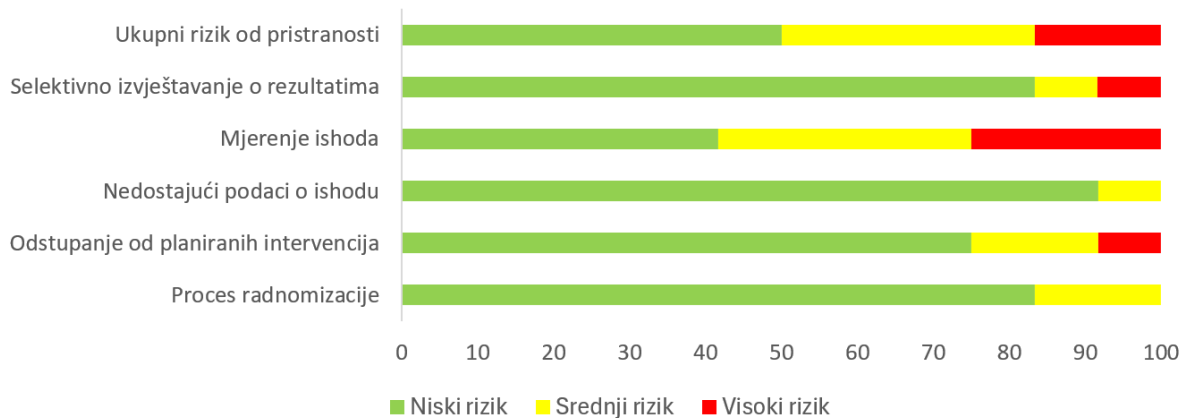
Autor/Varijable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HR(bpm) prosječni otkucaji srca	X		X			Xm		X	X	X	X	
HR% (%) omjer HR i HRmax							X	X	Xm	X		
Hrmax (bpm) maksimalni otkucaj srca									X	X		
%HRR (%) rezerva otkucaja srca									X			
HRV (ms) varijabilnost otkucaja srca					Xm							
EE (KJ/kg*h) utrošak energije							Xm					
AKC (broj trzaja) akcelerometar										X	X	X
PAL (METs) razina TA											Xm	
AEC (Kcal) aktivni utrošak energije											X	
SBP (mmHG) sistolički tlak	X				X							
DBP (mmHG) dijabolički tlak	X				X							
DP (mmHG bmp) dupli produkt	X											
AE (mL/kg/min) aerobni kapacitet	X											
RT (msec) vrijeme reakcije		X				X						
MT (msec) brzina pokreta		X										
WS (s) čučanj uza zid			Xm									
GMP (s) vrijeme igranja				X								
NON-MOV (min,%) vrijeme bez kretanja				X								
LPA (min,%) niska TA				X								
MVPA (min,%) umjerena do žustra TA				Xm						Xm		
1-RM (kg) maksimum ponavljanja					X							
LP (W) jakost nogu					X							
VO2max (L/min) maksimalni primitak kisika					X							
SR (cm) sit and reach					X							
RMR (kcal) bazni metabolizam					X							
OXY zasićenje kisikom											X	

Legenda: X – varijabla se nalazi u istraživanju; Xm – varijabla uvrštena u meta-analizu; 1 – Brito-Gomes, 2018; 2 – Ciazynska, 2022; 3 – Dolu, 2022; 4 – Lu, 2023; 5 – Mologne, 2022; 6 – Ochi, 2022; 7 – Perrin, 2019; 8 – Polechonski, 2020; 9 – Rubio-Arias, 2024; 10 – Sousa, 2021; 11 – Ulas, 2021; 12 – Zhang, 2023.

Rezultati procjene rizika od pristranosti svih istraživanja ilustrirani su na Slici 2. i Slici 3. Ukupna procjena rizika od pristranosti niska je za šest studija (Ciazynska, 2022; Lu, 2023; Mologne, 2022; Rubio-Arias, 2024; Sousa, 2021; Zhang, 2023), srednja za četiri studije (Dolu, 2022; Ochi, 2022; Perrin, 2019; Polechonski, 2020) i visoka za preostale dvije studije (Brito-Gomes, 2018; Ulas, 2021). Prema specifičnim domenama procjene rizika od pristranosti, pokazalo se da u našem uzorku postoji najviše poteškoća u mjerenju ishoda (k = 7), te nakon toga u odstupanjima od planiranih intervencija (k = 3). Studiju Brito-Gomes (2018) nismo uključili u meta-analizu zbog nedostatka podataka o varijabilnosti. Iz istog smo razloga ocijenili ovu studiju s lošijom ocjenom, zbog sumnje na prešućivanje ključnih mjera i rezultata. Studiju Ulas (2021) ocijenili smo visokom ocjenom rizika od pristranosti zbog manjka informacija o procesu randomizacije i visokoj mogućnosti utjecaja na ishod. Na koncu smo studiju uključili u meta-analizu jer nije prikazala znatno drugačije rezultate od ostalih uključenih istraživanja. U spomenutoj studiji je dužina intervencije od 8 tjedana, koja je ujedno i druga najduža od analiziranih studija, i prednost i mana. Također, studija je koristila posebno pripremljen VR

program koji se sastojao od virtualnog trenera koji izvodi set vježbi koje ispitanik ponavlja. U većini ostalih istraživanja koristile su se gotove i javno dostupne aktivne videoigre, što smo ocijenili kao važniji podatak jer je dostupniji širokoj masi.

Sažetak procjena rizika od pristranosti



Slika 2. Sažetak procjena rizika od pristranosti za studije uključene u meta-analizu ($k = 12$)

Primijećeno je da je procjena rizika od pristranosti u procesu randomizacije niska u svim istraživanjima osim u studiji Polechonski (2020), jer su istraživači dosljedno slijedili protokol nasumične raspodjele sudionika u intervencijsku i kontrolnu skupinu te su sudionici bili obmanuti, odnosno nisu znali jesu li u kontrolnoj ili eksperimentalnoj skupini. Studija Polechonski (2020) pokazala je lošije rezultate, ali treba napomenuti da se radi o pilot studiji, a ne o randomiziranoj kontroliranoj studiji, zbog čega je primjena RoB2 alata za procjenu rizika od pristranosti zahtijevala prilagodbu i dodatno razumijevanje. Na kraju je studija ocijenjena sa srednjim rizikom zbog nedostatka deskriptivnih rezultata. Također, studija nije uključena u meta-analizu.

U domeni odstupanja od planiranih intervencija, rizik se javlja u istraživanjima koja nisu koristila dvostruko slijepi nacrt te nisu pružila informacije o mogućim odstupanjima jer su sudionici i provoditelji intervencija bili upoznati s raspodjelom u skupine. Najveći rizik uočavamo u domeni mjerenja ishoda, često opisivanoj kao domena pogreške mjerenja (Higgins i sur., 2019). Glavni problem u procjeni rizika u ovoj domeni jest činjenica da su u nekim istraživanjima osobe koje procjenjuju ishode bile upoznate s podjelom sudionika u eksperimentalnu i kontrolnu skupinu, što je moglo utjecati na rezultate mjerenja.

Oznaka studija	D1	D2	D3	D4	D5	Ukupno	
Brito-Gomes 2018	+	-	+	-	-	-	+
Ciazynska 2022	+	+	+	+	+	+	!
Dolu 2022	+	!	+	-	+	!	-
Lu 2023	+	+	+	+	+	+	
Mologne 2022	+	+	+	+	+	+	D1 Proces randomizacije
Ochi 2022	+	+	+	!	+	!	D2 Odstupanja od planiranih inte
Perrin 2019	+	+	+	!	!	!	D3 Nedostajući podaci o ishodu
Polechonski 2020	!	!	!	!	+	!	D4 Mjerenje ishoda
Rubio-Arias 2024	+	+	+	+	+	+	D5 Selektivno izvještavanje o rezu
Sousa 2021	+	+	+	!	+	+	
Ulas 2021	!	+	+	-	+	-	
Zhang 2023	+	+	+	+	+	+	

Slika 3. Procjena rizika od pristranosti za pojedine studije uključene u meta analizu ($k = 12$)

4.3. Rezultati prve meta-analiza

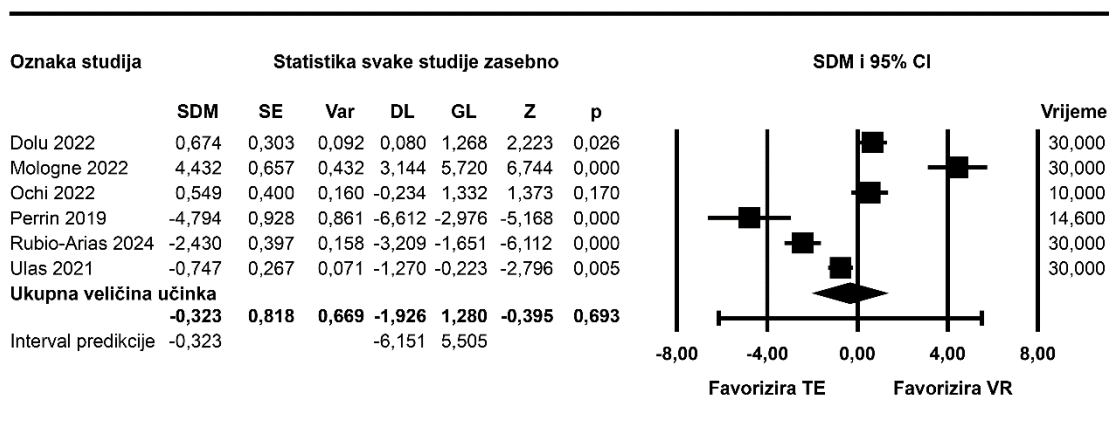
Analiza se temelji na šest studija. Indeks veličine učinka je standardizirana razlika aritmetičkih sredina (SDM). Srednja veličina učinka je -0,323 s 95% intervalom pouzdanosti od -1,926 do 1,280. Srednja veličina učinka u populaciji usporedivih studija mogla bi pasti bilo gdje u ovom intervalu. Z-vrijednost testira nultu hipotezu da je srednja veličina učinka nula. Z-vrijednost je -0,395 s $p = 0,693$. Koristeći kriterij alfa od 0,05, ne možemo odbaciti nultu hipotezu.

Q-statistika pruža test nulte hipoteze da sve studije u analizi dijele zajedničku veličinu učinka. Kad bi sve studije imale istu stvarnu veličinu učinka, očekivana vrijednost Q bila bi jednaka stupnjevima slobode (broj studija minus 1). U ovom slučaju Q-vrijednost je 121,559 s 5 stupnjeva slobode i $p < 0,001$. Koristeći kriterij alfa od 0,1 možemo odbaciti nultu hipotezu da je stvarna veličina učinka ista u svim tim studijama.

Statistika I-kvadrata iznosi 96%, što nam govori da oko 96% varijance u promatranim učincima odražava varijancu u stvarnim učincima, a ne pogrešku uzrokovanja. Tau-kvadrat, varijanca stvarnih veličina učinka, iznosi 3,737 u d jedinica. Tau, standardna devijacija stvarnih veličina učinka, iznosi 1,933 u d jedinica. Ako pretpostavimo da su pravi učinci normalno raspoređeni (u d jedinica), možemo procijeniti da je interval predviđanja -6,151 do 5,505. Stvarna veličina učinka u 95% svih usporedivih populacija spada u ovaj interval.

Ova analiza uključuje šest studija. Kao opće pravilo, procjene heterogenosti temeljene na manje od deset studija vjerojatno neće biti pouzdane (Borenstein, 2019).

Na Slici 4. prikazan je sažetak veličina učinaka i *forest-plot* analiza. Prikazana je veličina učinka i interval pouzdanosti za svako primarno istraživanje uključeno u meta-analizu. Istraživanja pokazuju veliku heterogenost i različitost u rezultatima, gdje tri istraživanja naginju na stranu tradicionalnog oblika vježbanja (Perrin, 2019; Rubio-Arias, 2024; Ulas, 2021) dok druga tri istraživanja prikazuju malo bolje rezultate u prilog VR-a. Romb koji se nalazi na dnu grafičkog prikaza predstavlja rezultat meta-analize, tj. procijenjenu prosječnu pravu veličinu učinka -0,323, i interval pouzdanosti, u kojem, uz 95% sigurnosti, možemo tvrditi da se nalazi procijenjeni pravi rezultat (-1,926, 1,280).



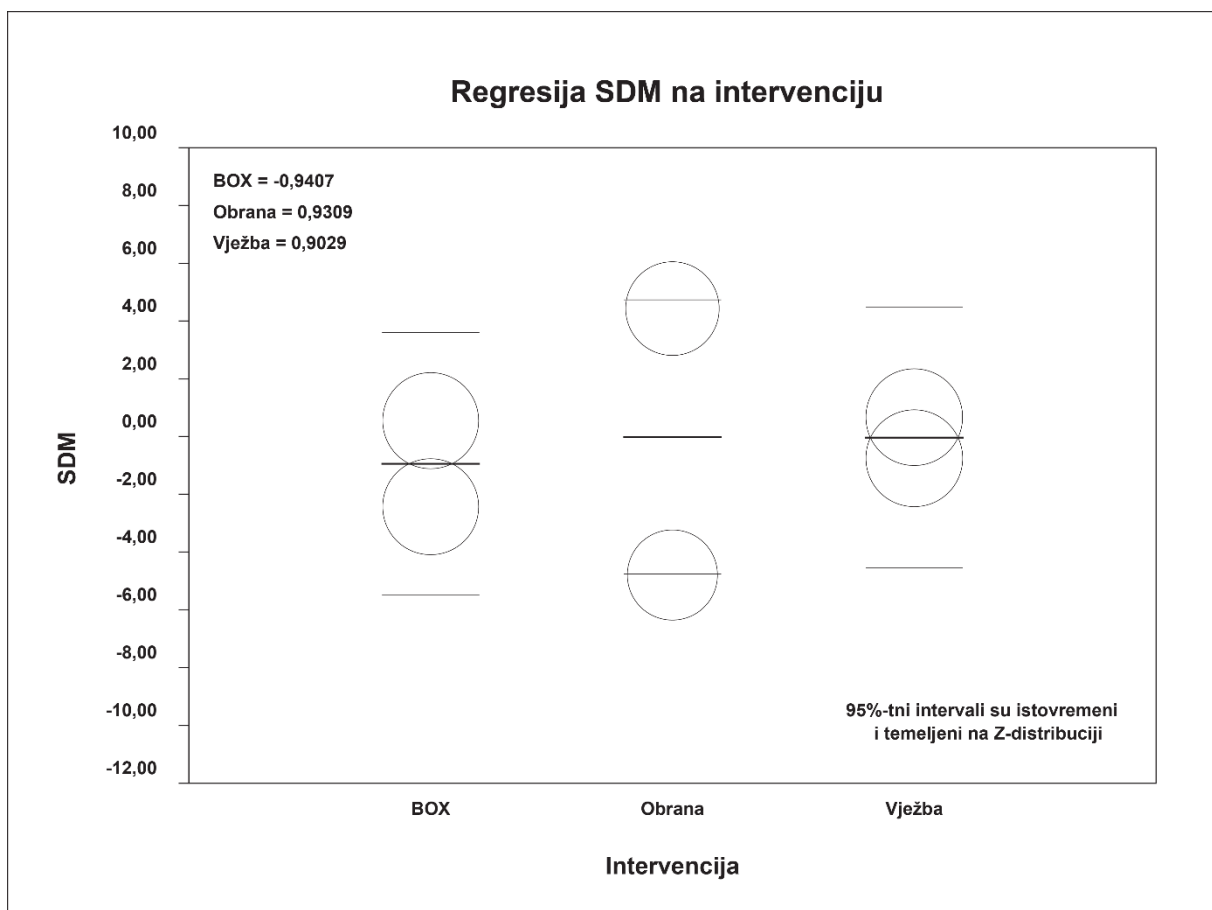
Slika 4. Forest-plot veličina učinka između vježbanja u virtualnoj stvarnosti i tradicionalnog vježbanja bez digitalne opreme ($k = 6$)

Proveli smo moderacijsku analizu ispitujući specifične karakteristike vježbanja u VR-u koji bi mogli biti povezani s fiziološkom učinkovitošću, koja bi izjednačila VR vježbanje s tradicionalnim. Preliminarno smo odredili ispitati učinak duljine trajanja intervencije izražene u minutama te način izvođenja intervencije. Uvidjeli smo sličnosti u korištenim VR programima. Iako su sve studije koristile različite programe (AVG-ove), dvije su koristile neku vrstu boksačke VR aktivne igre (Ochi, 2022; Rubio-Arias, 2024), dvije aktivnu igru obrane teritorija (Perrin, 2019; Mologne, 2022) dok su dvije kroz VR imitirale tradicionalno vježbanje/trening (Dolu, 2022; Ulas, 2021). Po tim kriterijima smo ih grupirali u tri grupe, BOX, obrana i vježba. Meta-regresijom ispitivanja duljine trajanja intervencije zaključujemo da dulje vježbanje u VR-u ne predstavlja značajno poboljšanje u odnosu na tradicionalno ($b =$

0,102; SDe = 0,109; IP 95% < -0,1117, 0,3159>; p = 0,349), tj. da nisu nužno jedino intervencije dužeg trajanja dovoljno stimulirajuće da bi se usporedile s TA bez VR-a.

