



Fakulteta za zdravstvo **Angele Boškin**
Angela Boškin Faculty of Health Care

Diplomsko delo
visokošolskega strokovnega študijskega programa prve stopnje
FIZIOTERAPIJA

**UPORABA DIGITALNIH PRISTOPOV ZA
OCENJEVANJE IN ZDRAVLJENJE
SARKOPENIJE V FIZIOTERAPIJI –
PREGLED LITERATURE**

**USE OF DIGITAL APPROACHES FOR THE
ASSESSMENT AND TREATMENT OF
SARCOPENIA IN PHYSIOTHERAPY — A
LITERATURE REVIEW**

Mentorica:
Andrea Backović Juričan, viš. pred.

Kandidatka:
Živa Kopavnik

Jesenice, oktober, 2025

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici Andrei Backović Juričan, viš. pred., za strokovno pomoč, nasvete in podporo pri pisanju diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi vsem predavateljem in mentorjem v kliničnem okolju, ki so mi predali svoje znanje in mi omogočali razvoj na področju fizioterapije. Posebna zahvala je namenjena recenzentki doc. dr. Evi Uršej za strokovno pomoč in lektorici dr. Aleksandri Gačić Belej.

Posebej se zahvaljujem svoji družini, ki me je spremljala in spodbujala na vsakem koraku tekom moje študijske poti.

POVZETEK

Teoretična izhodišča: S staranjem se povečuje delež ljudi z geriatričnimi sindromi, med katere spada sarkopenija. Digitalne zdravstvene intervencije so v času pandemije COVID-19 pridobile pomen in se vedno več uporabljajo tako v zdravstvu kot tudi v fizioterapiji. Namen diplomskega dela je bil raziskati pristope za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu na daljavo in fizioterapevtske pristope pri zdravljenju sarkopenije na daljavo.

Cilj: Cilja diplomskega dela sta raziskati digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu in ugotoviti vrste digitalnih fizioterapevtskih postopkov za zdravljenje sarkopenije.

Metoda: V diplomskem delu je bil uporabljen pregled znanstvene in strokovne literature domačih in tujih avtorjev. Viri so bili iskani v podatkovnih bazah PEDro, DOAJ, PubMed, COBISS in spletnem brskalniku Google Učenjak. Iskani so bili s ključnimi besedami v slovenskem in angleškem jeziku: »sarkopenija«, »ocenjevanje«, »digitalne zdravstvene intervencije«, »fizioterapija«, »sarcopenia«, »assessment«, »digital health interventions« in »physiotherapy« ter z Boolovim operatorjem IN/AND. Uporabljeni so bili naslednji omejitveni kriteriji: prosta dostopnost celotnega besedila v angleškem in slovenskem jeziku, datum objave izida od začetka leta 2015 do konca aprila leta 2025 ter tematska ustreznost.

Rezultati: V končni pregled literature je bilo vključenih 12 člankov, od tega dva sistematična pregleda literature, štiri randomizirane raziskave, tri nerandomizirane raziskave, dve metasintezi kvalitativnih raziskav in ena opisna raziskava. Izključeni so bili podvojeni viri in tisti, katerih vsebina ni ustrezala. Po vsebinski analizi je bilo določenih 17 kod, ki smo jih razvrstili v dve kategoriji: »Digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu« in »Digitalni fizioterapevtski pristopi za zdravljenje sarkopenije«.

Razprava: S pregledom literature je bilo ugotovljeno, da obstaja vedno več digitalnih zdravstvenih intervencij ocenjevanje in fizioterapevtsko obravnavo sarkopenije. Digitalne intervencije so lahko tako učinkovite, kot so tradicionalne metode, medtem ko so cenovno ugodnejše in lahko dosežejo večje število prebivalstva. Predstavljajo tudi hitrejšo in preprostejšo metodo za obravnavo sarkopenije. Vse bolj se uveljavljajo v fizioterapiji in tudi v zdravstvu.

Ključne besede: izguba mišične mase, digitalne zdravstvene intervencije, fizioterapevt, starejši odrasli

SUMMARY

Theoretical Background: With population aging, geriatric syndromes such as sarcopenia are becoming more common. During the COVID-19 pandemic, digital health interventions gained importance and are now increasingly used in both health care and physiotherapy. The purpose of the diploma thesis was to investigate approaches for assessing sarcopenia in telemedicine and physiotherapy approaches in treating sarcopenia remotely.

Goals: The goal of the thesis was to explore digital methods for assessing sarcopenia in health care and to identify types of digital physiotherapy procedures for the treatment of sarcopenia.

Methods: A review of scientific and professional literature by both national and international authors was conducted. Sources were searched in the databases PEDro, DOAJ, PubMed, COBISS, and the search engine Google Scholar. We searched using the following keywords in Slovenian: “sarkopenija”, “ocenjevanje”, “digitalne zdravstvene intervencije”, “fizioterapija”; and in English: “sarcopenia”, “assessment”, “digital health interventions”, and “physiotherapy”, including Boolean operator IN/AND. The following inclusion criteria were used: free availability of full text in English or Slovenian, publication date from January 2015 to April 2025, and content relevance.

Results: The final literature review included 12 articles: two systematic reviews, four randomised studies, three non-randomised studies, two case-control studies, and one case report. Duplicate sources and those not meeting the inclusion criteria were excluded. Content analysis yielded 17 codes which were grouped into two main categories: 1) digital methods for assessing sarcopenia in health care; and 2) digital physiotherapeutic approaches to the treatment of sarcopenia.

Discussion: The literature review revealed a growing presence of digital health interventions, both for the assessment and physiotherapy treatment of sarcopenia. Digital interventions can be just as effective as traditional methods, while being more cost-efficient and able to reach a larger population. They also provide faster and more convenient management of sarcopenia. These interventions are becoming increasingly established in physiotherapy and health care.

Key words: loss of muscle mass, digital health interventions, physiotherapist, older adults

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	ZGRADBA IN POMEN MIŠIC	1
1.2	ETIOLOGIJA NASTANKA SARKOPENIJE	2
1.3	PRIMARNA IN SEKUNDARNA SARKOPENIJA	3
1.4	PREVALENCA IN DEJAVNIKI TVEGANJA ZA SARKOPENIJO	3
1.5	OCENJEVANJE IN DIAGNOSTICIRANJE SARKOPENIJE	4
1.6	ZDRAVLJENJE SARKOPENIJE	7
1.7	DIGITALNE INTERVENCIJE V ZDRAVSTVU IN FIZIOTERAPIJI	8
2	EMPIRIČNI DEL	10
2.1	NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA	10
2.2	RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	10
2.3	RAZISKOVALNA METODOLOGIJA	10
2.3.1	Metode pregleda literature	10
2.3.2	Strategija pregleda zadetkov	11
2.3.3	Opis obdelave podatkov pregleda literature	11
2.3.4	Ocena kakovosti pregleda literature	12
2.4	REZULTATI	12
2.4.1	PRISMA-diagram	13
2.4.2	Prikaz rezultatov po kodah in kategorijah	13
2.5	RAZPRAVA	17
2.5.1	Omejitve raziskave	26
2.5.2	Prispevek k praksi in priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo	26
3	ZAKLJUČEK	28
4	LITERATURA	29

KAZALO SLIK

Slika 1: PRISMA diagram.....	13
------------------------------	----

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prikaz rezultatov pregleda literature.....	11
Tabela 2: Ocena kakovosti literature	12
Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov	14
Tabela 4: Razporeditev kod po kategorijah.....	17

SEZNAM KRATIC

AI	umetna inteligenca (angl. Artificial Intelligence)
ASMM(I)	(indeks) apendikularne skeletne mišične mase (angl. Appendicular Skeletal Muscle Mass (Index))
BIA	analiza bioelektrične impedance (angl. Bioelectrical Impedance Analysis)
CT	računalniška tomografija (angl. Computed Tomography)
D(E)XA	dvoenergijska rentgenska absorpcija (angl. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry)
DHIs	digitalne zdravstvene intervencije (angl. Digital Health Interventions)
EHR	elektronski zdravstveni zapisi (angl. Electronic Health Records)
EWGSOP	Evropska delovna skupina za sarkopenijo pri starejših (angl. European Working Group on Sarcopenia in Older People)
FACS	klinična pot po principu najdi, oceni, potrdi, resnost (angl. Find - Assess - Confirm - Severity)
HGS	moč stiska roke (angl. Hand Grip Strength)
IADL	ocena samostojnosti pri dnevnih dejavnostih (angl. Lawton's Instrumental Activities of Daily Living)
MRI	magnetna resonanca (angl. Magnetic Resonance Imaging)
SARC-F	subjektivno orodje za presejanje primerov sarkopenije
SMM	skeletna mišična masa (angl. Skeletal Muscle Mass)
SPPB	skupina kratkih testov za oceno telesne zmogljivosti (angl. Short Physical Performance Battery)
STS	vstajanje s stola (angl. Sit-To-Stand)
TUG	test vstani in pojdi (angl. Timed-Up-and-Go test)

1 UVOD

Irving Rosenberg je leta 1988 sestavil izraz sarkopenija iz grških besed sarx = meso in penia = nizko, da bi s tem opisal s starostjo povezano izgubo mišične mase (Cruz-Jentoft, et al., 2021). Leta 2018 je Evropska delovna skupina za sarkopenijo pri starejših (angl. European Working Group on Sarcopenia in Older People, angl. kratica – EWGSOP) sprejela definicijo sarkopenije, ki jo opredeljuje kot prisotnost nizke mišične jakosti in nizke mišične mase oziroma slabe kakovosti mišičnine. Slaba telesna zmogljivost glede na to definicijo opredeljuje stopnjo resnosti stanja (Cruz-Jentoft, et al., 2019). Zmanjšanje mišične mase je lahko posledica fizioloških (predvsem hormonskih) sprememb v starosti ali posledica različnih bolezenskih stanj, telesne nedejavnosti in je pogosto povezana z motnjami prehranskega stanja, predvsem s podhranjenostjo. Čeprav je sarkopenija relativno dobro raziskano stanje, je natančna ocena mišične mase in mišične zmogljivosti v vsakdanjem okolju še vedno težavna (Jerale, et al., 2023). Krhkost lahko opišemo kot postopen, s starostjo povezan upad različnih fizioloških sistemov pod določeno funkcionalno mejo (Gabrijelčič Blenkuš & Jakovljević, 2017). Optimalna skrb za ljudi s sarkopenijo je ključna, saj v primeru, da je stanje nezdravljeno, predstavlja visoko osebno, socialno in ekonomsko breme. Sarkopenija poveča tveganje za padce, zmanjša možnost izvajanja dnevnih aktivnosti in gibanja, povezana je z respiratornimi in s kognitivnimi motnjami ter prispeva k nižji kakovosti življenja. Sarkopenija poveča možnost za hospitalizacijo, zviša stroške zdravljenja in lahko vodi v smrt (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

1.1 ZGRADBA IN POMEN MIŠIC

Skeletne mišice so eno izmed najbolj dinamičnih tkiv v človeškem telesu. Predstavljajo približno 40 % telesne mase in vsebujejo med 50 in 75 % vseh proteinov v telesu. V grobem je mišična masa odvisna od razgradnje in sinteze proteinov, na oba procesa vplivajo dejavniki, kot so prehrana, hormonsko ravnoesje, telesna dejavnost in vadba, poškodbe, bolezni ter drugo. Z mehničnega vidika je glavna funkcija skeletnih mišic prevajanje kemične energije v mehansko energijo za proizvodnjo sile, moči, ohranjanje drže in premikanje. Z metaboličnega vidika skeletne mišice prispevajo k bazalnemu energijskemu metabolizmu, saj služijo kot shramba za večino kisika in energije, ki se

porablja med aktivnostjo (Frontera & Ochala, 2015). Mišice so zgrajene iz mišičnih vlaken, ki se povezujejo v snope. Mišična vlakna so večjedrne celice, ki nastanejo z združitvijo satelitskih celic. Glede na oksidativno kapaciteto in izražanje izoform težkih verig miozina jih razvrščamo na bolj oksidativna vlakna tipa 1 in bolj glikolitična vlakna tipa 2. Skeletne mišice imajo veliko sposobnost regeneracije. Za regeneracijo so ključne satelitske celice, ki se aktivirajo ob poškodbi in spremenijo v zarodne mišične celice (Nishikawa, et al., 2021). Človek lahko delovanje skeletnih mišic zavestno in neposredno nadzoruje ter tako ugodno vpliva na kakovost življenja in dolžino preživetja pri različnih boleznih (Milanez, 2023).

1.2 ETIOLOGIJA NASTANKA SARKOPENIJE

Etiologija sarkopenije ni popolnoma znana. Neravnovesje med sintezo proteinov in degeneracijo je glavni razlog za njen nastanek, poleg tega so v proces vključeni tudi drugi patogeni. Tako dejavniki znotraj skeletnih mišic kot tudi dejavniki drugih organskih sistemov prispevajo k miogenezi, mišični atrofiji in šibkosti (Kwak & Kwon, 2019). Proces izgubljanja motoričnih enot je naravni rezultat staranja. Začne se nekje okoli 30. leta zelo počasi do nekje petega desetletja. V naslednjih desetletjih se proces razgradnje vidno pospeši. Izguba mišične mase je neizogiben proces tudi pri telesno dejavnih ljudeh. Celotna masa skeletnih mišic je nekje okoli 45 % telesne mase, po 70. letu ta odstotek pade na približno 27 (Szmelcer, et al., 2019). Pri sarkopeniji pride do atrofije in izgube posameznih mišičnih vlaken, kar je močno povezano tudi z denervacijo. Zaradi postopnega zmanjševanja števila motoričnih enot pride do reorganizacije in reinervacije mišičnih vlaken, kar se zgodi z razvejanjem aksonalnih kolateral in s tvorbo novih živčno-mišičnih stičišč, ki nadomeščajo sedanja denervirana vlakna. Ta proces povzroči povečanje velikosti motorične enote, kar je uspešno do točke, ko reinervacija zaradi prevelikih motoričnih enot spodleti in prevlada izguba vlaken (Arko, 2023). Veliko vidikov etiologije in patofiziologije sarkopenije je danes bolj razumljivih kot pred 10-imi leti. Razvoj sarkopenije se po zadnjih raziskavah začne bolj zgodaj v življenju in na njen razvoj vpliva fenotip sarkopenije. Zaradi tega se implicira na razvoj intervencij, ki preprečujejo ali zamaknejo razvoj sarkopenije (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

1.3 PRIMARNA IN SEKUNDARNA SARKOPENIJA

Sarkopenija je stanje, za nastanek katerega obstaja več razlogov, ki se med seboj prekrivajo. S tem je povezana delitev sarkopenije na primarno in sekundarno. Primarna sarkopenija je izguba mišične mase in funkcije zaradi katabolnih mehanizmov, povzročenih s staranjem. S staranjem se zmanjšuje apetit. K temu pripomorejo spremembe v vonju in okusu, a tudi hormonske spremembe. Sekundarna sarkopenija pa nastopi, ko so za izgubo mišične mase krivi drugi razlogi, kot so na primer nezadosten vnos proteinov ali hrane, malabsorbcija in anoreksija ter sarkopenična debelost (Cederholm, et al., 2021).

Evropska delovna skupina za sarkopenijo pri starejših po najnovejših smernicah kategorizira sarkopenijo kot akutno, če ta traja manj kot šest mesecev, in kot kronično, če traja več kot šest mesecev. Akutna sarkopenija je v večini povezana z akutnim obolenjem ali s poškodbo (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

Sarkopenična debelost je stanje zmanjšane puste telesne mase ob hkrati prekomerni adipoznosti. Najpogosteje se pojavlja pri starejših ljudeh. Debelost poslabša stanje sarkopenije, poveča infiltracijo maščobe v mišice, zmanjša telesno zmogljivost in poveča tveganje za smrt (Urzi, 2021).

1.4 PREVALENCA IN DEJAVNIKI TVEGANJA ZA SARKOPENIJO

Prevalenca primarne sarkopenije se s starostjo viša. Propadanje funkcije in mase mišic se začne po 40. letu, pri ženskah še prej. Po podatkih EWGSOP je prevalenca pri posameznikih, starih manj kot 60 let, 8–36-odstotna in pri posameznikih, starih 60 ali več let, 10–27-odstotna. Diagnostični problem je opredelitev sekundarne sarkopenije, ker se njen razvoj pri starejših odraslih s kroničnimi boleznimi v veliki meri prekriva s kaheksijo (Rotovnik Kozjek, 2023). Kaheksija je kompleksen metabolični sindrom, povezan z različnimi obolenji. Značilnost kaheksije je nezadržno upadanje mišične mase, ki ga ni mogoče zaustaviti s prehrano. Glavna razlika med kaheksijo in sarkopenijo je, da so pri sarkopeniji mišične spremembe reverzibilne, medtem ko se kaheksične mišice ne

odzovejo na vadbo. Kaheksija je povezana s končnimi stadiji raka, tuberkuloze in z drugimi obolenji. Starostna kaheksija običajno nastopi pred smrtjo (Fearon, et al., 2011).

Zelo malo raziskav je narejenih v zvezi z dejavniki tveganja za sarkopenijo. Čezmerna telesna masa in debelost, izmerjeni z indeksom telesne mase, sta močno povezani s povečanjem tveganja za sarkopenijo. Med dejavniki, povezanimi z življenjskim slogom, najbolj izstopata telesna dejavnost in prehransko stanje. V nekaterih raziskavah kot dejavnika tveganja navajajo tudi pomanjkanje spanja in kajenje. Diabetes in osteoporoza sta dejavnika, ki sta največkrat povezana s sarkopenijo. Lahko sta tudi posledica sarkopenije. Med dejavnike tveganja navajajo tudi srčno-žilne bolezni, kognitivne motnje, respiratorna obolenja, depresijo, anoreksijo in Parkinsonovo bolezen (Yuan & Larsson, 2023).