Budući da je način izvođenja intervencije kategorijalna varijabla proveli smo analizu podgrupa kako bismo testirali moderacijski učinak. Uviđamo da ne postoji statistički značajna razlika u veličini učinka kod aktivnih VR igara koje su imitirale boks, imale cilj obraniti teritorij od naleta protivnika ili onih koje su imitirale tradicionalne vježbe uz pomoć virtualnog trenera (p = 0,901).

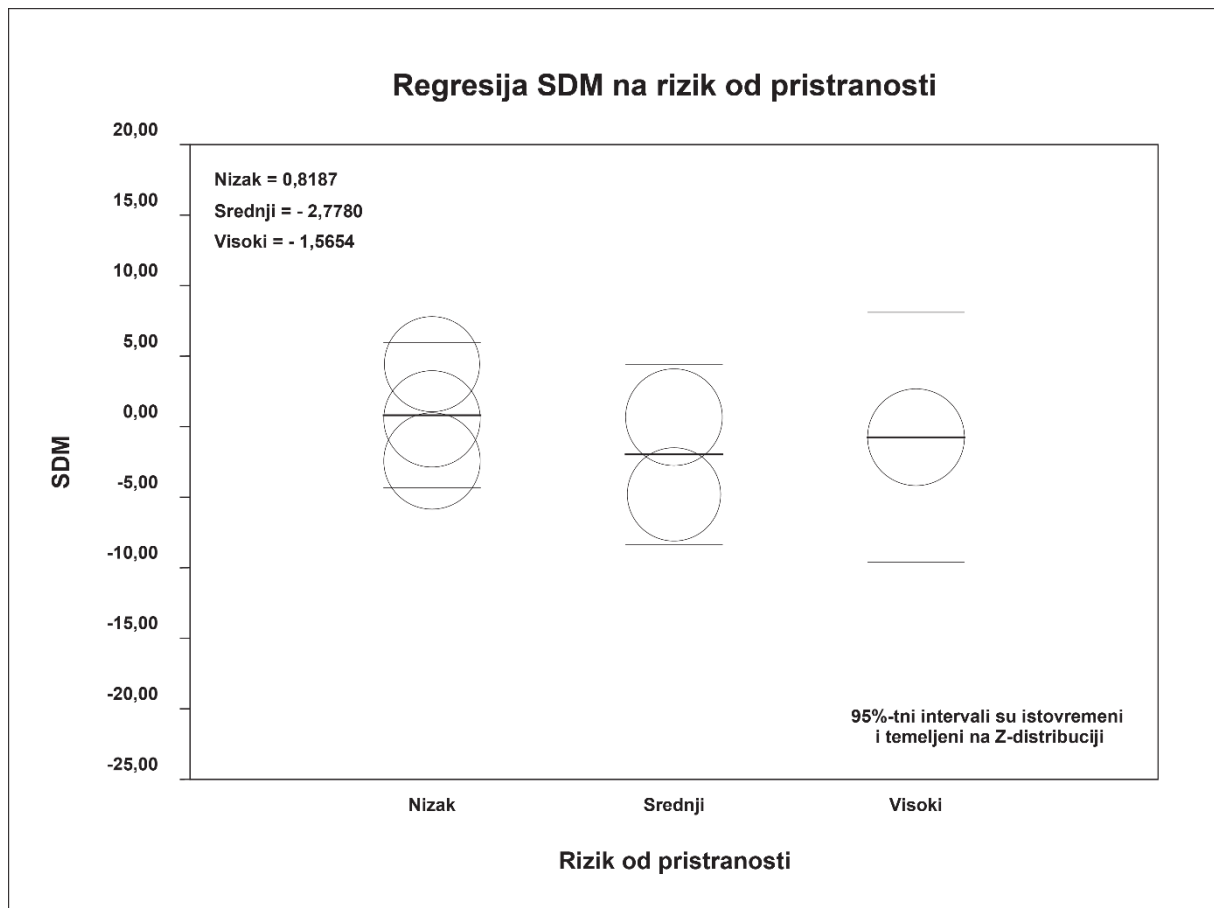
Na Slici 5. grafički je prikazan odnos između istraživanja u spomenutim podskupovima. U svim trima podskupovima uviđamo suprotne rezultate. Svaki podskup sastojao se od dva istraživanja koja su koristila sličan tip intervencije. Nijedna od ove tri intervencije ne garantira dosljedno superiorne rezultate, bilo da se primjenjuju u kontekstu virtualne stvarnosti (VR) ili tradicionalnog vježbanja.



Slika 5. Grafički prikaz analize podskupova između grupa BOX, obrana i vježba.

Kako bismo ispitali odnos između utvrđenih procjena rizika od pristranosti i učinkovitosti intervencija proveli smo analizu podgrupa u kojoj smo istraživanja podijelili na ona koja smo

ocijenili s niskim, srednjim i visokim rizikom od pristranosti. Utvrdili smo da ne postoji statistički značajna razlika među trima skupinama ($p = 0,633$) te da veća procjena rizika od pristranosti ne doprinosi značajno različitosti u rezultatima, ali važno je naglasiti razliku u koeficijentima, gdje niska pristranost jedina ostvaruje pozitivne rezultate ($b = 0,819$) u odnosu na srednju ($b = -2,778$) i visoku pristranost ($b = -1,565$). Grafički prikaz ovog odnosa nalazi se na Slici 6.



Slika 6. Grafički prikaz analize podskupova između niske, srednje i visoke pristranosti

4.3.1. Korekcija pristranosti u objavljivanju

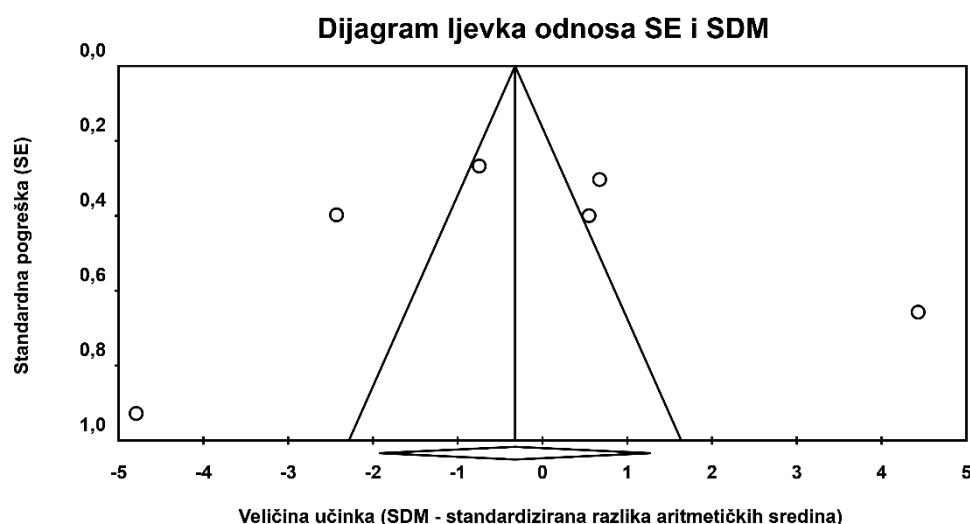
Kako bismo odgovorili na pitanje koliko je primarnih istraživanja potrebno dodati da bi se veličina učinka smanjila na nulu, koristili smo Sigurno neznačajni N test (engl. *Fail Safe N*). Nakon tog smo grafički prikazali sve veličine učinka putem dijagrama lijevka te testirali značajnost dijagrama putem oduzmi-i-dodaj metode. Budući da smo dobili neznačajnu veličinu učinka, Sigurni neznačajni N test nije ispravna metoda u korekciji pristranosti, stoga se oslanjamo na „Duval and Tweedie’s Trim and Fill” metodu oduzmi-i-dodaj.

Na Slici 7. nalazi se dijagram lijevka na kojem možemo vidjeti da su veličine učinka simetrične i podosta razbacane. Imamo jednak broj istraživanja s „pozitivnom” i „negativnom“ prosječnom veličinom učinka. Uviđamo da dva istraživanja odlaze u najveće krajnosti; Perrin (2019) u negativnu i Mologne (2022) u pozitivnu. Metodom oduzmi-i-dodaj procijenjeno je da ne treba oduzimati studije kako bi se bolje procijenila vrijednost analize. Uzevši ovo u obzir, uočena i korigirana vrijednost meta-analize iznose -0,253.

Tablica 4. Prikaz vrijednosti „Duval and Tweedie’s Trim and Fill” analize za meta-analizu vježbanja u virtualnoj stvarnosti u odnosu na tradicionalno.

	n-trim	SDM (95% IP)	Q-vrijednost
Uočena vrijednost		-0,253	121,559
Korigirana vrijednost	0	-0,253	121,559

Legenda: n-trim – broj izbačenih studija u analizi, SDM (95% IP) – standardizirana razlika aritmetičkih sredina i 95%-tni interval pouzdanosti



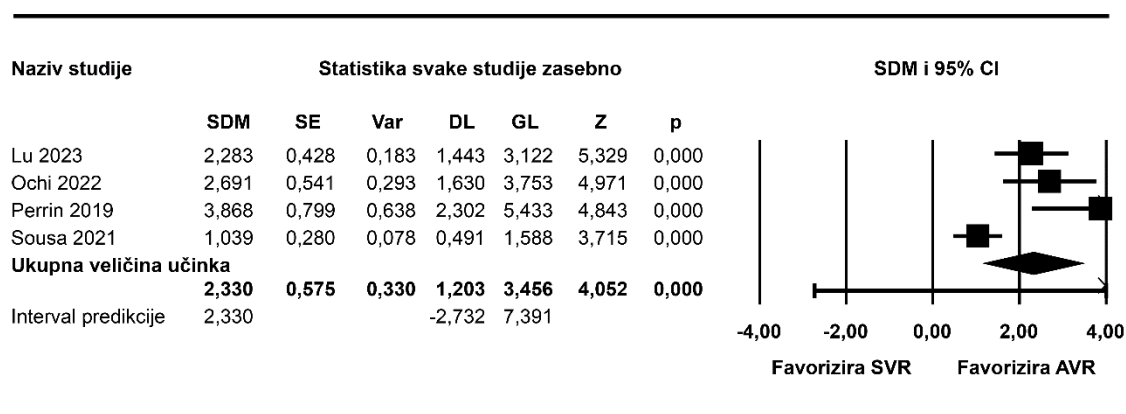
Slika 7. Dijagram lijevka: grafički prikaz pristranosti u objavljivanjima uključenih studija u meta-analizu ($k = 6$)

4.4. Rezultati druge meta-analiza

Srednja veličina učinka je 2,330 s 95%-tnim intervalom pouzdanosti od 1,203 do 3,456. Z-vrijednost je 4,052 s $p < 0,001$. Koristeći kriterij alfa od 0,05, odbacujemo nultu hipotezu i zaključujemo da u univerzumu populacija usporedivih s onima u analizi, srednja veličina učinka nije točno nula.

Q-statistika pruža test nulte hipoteze da sve studije u analizi dijele zajedničku veličinu učinka. Q-vrijednost je 18,049 s 3 stupnja slobode i $p < 0,001$. Koristeći kriterij alfa od 0,1, možemo odbaciti nultu hipotezu da je stvarna veličina učinka ista u svim ovim studijama.

Statistika I-kvadrata iznosi 83%, što nam govori da oko 83% varijance u promatranim učincima odražava varijancu u stvarnim učincima. Tau-kvadrat, varijanca stvarnih veličina učinka, iznosi 1,054 u d jedinicama. Tau, standardna devijacija stvarnih veličina učinka, iznosi 1,026 u d jedinicama. Ako pretpostavimo da su pravi učinci normalno raspoređeni, možemo procijeniti da je interval predviđanja -2,732 - 7,391. Stvarna veličina učinka u 95% svih usporedivih populacija spada u ovaj interval.