1.5 OCENJEVANJE IN DIAGNOSTICIRANJE SARKOPENIJE

Leta 2018 se je skupina EWGSOP sestala ponovno in predlagala novo klinično pot po principu najdi, oceni, potrdi, resnost (angl. Find - Assess - Confirm - Severity oziroma FACS) v štirih korakih. Na voljo je veliko različnih orodij za presejanje, ocenjevanje in diagnosticiranje sarkopenije glede na različne parametre oziroma spremenljivke, tako v praksi kot tudi v raziskovanju. Izbira orodja je odvisna od pacienta, dostopnosti in namena ter od dejstva, ali bo orodje uporabljeno v praksi ali v raziskovalne namene (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

V klinični praksi se iskanje primerov sarkopenije oziroma presejanje (angl. case finding) za sarkopenijo začne (prvi korak po principu oziroma klinični poti FACS), ko pacient poroča o simptomih ali znakih sarkopenije, kot so padci, občutek nestabilnosti, počasna hoja, težave pri vstajanju s stola in izguba telesne mase. V takih primerih EWGSOP priporoča najprej uporabo vprašalnika SARC-F. SARC-F je subjektivno orodje za presejanje primerov sarkopenije. Dotični vprašalnik je sestavljen iz petih vprašanj, ki se nanašajo na subjektivno dožemanje lastnih gibalnih omejitev (jakosti, zmožnosti hoje, vstajanje s stola, hoje po stopnicah in pogostost padcev). Če je skupna ocena vprašalnika ≥ 4 točke, obstaja večje tveganje za sarkopenijo. Ima nizko do zmerno občutljivost in

visoko specifičnost za oceno mišične jakosti, kar pomeni, da predstavlja ustrezno orodje za prepoznavo že razvitih in napredovalnih oblik sarkopenije. Gre za poceni, široko dostopno in priročno metodo za presejanje tveganja za sarkopenijo (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

Sarkopenijo najlažje ocenimo (angl. assess) s pomočjo naslednjih objektivnih funkcionalnih testov, kar predstavlja po klinični poti oziroma principu FACS drugi korak. Meritev moči stiska roke (angl. Hand Grip Strength – HGS) z dinamometrom je preprosta metoda in kakovosten napovedni dejavnik za trajanje hospitalizacije, funkcionalne omejitve ter z zdravjem povezane kakovosti življenja in mortalitete (Rotovnik Kozjek, 2023). Natančne meritve zahtevajo kalibriran dinamometer, dobro definirane pogoje in natančno interpretacijo podatkov. Moč stiska roke je povezana z močjo ostalih delov telesa in je primerno nadomestilo za bolj zapletene meritve jakosti roke in noge. Mejna vrednost za moške je < 27 kg, za ženske pa < 16 kg. Kadar meritve moči stiska roke niso možne zaradi poškodbe, se uporabi metoda za merjenje moči spodnje okončine (Cruz-Jentoft, et al., 2019). Kot komplementarni funkcionalni test za oceno mišične moči spodnje okončine se uporablja test vstajanja s stola. Uporabljata se dve različici testa, pri prvi merimo, koliko časa preiskovanec potrebuje, da petkrat vstane s stola in ga imenujemo test petih vstajanj s stola (angl. 5 times Sit-To-Stand – 5xSTS) (Rotovnik Kozjek, 2023). Pri tem testu se od preiskovanca zahteva, da petkrat čim hitreje vstane in sede z rokama, prekrižanima na prsih. Z ročno štoparico se meri čas, ki ga potrebuje, da petkrat zaporedoma vstane in se vzravna. Test je preprost, hiter in brezplačen, saj za izvedbo potrebujemo samo stol in štoparico (Prezelj & Puh, 2020). Pri drugem testu gre za test vstajanja s stola v 30 sekundah, pri katerem merimo, kolikokrat preiskovanec vstane s stola v 30 sekundah, in ga imenujemo 30-sekundni test vstajanja s stola (angl. 30-second Sit-To-Stand). Mejna vrednost za sarkopenijo pri prvem testu je > 15 s, medtem ko so mejne vrednosti za drugi test prilagojene na starost in spol preiskovanca (Rotovnik Kozjek, 2023). Na opravljanje gibanja STS vplivajo dejavniki stola (npr. višina sedala), posameznika (npr. mišična zmogljivost) in strategije (npr. položaj stopal). Časovno merjeni testi STS ocenjujejo sposobnost vstajanja s stola, mišično zmogljivost trupa in spodnjih udov, telesno pripravljenost in aerobno vzdržljivost (Slak & Rugelj, 2022).

Tretji korak po klinični poti oziroma principu FACS predstavlja potrditev (angl. confirm) sarkopenije z oceno količine skeletne mase, najpogosteje z uporabo dvoenergijske rentgenske absorpcije (angl. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry – DXA ali DEXA) ali analizo bioelektrične impendace (angl. Bioelectrical Impedance Analysis – BIA). BIA je preprosta prenosna tehnika, ki je zelo sprejemljiva med bolniki, saj gre za enostavno izvajanje analize ob bolniški postelji. BIA vključuje prehod majhnega izmeničnega električnega toka skozi telo. Tok je generiran s strani vode v telesu, zato je impendanca obratno sorazmerna s skupno vodo v telesu, kar nam omogoča izračun skupne mišične mase. Ta metoda je razmeroma poceni in ne vključuje izpostave pacientov radioaktivnosti. Meje vrednosti indeksa apendikularne skeletne mišične mase (angl. Appendicular Skeletal Muscle Mass Index – ASMMI) so za moške $< 7,0 \text{ kg/m}^2$, za ženske pa $< 5,5 \text{ kg/m}^2$, vendar se rezultati lahko razlikujejo glede na uporabljen napravo in formulacijo. BIA ima tudi resno pomanjkljivost, saj so meritve mišične mase lahko nenatančne zaradi stanja hidracije in prisotnosti edema. V izogib odstopanjem je zelo pomembno, da se meritve izvajajo na specifičen in standardiziran način (Szmelcer, et al., 2019). DEXA je široko dostopna, neinvazivna metoda za določanje mišične mase. V prvi vrsti se uporablja za merjenje kostne gostote, z dodatno računalniško opremo pa se lahko uporablja tudi za merjenje sestave telesa po posameznih regijah. Njena prednost je hitrost, s katero pridobimo podatke. Zaenkrat še ni prenosljiva in na rezultate lahko vpliva hidracijsko stanje pacienta (Cruz-Jentoft, et al., 2019). Omogoča oceno tako skeletne mišične mase (angl. Skeletal Muscle Mass – SMM) kot tudi puste telesne mase v rokah in nogah, imenovane ASMM (angl. Appendicular Skeletal Muscle Mass). Uporablja se tako v klinični praksi in pri raziskovanju kot tudi kot referenčni standard za oceno mišične mase (Rotovnik Kozjek, 2023) in potrditev diagnoze sarkopenije (Cruz-Jentoft, et al., 2019). Poleg zgoraj navedenih metod se za potrjevanje sarkopenije uporabljata tudi magnetna resonanca (angl. Magnetic Resonance Imaging – MRI) in računalniška tomografija (angl. Computed Tomography – CT). CT omogoča natančno merjenje mišične mase, primer je presečni prerez na ravni vretenca L3, katerega slika je pomembno povezana s celotno maso telesa. Tako CT kot tudi MRI se uporabljata v raziskovalne namene; pričakuje se, da se bo njuna uporaba razširila tudi v klinično prakso. Za potrditev sarkopenije se uporabljata tudi ultrazvok, za katerega ni standardnih mejnih vrednosti, in

kreatininski razredčitveni test (angl. creatine dilution test), ki dobro korelira z MRI meritvami (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

Telesna zmogljivost (angl. physical performance) je parameter oziroma spremenljivka, ki opredeljuje resnost stanja oziroma stopnjo (angl. severity) sarkopenije in predstavlja t. i. četrti korak klinične poti oziroma principa FACS. To je večdimenzionalen koncept, ki ne vključuje le mišic, ampak tudi osrednje in periferno živčevje, vključno z ravnotežjem. Opredeljena je kot objektivno izmerjeno gibalno delovanje celotnega telesa. Za oceno telesne zmogljivosti se lahko v večini uporabljajo trije testi in ena skupina testov. Hitrost hoje na 4 metre (angl. gait speed test) je varen, hiter in zanesljiv test za oceno sarkopenije ter se največkrat uporablja v klinični praksi. Sledi mu skupina kratkih testov za oceno telesne zmogljivosti (angl. Short Physical Performance Battery – SPPB), v katero poleg ocene hitrosti hoje na 4 metre spadata še test statičnega ravnotežja in STS. Uporabljata se tudi test vstani in pojdi (angl. Timed-Up-and-Go test – TUG) ter test hoje na 400 metrov (angl. 400-meter walk), ki je dober kazalnik zmožnosti hoje in vzdržljivosti, vendar zaradi daljšega trajanja ni vedno izvedljiv v praksi (Cruz-Jentoft, et al., 2019).

Na voljo je veliko različnih orodij za presejanje in diagnosticiranje sarkopenije glede na različne parametre oziroma spremenljivke tako v praksi kot tudi v raziskovanju. Izbira orodja je odvisna od pacienta, dostopnosti in namena oziroma parametra, ki ga želimo podrobneje določiti.

1.6 ZDRAVLJENJE SARKOPENIJE

V zadnjih letih se veliko farmacevtov in raziskovalcev ukvarja z odkrivanjem zdravil za zdravljenje z leti povezane izgube mišične mase in funkcije. V to vključujejo tudi potencialno uporabo že obstoječih zdravil za druga obolenja in razvoj novih molekularnih struktur. Nova področja odkrivajo različne biološke smeri in tarče, prav tako različne pristope, ki vključujejo majhne molekule (Rooks & Roubenoff, 2019). V fazi testiranja so inhibitorji miostatina, ki je povezan z atrofijo mišic, prav tako tudi nekatera zdravila, ki so namenjena posnemanju učinkov vadbe, na primer agonisti receptorja PPAR

(receptor, aktiviran s peroksisomskim proliferatorjem) in agonist AMPK (z AMP aktiviran protein kinaza) (Urzi, 2021).

Zaradi pomanjkanja učinkovitih farmakoloških intervencij za zdravljenje sarkopenije so nefarmakološke intervencije, kot sta telesna dejavnost in vadba, ključnega pomena pri obravnavi sarkopenije. Vadba proti uporju je dokazano najboljši način za izboljšanje mišične mase pri starejših. Priporočila navajajo, da je prava frekvenca vadbe proti uporju vsaj dvakrat na teden, z naborom osem do deset vaj, ki vključujejo glavne mišične skupine, s progresivno intenzivnostjo, ter omogoča osem do 12 ponovitev (Chen, et al., 2021b). Vsaka oblika vadbe proti uporju izboljša mišično maso in jakost. Pri uporabi večjih bremen se izboljša mišična moč, medtem ko večje število ponovitev bolj vpliva na povečanje mišične mase (Rotovnik Kozjek, 2023).