Slika 8. Forest-plot veličina učinka između aktivne virtualne stvarnosti u odnosu na sjedilačku virtualnu stvarnost i pasivnu kontrolnu skupinu ($k = 4$)

4.4.1. Korekcija pristranosti u objavljivanju

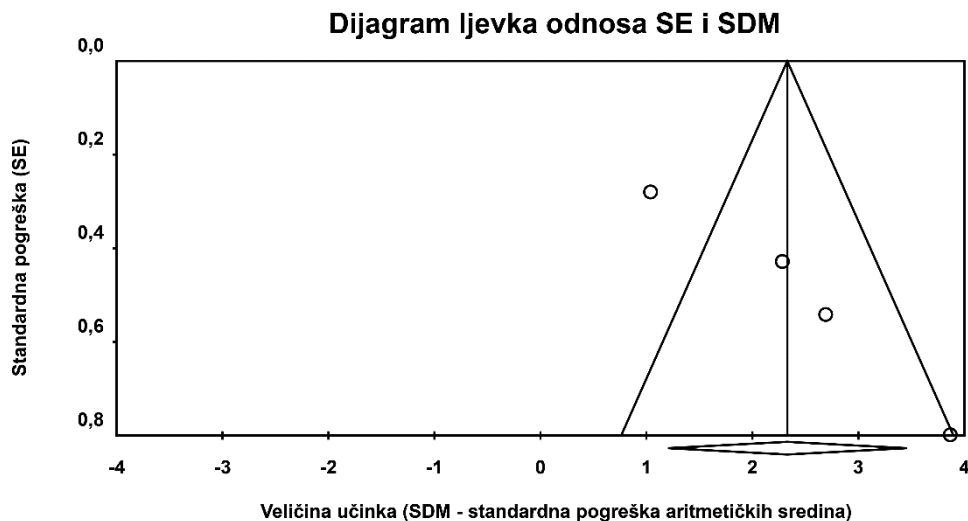
Metodom sigurno neznačajnog N-a utvrdili smo da bi u ovu meta-analizu trebalo uključiti 89 primarnih istraživanja s veličinom učinka nula kako bi se prosječna prava veličina učinka smanjila na 0,01. Slučajne varijacije veličine učinka obično su veće u istraživanjima s manjim brojem sudionika u odnosu na istraživanja s većim uzorkom. Ova razlika može se grafički prikazati pomoću dijagrama lijevka, gdje su veličine učinka prikazane na vodoravnoj osi, a veličine istraživanja na okomitoj osi (Sterne i sur., 2011). Na Slici 9. prikazan je dijagram lijevka koji pokazuje da veličine učinka nisu simetrične. Iako sva istraživanja ukazuju na pozitivan efekt, postoji jedna studija koja značajno odstupa od očekivanog intervala simetričnosti.

Metodom oduzmi-i-dodaj procjenjujemo da nam nedostaje jedna veličina učinka na lijevoj strani kako bi dijagram bio simetričan. Uzimajući ovo u obzir, nakon korekcije i ponovne provedbe meta-analize, procijenjena prosječna prava veličina učinka iznosi 1,654, dok je nekorigirana veličina učinka iznosila 1,765.

Tablica 5. Prikaz vrijednosti „Duval and Tweedie’s Trim and Fill’’ analize za meta-analizu aktivnog VR-a u odnosu na sjedilačku virtualnu stvarnost i pasivnu kontrolnu skupinu ($k = 4$)

	n-trim	SDM (95% IP)	Q-vrijednost
Uočena vrijednost		1,765	18,049
Korigirana vrijednost	1	1,654	22,595

Legenda: n-trim – broj izbačenih studija u analizi, SDM (95% IP) – standardizirana razlika aritmetičkih sredina i 95%-tni interval pouzdanosti



Slika 9. Dijagram lijevka: grafički prikaz pristranosti u objavljivanjima uključenih studija u meta-analizu ($k = 4$)

5. Rasprava

Meta-analizama smo ustanovili primarne zaključke na temelju kojih ćemo graditi nadolazeću argumentaciju. U prvoj smo meta-analizi ispitali odnos između vježbanja kakvog do sada u većini slučajeva poznajemo, a to je klasično vježbanje u nekom ambijentu, eventualno uz pomoć trenera s primarnim korištenjem vlastitog tijela, i vježbanje uz pomoć VR tehnologije. Naime, kao što smo pokazali u uvodnom dijelu ovog rada, u zadnje vrijeme javio se novi oblik vježbanja koji iskorištava tehnologiju virtualne stvarnosti u svoju korist, gdje kroz fenomen aktivnih igara osoba pokreće svoje tijelo. Glavni cilj ovog rada bio je ispitati ima li takvo kretanje smisla, točnije, može li razina kretanja za vrijeme igranja aktivnih igara biti dovoljna kako bi se zadovoljile određene smjernice zdravstvenih organizacija koje su postavile rubne razine koje je potrebno prijeći kako bi se aktivirali zdravstveni benefiti vježbanja. Usporedbom vježbanja bez VR tehnologije kojeg smo nazvali tradicionalnim i onog uz pomoć VR-a, došli smo do zaključka da značajne razlike nema. Meta-analiza se pokazala neznačajnom, što znači da niti tradicionalno vježbanje niti VR vježbanje nije bolje. Ukoliko obrnemo analogiju, zaključujemo da VR vježbanje može konkurirati tradicionalnom jer su benefiti vježbanja od davnina kontinuirano potvrđivani. Važno je naglasiti da se u uključenim istraživanjima tradicionalno vježbanje pokušalo maksimalno izjednačiti s VR-om, što je dovelo do strukturiranja i organizacije treninga koji su bili nalik tipu kretanja induciranog određenim VR programom. Ovo je važno naglasiti jer ukoliko bi ispitali dostupne VR igre i profesionalno osmišljene treninge jakosti, sigurno bi potonje pokazalo veće benefite. Ipak, s ovakvim ne značajnim razlikama s pravom postavljamo pitanje „je li dakle VR vježbanje dovoljno korisno?“.

U prvu meta-analizu uvrstili smo šest istraživanja od kojih su tri pokazala veće benefite u korist VR-a, dok su drugih tri pokazali prevlast u korist tradicionalnog oblika vježbanja. Velika heterogenost govori o apsurdnosti postavljenog odnosa, koji i nije toliko apsurdan kada se pomnije sagleda. Kako bi pokušali odgonetnuti što dovodi do takve dihotomije, proveli smo moderacijsku analizu. Naime, moderacijska analiza služi kako bi ispitali učinak specifične varijable na sveukupni odnos. Ispitali smo kako duljina trajanja pojedine sesije provedene intervencije utječe na ishod. Zatim, za dublje razumijevanje odnosa ispitali smo razinu rizika od pristranosti, da vidimo utječe li kvaliteta uključenih istraživanja na dobiven odnos. Naposljetku smo ispitali i kako pojedina vrsta VR programa utječe na ove razlike. U sva tri slučaja smo dobili neznačajne vrijednosti, što znači da, iako se može nazrijeti trend, on nije fiksiran. Doduše, zanimljivo je pogledati kako se rezultati raspršuju kada je kao moderator uzeta

varijabla provedenog VR programa. Imamo šest studija. VR programi (u čestim slučajevima je riječ o aktivnim videoigrama), kako bi potaknuli korisnikovo kretanje, implementiraju prepoznatljive obrasce. Među njima se mogu naći reference na određene sportove, krizne situacije u kojima korisnik svojim djelovanjem čini prevrat ili određeni set već poznatih fitness procesa. Ima toga još, a u budućnosti bit će još više. U našem slučaju uočili smo sličnosti između nekih intervencija i tako smo uspjeli grupirati programe u tri zasebne grupe. *BOX* grupa je koristila VR aktivnu videoigru koja simulira boksački meč pri čemu je korisnik taj koji ručnom aparaturom upravlja virtualnim rukavicama. Drugu grupu smo nazvali *obrana*, jer je cilj obrana teritorij od navale neprijatelja, naime, često korišten obrazac u AVG-ovima. Korisnik stoji ispred „nečega“ što mora obraniti. U našem primjeru je korisnik stajao ispred dvorca u koji provalnici ne smiju provaliti, ili ispred dragocjenog kristala kojeg mora zaštititi. Cilj je određenim setom pokreta napasti i poraziti nalet horde neprijatelja. Korisnik koristi VR opremu kako bi pokretima ruku i nogu aktivirao određene kretnje unutar igre i tako izveo određeni napad. Zanimljiva stvar kod ovih igara je da uspjeh isključivo ovisi o igračevom angažmanu, što je odlično jer, ukoliko igra motivira korisnika, on će nesvjesno više raditi i samim time i više se kretati. Treća grupa je nazvana *vježba*, a u nju smo uvrstili VR programe koji su emulirali postojeće fitness ili druge vježbovne sekvence. Slično kao i tradicionalno vježbanje, samo umjesto stvarnog trenera ispred korisnika stoji onaj virtualni. Po dva rada u svakoj grupi. Rezultati su zanimljivi jer u svakoj grupi vidimo nominalne razdiobe. Niti u jednoj od ovih triju grupa jedan tip vježbanja prevladava, što znači da je sve moguće, ukoliko se u pravom smjeru postavi. Druga moderacijska analiza je postavila pitanje utječe li rizik od pristranosti na rezultate. Dobili smo neznačajnu p vrijednost, ali ipak, ukoliko pogledamo grafički prikaz uočavamo da studije s niskim rizikom od pristranosti postižu najbolje rezultate u korist VR-a.

Iz prve meta-analize je važno istaknuti da rezultati nisu prikazivali značajni utjecaj u korist tradicionalnog tipa vježbanja. Dakako, moramo uzeti u obzir da su vježbe osmišljene da što ravnopravnije prikazuju kretanja koja potiče VR. Ipak, vježbanje je vježbanje, a ukoliko i donekle pokreće tijelo, samo je pitanje kada će pokrenuti i duh. Spoznaje iz ove meta-analize su nam važne jer na temelju njih možemo krenuti u postavljanje idućeg pitanja, koje smo ispitali drugom meta-analizom, a ono glasi „kako se VR vježbanje razlikuje od mirovanja?“. Napomenuli smo da je u prvoj meta-analizi tradicionalno vježbanje sličilo onom iz VR-a i nismo dobili razlike, ali također ne znamo o kakvoj razini vježbanja uopće i govorimo. Na to ćemo pitanje odgovoriti na kraju ovog rada, ali za početak je bilo potrebno ispitati odnos s nulom. U jednu smo grupu uvrstili vježbanje provedeno u VR-u, isto kao i u prvoj meta-analizi,

a u drugu ono provedeno ili u mirovanju ili igrajući sjedilačke VR igre. Uzeli smo slobodu i spojili ove dvije intervencije u jednu, jer smo zaključili da se u kontekstu tjelesnog vježbanja ove dvije grupe ne razlikuju. Na prvu možemo kazati kako je ovaj odnos jasan i nepotreban za uspoređivati, ali moramo uzeti u obzir kontekst vremena i promjena koje se događaju te nepovjerenje mnogih ljudi prema mogućnostima novih tehnologija. Postavljeno pitanje je vrlo jasno: „Ukoliko zamijenimo stacionarno igranje igara s aktivnim, hoćemo li vidjeti fiziološke promjene?“ Odgovor je kristalno i čisto DA. Druga meta-analiza prikazuje značajne rezultate pri čemu svako uvršteno istraživanje također značajno doprinosi ovom odnosu. S izrazito velikom ukupnom veličinom učinka ($SDM = 2,33$), bez dlake na jeziku tvrdimo da se nešto ovdje događa. Da moramo i možemo jasno razlikovati aktivne od pasivnih VR videoigara, da ukoliko se korisnik odluči pokrenuti aktivnu videoigru, morat će se i fizički pokrenuti, da ukoliko imamo dijete koje je zapelo u vrtlogu videoigara i strahujemo nad njegovim zdravljem, možda ne bi bila loša odluka razumjeti ga i kupiti mu najnovije VR naočale i time ga upoznati s potpuno novim svijetom, da svijet ne ide kvragu, iako je do dobre glazbe teško doći. Poanta ovog prenamaglašavanja nije pametovati, nego pokušati osvijestiti benefite novih mogućnosti u području koji za mnoge predstavlja prijatnu. Provedene meta-analize možemo rezimirati jednostavnom formulacijom: VR vježbanje nije beskorisno koliko se na prvu može činiti.

Nakon postavljenih temelja dajemo si za pravo odgovoriti na ključno pitanje ovog rada, a to je problem mogućnosti aktivnih VR videoigara pri stimulaciji zadovoljavajuće razine tjelesnog vježbanja prema smjernicama svjetskih zdravstvenih organizacija. U svijetu je sve potrebno normirati, pa tako i tjedno i dnevno i životno kretanje čovjeka kako ne bi doživio preranu smrt. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) tako je zaključila da je za održavanje zdravlja potrebno barem 150 minuta tjedno provoditi u umjerenoj aerobnoj tjelesnoj aktivnosti ukoliko smo zdrava osoba. Tehnologija je omogućila i razne načine kako da izmjerimo razinu aktivnosti, pa tako možemo ispitivati razne programe i nadati se da će prijeći potreban prag. Čitav proces kreće od samog tipa vježbanja. Zamislimo to kao igru u kojoj skupljamo poene. Poeni se kreću skupljati tek kada dođemo do određene razine, a za svaki poen je potrebno provesti minutu unutar dotične razine. Razina laičkim jezikom označava težinu određene aktivnosti. Ukoliko je aktivnost teža, lakše ćemo prijeći potreban prag, ali ćemo se brže umoriti i time manje vremena provesti vježbajući, a ukoliko je aktivnost prelagana, možda uopće ne dosegemo trešnju. Cilj ovog rada je ispitati upravo tu mogućnosti aktivnih VR igara.

Sedam od dvanaest uključenih istraživanja jasno su naveli klasifikaciju razine tjelesne aktivnosti. Studija Rubio-Arias (2024) za mjeru razine tjelesne aktivnosti (TA) koristila je rezervu otkucaja srca (engl. *heart rate reserve - %HRR*), koja se izračunava kao omjer

maksimalne razine otkucaja srca i razine otkucaja srca u mirovanju, a razina TA se kreće u intervalima: <30% jako slaba TA; 30-39% slaba TA; 40-59% umjerena TA; 60-89% žustra TA; >90% maksimalni intenzitet (Garber i sur., 2011). Ispitanici su igrali dvije aktivne VR igre, *BoxVR* i *BeatSaber*. Dobiveni podaci ovih dviju skupina su se uspoređivali s kontrolnom koja je provodila tradicionalno vježbanje. Kontrolna skupina je pokazala znatno bolje rezultate od obje VR grupe ($62,9 \pm 6,93$ %). *BeatSaber* grupa je s rezultatom od $29,6 \pm 11,41$ točno na granici slabe TA, dok je *BoxVR* skupina ostvarila znatno bolje vrijednosti ($49,3 \pm 12,11$) i time zadovoljila kriterije umjerene TA bivajući točno na sredini intervala. Iako je kontrolna skupina pokazala značajno bolje rezultate, odabirom prave aktivne igre moguće je potaknuti dovoljnu razinu tjelesne aktivnosti kako bi se prešao ciljani prag.

U studijama Perrin (2019), Ochi (2022) Polechonski (2022) i Sousa (2021) za mjeru razine tjelesne aktivnosti (TA) koristio se odnos između prosječne razine otkucaja srca i maksimalnog otkucaja srca (HRmax). Izraženo u postotku, manje od 64% od HRmax dovodi do niske TA; između 64%-76% od HRmax do umjerene, a sva razina preko 76% od HRmaxa smatra se žustrom tjelesnom aktivnošću (Riebe i sur., 2018). U istraživanju Ochi (2022), pronalazimo usporedbu između 2D aktivne igre i VR aktivne igre, gdje je VR grupa postigla bolje rezultate i ostvarila vrijednosti od 58,8% od maksimalne vrijednosti otkucaja srca. Iako po gore spomenutom odnosu ova aktivnost spada u one niskog intenziteta, istraživači su, povežavši postotak otkucaja srca s BORG skalom percipiranog umora (Borg, 1970), koja se kreće na skali od 1-20, zaključili da se ova aktivnost može kategorizirati kao TA umjerenog intenziteta. Naime, postoji značajna korelacija između skale percipiranog umora i vrijednosti otkucaja srca. (ACSM, 2014) Znanstvenici često koriste formulu $BORG * 10$ kako bi procijenili HR na temelju subjektivnog dojma umora. U slučaju promatrane studije, vrijednost VR grupa na BORG skali je iznosila $11,7 \pm 2,8$, što se značajno razlikovali od mirujuće kontrolne grupe i grupe koja je vježbala uz pomoć 2D aktivne igre. Istraživači su usporedili dobivene vrijednosti s prethodnim studijama koje su koristile 10 minutne sesije vježbanja umjerenog intenziteta (Suwabe i sur., 2017; Suwabe i sur., 2021). Ipak, moramo napomenuti kako su rezultati u radu loše predstavljeni s mnogo izostavljenih i nejasnih podataka, kao i rečeničnih formulacija, zbog čega je bilo teško shvatiti od kuda i na temelju čega su autori donosili zaključke. Zbog navedenog smo ocijenili dotični rad sa srednjim rizikom od pristranosti, zbog čega treba spomenute zaključke uzimati s dozom opreza. Na koncu možemo zaključiti da se vježbanjem u VR-u svakako nešto događa, ali da u odnosu s razinom umjerenog intenziteta rezultati ovog istraživanja plivaju oko granične vrijednosti. U ovom su istraživanju ispitanici igrali *FitXR* aktivnu igru, koja imitira boksačku igru tjerajući ispitanika na razne pokrete. U prvoj

provedenoj meta-analizi rezultati ovog istraživanja ipak malo naginju u korist VR-a, ali je veličina učinka mala i jedina neznačajna od svih uvrštenih studija.

U studiji Perrin (2019) ispitanici su igrali aktivnu igru *Longbow* u dva navrata, bez i s dodatnim utezima koje su nosili u obliku narukvica na rukama. Ispitanici su postigli rezultat od 47 ± 5 % kada su igrali igru bez dodatnog opterećenja, i 54 ± 4 % uz dodatno opterećenje. U radu su također mjerili i utrošak energije, koji je nakon dodatnog opterećenja prikazivao smisleniju raspodjelu podataka (vidi u Tablici 3. u Prilogu), zbog čega su istraživači zaključili da je razina otkucaja srca neprikladna mjera u kontekstu aktivnih igara i da bi implementacija dodatnog opterećenja mogla biti presudna u dovođenju AVG-ova do željene razine tjelesne aktivnosti. Usporedbom s drugim studijama i pomnijom analizom igre *Longbow*, zaključili smo da je za ciljani efekt uzeta kriva igra, odnosno da je igra sama po sebi previše pasivna iako zahtjeva određeni rad ruku i angažman korisnika. Svakako je riječ o važnom istraživanju jer zaključuje kontra mogućnostima VR-a da potakne dovoljnu razinu tjelovježbe.

Polechonski (2022) je, koristeći istu mjeru TA, dobio različite rezultate od Perrina (2019). Ispitanici u ovom radu su igrali dvije različite aktivne igre, *Core Defense (CD)* i *Travar Training OPS (TT)* i izmjerili da su ispitanici u CD postigli 77,4 % a u TT 83,3 % od maksimalnog primitka kisika, što su visoki i obećavajući podaci. Važno je napomenuti da su ispitanici u ovoj studiji bila pretila djeca. U svim ostalim radovima su ispitanici mlade zdrave osobe. Ipak smo smatrali nalaze iz ovog rada vrijednima zbog čega smo ga uključili u analizu. Djeca su jedna od ciljanih skupina kojima će VR biti od interesa, a možda i najvažnija, ukoliko bi se aktivno igranje uz pomoć VR-a koristilo kao oružje kojim napadamo nedovoljnu razinu kretanja djece i sedentarni način života. U ovom su istraživanju pomoću gore spomenutih mjera istraživači izračunali vrijeme provedeno u umjerenoj do žustroj TA (MVPA). Dobili su podatke da se za vrijeme 15 minutne igračke sesije, igrajući CD provodi 11,1 minutu u MVPA, dok igrajući TT 12,7 minuta. Na temelju ovih podataka istraživači su zaključili da su aktivne videoigre atraktivne i da mogu biti djelotvorna alternativa tradicionalnim sjedilačkim igrama. Sousa (2021) je također uz pomoć postotka prosječnog otkucaja srca od maksimalnog izračunao vrijeme provedeno u MVPA. U ovom su istraživanju ispitanici bili stariji i igrali su drugačiju igru, popularnu *BeatSaber*. Za vrijeme 20 minutne igračke sesije ispitanici su proveli $5,67 \pm 7,91$ minuta u MVPA. Također su mjerili razinu TA pomoću akcelerometra, koji je prikuplja promjene u položaju tijela u sve tri ravnine (naprijed/nazad, lijevo/desno, gore/dole) i prikuplja ukupni broj pokreta odnosno trzaja. Koristili su iduću formulaciju: niska TA za manje od 760 trzaja/min; umjerena za $TA = 760-5724$ trzaja/min i žustra TA za više od 5724 trzaja/min. Izmjerili su da su ispitanici sveukupno proveli prosječno $4,1 \pm 4,93$ minutu u MVPA, na temelju

čega su autori presudili u korist VR aktivnom igranju u svrhu promocije i provedbe tjelesne aktivnosti. No, ako bismo uzeli isključivo ovaj rad i stavili ga u odnos s WHO smjernicama, pretpostavili da u 20 minuta igranja 5 minuta je provedeno u MVPA. Potrebno je 150 minuta tjedno MVPA da bi se zadovoljile smjernice, što znači da je potrebno 30 igračkih sesija tjedno s petominutnim zadovoljavajućim intenzitetom da bi se ispunila kvota. To sveukupno iznosi 10 sati igranja. Dakle, ukoliko bi osoba svakodnevno sat vremena igrala VR, to na tjednoj razini ne bi bilo dovoljno. Naravno, iako će neka djeca biti zalučena ovom tehnologijom, ovo nam istraživanje govori da ćemo uvijek ploviti negdje oko ruba. Ako recimo istraživanje Polechonski (2022) uvrstimo u istu računicu, s prosječnih 12 minuta provedenih u MVPA u 15 minuta igranja, situacija je znatno bolja. U svega 3 sata i 12,5 minuta ispunili bi propisanih 150 minuta umjerene TA, što bi značilo da na tjednoj bazi dijete mora provesti svakodnevno barem pola sata igrajući VR. Brojka koja je smislenija i lakše dokučiva.

Akcelerometar su u mjerenju TA koristili i Lu (2023) i Zhang (2023). Oba su rada koristili slične granične vrijednosti razine TA. Kod Lu (2023) umjerena TA kreće nakon 760 trzaja/minuti dok kod Zhang (2023) nakon 1951 trzaja/minuti. U oba rada žustra TA kreće nakon 5724 trzaja u minuti. (Freedson i sur., 1998; Matthew, 2005; Miller i Street, 2019). Lu (2023) su ispitivali utjecaj narativnog dodatka dostupnoj aktivnoj igri *BeatSaber*. Narativni se dodatak implementirao u obliku videa kojeg su ispitanici gledali prije početka sesije, a koji ih je raznim poveznicama s općom kulturom stavljao bliže raspoloženju i ambijentu igre, s ciljem da potakne motivaciju. U sesiji proizvoljnog trajanja, dok sudionici nisu sami odlučili završiti igranje, a koja je prosječno trajala oko 27 minuta, narativna grupa je provela $14,2 \pm 5,5$ minuta u MVPA, dok je grupa bez narativnog segmenta u MVPA provela nešto manje vremena, točnije $12,2 \pm 7,3$ minute. Ako usporedimo ove podatke s prethodnim istraživanjima, možemo zaključiti da se radi o solidnim brojkama u oba slučaja. Zhang (2023) su koristili kompleksniji pristup, gdje su uspoređivali predodređeni intenzitet vježbanja sa stvarnim fiziološkim opterećenjem i s razinom ugone za vrijeme vježbanja u svakom od tri intenziteta. Podešavali su aktivne igre ovisno o željenom intenzitetu. Na takav su način ispitanici provodili po 15 minuta u tri različita intenziteta: niski, srednji i visoki. Dobiveni podaci pokazuju da broj trzaja u minuti izmjeren akcelerometrom odgovara intenzitetu u kojem su provodili vježbanje. Također, upitnicima koji su mjerili osjećaj ugone za vrijeme vježbanja izmjereno je da su se ispitanici najbolje osjećali pri umjerenom intenzitetu TA. Oba spomenuta rada zaključuju da aktivne VR igre omogućuju dovoljnu razinu tjelesne aktivnosti.

U ostalim uvrštenim studijama autori su razinu TA uspoređivali s kontrolnom grupom bez dodatnih usporedbi s ustanovljenim svjetskim smjernicama, zbog čega smo ciljane podatke iz

takvih istraživanja ekstrahirali i proveli vlastitu usporedbu. Tako su primjerice Ulas (2021) između dvostruke kontrolne grupe, jedne koja je tradicionalno vježbala i druge koja je mirovala, razinu TA mjerili u količini metaboličkih ekvivalenata zadataka (MET). Metabolički ekvivalent (MET) je široko korišten fiziološki koncept koji se smatra jednostavnim postupkom za izražavanje energetskeg troška tjelesnih aktivnosti kao višekratnika brzine metabolizma u mirovanju (RMR). MET se obično smatra mjerom koja ima prednost u pružanju zajedničkog deskriptora razina radnog opterećenja u većini modaliteta i svim populacijama. Što se tiče potrošnje energije, MET se također definira kao omjer brzine metabolizma rada i standardnog RMR-a od $1,0 \text{ kcal (4,184 kJ)*kg}^{-1}\text{*h}^{-1}$ (Ainsworth i sur., 2000; Blair i sur., 1985; Schutz, Weinsier i Hunter, 2001) Savjetodavni odbor koji je razvio Smjernice za tjelesnu aktivnost Amerikanaca (PAGA) dao je preporuke na temelju dokaza da su zdravstvene koristi od tjelesne aktivnosti prvenstveno povezane s ukupnom potrošnjom energije. Prema zaključcima odbora, optimalna količina energije potrebna za postizanje značajnih zdravstvenih koristi kreće se između 500 i 1000 MET-minuta tjedno. Uzimajući u obzir standardne pragove MET-a (3 MET-a za umjerenu tjelesnu aktivnost i 6 MET-a za intenzivnu tjelesnu aktivnost), ove vrijednosti mogu se postići s približno 150 minuta umjerene aktivnosti ili 75 minuta intenzivne aktivnosti tjedno. MET-minute omogućuju smjernicama da naglase važnost ukupne potrošnje energije u tjelesnoj aktivnosti (Jared i sur., 2011). U 30 minutnoj sesiji VR skupina je ostvarila opterećenje od $64,66 \pm 3,71$ METa dok je tradicionalna skupina ostvarila $68,34 \pm 5,9$ MET-minuta, što je prikazalo značajne razlike između ovih dviju skupina. Iako je razlika značajna, važno je uvidjeti visoku razinu potrošnje energije koju je postigla VR skupina. Autori su također mjerili aktivnu potrošnju energije izraženu u kilo kalorijama, gdje je za VR skupina izmjereno $267,48 \pm 71,28$ Kcal, i ukupni broj trzaja izmjereno akcelerometrom koji je iznosio $2545,77 \pm 678,32$. U svim mjerama je grupa koja je vježbala bez VR-a ostvarila značajno bolje rezultate. Intervencija se svodila na set vježbi (step aerobik, sjed-stav, sjesti i dohvatiti) koje je VR grupa izvodila pomoću virtualnog trenera dok je kontrolna grupa izvodila iste vježbe prikazivane na ekranu ispred njih. Ovo istraživanje je dobar pokazatelj kako je u virtualnu stvarnost moguće implementirati i već dobro znane vježbe, što možda postavlja temelje za budući razvoj tehnologije. Jednom će se i fitness industrija preseliti u virtualni svijet, a kada se napravi društvena mreža na kojoj će osobni treneri moći prodavati svoje virtualne fitness programe, možda se ova tehnologija i globalno proširi, slično kao i industrija teretana.

Brito-Gomes (2018) i Ciazynska (2022) dvije su studije koje zbog specifičnosti tretmana nismo mogli uvrstiti u meta-analizu. Brito-Gomes (2018) su istraživali učinkovitost aktivnih igara na sniženje krvnog tlaka. Primarni fokus je bila djelotvornost protiv hipertenzije. Uveli su

zanimljivu podjelu aktivnih igara na strukturirane i nestrukturirane, što nam pruža širi uvid u mogućnosti ove tehnologije. Strukturirane igre su one koje u sebi sadrže predodređen set obrazaca koji korisnik mora zadovoljiti, dok su nestrukturirane igre otvorenijeg tipa, gdje je korisniku omogućeno da se slobodno kreće. Uspjeh u nestrukturiranim igrama često ovisi o korisnikovoj sposobnosti da prepozna i izvede ciljane kretanje kako bi se unutar igre njegov obrazac kretanja prepoznao kao učinkovit. U ovom istraživanju uspoređivale su se ove dvije vrste aktivnih igara međusobno i s kontrolnom grupom koja je izvodila tradicionalne vježbe. Cilj je bio utvrditi razlike pri mogućnosti spuštanja krvnog tlaka. Autori zaključuju da aktivne videoigre nemaju značajne kardiovaskularne benefite kod mladih i zdravih (normalni tlak) osoba. Ovaj rad smo doduše ocijenili s visokim rizikom od pristranosti jer je gramatički loše napisan i smatramo da je promašena ciljana intervencija. Također, autori su predočili inicijalne rezultate i zatim grafički prikaz primjene unutar pojedinih varijabli kroz šest tjedana, ali nisu ponudili tablični prikaz rezultata.

Ciazynska (2022) je zato kvalitetno napisan rad i bavi se zanimljivim odnosom između razine uronjenosti u virtualnu stvarnost. Autori objašnjavaju fenomen uronjenosti kao razlog zašto je VR zanimljiv i različit od ustanovljenih tehnologija. Postoji podjela na tehnologije niskog, srednjeg i visokog stupnja uranjanja. Istraživači spominju VR kao vrstu iskustva s visokim uranjanjem, a gledanje televizije ili gledanje u zaslon monitora kao vrstu iskustva s niskim uranjanjem (Martirosov, Bureš i Zítka, 2021). Uranjanje može biti snažno povezano s medijskom formom, odnosno svojstvima tehnološkog sustava koji se koristi za posredovanje iskustva (Nilsson, Nordahl i Serafin, 2016). Uranjanje je temeljni koncept olakšavanja emocija u virtualnom okruženju (Kim i sur., 2018; Visch, Tan i Molenaar, 2018), a emotivna stimulacija i osjećaj nagrade mogu utjecati na obavljanje zadataka (Tao i sur., 2021). Autori su koristili *Audio trip* igru u kojoj je cilj plesati u ritmu i uroniti u virtualnu muziku i aktivnu okolinu vježbanja, dok su za nisko uranjajuću igru koristili tabata-video set vježbi kreiranih u svrhu istraživanja, koja sadrži unaprijed snimljeni video u kojem trener izvodi zadane pokrete. Video je prikazan na mobitelu i imitira pokrete *Audio trip* VR igre. Autori su istraživali razlike ovih dviju intervencija na posturalnu stabilnost, vrijeme reakcije i brzinu pokreta ispitanika. U svim varijablama eksperimentalna grupa postiže značajno bolje rezultate, čime su autori dokazali da veća stopa uronjenosti u virtualnu stvarnost donosi veći angažman korisnika, a time i bolje rezultate.