Rezultati raziskav, ki vključujejo nefarmakološko zdravljenje, povezujejo omega-3 maščobne kisline z vitaminom D, zadostni vnos beljakovin in telesno dejavnost kot učinkovito kombinirano intervencijo pri zdravljenju sarkopenije (Urzi, 2021). Pri posameznikih s sarkopenijo je zelo pomemben zadosten vnos beljakovin med 1,2 in 1,6 g/kg telesne mase ter razporeditev vnosa čez celoten dan. Zaužiti morajo tudi zadostne količine ogljikovih hidratov in maščob ter poskrbeti za redno hidracijo (Peklaj, 2023). Prehranska dopolnila lahko izboljšajo telesno zmogljivost pri sarkopeniji, zlasti če vključujejo več hranil hkrati (Clynes, et al., 2021).

1.7 DIGITALNE INTERVENCIJE V ZDRAVSTVU IN FIZIOTERAPIJI

Digitalne zdravstvene intervencije (angl. Digital Health Interventions – DHIs) se vedno bolj uveljavljajo v redni praksi na primarni, sekundarni in terciarni ravni zdravstvenega varstva. Njihova uporaba se je močno razširila v času pandemije COVID-19 (Merolli, et al., 2021). DHIs so lahko eden izmed načinov vodenja in nadziranja vadbe. Vključujejo več različnih metod, kot so telefonski klici, telefonska sporočila, mobilne aplikacije, spletne strani, uporaba aplikacij za video klice in naprave za merjenje aktivnosti. Prednost uporabe digitalnih intervencij je predvsem v ceni in dostopnosti (Seron, et al., 2021).

Mobilne zdravstvene aplikacije, ki delujejo na pametnih telefonih ali tablicah, nudijo povsem novo možnost za obravnavo zdravja. Te aplikacije ponujajo alternativo tradicionalnim metodam zdravljenja, ki pogosto vključujejo obiske pri zdravnikih ali izobraževalne materiale. Takšni tradicionalni pristopi so lahko omejeni z dostopnostjo strokovnjakov, dosegom in visokimi stroški. Aplikacije so v tem pogledu lahko cenovno ugodnejše, saj omogočajo širši dostop do zdravstvenih nasvetov brez potrebe po osebnih obiskih. Čeprav področje še vedno ni povsem raziskano, se že zdaj kaže, da bi te aplikacije lahko postale cenovno učinkovitejše od običajnih načinov zdravljenja (Yerrakalva, et al., 2019).

Sarkopenija je v zadnjem času pogosta tema tako v fizioterapiji kot tudi v zdravstvu na splošno. Vedno bolj se v zdravstvu in fizioterapiji uveljavljajo tudi različne digitalne intervencije in metode zdravljenja oziroma obravnave na daljavo. V času starajoče se populacije in omejenega dostopa do tradicionalnih zdravstvenih storitev digitalne rešitve ponujajo nove možnosti za učinkovitejšo, bolj prilagodljivo in tako časovno kot cenovno dostopno obravnavo sarkopenije. Zaradi tega se nam zdi pomembno podrobneje pregledati obstoječo znanstveno in strokovno literaturo, ki povezuje sarkopenijo z digitalnimi intervencijami. Zaradi starajoče se populacije sta preprečevanje in obvladovanje sarkopenije ključnega pomena za javno zdravje, zato je najprej treba sarkopenijo čim bolj zgodaj odkriti ter omogočiti učinkovito in dostopno zdravljenje vsem tistim, ki ga potrebujejo. Ena od možnosti za to so lahko ravno digitalne zdravstvene intervencije.

2 EMPIRIČNI DEL

V diplomskem delu smo izvedli kvantitativno vsebinsko analizo domače in tuje strokovne in znanstvene literature, ki opisuje digitalne intervencije za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu in fizioterapevtske pristope za zdravljenje sarkopenije na daljavo.

2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA

Namen diplomskega dela je bil raziskati pristope za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu na daljavo in fizioterapevtske pristope pri zdravljenju sarkopenije na daljavo.

Cilja diplomskega dela sta bila:

- raziskati digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu,
- ugotoviti vrste digitalnih fizioterapevtskih postopkov za zdravljenje sarkopenije.

2.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Pri diplomskem delu smo si postavili naslednji raziskovalni vprašanji:

- RV1: Katere so digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu?
- RV2: Kakšne digitalne fizioterapevtske postopke za zdravljenje sarkopenije poznamo?

2.3 RAZISKOVALNA METODOLOGIJA

V diplomskem delu smo izvedli pregled literature.

2.3.1 Metode pregleda literature

V raziskovanju smo uporabili pregled znanstvene in strokovne literature, objavljene od začetka leta 2015 do konca aprila leta 2025. Vsebinsko smo črpali iz podatkovnih baz PEDro, DOAJ, PubMed, COBISS in spletnega brskalnika Google Učenjak (do prvih 50 virov). V iskalnem nizu smo uporabili ključne besede v slovenskem in angleškem jeziku:

»sarkopenija«, »ocenjevanje«, »digitalne zdravstvene intervencije«, »fizioterapija«, »sarcopenia«, »assessment«, »digital health interventions« in »physiotherapy«. Uporabili smo Boolov operator IN/AND. Zadetke smo omejili s kriteriji, kot so leto objave, vsebinska ustreznost, prosto dostopni članki s celotnim besedilom v slovenskem in angleškem jeziku.

2.3.2 Strategija pregleda zadetkov

Zadetke smo analizirali in pregledali ter jih prikazali tabelarično in shematsko. Tabela 1 opisno predstavlja število zadetkov, ključne besede in število dobljenih zadetkov. Navedeno je število pregledanih zadetkov in koliko virov je bilo vključenih v končno analizo v polnem obsegu besedila. Pri shematičnem prikazu smo uporabili PRISMA-diagram (Page, et al., 2021).

Tabela 1: Prikaz rezultatov pregleda literature

Podatkovna baza	Ključne besede	Število zadetkov	Izbrani zadetki za pregled v polnem besedilu
COBISS	»sarkopenija« IN »fizioterapija« IN »digitalne zdravstvene intervencije« IN »ocenjevanje«	0	0
DOAJ	»sarcopenia« AND »physiotherapy« AND »digital health interventions« AND »assessment«	0	0
PEdro	»sarcopenia« AND »physiotherapy« AND »digital health interventions« AND »assessment«	0	0
PubMed	»sarcopenia« AND »physiotherapy« AND »digital health interventions« AND »assessment«	11	2
Google Scholar	»sarcopenia« AND »physiotherapy« AND »digital health interventions« AND »assessment«	50	10
Skupaj		61	12

2.3.3 Opis obdelave podatkov pregleda literature

Podatke, ki smo jih pridobili z uporabo ključnih besed za iskanje odgovorov na raziskovalna vprašanja in zastavljene cilje, smo analizirali in opisali s kvalitativno analizo. Prvo branje je obsegalo analizo naslovov in izvlečkov člankov. V drugem branju smo označili dele besedila, ki se tematsko navezujejo na našo temo ter so relevantni za

naša raziskovalna vprašanja in cilje. Med procesom odprtega kodiranja smo dodajali kode podobnega pomena, ki smo jih nato kategorizirali (Aveyard, 2018).

2.3.4 Ocena kakovosti pregleda literature

Izbor literature je temeljil na vsebinski ustreznosti in dostopnosti. Za oceno kakovosti analize literature smo uporabili hierarhijo dokazov (Polit & Beck, 2021), ki se deli na osem ravni.

Kakovost pregleda smo predstavili v tabeli 2, v kateri smo razporedili: dva vira med sistematične preglede in metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav v nivo 1; štiri vire pod posamezne randomizirane klinične raziskave v nivo 2; tri vire pod nerandomizirane klinične raziskave v nivo 3; dva vira pod metasinteze kvalitativnih raziskav pod nivo 6 in en vir pod kvalitativne oz. opisne raziskave v nivo 7.

Tabela 2: Ocena kakovosti literature

Nivo	Hierarhična lestvica dokazov v znanstvenoraziskovalnem delu	Število vključenih raziskav
Nivo 1	Sistematični pregledi in metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav	2
Nivo 2	Posamezne randomizirane raziskave	4
Nivo 3	Nerandomizirane klinične raziskave (kvazi eksperimenti)	3
Nivo 4	Sistematični pregledi neeksperimentalnih raziskav	0
Nivo 5	Neeksperimentalne/opazovalne raziskave	0
Nivo 6	Sistematični pregledi/metasinteze kvalitativnih raziskav	2
Nivo 7	Kvalitativne/opisne raziskave	1
Nivo 8	Neraziskovalni viri (mnenja ...)	0

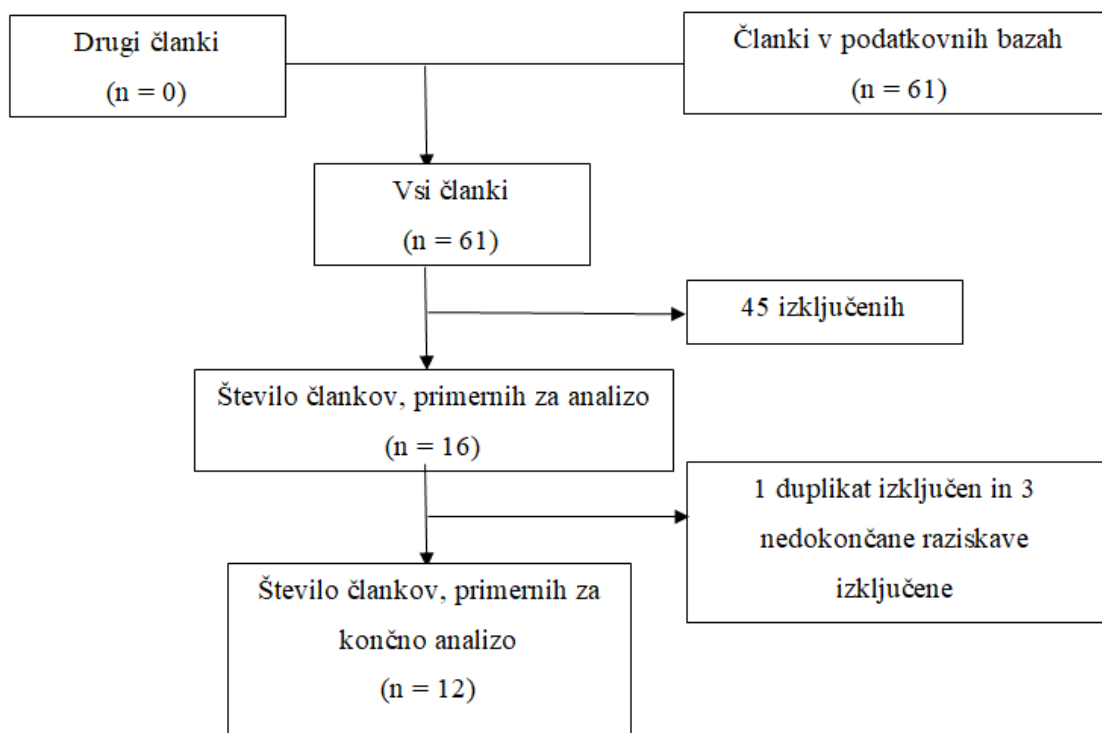
(Polit & Beck, 2021)

2.4 REZULTATI

V tem poglavju je na sliki 1 opisan potek pridobivanja števila virov za končno analizo s PRISMA-diagramom, medtem ko tabela 3 prikazuje ključne značilnosti končnih virov in tabela 4 kode, ki smo jih razvrstili v dve kategoriji.

2.4.1 PRISMA-diagram

Shematski prikaz temelji na PRISMA-diagramu (Page, et al., 2021), s katerim smo grafično ponazorili celoten proces iskanja ustrezne znanstvene in strokovne literature. Skupno smo dobili 61 zadetkov. Po natančnejšem pregledu naslovov in izvlečkov smo jih v drugi fazi izključili štiri in prišli do 16 virov, ki smo jih natančno vsebinsko pregledali v celoti. Za vključitev v končno analizo je bilo v polnem besedilu primernih 12 virov, potem ko smo izključili en vir, ki se je pojavil v dveh različnih bazah podatkov, in tri nedokončane raziskave. Izbrana literatura je predstavljena na sliki 1.



Slika 1: PRISMA diagram
(Page, et al., 2021)

2.4.2 Prikaz rezultatov po kodah in kategorijah

V tabeli 3 so predstavljene ključne ugotovitve avtorjev raziskav, ki smo jih vključili v končno analizo pregleda literature. Tabela poleg priimkov glavnih avtorjev in letnice objave vira prikazuje tudi raziskovalni dizajn in državo, v kateri je bila izvedena raziskava, ter opis vzorca in ključna spoznanja.

Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov

Avtor in leto objave	Raziskovalni dizajn in država	Vzorec	Ključna spoznanja
Bailey, et al., 2024	Randomizirana kontrolna raziskava, Velika Britanija	60 posameznikov, starih 65 let ali več, z blago ali zelo blago krhkostjo. Kontrolna skupina ni imela nobenih intervencij, medtem ko so tisti v intervencijski skupini sledili programu.	Tisti v intervencijski skupini so zmanjšali čas sedenja za 25,1 minuto v primerjavi s tistimi v kontrolni skupini. Izboljšanje v meritvah dinamometrije roke (1,3 kg) in v času pri testu vsajanja s stola (STS). Raziskava je pokazala potencialno učinkovitost pri izboljšanju kazalnikov sarkopenije in podprla hipotezo, da prekinjanje sedečega načina življenja lahko izboljša mišično maso in funkcijo pri krhkih starejših odraslih.
Bonato, et al., 2024	Randomizirana kontrolirana raziskava, Italija	157 posameznikov, od tega jih je 38 končalo in 91 jih je še vedno v raziskavi.	48 zaporednih tednov so udeleženci imeli 192 treningov po štiri na teden. Posamezniki so dobro sledili programu. Večini uporabnikov se zdi aplikacija zelo ali precej uporabna. Video predstavitve so bile precej učinkovite pri vodenju posameznikov skozi vaje. Zaznane so bile tehnične težave pri android telefonih, posamezniki so poročali o težavah z uporabo monitorjev srčne frekvence. Raziskovalci vidijo potencial pri uporabi digitalnih vadbenih programov pri starejših s sarkopenijo.
Chen, et al., 2021a	Nerandomizirana klinična raziskava (kvazi ekperiment), Tajvan	30 ljudi, starejših od 60 let, ki so bili rezidenti v domu za starejše ali so bili dnevni uporabniki centra.	Sledilo je izboljšanje dinamometrije dominantne roke in hitrosti hoje po uporabi programa, ki temelji na virtualni resničnosti. Ugotovljeno je bilo izboljšanje maksimalne izometrične kontrakcije mišice biceps in triceps brahii. Ni bilo pomembnega izboljšanja absolutne skeletne mase. Virtualna resničnost se je pokazala kot varno in učinkovito sredstvo pri obravnavi sarkopenije.
Gismero Serra, 2021	Sistematičen pregled literature z	28 raziskav, v katerih je skupaj sodelovalo 5.326 starejših posameznikov,	19 raziskav je ocenjevalo telesno pripravljenost in pokazalo

Avtor in leto objave	Raziskovalni dizajn in država	Vzorec	Ključna spoznanja
	metaanalizo, Španija	pri katerih je bila srednja starost 76 let.	izboljšanje v mišični jakosti, gibljivosti in ravnotežju. V raziskavah je bilo uporabljenih veliko različnih digitalnih intervencij, največkrat uporabljena intervencija so bili telefonski klici, ki so bili poleg uporabe mobilnih aplikacij tudi označeni za najuporabnejše.
Kato, et al., 2023	Metasinteza kvalitativnih raziskav, Japonska	31 raziskav brez sistematičnega zbiranja podatkov	Namen je bil raziskati potencialne digitalne zdravstvene intervencije kot pomoč pri diagnozi in zdravljenju sarkopenije. Digitalne zdravstvene intervencije so lahko uporabne pri merjenju telesne dejavnosti in s tem v pomoč pri zdravljenju sarkopenije. Poudarjen je pomen edukacije starejših glede uporabe digitalnih orodij.
Luo, et al., 2023	Nerandomizirana klinična raziskava, Združene Države Amerike	1.304 posamezniki, od tega jih je bilo 1.055 kontrolnih (niso imeli sarkopenije). 249 posameznikov v skupini sarkopenija-1 in 76 posameznikov v skupini sarkopenija-2.	Uporabljenih je bilo pet različnih modelov za zaznavanje sarkopenije iz zdravstvenih zapisov. Najboljši model za zaznavanje sarkopenije je bil Logistic Regression, ki je dobro zaznaval tako blago kot tudi hudo sarkopenijo. Pomembni napovedovalci sarkopenije so bili diabetes, težave s prebavnim ali z živčnim sistemom, določena zdravila, kot so opiodi in kortikosteroidi, ki so pogostejša med posamezniki s sarkopenijo. Vsi modeli so boljše predvidevali hujšo obliko sarkopenije, kar kaže, da so učinkoviti pri razlikovanju med različnimi stopnjami sarkopenije.
Makizako, et al., 2025	Sistematični pregled literature z metaanalizo, Japonska	13 randomiziranih kontroliranih raziskav v treh bazah (MEDLINE, Web of Science, Cochrane Library). V vse raziskave skupaj je bilo vključenih 742 posameznikov.	Raziskovali so vpliv digitalnih intervencij na izid sarkopenije pri zdravih starejših posameznikih. Digitalne intervencije so izboljšale dinamometrijo roke, hitrost hoje in vrednosti testa vstajanja s stola. V raziskavah je bilo uporabljenih veliko različnih digitalnih intervencij, največkrat virtualna resničnost in vadbene igre. Zanesljivost dokazov je bila nizka zaradi pristranskosti v raziskavah.

Avtor in leto objave	Raziskovalni dizajn in država	Vzorec	Ključna spoznanja
McGowan, et al., 2024	Kvalitativna raziskava, Velika Britanija	15 posameznikov, s starostjo med 58 in 80 let, pri katerih je bila prisotna krhkost. Uporabljen je bil polstrukturiran intervju. Raziskava je trajala šest mesecev.	Intervencije so bile dobro sprejete med posamezniki, vključenimi v raziskavo, povratne informacije glede komponent programa so bile pozitivne. Naprava za merjenje aktivnosti je bila učinkovita pri zmanjševanju sedenja. Posamezniki so poročali, da so intervencije izboljšale njihovo zavedanje glede sedenja in jih motivirale, da so dejavnejši. Raziskovalci poudarjajo kritično povezavo med sedečim načinom življenja in obvladovanjem sarkopenije.
Montemurro, et al., 2024	Nerandomizirana klinična raziskava, Španija	406 žensk in 280 moških, srednje starosti 72 let	Prevalenca sarkopenije je bila med 2,9–7,2%. Aplikacija, uporabljena za oceno, kaže visoko natančnost za identifikacijo sarkopenije in krhkosti. Aplikacija je bila zelo učinkovita pri izključevanju prisotnosti tako sarkopenije kot krhkosti, predvsem pa prisotnosti obeh stanj.
Tang, et al., 2024	Metasinteza kvalitativnih raziskav, Avstralija	Vključenih 25 raziskav	Sarkopenija vodi v slabše izide operacij. Nova AI-tehnologija ima potencial, da bi zaznala paciente, ki bi jim močno pomagala prehabilitacija. Mobilne aplikacije bi lahko omogočile prehabilitacijo doma ter bile tako časovno učinkovite in uporabne predvsem za ljudi, ki živijo odročno.
Wang, et al., 2022	Randomizirana kontrolirana raziskava, Kitajska	230 starejših (65–75 let) s sarkopenijo, razdeljeni v štiri skupine: kontrolna (n = 54), prehranska intervencija (n = 58), vadba (n = 62), kombinirana prehrana in vadba (n = 60). Udeleženci so morali biti funkcionalno samostojni in vsaj tri leta znati uporabljati pametni telefon.	Kakovost vnosa beljakovin se je bistveno povečala v obeh skupinah s prehransko intervencijo. Skeletna-mišična masa se je statistično povečala v prehranski in kombinirani skupini. Ni bilo pomembnega povečanja telesne dejavnosti, saj aplikacija ni bila dovolj močen motivator, da bi starejši dosledno izvajali vaje; prav tako se niso bistveno izboljšale funkcionalne sposobnosti.