Nastavno na vrijeme reakcije i brzinu pokreta, studija Dolu (2022) gura stvari stepenicu više i ispituje utjecaj VR-a na izometričku snagu koju su procjenjivali pomoću testa čučanj uza zid (engl. *wall squat test*). Nacrt istraživanja je bio prilično jednostavan, dvije skupine rade izdržaj

u čučnju uz zid, a razlikuju se po tome da je eksperimentalna skupina imala dodatni virtualni stimulans. Ova je grupa izvodila čučanj uz zid gledajući virtualnu turu kroz *Zion* nacionalni park, s idejom da priroda skreće pažnju s umora i boli. Uistinu, VR grupa je postigla bolje rezultate, uz dodatnu manju razinu percipiranog umora, čime se pokazalo da VR ne mora biti pokretač, nego čisti dodatak trenutnom obliku vježbanja. No, postavlja se važno pitanje trenutnog stanja uma suvremenog društva, da se stacionarno vježbanje mora dodatno stimulirati vanjskim zabavnim sadržajima jer je u protivnom dosadno. Ipak, ovim se radom pokazalo da je vježbanje bez prisustva moguće. Ukoliko bi se inteligentno koristilo, možda bi ovaj trend mogao poslužiti u profesionalnom treningu, omogućavajući vrhunskim atletama da poboljšaju svoj maksimum. Ovaj bi fenomen doduše trebalo pominje istražiti.

Posljednje od uvrštenih istraživanja u sustavnom pregledu koje ovim presjekom detaljnije obrađujemo je ono od Mologne (2022), koje je možda najviše od svih istražilo fitness mogućnosti virtualne stvarnosti. U ovom su istraživanju ispitanici radili na spravi *BlackBox VR*, kompleksnom trenažeru koji spaja VR i standardne trenažere. *BlackBox VR* je zamišljen kao skup sprava koje omogućuju spajanje s VR naočalama i time upotpunjuju iskustvo. Trenažeri se prilagođavaju iskustvu korisnika i omogućuju izvođenje specifičnih vježbi na način da pružaju otpor, dok korisnik unutar igre radi određene kretne strukture. Važno je naglasiti da je ova tehnologija napredna i globalno teško dostupna, no otvara pitanja o dosezima i mogućnostima VR tehnologije u budućnosti. Ovaj trenažer bio je povezan s igrom obrane kule u kojoj je cilj zaštititi svoj i uništiti neprijateljski kristal. S igrom je povezano šest vježbi povlačenja (vertikalno veslanje na lat mašini, stojeći vertikalni potisak s prsa, stojeće veslanje, vertikalni potisak, mrtvo dizanje ravnih nogu i čučanj) gdje svaka radi jedinstven napad na protivnika. Intenzitet pokreta određuje jačinu napada. Izmjereni su 1-RM, VO₂max i nekoliko karbiometaboličkih parametara. Eksperimentalnu VR grupu su uspoređivali s tradicionalnom koja je radila iste vježbe samo na klasičnom trenažeru bez VR-a. Kao i u prethodnim istraživanjima, rezultati su naginjali VR grupi, zbog čega su autori zaključili da uranjajući VR *exergaming* sustav može brže i učinkovitije poboljšati tjelesnu masu, mišićnu masu, 1-RM, 3-RM i rVO₂max u usporedbi s tradicionalnim treningom s kabelskim otporom.

Sveobuhvatnim pogledom na uključena istraživanja i njihov kvalitativni presjek, razmišljanje o VR-u kao učinkovitoj i inovativnoj alternativi tjelesnom vježbanju prestaje biti nezamislivo. Naravno, nemoguće je skrenuti pogled sa svih istraživanja koja su opovrgavala učinkovitost VR-a. Zbog toga je potrebno shvatiti kako je ovakva heterogenost moguća, a odgovor se možda krije u samoj heterogenosti i različitosti dostupnih VR programa. Kao što smo zaključili iz analiziranih istraživanja, nije svaka aktivna igra jednako učinkovita. Rekreativno vježbanje u

VR-u zahtjeva određenu dozu predznanja o modalitetima vježbanja i mogućnostima tehnologije. Ukoliko se pojedinac odluči na vježbanje isključivo putem VR-a, mora biti svjestan spore i niske učinkovitosti. Potrebno je svakodnevno provoditi dovoljno vremena igrajući aktivne igre kako bi se zadovoljile zdravstvene smjernice, jer kao što smo vidjeli iz nekolicine radova u ovom sustavnom pregledu, vrijeme provedeno u zadovoljavajućem radnom opterećenju nije jednako ukupnom vremenu provedenom u igri. Ako bi okvirno spojili rezultate nekoliko uključenih istraživanja, možemo izvesti formulu da je iskoristivo vrijeme igranja aktivne VR igre za provedbu rekreativnog tjelesnog vježbanja upola manje od ukupnog, što znači da za zadovoljiti potrebu od 150 minuta tjedno umjerene TA, trebamo provesti barem 300 minuta igrajući AVG. Naravno, s pretpostavkom da odabrana AVG stimulira dovoljno tjelesne aktivnosti. Sveobuhvatan popis učinkovitih aktivnih igara bi trebalo sustavno i detaljno napraviti, ali iz ovog rada možemo izvući zaključak da su *BeatSaber*, *FitXR*, *Core Defense*, *Travar Training OPS* i *Box VR* igre koje mogu dovesti do umjerenog do žustrog intenziteta tjelesne aktivnosti. Sve navedene igre su repetitivnog karaktera bez kompleksne gradnje narativa, zbog čega pretpostavljamo da može doći do zasićenja i prestanka korištenja. No, ukoliko bi postojao detaljan popis učinkovitih igara i potrebne VR opreme, korisnik bi imao mogućnost mijenjanja igara ovisno o trenutnom raspoloženju. Takav sustavni pristup širem igranju raznih AVG-ova bi mogao biti koristan u održavanju zabave i dovoljnog angažmana korisnika.

U gotovo svim uključenim radovima koji su ispitivali korisnikov emotivni angažman tijekom igranja, zaključeno je kako je VR tjelovježba zabavnija i dodatno potiče motivaciju. Također je zaključeno da je razina percipiranog umora i intenziteta za vrijeme korištenja VR-a znatno manja u usporedbi s tradicionalnim vježbanjem. Gotovo svi radovi su upitnicima ispitivali povratne informacije korisnika vezano uz iskustvo korištenja VR-a. Detaljan popis i rezultati upitnika nalaze se u Tablici 3. u Prilogu. Jednoznačno možemo zaključiti da je iskustvo igranja AVG-ova pozitivno. Pretpostavljamo da bi sedentarnoj osobi ovakav tip intervencije bio interesantan i privlačan, pogotovo ako takva osoba ima nisko mišljenje o vlastitom tijelu ili strah od gomile i buke koju teretana često proizvodi. U potpunosti je legitimno osjećati negativne osjećaje kada je u pitanju tjelovježba i briga za vlastito tijelo. Pozitivni učinci tjelovježbe su neosporni, ali katkad drugi faktori prevladaju i osoba ostaje neaktivna. U svijetu koji histerično prati razvoj digitalizacije gdje najnovije tehnologije svakodnevno nalaze puteve do privatnih domova, samo je pitanje vremena kada će većina populacije imati pristup VR tehnologiji, kao što danas svi imamo pametne telefone. Grana aktivnog VR fitnesa postoji u fragmentima, ali vjerujemo da može igrati ključnu ulogu u modernizaciji kineziologije.

Promjene je nemoguće zaustaviti, a ako mislimo da djeca dijele naš otpor prema internetu i telefonima, varamo se. Svijet doživljava abnormalne promjene a naša će djeca rodivši se u novom svijetu biti u njemu potpuno prisutna. Lako je moguće da će buduće generacije VR iskustvo smatrati pod svakodnevnim i čudit će se nama koji smo živjeli u svijetu bez virtualne stvarnosti. Takav razvoj situacije moramo predvidjeti i biti spremni na promjenu, a dok je tehnologija i dalje u razvoju, prihvatiti dokazane zdravstvene benefite vježbanja i apelirati na njegovu inkluziju u rastuće tehnologije. Ukoliko se shvati ozbiljno, rekreativno vježbanje u VR-u može postati legitimna i konkretna opcija. Ovim smo radom dokazali da su benefiti mogući i da ponajviše ovise o odabiru igre. Naš je zadatak da s takvim predznanjem uđemo u razvoj novih aktivnih videoigara koje će biti u potpunosti usmjerene da kroz zabavu i igru stimuliraju fiziološki angažman. Igre koje trenutno postoje u velikoj su većini linearne i jednostavne, ali to ne znači da u budućnosti neće vidjeti razvoj u svakojake pustolovine i izazove. Na takav bi način ostali u toku s vremenom i bili atraktivni nadolazećim generacijama kojima će tradicionalni oblik vježbanja biti sve straniji. Ako prepustimo stvar slučaju lako se može dogoditi da se nikada ne razvije inovativna i revolucionarna aktivna VR igra koja će milijune diljem svijeta okupiti u zajedničkom vježbanju. Probajmo samo zamisliti *online* igru u kojoj svatko u realnom vremenu upravlja svojim likom i sudjeluje u raznim natjecanjima protiv drugih korisnika. Gradi vlastite sposobnosti i reputaciju dok ne postane najbolji na svijetu. Takav bi poduhvat zahtijevao ogroman angažman i učenje pojedinca u kojem bi za uspjeh trebao visoke aerobne sposobnosti i visok stupanj tehnike. Naravno, za savršenu izvedbu unutar igre, u pravom svijetu je potrebno izvesti savršenu tehniku. Zbog toga je potrebna suradnja stručnjaka kineziologa s programerima i tvorcima videoigara. Svijet proživljava drastične promjene, a mi ne smijemo zaostajati, ako ne djelom, onda barem u svijesti.

Ovim smo sustavnim pregledom i meta-analizama odgovorili na oba postavljena problema i potvrdili obje hipoteze. Aktivne VR video igre mogu stimulirati zadovoljavajuću razinu tjelesnog vježbanja prema smjernicama svjetskih zdravstvenih organizacija. Bitno je znati da to mogu samo neke igre, zbog čega je potrebno ciljano i svjesno odabrati odgovarajuću. Također, aktivne igre mogu prouzročiti veću ugodu i veću motivaciju pri korištenju u odnosu na tradicionalno vježbanje. Ovaj je zaključak potrebno uzeti s dozom opreza, jer su ispitivani kratkotrajni učinci aktivnih igara. Pretpostavka je da će vremenom motivacija za igranjem padati zbog suštinske repetitivne strukture igara, no takvo bi istraživanje trebalo provesti da možemo odgovoriti konkretnije od šture pretpostavke. Naposljetku, zbog brojnih vizualnih i zvučnih podražaja, osjećaj umora i intenziteta vježbanja je manji kod aktivnih VR igara u usporedbi s tradicionalnim načinom vježbanja. Ovo je od iznimne važnosti za populaciju koja

ima averziju prema nelagodi i boli. Skretanje pažnje na zadatak unutar igre može motivirati osobe koje odstranjuju od vježbanja upravo zbog nelagodnih fizičkih osjećaja i time pokrenuti određenu količinu sedentarne populacije.

Ova se priča prije dvadesetak godina činila kao daleka budućnost, ali stigla nas je preko noći. Važno je osvijestiti svijet oko sebe i biti spreman na nadolazeće promjene koje će se neminovno dogoditi. Možemo kritizirati i buniti se, ali nitko u Hrvatskoj ne može zaustaviti globalne multimilijarderske inovacije. Jedino što možemo je pomno proučiti teren i kanalizirati vlastitu energiju u pronađene dobrobiti. Jedna od takvih novosti mogućnost je vježbanja unutar vlastita četiri zida uranjajući u razne virtualne svjetove putem aktivnih videoigara. Time se otvara potpuno novi svijet naše struke, u koji željeli ili ne, moramo ući.

6. Metodološko ograničenje rada

Ovaj je rad napisan sa željom otvaranja prostora i sagledavanja trenutnih mogućnosti tehnologije virtualne stvarnosti, koja će se u budućnosti samo dodatno razvijati. Zaključke dobivene meta-analizom potrebno je sagledavati s dozom opreza, budući da su uključena istraživanja za mjeru tjelesne aktivnosti implementirali različite mjerne instrumente i varijable. Zbog toga usporedba takvih parametara može dovesti do krivih zaključaka. Odlučili smo se za provedbu meta-analize jer smo uvidjeli sličnost između uvrštenih varijabli, ali i kako bismo pokazali raširenost mogućnosti mjerenja TA unutar VR-a. Primarni cilj bio je meta-analizom pokazati trenutno stanje tehnologije virtualne stvarnosti i napraviti opreku sa sjedilačkim načinom života. Svi kasniji i konkretniji zaključci dovedeni su na temelju kvalitativne analize.

7. Zaključak

Razvoj tehnološke industrije doveo je do nove mogućnosti bivanja aktivnim za vrijeme korištenja virtualne stvarnosti. Sustavim pregledom i meta-analizama najsvremenije literature ispitali smo mogućnosti takvih novih tehnologija, pri čemu nam je glavni fokus bio na učinkovitosti VR-a pri rekreativnom tjelesnom vježbanju. Kriterije koji smo koristili kako bi određeni tip aktivnosti mogli svrstati u rekreativno vježbanje postavile su svjetske zdravstvene organizacije, gdje smo se najviše referirali na WHO i propisane smjernice za potrebnu količinu tjedne aktivnosti kako bi se postigli zdravstveni kardiovaskularni benefiti. Zaključili smo da iako se svo provedeno vrijeme pri igranju aktivnih videoigara ne može izjednačiti s vremenom provedenim u dovoljnom intenzitetu, postavljen prag se ipak u određenoj količini prelazi. Postoje aktivne VR igre koje dovode organizam do tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta. Potrebno je znati koje igre odabrati jer nisu sve jednako stimulirajuće. Ukoliko je želja ispuniti tjednu normu isključivo igranjem VR igara, potrebno je provesti barem dvostruko više vremena koristeći VR od propisanih smjernica. To bi značilo da osoba treba provesti barem 300 minuta tjedno igrajući učinkovite AVG-ove kako bi zadovoljila minimalne potrebe. Stoga je naš prijedlog kombinirati aktivni VR s drugim oblicima tjelovježbe. VR može biti koristan dodatak osobama koje prema njemu imaju afiniteta, žive u velikim gradovima gdje su prisiljeni provoditi većinu vremena u zatvorenim prostorima ili ne stignu odraditi dodatni trening tog tjedna. Ove spoznaje su od velike važnosti za djecu i nadolazeće generacije, koje će sigurno doživjeti dodatni razvoj VR tehnologije. Želimo istaknuti kako ne predlažemo potpuni prelazak u virtualno okruženje. Socijalizacija je oduvijek bila i nastavit će biti ključan aspekt tjelesne aktivnosti. Također, VR i dalje ne može potaknuti dugotrajnu aktivnost visokog intenziteta. Cilj ovih spoznaja nije oduzeti provjerene navike već dovoljno aktivnoj populaciji, nego ponuditi novu vrstu aktivnosti onima koji prema tjelovježbi iz bilo kojih razloga gaje averziju. Time želimo nove korisnike približiti kineziološkoj struci. VR vježbanje može služiti kao uvod u svijet aktivnosti novim generacijama i sedentarnoj populaciji. Vjerujemo kako neaktivna osoba putem aktivnih igara može spoznati blagodati vježbanja na vlastitoj koži i time zakoračiti u rasprostranjen svijet raznih tjelesnih aktivnosti. Također, cilj ovih spoznaja je struci ponuditi potencijalan alat u borbi protiv sedentarnog načina života i pretjerane neaktivnosti mladih ljudi. Umjesto da se borimo protiv korištenja ekrana njihovom potpunom negacijom, ovim pristupom ciljali bismo na promjene ne mijenjajući navike mladih ljudi. VR nikako ne smije biti krajnji cilj, nego tek jedan od alata pri promociji tjelesne aktivnosti. Krajnji cilj je duhovno i tjelesno blagostanje.

8. Literatura

- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H., Emplaincourt, P. O., Jacobs, D. R., & Leon, A. S. (2000). Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 498-516.
- American College of Sports Medicine (ACSM). (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Wolters Kluwer Health.
- Ammar, A., Trabelsi, K., Brach, M., Chtourou, H., Boukhris, O., Masmoudi, L., ... & ECLB-COVID19 Consortium. (2021). Effects of home confinement on mental health and lifestyle behaviors during the COVID-19 outbreak: Insights from the ECLB-COVID19 multicentre study. *Biology of Sport*, 38(1), 9-21. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2020.96857>
- Barnett, A., Cerin, E., & Baranowski, T. (2011). Active video games for youth: A systematic review. *Journal of Physical Activity and Health*, 8(5), 724-737.
- Benzing, V., & Schmidt, M. (2018). Exergaming for children and adolescents: Strengths, weaknesses, opportunities, and threats. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11), 422. <https://doi.org/10.3390/jcm7110422>
- Best, J. R. (2012). Exergaming immediately enhances children's executive function. *Developmental Psychology*, 48(5), 1501-1510.
- Biddiss, E., & Irwin, J. (2010). Active video games to promote physical activity in children and youth: A systematic review. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 164(7), 664-672.
- Biddle, S. J., Ciaccioni, S., Thomas, G., & Vergeer, I. (2019). Physical activity and mental health in children and adolescents: An updated review of reviews and an analysis of causality. *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 146-155.
- Blair, S., Haskell, W., Ho, P., Paffenbarger, R. Jr., Vranizan, K., Farquhar, J., & Wood, P. (1985). Assessment of habitual physical activity by a seven-day recall in a community survey and controlled experiments. *American Journal of Epidemiology*, 122(5), 794-804.
- Blondell, S. J., Hammersley-Mather, R., & Veerman, J. L. (2014). Does physical activity prevent cognitive decline and dementia? A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 14(1), 510. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-510>

- Borenstein, M. (2019). *Common mistakes in meta-analysis and how to avoid them*. Biostat, Inc.
- Borenstein, M. (2020). Research note: In a meta-analysis, the I^2 index does not tell us how much the effect size varies across studies. *Journal of Physiotherapy*, 66(2), 135-139. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.02.011>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2022). *Comprehensive meta-analysis version 4*. Biostat, Inc. www.Meta-Analysis.com
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis* (2nd ed.). Wiley.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 1(2), 97-111. <https://doi.org/10.1002/jrsm.12>
- Borenstein, M., Higgins, J. P. T., Hedges, L. V., & Rothstein, H. R. (2017). Basics of meta-analysis: I^2 is not an absolute measure of heterogeneity. *Research Synthesis Methods*, 8(1), 5-18. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1230>
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98.
- Brito-Gomes, J. L. D., Perrier-Melo, R. J., Brito, A. D. F., & Costa, M. D. C. (2018). Active videogames promote cardiovascular benefits in young adults? A randomized controlled trial. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 40(1), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2018.01.002>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3920711/>
- Christensen, J. V., Mathiesen, M., Poulsen, J. H., Ustrup, E. E., & Kraus, M. (2018, April 4-6). Player experience in a VR and non-VR multiplayer game. In *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual*. Laval, France.
- Ciążyńska, J., & Maciaszek, J. (2023). Effects of low-immersive vs. high-immersive exercise environment on postural stability and reaction and motor time of healthy young adults. *Journal of Clinical Medicine*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/jcm12010389>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Erlbaum.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Costa, M. T. S., Vieira, L. P., Barbosa, E. O., & Carneiro, L. S. (2019). Virtual reality-based exercise with exergames as medicine in different contexts: A short review. *Clinical*

- Practice & Epidemiology in Mental Health*, 15, 74-79.
<https://doi.org/10.2174/1745017901915010074>
- Cuijpers, P. (2016). *Meta-analyses in mental health research: A practical guide*. Pim Cuijpers Uitgeverij.
- DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 7(3), 177-188. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3802833>
- DerSimonian, R., & Laird, N. (2015). Meta-analysis in clinical trials revisited. *Contemporary Clinical Trials*, 45(Pt A), 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2015.09.002>
- Dolu, U., & Camliguney, A. F. (2022). The effect of virtual reality on isometric muscle strength. *Progress in Nutrition*, 24(1). <https://doi.org/10.23751/pn.v24i1.11462>
- Družić, G., & Basarac Sertić, M. (2018). Hrvatska i četvrta industrijska revolucija. In G. Družić & I. Družić (Eds.), *Modeli razvoja hrvatskog gospodarstva* (pp. 283-308). Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti (HAZU).
- Evans, O. G. (2023). *Introvert and extravert personality: Signs, theories and differences*. Simply Psychology. <https://www.simplypsychology.org/introvert-extravert.html>
- Faric, N., Potts, H. W. W., Hon, A., et al. (2019). What players of virtual reality exercise games want: Thematic analysis of web-based reviews. *Journal of Medical Internet Research*, 21(7), e13833. <https://doi.org/10.2196/13833>
- Foley, L., Jiang, Y., Ni Mhurchu, C., Jull, A., Prapavessis, H., Rodgers, A., & Maddison, R. (2014). The effect of active video games by ethnicity, sex and fitness: Subgroup analysis from a randomised controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11, 46. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-46>
- Freedson, P. S., Melanson, E., & Sirard, J. (1998). Calibration of the computer science and applications, Inc. accelerometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(5), 777–781. <https://doi.org/10.1097/00005768-199805000-00021>
- Furht, B. (2008). *Encyclopedia of multimedia*. Springer.
- Gabana, D., Tokarchuk, L., Hannon, E., & Gunes, H. (2017, October 23–26). Effects of valence and arousal on working memory performance in virtual reality gaming. In *Proceedings of the 2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)* (pp. 518-522). San Antonio, TX, USA. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACII.2017.8273648>
- Gao, Y., & Mandryk, R. (2012, May 5–10). The acute cognitive benefits of casual exergame play. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing*

- Systems* (pp. 1863-1872). Austin, TX, USA. ACM.
<https://doi.org/10.1145/2207676.2208316>
- Gao, Z., & Chen, S. (2014). Are field-based exergames useful in preventing childhood obesity? A systematic review. *Obesity Reviews*, 15(8), 676–691.
<https://doi.org/10.1111/obr.12164>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., et al. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334–1359.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213febf>
- Garcia, J. A., Schoene, D., Lord, S. R., et al. (2016). A bespoke Kinect stepping exergame for improving physical and cognitive function in older people: A pilot study. *Games for Health Journal*, 5(6), 382–388. <https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0070>
- World Health Organization. (2022). *Global status report on physical activity 2022*. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060729>
- Guixeres, J., Saiz, J., Alcañiz, M., Cebolla, A., Escobar, P., Baños, R., & Lurbe, E. (2013). Effects of virtual reality during exercise in children. *Journal of Universal Computer Science*, 19(9), 1199–1218.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Academic Press.
<http://www.loc.gov/catdir/description/els032/84012469.html>
- Hedges, L. V., & Vevea, J. L. (1998). Fixed- and random-effects models in meta-analysis. *Psychological Methods*, 3(4), 486–504. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.3.4.486>
- Higgins, J. P. (2008). Commentary: Heterogeneity in meta-analysis should be expected and appropriately quantified. *International Journal of Epidemiology*, 37(5), 1158–1160.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyn204>
- Higgins, J. P. T. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, 327(7414), 557–560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Higgins, J. P. T., & Thomas, J. (Eds.). (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (2nd ed.). Wiley.
- Higgins, J. P. T., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*, 21(11), 1539–1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>
- Higgins, J. P., Savović, J., Page, M. J., & Sterne, J. A. (2019). Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2). RoB2 Development Group.

- Higgins, J. P., Savović, J., Page, M. J., & Sterne, J. A. (2019). Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2). RoB2 Development Group.
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, *327*(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Hyodo, K., Dan, I., Kyutoku, Y., Suwabe, K., Byun, K., Ochi, G., et al. (2016). The association between aerobic fitness and cognitive function in older men mediated by frontal lateralization. *Neuroimage*, *125*, 291-300. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.09.062>
- IntHout, J., Ioannidis, J. P. A., Rovers, M. M., & Goeman, J. J. (2016). Plea for routinely presenting prediction intervals in meta-analysis. *BMJ Open*, *6*(7), e010247. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010247>
- Jajčević, Z. (2010). *Povijest športa i tjelovježbe*. Zagreb: Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta u Zagrebu.
- Tucker, J. M., Welk, G. J., & Beyler, N. K. (2011). Physical activity in U.S. adults: Compliance with the physical activity guidelines for Americans. *American Journal of Preventive Medicine*, *40*(4), 454-461. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2010.12.016>
- Jung, C. G. (1953). *Collected works. In Psychology and Alchemy* (Vol. 12). Pantheon Books.
- Kahn, E. B., Ramsey, L. T., Brownson, R. C., et al. (2002). The effectiveness of interventions to increase physical activity: A systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*, *22*(4), 73-107. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(02\)00434-8](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(02)00434-8)
- Kim, A., Chang, M., Choi, Y., Jeon, S., & Lee, K. (2018). The effect of immersion on emotional responses to film viewing in a virtual environment. In *Proceedings of the 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 485-491). Reutlingen, Germany. <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446546>
- Kuwamizu, R., Suwabe, K., Damrongthai, C., Fukuie, T., Ochi, G., Hyodo, K., et al. (2021). Spontaneous eye blink rate connects the missing link between aerobic fitness and cognition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *53*(7), 1425-1433. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002590>
- Lanningham-Foster, L., Jensen, T. B., Foster, R. C., et al. (2006). Energy expenditure of sedentary screen time compared with active screen time for children. *Pediatrics*, *118*(6), e1831-e1838. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-2431>
- Lansley, K. E., DiMenna, F. J., Bailey, S. J., et al. (2011). A 'new' method to normalize exercise intensity. *International Journal of Sports Medicine*, *32*(7), 535-541. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273741>

- LaValle, S. M. (2023). *Virtual reality*. Cambridge University Press.
- Lee, I., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, *380*(9838), 219-229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Lu, A., Pelarski, V., Alon, D., Baran, A., McGarrity, E., Swaminathan, N., & Sousa, C. (2023). The effect of narrative element incorporation on physical activity and game experience in active and sedentary virtual reality games. *Virtual Reality*, *27*(3), 1607–1622. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00754-7>
- Martirosov, S., Bureš, M., & Zítka, T. (2021). Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. *Virtual Reality*, *26*(1), 15-32. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00445-8>
- Matthew, C. E. (2005). Calibration of accelerometer output for adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(11 Suppl), S512-S522. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185659.11982.3d>
- Mikolajewicz, N., & Komarova, S. V. (2019). Meta-analytic methodology for basic research: A practical guide. *Frontiers in Physiology*, *10*, 203. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00203>
- Miller, J. M., & Street, B. D. (2019). Metabolic syndrome and physical activity levels in college students. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, *17*(8), 431-435. <https://doi.org/10.1089/met.2019.0038>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Mologne, M. S., Hu, J., Carrillo, E., Gomez, D., Yamamoto, T., Lu, S., Browne, J. D., & Dolezal, B. A. (2023). The efficacy of an immersive virtual reality exergame incorporating an adaptive cable resistance system on fitness and cardiometabolic measures: A 12-week randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(1), 210. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010210>
- Myers, I. B., McCaulley, M. H., Quenk, N. L., & Hammer, A. L. (1998). *MBTI manual: A guide to the development and use of the Myers-Briggs Type Indicator* (3rd ed.). Consulting Psychologists Press.

- Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology, 12*(2), 108-134. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201611174655>
- Ochi, G., Kuwamizu, R., Fujimoto, T., Ikarashi, K., Yamashiro, K., & Sato, D. (2022). The effects of acute virtual reality exergaming on mood and executive function: Exploratory crossover trial. *JMIR Serious Games, 10*(3), e38200. <https://doi.org/10.2196/38200>
- World Health Organization. (2010). *World health statistics 2010*. World Health Organization.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pasco, D. (2013). The potential of using virtual reality technology in physical activity settings. *Quest, 65*(4), 429-441. <https://doi.org/10.1080/00336297.2013.806451>
- Perrin, T., Faure, C., Nay, K., Cattozzo, G., Sorel, A., Kulpa, R., & Kerhervé, H. A. (2019). Virtual reality gaming elevates heart rate but not energy expenditure compared to conventional exercise in adult males. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*(22), 4406. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224406>
- Polechoński, J., Dębska, M., & Gawroński, P. (2019). Exergaming can be a health-related aerobic physical activity. *BioMed Research International, 2019*, 1890527. <https://doi.org/10.1155/2019/1890527>
- Polechoński, J., Nierwińska, K., Kalita, B., & Wodarski, P. (2020). Can physical activity in immersive virtual reality be attractive and have sufficient intensity to meet health recommendations for obese children? A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(21), 8051. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218051>
- Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 5.4. The Cochrane Collaboration, 2020.
- Rice, K., Higgins, J. P. T., & Lumley, T. (2017). A re-evaluation of fixed effect(s) meta-analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society, 180*(1), 71-96. <https://doi.org/10.1111/rssa.12275>
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., & Magal, M. (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (10th ed.). Wolters Kluwer.