Avtor in leto objave	Raziskovalni dizajn in država	Vzorec	Ključna spoznanja
Zhang, et al., 2025	Randomizirana kontrolirana raziskava, Kitajska	58 posameznikov s sarkopenijo, naključno razvrščenih v dve skupini. V prvi skupini so izvajali vadbo v živo, ki jo je vodil terapevt, medtem ko je bila v drugi skupini vadba posneta v obliki videa z natančnimi navodili.	V obeh skupinah je prišlo do izboljšanja mišične jakosti ravnotežja in ocene samostojnosti pri dnevnih dejavnostih (IADL). Po štirih tednih ni bilo pomembne razlike med obema skupinama. Raziskovalci menijo, da bi bil program rehabilitacije prek videovsebin lahko priročen in učinkovit predvsem za ljudi z oteženim dostopom do vadbenih storitev.

Legenda: AI = umetna inteligenca (angl. Artificial Intelligence); IADL = ocena samostojnosti pri dnevnih dejavnostih (angl. Lawton's Instrumental Activities of Daily Living);

Po končanem pregledu zadetkov smo naše ključne ugotovitve kodirali in jih razdelili v dve kategoriji, kar smo prikazali v tabeli 4. Identificirali smo 17 kod, ki smo jih nato na podlagi njihovih skupnih lastnosti razdelili v eno izmed kategorij. Ti kategoriji sta: »Digitalni fizioterapevtski postopki za zdravljenje sarkopenije« in »Digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu«.

Tabela 4: Razporeditev kod po kategorijah

Kategorija	Kode	Avtorji
Digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu	Elektro zdravstveni zapisi, strojno učenje, diagnostična natančnost, test STS, obseg meč, ocenjevanje s podporo AI, presejalno orodje, samodejna diagnoza	Kato, et al., 2023; Luo, et al., 2023; Montemurro, et al., 2024; Tang, et al., 2024.
	Število kod=8	
Digitalni fizioterapevtski postopki za zdravljenje sarkopenije	Vadba na domu, vadba z navidezno resničnostjo, vadba preko iger, vadba s pomočjo aplikacij, vadbeni načrt z AI, video vadbeni program, oddaljen nadzor, nosljive naprave, telerehabilitacija	Bailey, et al., 2024; Bonato, et al., 2024; Chen, et al., 2021a; Gismero Serra, 2021; Kato, et al., 2023; Makizako, et al., 2025; McGowan, et al., 2024; Wang, et al., 2022; Zhang, et al., 2025.
	Število kod = 9	

Legenda: AI = umetna inteligenca (angl. Artificial Intelligence), STS = vstajanje s stola (angl. Sit-To-Stand)

2.5 RAZPRAVA

Z napredkom digitalne tehnologije so se razvile nove metode za podporo ocenjevanja in zdravljenja sarkopenije. S pregledom literature v slovenskem in angleškem jeziku smo

raziskali digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu in obstoječe digitalne fizioterapevtske postopke za zdravljenje sarkopenije.

V okviru prvega raziskovalnega vprašanja so nas zanimale digitalne metode za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu. Pri razvoju presejalnih orodij in aplikacij za odkrivanje sarkopenije so najpogosteje uporabljene in uporabniku prijazne mobilne aplikacije, ki temeljijo na videoanalizi funkcionalnih testov. Montemurro, et al. (2024) so razvili aplikacijo, ki ocenjuje test vstajanja s stola (STS) in meri obseg meč kot kazalnika mišične mase in funkcije. Uporabili so dve definiciji sarkopenije, pri eni je bil uporabljen indeks SMM, pri drugi pa ASMMI. Pri obeh se kot parameter merjenja mišične moči uporablja test 5xSTS. Njihove ugotovitve kažejo na visoko diagnostično natančnost, pri kateri je občutljivost od 75 do 100-odstotna in specifičnost 81,7 do 87,2-odstotna, odvisno od uporabljene definicije za sarkopenijo. Podobno kot pri sarkopeniji je tudi pri obravnavi krhkosti vedno več zanimanja za razvoj digitalnih rešitev za zgodnje odkrivanje in oceno. Blinka, et al. (2021) so v kvalitativni raziskavi pridobili mnenja starejših oseb, njihovih skrbnikov in geriatričnih zdravstvenih delavcev glede razvoja mobilne aplikacije s senzorji za domačo oceno krhkosti. Glavna skrb se je nanašala na varnost in upravljanje z osebnimi podatki ter potrebo, da tovrstna tehnologija ne nadomesti osebnega stika z zdravnikom. Ti avtorji, podobno kot Montemurro, et al. (2024), izpostavijo, da lahko objektivno in pogosto spremljanje funkcionalnega stanja pripomore k pravočasnemu ukrepanju. Chang, et al. (2021) so analizirali in ocenjevali 12 spletnih aplikacij za ocenjevanje krhkosti. Ugotovili so, da so aplikacije uporabnikom prijazne in stroškovno učinkovite. Podobno kot Montemurro, et al. (2024) in Blinka, et al. (2021) so ugotovili, da so aplikacije pogosto pomanjkljive pri varnosti osebnih podatkov in možnosti shranjevanja podatkov.

Ugotovili smo, da se poleg aplikacij za odkrivanje sarkopenije preko video analize uporablja tudi strojno učenje, ki preko elektronskih zdravstvenih zapisov (angl. Electronic Health Records – EHR) lahko prepozna posameznike s sarkopenijo. V raziskavi Luo, et al. (2023) so analizirali 1.304 posameznike. Izmerili so njihovo mišično maso in funkcijo s pomočjo DXA-metode in standardnih testov (HGS, 5xSTS, SPPB). Na podlagi tega so posameznike razdelili v skupino sarkopenija-1, če so dosegli vsaj en kriterij za

sarkopenijo, in v skupino sarkopenija-2, če so dosegli dva kriterija. EHR so vsebovali demografske podatke, diagnostične kode, laboratorijske teste, podatke o zdravljenih in podatke o posegih, ki so bili opravljeni. Na osnovi meritev so nato iz EHR-podatkov razvili napovedne modele, ki so omogočili natančno napoved sarkopenije, tudi brez neposrednega merjenja mišične mase. Najuspešnejši modeli so za skupino sarkopenija-2 dosegli izjemno natančnost. Eden izmed modelov je izpostavil, da so najpomembnejši napovedniki za sarkopenijo v EHR: kronične bolezni (diabetes, bolezni prebavil, ledvične motnje), laboratorijski izvidi in zdravila. Kato, et al. (2023) v svoji opisni raziskavi prav tako meni, da je lahko uporaba aplikacij na pametnih telefonih za diagnozo in oceno sarkopenije preprostejša in cenovno ugodnejša kot tradicionalni vprašalniki in zdravstveni pregledi. Vendar je treba vrednost teh metod v primerjavi s tistimi, ki so v uporabi, še raziskati. Isaradeh in Sirikul (2025) sta izvedla sistematičen pregled raziskav, kjer so uporabili umetno inteligenco in nosljive naprave za oceno krhkosti. Uporabljeni parametri so vključevali merjenje pospeškov, hitrosti hoje, gibanja trupa in moči okončin. Njihov pregled je pokazal, da imajo nekateri modeli strojnega učenja izjemno visoko natančnost ($AUC > 0,85$) pri klasifikaciji krhkosti.

Prisotnost sarkopenije vpliva na izide operacij. Tang, et al. (2024) nam predstavijo okvir za uporabo digitalnih orodij, ki bi se lahko uporabljala pri rehabilitaciji sarkopenije, osredotočajo se predvsem na onkološke bolnike. V svoji raziskavi so predstavili pregled napredka na področju analize telesne sestave s pomočjo umetne inteligence. Pomembna ugotovitev je, da se lahko s pomočjo umetne inteligence iz rutinskih CT slik natančno in hitro oceni mišična masa, kar omogoča zgodnje odkrivanje sarkopenije in s tem tveganje za večje zaplete pri operacijah. Te ugotovitve se dopolnjujejo s spoznanji Luo, et al. (2023).

Več različnih digitalnih fizioterapevtskih postopkov za zdravljenje sarkopenije je že v uporabi. V okviru drugega raziskovalnega vprašanja smo s pregledom literature ugotovili, da digitalne intervencije predstavljajo pomembno dopolnilo klasičnim fizioterapevtskim metodam, ko govorimo o zdravljenju in obravnavi sarkopenije. Telerehabilitacija je najbolj raziskan digitalni fizioterapevtski pristop za zdravljenje sarkopenije. Telerehabilitacijski programi (Bonato, et al., 2024; Zhang, et al., 2025) omogočajo

izvajanje nadzorovane vadbe v domačem okolju ob terapevtski podpori na daljavo, kar povečuje dostopnost in zmanjšuje logistične ovire. Uporaba mobilne aplikacije za rehabilitacijo sarkopenije, uporabljena v raziskavi Zhang, et al. (2025), je pokazala pomembno izboljšanje mišične moči, ravnotežja in hitrosti hoje. Posamezniki, dodeljeni v skupino, ki je uporabljala aplikacijo, so v primerjavi s kontrolno skupino, ki je sledila običajnemu programu rehabilitacije, pokazali enake ali boljše rezultate. Ugotovili so tudi visoko stopnjo zadovoljstva med uporabniki. Program, ki ga je omogočala aplikacija, je sledil načelom večkomponentne vadbe, kar je skladno s trenutnimi smernicami za zdravljenje sarkopenije. Vključeni so bili tudi mehanizmi za spremljanje dejavnosti, kot so dnevnik vadbe in mehanizmi za spodbujanje adherentnosti, kar je pripelvalo k dolgoročnejšemu vplivu programa (Zhang, et al., 2025). Raziskava Bonato, et al. (2024) potrjuje učinkovitost telerehabilitacije. Poleg platforme GYM, ki je vključevala vadbene programe, so preiskovanci nosili naprave za spremljanje srčnega utripa in telesne dejavnosti, kar je omogočalo boljši terapevtski nadzor. Naprava je omogočala spremljanje odziva na vadbo in hitrejšo prilagoditev programa posamezniku. Udeleženci so poročali o večji motivaciji, občutku varnosti in zaupanju v program. Dawson, et al. (2024) so v sistematičnem pregledu literature analizirali intervencije z uporabo telerehabilitacije pri starejših odraslih. Rezultati so pokazali, da je bila telerehabilitacijska intervencija učinkovita pri izboljšanju mišične moči in ravnotežja, hitrosti hoje in telesnega delovanja bolnika, kar potrjuje ugotovitve raziskav Zhang, et al. (2025), Bailey, et al. (2024) in Chen, et al. (2021a). Avtorji so ugotovili, da programi, ki temeljijo na večkomponentnih pristopih (moč, ravnotežje, aerobna komponenta), bistveno izboljšajo rezultat pri standardiziranih funkcionalnih testih (kot so SPPB, TUG in 5xSTS).

Pomemben prispevek k izvedenemu pregledu literature sta tudi sistematični pregled in metaanaliza Gismero Serra (2021) in Makizako, et al. (2025). Osredotočata se na vpliv na daljavo vodenih digitalnih vadbenih programov pri starejših. Avtorji obeh poudarjajo učinkovitost digitalnih pristopov pri izboljšanju funkcionalnih sposobnosti, sprejemljivost intervencij in potencial za dolgoročno uporabo v domačem okolju. Gismero Serra (2021) vključuje 20 raziskav, ki proučujejo učinke večkomponentnih intervencij (moč, ravnotežje, vzdržljivost). Intervencije so izvedene s pomočjo digitalnih orodij, kot so aplikacije, platforme in svetovalni stiki. Najpogostejše merjen parameter je

bila telesna zmogljivost. V večini raziskav so programi vodili v izboljšanje telesne zmogljivosti, predvsem pri testih, kot so 5xSTS, TUG in pri skupini testov SPPB. Ugotovitve kažejo tudi, da digitalna podpora povečuje adherenco in samostojnost uporabnikov. V sistematični pregled in metaanalizo Makizako, et al. (2025) je bilo vključenih 13 raziskav, v katerih je sodelovalo 776 posameznikov. Njihovi rezultati kažejo, da različne digitalne intervencije, kot so virtualna resničnost, igre in programi oziroma aplikacije na digitalnih napravah, pozitivno vplivajo na markerje sarkopenije, predvsem telesno zmogljivost pri starejših odraslih. Na podlagi dveh raziskav, ki sta raziskovali digitalne intervencije na področju prehrane, menijo, da so tudi ti pristopi učinkoviti pri izboljšanju mišične mase.

Da so internetno podprte prehranske intervencije učinkovite, so ugotovili tudi Wang, et al. (2022), ki so v 12-tedenski raziskavi proučevali učinkovitost digitalnih prehranskih in vadbenih programov pri starejših s sarkopenijo. Posameznike ($n = 230$) so razdelili v štiri skupine (kontrolno, prehransko, vadbeno in kombinirano), ki so uporabljale mobilno aplikacijo za podajanje individualnih priporočil glede prehrane in telesne dejavnosti. Rezultati so pokazali učinkovitost prehranske intervencije, podprte z aplikacijo. Aplikacija jim je priporočala recepte, ki so vsebovali živila, ki so bogata z visokokakovostnimi beljakovinami, kot so ribe in morski sadeži, pustno meso, perutnina, jajca, mleko in mlečni izdelki, sojini izdelki in beljakovinski prehranski dodatki. Ocenjevala je razliko med dejanskim in priporočenim vnosom ter jim podajala konkretna priporočila. Priporočen vnos beljakovin je bil 1,0–1,5 g/kg telesne mase/dan, pri čemer naj bi vsaj 50 % prišlo iz kakovostnih virov beljakovin. Vnos kakovostnih beljakovin se je povečal za 35 % v kombinirani skupini. V vseh treh skupinah se je povečal vnos kalorij za več kot 600 kJ. Spremembe v indeksu telesne mase (angl. Body Mass Index – BMI) so bile dvakrat višje v kombinirani in prehranski skupini. Skeletna mišična masa, ki so jo merili z BIA-metodo, se je v kombinirani skupini povečala za 1,09 kg in v prehranski za 1,25 kg. V raziskavi niso opazili nobenih sprememb v telesni dejavnosti, saj starejši niso redno izvajali vaj. Raziskovalci menijo, da aplikacije niso bile dovolj velik motivator za starejše, da bi izboljšali telesno dejavnost. Čeprav se starejši zavedajo, kako pomembna je telesna dejavnost, lahko slaba samozavest, nezadostna infrastruktura in pomanjkanje socialne podpore onemogočajo ustvarjanje boljših navad pri starejših.

Starejši odrasli predstavljajo populacijo, ki največ sedi. Obstaja ključna povezava med količino sedenja, telesno funkcijo, mišično maso in sarkopenijo. Raziskavi McGowan, et al. (2024) in Bailey, et al. (2024) se osredotočata na zmanjševanje sedečega načina življenja pri starejših odraslih. Obe raziskavi sta uporabili enako digitalno intervencijo, vendar se raziskava McGowan, et al. (2024) osredotoča bolj na izkušnje uporabnikov.

Raziskava Bailey, et al. (2024) je proučevala vpliv digitalnega programa »Frail-LESS« (Less sitting and sarcopenia in frail older adults) na zmanjšanje sedečega načina življenja pri starejših odraslih s povečanim tveganjem za razvoj sarkopenije. Program je vključeval psiho-edukacijski učbenik, prilagojene povratne informacije, napravo za merjenje aktivnosti, zdravstveno svetovanje in vrstniško podporo. Trajal je osem tednov, udeleženci pa so dvakrat tedensko prejeli videoposnetke z navodili za izvajanje preprostih gibalnih nalog, kot so vstajanje s stola, hoja na mestu in raztezne vaje. Poleg tega so tedensko prejeli motivacijske opomnike v obliki SMS-besedilnih sporočil in imeli dostop do mobilne aplikacije, v katero so beležili svojo telesno dejavnost. Za oceno učinkov programa so raziskovalci uporabili različne merske instrumente, med drugim skupino testov SPPB, test 5xSTS in meritve časa, preživetega v sedečem položaju. Rezultati so pokazali zmanjšanje časa sedenja, izboljšanje telesne funkcije in večjo stopnjo samostojnosti pri udeležencih, ki so uporabljali program. Ugotovljena je bila tudi visoka stopnja zadovoljstva s programom. Uporabniki so izrazili pozitivna mnenja glede uporabnosti, preproste dostopnosti in motivacijske vrednosti vsebin, kar dodatno potrjuje ustreznost takšnega digitalnega pristopa za uporabo v praksi. Vendar poudarjajo, da je bil vzorec v raziskavi relativno majhen, kar omejuje splošljivost rezultatov. McGowan, et al. (2024) so s pomočjo zaprtega in strukturiranega vprašalnika ugotavljali, kakšne so bile izkušnje uporabnikov z digitalnim programom »Frail-LESS«. Poleg tega so prek telefonskih ali videoklicev izvedli polstrukturiran intervju v nič do treh mesecih po zadnjem vprašalniku, ki je bil po šest mesecih. V kvantitativnem delu, kjer je bil uporabljen vprašalnik, so rezultati pokazali visoko stopnjo sprejemljivosti, zadovoljstva s programom in povečano samozavest pri izvajanju telesne dejavnosti. V kvalitativnem delu so izvedli intervjuje, iz katerih so izluščili več tem: pomen preprostosti uporabe, občutek varnosti pri vadbi doma ter pomembnost rednih opomnikov in podpornih sporočil. Udeleženci so izpostavili, da jim je program pomagal pri vzpostavljanju rutine,

pri čemer so občutili večjo odgovornost do lastnega zdravja in gibanja. McGowan, et al. (2024) in Bailey, et al. (2024) dokazujejo učinkovitost digitalne intervencije za zmanjšanje sedečega vedenja ter psihološke podpore in motivacije.