- Rivera-Torres, S., Fahey, T. D., & Rivera, M. A. (2019). Adherence to exercise programs in older adults: Informative report. *Gerontology and Geriatric Medicine*, 5, 2333721418823604. <https://doi.org/10.1177/2333721418823604>
- Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychological Bulletin*, 86(3), 638–641. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.3.638>
- Rubio-Arias, J. Á., Verdejo-Herrero, A., Andreu-Caravaca, L., & Ramos-Campo, D. J. (2024). Impact of immersive virtual reality games or traditional physical exercise on cardiovascular and autonomic responses, enjoyment and sleep quality: A randomized crossover study. *Virtual Reality*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s10055-024-00981-6>
- Ryan, R. M., Rigby, C. S., & Przybylski, A. (2006). The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344–360.
- Schardt, C., Adams, M. B., Owens, T., Keitz, S., & Fontelo, P. (2007). Utilization of the PICO framework to improve searching PubMed for clinical questions. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 7(1), 16. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-7-16>
- Schutz, Y., Weinsier, R. L., & Hunter, G. R. (2001). Assessment of free-living physical activity in humans: An overview of currently available and proposed new measures. *Obesity Research*, 9(6), 368-379.
- Sousa, C. V., Hwang, J., Cabrera-Perez, R., Fernandez, A., Misawa, A., Newhook, K., & Lu, A. S. (2022). Active video games in fully immersive virtual reality elicit moderate-to-vigorous physical activity and improve cognitive performance in sedentary college students. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.05.002>
- Staiano, A. E., Adams, M. A., & Norman, G. J. (2019). Motivation for exergame play inventory: Construct validity and relationship to game play. *Cyberpsychology*, 13(3), Article 7. <https://doi.org/10.5817/CP2019-3-7>
- Staiano, A. E., Beyl, R. A., Guan, W., Hendrick, C. A., Hsia, D. S., & Newton, R. L., Jr. (2018). Home-based exergaming among children with overweight and obesity: A randomized clinical trial. *Pediatric Obesity*, 13(11), 724–733.
- Stanmore, E., Stubbs, B., Vancampfort, D., de Bruin, E. D., & Firth, J. (2017). The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 78, 34–43.
- Sterne, J. A. C., Sutton, A. J., Ioannidis, J. P. A., Terrin, N., Jones, D. R., Lau, J., Carpenter, J., Rucker, G., Harbord, R. M., Schmid, C. H., Tetzlaff, J., Deeks, J. J., Peters, J.,

- Macaskill, P., Schwarzer, G., Duval, S., Altman, D. G., Moher, D., & Higgins, J. P. T. (2011). Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ*, *343*, d4002. <https://doi.org/10.1136/bmj.d4002>
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., et al. (2013). Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications. *Circulation*, *128*(20), 2259–2279.
- Suwabe, K., Hyodo, K., Byun, K., Ochi, G., Yassa, M. A., & Soya, H. (2017). Acute moderate exercise improves mnemonic discrimination in young adults. *Hippocampus*, *27*(3), 229–234.
- Suwabe, K., Hyodo, K., Fukuie, T., Ochi, G., Inagaki, K., Sakairi, Y., et al. (2021). Positive mood while exercising influences beneficial effects of exercise with music on prefrontal executive function: A functional NIRS study. *Neuroscience*, *454*, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.06.007>
- Tao, G., Garrett, B., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive virtual reality and health games: A narrative review of game design. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *18*(1), 31.
- Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2008). Fitness and action monitoring: Evidence for improved cognitive flexibility in young adults. *Neuroscience*, *157*(2), 319–328. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2008.09.014>
- Thin, A. G., Brown, C., & Meenan, P. (2013). User experiences while playing dance-based exergames and the influence of different body motion sensing technologies. *International Journal of Computer Games Technology*, *2013*, 603604. <https://doi.org/10.1155/2013/603604>
- Tucker, J. M., Welk, G. J., & Beyler, N. K. (2011). Physical activity in U.S. adults: Compliance with the physical activity guidelines for Americans. *American Journal of Preventive Medicine*, *40*(4), 454–461. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2010.12.016>
- U.S. Department of Health and Human Services. (2018). *Physical activity guidelines for Americans* (2nd ed.). <https://health.gov/our-work/physical-activity/current-guidelines>
- Ulas, K., & Semin, I. (2021). The biological and motivational effects of aerobic exercise with virtual reality. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *92*(3), 321–326. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1729329>
- van Hooren, S. A., Valentijn, A. M., Bosma, H., Ponds, R. W., van Boxtel, M. P., & Jolles, J. (2007). Cognitive functioning in healthy older adults aged 64–81: A cohort study into

- the effects of age, sex, and education. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14(1), 40–54.
- Vičić Hudorović, V. (2020). Kako napisati znanstveni članak - Strategije i savjeti: Metaanaliza. *Sestrinski Glasnik*, 25(1), 3-11. <https://doi.org/10.11608/sgnj.2020.25.001>
- Visch, V. T., Tan, E. S., & Molenaar, D. (2010). The emotional and cognitive effect of immersion in film viewing. *Cognition & Emotion*, 24(8), 1439–1445.
- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: The evidence. *CMAJ*, 174(6), 801–809. <https://doi.org/10.1503/cmaj.051351>
- World Economic Forum. (2020). What is the fourth industrial revolution? Retrieved October 9, 2020, from <https://www.weforum.org/focus/fourth-industrial-revolution>
- Weinstein, A. M., Voss, M. W., Prakash, R. S., Chaddock, L., Szabo, A., White, S. M., et al. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain, Behavior, and Immunity*, 26(5), 811–819. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2011.11.008>
- Yates, B. J., Miller, A. D., & Lucot, J. B. (1998). Physiological basis and pharmacology of motion sickness: An update. *Brain Research Bulletin*, 47(5), 395–406.
- Yee, N. (2006). Motivations for play in online games. *Cyberpsychology & Behavior*, 9(6), 772–775.
- Zhang, T., Xiao, X., & Mao, J. (2023). A virtual reality physical activity pattern assessment: Mixed crossover experiments and cluster analysis. *Digital Health*, 9, 20552076231205287. <https://doi.org/10.1177/20552076231205287>
- Žažar, K., Čengić, D., & Degać, Đ. (2022). Četvrta industrijska revolucija u hrvatskom kontekstu – znanstvena fantastika ili nova razvojna paradigma? *Društvena Istraživanja*, 31(4), 639–659. <https://doi.org/10.5559/di.31.4.04>

Prilog

Tablica 3. Detaljna tablica karakteristika uključenih istraživanja u sustavni pregled literature (k=12).

Autor	Aparatura	Intervencija	Vrsta VR (kontrolna grupa)	Mjera TA	Dodatna mjera i rezultati	Rezultati TA	Zaključak
Brito-Gomes 2018	VR - Xbox 360 kinetička konzola HR - Polar FT1 mjerac otkucaja srca AC - Astrand test aerobnog kapaciteta na Cataye EC-1600 ergociklu	30 minutna sesija, triput tjedno, 6 tjedana S-AVG - aktivna videoigra Nike Kinect Training, virtualni trener pomaže pri izvedbi bazičnih vježbi UNS-AVG - Kinect Sports: Boxing, trominutne runde boksanja protiv virtualnog protivnika u kojima se ispitanik kreće u svim smjerovima i izvodi čučnjeve kako bi izbjegao protivnika	S-AVG - strukturirana aktivna videoigra UNS-ANG - nestrukturirana aktivna videoigra KON - kontrolna grupa koja je izvodila tradicionalne vježbe	Sve mjere mjerene u mirovanju, nakon 5 minutnog odmora: HR (bpm) - otkucaj srca SBP (mmHG) - sistolički tlak DBP (mmHG) - dijabolički tlak DP (mmHG bpm) - dupli produkt, umnožak sistoličkog tlak i otkucaja srca AE (mL/kg/min) - aerobni kapacitet (mjereno samo na početku, zbog čega nije uvršten u analizu)	Nije bilo dodatnih mjera	Inicijalne vrijednosti: UNS-AVG: HR - 79,0 ± 12,7 SBP - 125,4 ± 10,8 DBP - 68,5 ± 4,3 DP - 9717 ± 2147 S-AVG: HR(bpm) - 69,3 ± 5,2 SBP - 124,8 ± 12,0 DBP - 69,5 ± 7,7 DP - 8316 ± 1152 KON: HR(bpm) - 78,0 ± 8,5 SBP - 117,1 ± 11,3 DBP - 69,6 ± 8,9 DP - 9779 ± 709 Značajna razlika jedino u: HR između S-AVG (6. tjedan) i KON DP između UNS-AVG (4. tjedan) i KON	S ciljem redukcije krvnog tlaka: aktivne videoigre nemaju značajne kardiovaskularne benefite kod mladih i zdravih (normalni tlak) osoba.

Ciazynska 2022	CG - Oculus Quest 64 GB system EG - POCO X3 NFC mobilni telefon TA - Zephyr mjere AMPI platforma sile Vienna Test sistem	2 put 30 minutna sesija EG - Audio trip igra u kojoj je cilj plesati u ritmu i uroniti u virtualnu muziku i aktivnu okolinu vježbanja CG - Tabata-video tjelovježbe - set vježbi kreiranih u svrhu istraživanja, snimljeni video u kojem trener izvodi zadane pokrete, video je prikazan na mobilnom telefonu, imitira pokrete Audio trip VR igre	EG - aktivna igra Audio trip, visoko uranjajuća virtualna stvarnost CG - Tabata video, nisko uranjajuća vježbajuća okolina, ekran na kojem su prikazane vježbe	Između izmjerenih grupa: HR - otkucaj srca (prosječna, maksimalna) BR - brzina disanja (prosječna, maksimalna) EE - utrošak energije	Posturalna stabilnost RT - vrijeme reakcije MT - brzina pokreta U svim mjerama EG grupa postiže značajno bolje rezultate nakon provedene intervencije	Značajna razlika u varijablama BR-Ave (prosječna brzina disanja), BR-Max (maksimalna brzina disanja) i EE (utrošak energije) u korist eksperimentalne grupe koja je koristila uranjajuću VR tehnologiju za provedbu vježbanja.	Inkluzija VR tehnologije veće razine uranjanja u tjelesno vježbanje proizvodi veće benefite u posturalnoj stabilnosti, vremenu reakcije i brzini pokreta.
Dolu 2022	VR - Samsung Gear VR SM-R323 WS - Sportive štoperica HR - Kalenji Onrhythm 110 pulsmetar	Čučanj uz zid (WS) sa i bez VR stimulacije VR - grupa izvodila čučanj uz zid gledajući virtualnu turu kroz Zion nacionalni park, s idejom da priroda skreće pažnju s umora i boli.	VR - virtualna stvarnost NON-VR - običan čučanj uz zid bez VR naočala Dvaput sprovedeno mjerenje, u drugom su grupe zamijenile intervenciju, VR grupa je postala NON-VR i obrnuto	WS - test čučanj uz zid. Izometrički test u kojem je cilj zadržati položaj čučnja što je dulje moguće HR - prosječna vrijednost otkucaja srca	BORG - skala percipiranog umora COOK - skala percipiranog intenziteta BORG: VR = 12,59 NON-VR = 13,73 COOK: VR = 5,25 NON-VR = 5,93	WS (sekunde): VR = (1) 77,12 ± 20,77; (2) 80,68 ± 13,12 NON-VR = (1) 65,6 ± 14,4; (2) 69,78 ± 18,23 HR: VR = (1) 78,58 ± 4,64; (2) 79,39 ± 3,65 NON-VR = (1) 78,61 ± 4,23; (2) 78,75 ± 4,63 (1) - prvo mjerenje (2) - drugo mjerenje	VR grupa je postigla bolje rezultate u WS, uz nižu razinu percipiranog umora i percipiranog intenziteta od NON-VR grupe. Razlika u HR nije značajna. VR može pomoći u trenažnom procesu olakšavajući napredak.

<p>Lu 2023</p>	<p>VR - HTC Vive Pro TA - ActiGraph akcelerometar</p>	<p>Sesija trajanja onoliko koliko se ispitaniku igralo AVR - aktivna igra Beat Saber SVR - sjedeća igra Thumper, u kojoj je cilj upravljajući vozilom proći prepeke i time prijeći na višu razinu</p> <p>n - uz narativni sadržaj non-n - bez narativnog sadržaja</p>	<p>AVR - aktivna video igra u uranjajućoj VR SVR - sjedilačka video igra u uranjajućoj VR AVR(n) + SVR(n) - obje igra uz dodatak narativnog elementa. Cilj rada je bio ispitati hoće li narativna dimenzija pomoći u motivaciji i time boljem uspjehu. Obje igre su repetitivne, prije igranja su ispitanici gledali 5 minutni video koji ih je približio svijetu igre i time dodatno stimulirao.</p>	<p>Akcelerometar - broj trzaja kroz tri kretne osi u minuti: slaba TA (<760 trzaja/min); umjerena TA (760-5724 trzaja/min); žustra TA (>5724 trzaja/min)</p>	<p>Upitnici: GEQ - iskustvo igranja PAE - uživanje u tjelesnoj aktivnosti MS - razina osjećaja nelagode SD - kontrola pristranosti u odgovorima</p> <p>SD: n = 2,98; non-n = 3,20 PAE: AVR = 4,2; SVR = 3,7* MS: AVR = 1,9; SVR = 1,7 GEQ - značajna razlika samo u protočnosti *značajna razlika između AVR i SVR</p>	<p>Trajanje sesije: AVR(n) = 24,9 ± 11,2; AVR(non-n) = 27,8 ± 12,2 SVR(n) = 26,3 ± 17,1; SVR(non-n) = 27,8 ± 17,1</p> <p>*Mirovanje (min): AVR(n) = 4,1 ± 2,5; AVR(non-n) = 8,5 ± 9,8 SVR(n) = 24,5 ± 15,0; SVR(non-n) = 26,9 ± 16,8</p> <p>*Niska TA(min): AVR(n) = 6,5 ± 4,4; AVR(non-n) = 7,1 ± 5,0 SVR(n) = 0,6 ± 0,9; SVR(non-n) = 0,5 ± 0,5</p> <p>*MVPA TA(min): AVR(n) = 14,2 ± 5,5; AVR(non-n) = 12,2 ± 7,3 SVR(n) = 0,4 ± 0,8; SVR(non-n) = 0,4 ± 0,4</p> <p>**Mirovanje (%): AVR(n) = 16,2 ± 6,8; AVR(non-n) = 27,8 ± 20,4 SVR(n) = 96,3 ± 3,9; SVR(non-n) = 96,4 ± 2,7</p> <p>*Niska TA(%): AVR(n) = 25,2 ± 6,9; AVR(non-n) = 25,6 ± 12,1 SVR(n) = 2,2 ± 2,2; SVR(non-n) = 2,0 ± 1,5</p> <p>**MVPA TA(%): AVR(n) = 58,4 ± 12,3; AVR(non-n) = 46,4 ± 20,7 SVR(n) = 1,5 ± 1,8; SVR(non-n) = 1,6 ± 1,3</p> <p>*značajna razlika između AVR i SVR **Značajna razlika između narativ i non-narativ grupa</p>	<p>Uključivanje narativnih elemenata u aktivne igre virtualne stvarnosti dovelo je do povećanja vremena provedenog u umjerenoj do žustroj tjelesnoj aktivnosti (MVPA) i smanjilo udio nekretanja među sjedilačkom populacijom studenata. Aktivne igre virtualne stvarnosti izazvale su u prosjeku 13 minuta MVPA u svakoj sesiji igre (oko 50% ukupnog trajanja igre u svim uvjetima) i izazvale veći pozitivni afekt i PAE od sjedilačkih igara virtualne stvarnosti.</p>
-----------------------	---	---	---	--	--	--	--

Molog ne 2022	IVR - Blackbox VR + Vive VR naočale KMB (kardiometaboli čki) - prijenosni sustav za analizu metabolizma PNOE HR - narukvica sa Biostrap aplikacijom i Wavalet wristband softwareom	35-60 minutne sesije, 12 tjedana, triput tjedno IVR - igra obrane kule u kojoj je cilj zaštititi svoj i uništiti neprijateljski kristal. S igrom je povezano šest vježbi povlačenja gdje svaka radi jedinstven napad na protivnika. Intenzitet pokreta određuje jačinu napada.	IVR - uranjajuća (imerzivna) virtualna stvarnost SELF - kontrolna grupa, tradicionalno vježbanje na trenažeru, iste vježbe kao i VR grupa	Fitnes: 1-RM - maksimum ponavljanja VO2max - maksimalni primitak kisika Karbiometaboličke: BP - tlak RMR - stopa metabolizma u mirovanju HRV - varijabilnost otkucaja srca	BORG - skala percipiranog umora PACES - skala užitka u TA SSQ - upitnik o razini mučnine RPE IVR = 14 ± 1 sesije "pomalo teške do teške"; SELF = 16 ± 1 sesije "teške do vrlo teške" PACES = 4,45 ± 0,22 sesije "ugodne" Bez nuspojava i mučnine	Volumen treninga (SELF: 17,35 kg, IVR: 17,68 kg); SELF sesije 14min duže. IVR veće smanjenje % tjelesne masti i masne mase. Snaga i izdržljivost poboljšane u obje skupine, a IVR je pokazao veće dobitke. IVR imao bolja poboljšanja u manjoj snazi tijela, aerobnim performansama i fleksibilnosti. Kardiometaboličke mjere nisu pokazale osnovne razlike, ali IVR je imao značajan pad sistoličkog krvnog tlaka. Obj su skupine poboljšale RMR i HRV, pri čemu je IVR pokazao veće poboljšanje HRV-a.	Imerzivni VR exergaming sustav može brže i učinkovitije poboljšati tjelesnu mast, mišićnu masu, 1-RM, 3-RM i rVO2max u usporedbi s tradicionalnim treningom s kabelskim otporom.
------------------------------	---	---	--	--	---	---	---

Ochi 2022	VR-EX - Oculus Quest 2 2D-EX - aktivna igra prikazana na ekranu HR - Polar Vantage V2 monitor otkucaja srca	10 minutna sesija VR-EX - aktivna igra FitXR, u kojoj ručno držane konzole predstavljaju boksačke rukavice, a cilj je udarati i izbjegavati mete. 2D-KR - ista igra kao i u VR-EX, samo bez VR naočala	VR-EX - uranjajuća VR, aktivna igra 2D-EX - aktivna igra bez virtualne stvarnosti, prikazana na ekranu REST - kontrolna grupa, bez kretanja	HR - prosječna vrijednost otkucaja srca Maksimalni otkucaj srca (HRmax): niska TA <64% HRmax; umjerena TA = 64%-76% HRmax; žustra TA >76% HRmax	Mjerene prije (a) i poslije (b) vježbanja RPE - skala percipiranog umora sEBR - razina spontanijih treptaja oka u minuti, mjera izvršnih funkcija organizma POMS2 - upitnik o utjecaju vježbanja na sedam različitih emotivnih stanja RPE: REST: a = 6,0; b = 6,1 2D: a = 6,0; b = 10,1 VR: a = 6,0; b = 11,7 sEBR: REST: a = 29,9; b = 36 2D: a = 30,7; b = 41,2 VR: a = 34; b = 38,1	HR - razina otkucaja srca mjerena prije (a) i tijekom (b) vježbanja: REST: a = 74,7; b = 70,3 2D: a = 82,4; b = 108,2* VR: a = 81; b = 117,5* *značajna razlika u odnosu na REST %HRR: 2D-XE = 54,4% VR-XE = 58,8%	2D-EX i VR-EX zadovoljavaju razinu tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta. Aktivne VR igre pozitivno utječu na određene emotivne aspekte, ne utječu značajno na izvršne funkcije organizma, ali bi kognitivno visoko-stimulirajuće VR aktivne igre na njih mogle pozitivno utjecati.
----------------------	--	--	---	--	---	---	---

Perrin 2019	VR - Vive VR headset OPJT100 HR - elektrokardiogram EKG X12+ EE - metoda dah po dah (kalorimetrija)	1 zaokružena cjelina AG + AGw - aktivna igra Longbow, imitirajući pokrete gađanja iz luka i strijele, igrač stoji na ulazu u dvorac koji je potrebno obraniti od nadolazećih protivnika, 5 razina težine W6 - hod na pokretnoj traci pri brzini od 6 km/h	AG - aktivna igra Longbow AGw - aktivna igra Longbow uz dodatni fizički teret nošen na rukama W6 - kontrolna grupa tradicionalnog hodanja REST - mirovanje	Maksimalni otkucaj srca (HRmax): niska TA <64% HRmax; umjerena TA = 64%-77% HRmax; žustra TA >77% HRmax Relativni utrošak energije (EE) u kJ/kg*h MVPA (3-6 MET): 1MET = 4,184 kJ/kg*h, 3MET = 12,51 kJ/kg*h	TA mjerenja u svim stadijima igre - razina TA slična one hodanju samo pri najtežim stupnjevima igre	HR%: REST = 33 ± 6 W6 = 51 ± 5 (a) AG = 47 ± 5 (a) AGw = 54 ± 4 (a,c) EE (kJ/kg*h): REST = 4,6 ± 0,7 W6 = 21,1 ± 1,2 (a) AG = 11,7 ± 2,5 (a,b) AGw = 13,7 ± 4,9 (a,b) a - značajno razlika od REST b - značajna razlika od W6 c - značajna razlika od AG	Vježbanje u VR ne postiže dovoljnu razinu TA (MVPA). Razina otkucaja srca nije dobra mjera razine tjelesne aktivnosti u kontekstu VR-a. Dodatna kilaža (u ovom slučaju utezi nošeni oko ruku) pri najtežim razinama povećavaju utrošak energije do razine konvencionalnog vježbanja. Loš odabir igre, igra je previše pasivna.
Polech onski 2020	IVR - OMNI višesmjerna traka za trčanje HR - Polar Vantage V monitor otkucaja srca	15 minutna sesija AVG + IVR - igre Core Defense (CD) i Travar Training OPS (TT), obje igre potiču lokomociju, igrač odabire kretnje kako bi odstranio nadolazeće objekte laserskim oružjem držanim u obje ruke CD - kretnje u limitiranom prostoru TT - krećući se rutom	IVR - uranjajuća virtualna stvarnost AVG - aktivna igra	Maksimalni otkucaj srca (HRmax): niska TA <64% HRmax; umjerena TA = 64%-77% HRmax; žustra TA >77% HRmax	Upitnik: Privlačnost AVG u IMR Percipirana razina umora Procjena umora na 10 stupnjevanoj skali CD = 4,6 TT = 6,8	AS (HRmax): CD = 155,5 ± 19,1 TT = 167 ± 18 Prosječni intenzitet TA: CD = 77,4 %HRmax TT = 83,3 %HRmax Prosječno vrijeme provedeno u MVPA (>69% HRmax) za vrijeme 15 minutne sesije u IVR: MVPA CD (min) = 11,1 MVPA TT (min) = 12,7	Intenzitet TA kod pretile djece igrajući AVG u IVR je visok i ovisi o sadržaju igre. Igra u kojoj je potrebno pratiti predodređenu rutu (TT) više stimulira lokomociju od AVG s limitiranim prostorom (CD). AVG u IVR su atraktivne i mogu biti djelotvorna alternativa tradicionalnim sjedilačkim igrama.

Rubio-Arias 2024	VR - HMD Oculus Quest 2 HR - Polar H10 senzorni remen otkucaja srca nošen na prsima	30 minutna sesija BOX - BOXVR aktivna igra u kojoj je cilj raznim boksačkim udarcima i kretnjama udariti svjetleću sferu iste boje kao i rukavica. Rukavice su različite boje BS - Beat Saber igra na bazi ritma u kojoj igrač koristi virtualne mačeve kako bi prerezao blokove (kretnje gornjeg dijela tijela) ili izbjegao velike blokove (kretnje cijelog tijela) C - trčanje sa raznim preprekama i zadacima	BOX i BS - aktivna video igra u uranjajućoj virtualnoj stvarnosti C - kontrolna grupa, tradicionalno vježbanje bez VR	HRmean - prosječna vrijednost otkucaja srca HRmax - maksimalni otkucaj srca HRreserve (%HRR): <30% jako slaba TA; 30-39% slaba TA; 40-59% umjerena TA; 60-89% žustra TA; >90% maksimalni intenzitet	BORG - skala percipiranog umora IMI - skala ugođaja i motiviranosti KSD - Karolinski dnevnik sna, evaluacija kvalitete sna VAS - skala percipiranog intenziteta BORG: BOX = 4,05; BS = 2,64; C = 6,96 IMI: BOX = 6,29; BS = 5,51; C = 3,61 VAS = BOX = 1,82; BS = 0,27; C = 3,73 KSD - bez značajnih razlika	HRmax: BOX = 157 ± 18,85 BS = 130,70 ± 21,82 C = 186,4 ± 10,5 HRmean: BOX = 128 ± 16,84 BS = 104,1 ± 16,27 C = 145,00 ± 11,31 %HRR: BOX = 49,3 ± 12,11 BS = 29,6 ± 6,93 C = 62,9 ± 6,93	BOX zadovoljava uvjete umjerene TA, dok je BS zadovoljio samo razinu jako niskog intenziteta. Obje VR intervencije su prouzročile niži intenzitet od tradicionalnog načina vježbanja. IVR sesije su prouzročile veću razinu ugode, dok je razina kvalitete sna bez razlika između analiziranih grupa.
-------------------------	--	--	---	---	--	--	--

Sousa 2021	VR - Vivre Pro system TA - ActiGrapf akcelerometar HR - Polar HR narukvica	20 minutna sesija AVR - Beat Saber igra na bazi ritma u kojoj igrač koristi virtualne mačeve kako bi prerezao blokove (kretanje gornjeg dijela tijela) ili izbjego velike blokove (kretanje cijelog tijela) SVR - Thumper sjedilačka igra koja zahtjeva samo rad prstima CS - sjed bez zadatka	AVR - aktivna virtualna stvarnost u usporedbi sa SVR - sjedilačkom virtualnom stvarnošću i CS - kontrolna grupa bez virtualne stvarnosti	Akcelerometar: niska TA <760 trzaja/min; umjerena TA = 760-5724 trzaja/min; žustra TA >5724 trzaja/min Maksimalni otkucaj srca (HRmax): niska TA <64% HRmax; umjerena TA = 64%-76% HRmax; žustra TA >76% HRmax	Mučnina za vrijeme AVR i GEQ upitnik o dojamu za vrijeme igranja MST - pamćenje prepoznavanja Bez značajne razlike u mučnini između AVR i SVR. Značajno veća uronjenost, zahtjevnost i pozitivan dojam u AVR. Malo bolji rezultati u MST testu za AVR.	Prosječno vrijeme provedeno u MVPA (umjerenoj do žustroj TA) za vrijeme 20 minutne sesije u AVR: MVPA-hip (min) = 4,1 MVPA-HR (min) = 5,67 HR (bpm) = 110,2	AVR izaziva MVPA bez značajne mučnine i potiče bolje iskustvo igranja i bolju graničnu kognitivnu izvedbu nego SVR.
Ulas 2021	VRE - Samsung Gear VR R325 TA - Mc Smart finger pulsni oximetar, Kenz Liferecorder Plus monitor aktivnosti	30 minutna sesija, triput tjedno VRE - set vježbi (step aerobik, sjed-stav, sjesti i dohvatit) izvođenih uz pomoć virtualnog trenera (na mobilnom ekranu pričvršćenom za VR naočale) TE - iste vježbe (prikazane na ekranu pored) izvođene ispred ogledala	VRE - virtualna stvarnost TE - tradicionalno vježbanje KON - bez vježbanja	PAL - TA izražena u MET-ima AEC - potrošnja energije izražena u kcal STEP - Broj koraka Otkucaj srca i zasićenje kisikom (OXY), prije i poslije vježbanja	Kvaliteta sna Beckov test anksioznosti GPA -ocjenjivanje kvalitete semestra Umjerena kvaliteta sna u svim grupama, poboljšanje sna u TE grupi Smanjenje anksioznosti VRE i TE grupe nakon tretmana (8 tjedana) GPA povećan u VRE i TE grupi	Za VRE: PAL = 64,66 METs AEC = 267,48 Kcal STEP = 2545,77 Puls post = 99,91 OXY = 99,79 Za TE: PAL = 68,34 MET-a AEC = 360,72 Kcal STEP = 3398,59 Puls post = 115,17 OXY = 99,81	VRE ima potencijal povećati uživanje u vježbanju. VRE pokazuje veću motiviranost, dok TE bolja fizička i fiziološka poboljšanja.

Zhang 2023	VR - HTC VIVE PRO TA - Polar narukvica za mjerenje otkucaja srca; Actigraph GT3X akcelerometar	Tri 15 minutne sesije (niskog(N), srednjeg(S) i visokog(V) intenziteta) igranja 6 različitih aktivnih igara od kojih sve zahtijevaju kretanje gornjih i donjih dijelova tijela. Igre su: Adventure Climb VR; Aircar VR; Beat Saber VR; Holopoint VR; OhShape VR; Hot Squat VR	Aktivne igre u uranjajućoj virtualnoj stvarnosti	Razina fizičke aktivnosti izražena u MET minutama u tjednu Prema WHO, 75-150 min žustre TA tjedno = 600-1200 METmin/tj Akcelerometar - broj trzaja kroz tri kretne osi u minuti: niski intenzitet (100-1951); srednji intenzitet (1952-5724); visoki intenzitet (5725-9498) trzaja u minuti Dvije mjere: gornji (desna ruka) i donji (desno bedro) dio tijela	FA - skala osjećaja FAS - skala uzbuđenja obje mjerene prije i poslije sesija 15 minutno vježbanje u VR-u podiže uzbuđenje i užitek u vježbanju. Najbolji rezultati u umjerenj TA, jer sadrži spoj zabave VR aktivnosti s primjerenom razinom opterećenja.	Akcelerometar: Gornji dio tijela (analiza klastera): N = 2016,77 S = 6118,31 V = 9923,45 Donji dio tijela (analiza klastera): N = 248,30 S = 1895,22 V = 3485,60 Zajedno: N = 1443,83 S = 4415,47 V = 7149,13	Kretanje ruke ima stupanj motoričke aktivnosti veći od referentnog raspona pri odgovarajućem intenzitetu. Kretanje noge ima stupanj aktivnosti umjerenog i visokog intenziteta bio manji od referentnog raspona. Vježbanje u VR-u odgovara tradicionalnom intenzitetu vježbanja i može postići sličan učinak, a VR tjelesna aktivnost može se koristiti kao zanimljiva alternativa tradicionalnom obliku vježbanja.
-----------------------	---	---	--	--	--	--	---