Kato, et al. (2023) so analizirali novosti na področju uporabe digitalnih pristopov pri diagnosticiranju in zdravljenju sarkopenije. Menijo, da lahko digitalne zdravstvene intervencije pomagajo pri diagnozi sarkopenije, povečanju telesne dejavnosti, izboljšanju prehranskega stanja in preprečevanju padcev pri starejših. Digitalne zdravstvene intervencije naj bi pridobile pomembnost, ko bo več starejših seznanjenih z digitalno tehnologijo. Omenja tudi raziskavo Chen, et al. (2021a), ki smo jo s pregledom literature našli v bazah podatkov. V svoji kvazi-eksperimentalni raziskavi, izvedeni v ruralnih okoljih, kjer je dostop do tradicionalnih fizioterapevtskih storitev omejen, so uporabili virtualno resničnost za rehabilitacijo sarkopenije. Vadbeni protokol je vključeval uporabo štirih interaktivnih iger, ki so simulirale vsakodnevne gibe. Posebni opisi iger so bili na voljo vsem uporabnikom za lažje razumevanje. Igre so vključevale hojo na mestu, brcanje, premikanje rok in izogibanje navideznim oviram. Vsaka igra je trajala 6 minut s počitkom, dolgim 1–2 minuti med vsako igro. Pred začetkom vadbe je bilo 5 minut namenjenih ogrevanju, prav tako je bilo po koncu 5 minut namenjenih ohlajanju in sproščanju. Vadba je trajala 12 tednov, dvakrat na teden po trideset minut na vadbo. Ocenjevanja so bila izvedena pred začetkom, po štirih, osmih in 12 tednih eksperimenta. Vključitveni kriteriji so bili v povezavi z diagnozo sarkopenije, in sicer ASMMI, HGS in hitrost hoje. Rezultati so pokazali izboljšanje v mišični moči in gibljivosti zgornjega uda. Izboljšanje hitrosti hoje pripisujejo predvsem komponentam iger, pri katerih so morali posamezniki vključevati globoke trebušne mišice, zadrževati center telesa v nevtralnem položaju, in pomenu adaptivnih procesov nevromuskulatornega sistema. Možne so razlike med posamezniki, ki so igre izvajali sede, in tistimi, ki so igre izvajali stoje, vendar ker so se bolj osredotočali na meritve zgornjega uda, naj bi imele te razlike omejen vpliv. V raziskavi niso opazili nobenega izboljšanja ASMMI. Sistem virtualne resničnost v kombinaciji s posebnimi virtualnimi očali (angl. Oculus Rift) in napravo, ki se priključi v očala in omogoča sledenje gibanju roke (angl. Leap Motion), je omogočal hitro odzivnost in takojšnje povratne informacije. Njegove prednosti so, da se lahko uporablja v majhnih prostorih in je cenovno ugoden. Igre, ki so jih uporabili, so preproste za

nastavitev in igranje. Udeleženci so poročali o visoki sprejemljivosti programa, zanimivosti vaj in povečani motivaciji, predvsem zaradi dinamične narave igre in možnosti spremljanja lastnega napredka v realnem času. Uporaba virtualne resničnosti se je izkazala za učinkovito pri posameznikih, ki so sicer telesno nedejavni ali živijo na oddaljenih območjih brez fizičnega dostopa do rehabilitacije.

Pri pregledu literature smo našli tudi tri protokole za raziskave, ki žal še niso končane oziroma so v teku in jih zato nismo vključili v rezultate, vendar se nam zdi pomembno, da jih vključimo v razpravo, saj nudijo vpogled v razvijajočo se digitalno tehnologijo za obravnavo sarkopenije. You, et al. (2024) so 278 posameznikov razdelili v dve skupini. Preiskovanci so posamezniki, ki so starejši od 60 let in so diagnosticirani s sarkopenijo in z osteoartritisom ter imajo dostop do mobilnega telefona in interneta. Kontrola skupina sledi običajnemu programu vadbe v živo, medtem ko druga skupina sledi personaliziranemu programu, ki ga ustvarja ChatGPT-4. Intervencijska skupina vaje izvaja doma in pri tem nosi naprave za sledenje dejavnosti. ChatGPT-4 je dobil naslednji ukaz: >>Prosim, ustvari personalizirano vadbeno terapijo za bolnika, ki je bil diagnosticiran z osteoartritisom in s sarkopenijo. Cilji morajo biti usklajeni z načelom SMART (angl. Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound). Program naj sledi FITT-VP (angl. Frequency, Intensity, Training Time, Training Type, Volume, Progression) principu vadbe. Vaje morajo biti natančno in podrobno opisane. Prosim, najdi pomembne osebne in zdravstvene podatke o pacientu, navedene spodaj.<<. Začetna ocena vaj kaže, da so vaje, ki jih generira ChatGPT-4, narejene na z dokazi podprto prakso, sledijo smernicam, so varne, praktične in zagotavljajo sledenje napredku. Program so testirali na 30 namišljenih pacientih. Nosljive naprave so povezane z aplikacijo, ki sledi gibanju posameznika in predvaja animacije za vodenje gibanja. Omogoča takojšne informacije o gibanju. Avtorji raziskave pričakujejo, da bi dotična študija lahko predstavljala temelj za nadaljnji razvoj elektronskih pametnih samoprilagodljivih rehabilitacijskih programov. Ti programi bi lahko zagotavljali učinkovito podporo pri zdravljenju kompleksnih kroničnih stanj, kot sta sarkopenija in osteoartritis. Protokol ponuja inovativno rešitev, ki vključuje zbiranje in analizo podatkov v realnem času, avtomatizirano generiranje vadbenih programov s pomočjo umetne inteligence (angl. Artificial Intelligence – AI) in nudi podporo uporabnikom. Namen je

vzpostaviti sistem, ki je široko dostopen, personaliziran in sledi posameznikom skozi celotno rehabilitacijo. Združevanje AI, nosljivih naprav in digitalnih komunikacijskih orodij omogoča celostno, učinkovito in uporabniku prilagojeno intervencijo, ki jo je mogoče širše uvesti v prakso. V primerjavi s Chen, et al. (2021a) in Kato, et al. (2023) nam You, et al. (2024) predstavljajo naslednjo stopnjo v razvoju digitalnih intervencij. Medtem ko Chen, et al. (2021a) uporabljajo virtualno resničnost za simulacijo gibanja in Kato, et al. (2023) predlagajo uporabo pametnih telefonov, aplikacij in iger, You, et al. (2024) to nadgrajujejo z dinamično prilagodljivostjo, ki jo omogoča AI. Ta omogoča personalizacijo na višji ravni, kar je ključnega pomena pri kroničnih stanjih, kot je sarkopenija.

Glavni namen protokola za randomizirano kontrolirano raziskavo Chan, et al. (2023) je bil oceniti učinkovitost digitalnega vadbenega programa (angl. tele-exercise) za starejše s sumom na sarkopenijo ali z večjim tveganjem za padce. Ocenjevali so tudi izkušnje uporabnikov in sprejemljivost digitalne oblike vadbe med udeleženci. Intervencijska skupina je program vadbe prejela preko spletne aplikacije ZOOM, ki dovoljuje spletno komunikacijo, deljenje zaslona in snemanje. Za lažji in nemoten potek so posamezniki prejeli tablični računalnik in zagotovljena jim je bila brezžična internetna povezava. Prvo vadbo so izvedli v centru, z namenom, da udeleženci spoznajo varnostna pravila in program, vse nadaljnje vadbe pa so se izvajale preko spletne aplikacije ZOOM. Raziskovalci so želeli zbrati podatke o funkcionalnih izboljšavah, zmanjšanju tveganja za padce, izboljšanju ravnotežja in mišične jakosti ter o uporabniških izkušnjah in sprejemljivosti digitalne oblike vadbe. Raziskava, ki so jo izvedli Shi, et al. (2024), je razvila protokol za sistematično oceno učinkovitosti digitalnih terapij vadbe pri starejših odraslih, ki imajo možno, potrjeno ali hudo sarkopenijo. Njihov protokol je namenjen združevanju in povzetku dokazov o primerjalnih učinkih različnih oblik digitalno podprtih vadbenih programov na delovanje mišic, telesno zmogljivost in druge klinične izide. Protokol obsega iskanja po različnih mednarodnih podatkovnih bazah, orodja za ocenjevanje tveganja pristranskosti in jasna merila za vključitev raziskav. Avtorji upajo, da bo njihov pregled prav tako vodil k bolj standardiziranemu raziskovanju in izboljšanju razumevanja vrst digitalnih intervencij, ki so najučinkovitejše. Poudarek je na značilnostih raziskav pri oceni kakovosti, vrsti uporabljenih instrumentov za merjenje in

uporabljenem digitalnem zapisu, kar nudi trdnejšo osnovo za priporočila v klinični praksi. Pregled literature, ki so ga izvedli, lepo dopolnjuje pregleda literature Gismero Serra (2021) in Makizako, et al. (2025) pri iskanju digitalno podprtih vadbenih programov in njihovem vplivu na sarkopenijo.

2.5.1 Omejitve raziskave

Pri pregledu literature smo iskali raziskave, ki se navezujejo na uporabo digitalnih zdravstvenih intervencij za ocenjevanje in zdravljenje sarkopenije v zdravstvu in fizioterapiji. Ugotovili smo, da raziskav na to temo z visoko ravno dokazov, predvsem v slovenskem jeziku, ni, čeprav se veliko piše o sarkopeniji. Od najdenih raziskav je veliko takih, ki so še v teku ali smo zanje našli le raziskovalne protokole. Zaključek marsikatero raziskave je, da ni dovolj raziskav in da so potrebne nadaljnje raziskave na tem področju. Dodatno omejitev pri iskanju sta predstavljala prosta dostopnost člankov in jezik.

2.5.2 Prispevek k praksi in priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo

Pregled literature nam je pomagal spoznati različna digitalna orodja, ki se uporabljajo za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu, kot so mobilne aplikacije za videoanalizo funkcionalnih testov in strojno učenje. Spoznali smo tudi uporabo različnih digitalnih zdravstvenih pristopov v fizioterapiji za zdravljenje sarkopenije. Pregled literature nam je sicer pomagal odgovoriti na raziskovalni vprašanji, vendar menimo, da so potrebne dodatne in bolj specifične raziskave ne tem področju, če želimo prepričati odločevalce, da dotične intervencije na daljavo tudi sistemsko vpeljemo v vsakodnevno fizioterapevtsko in zdravstveno prakso. Potreben bi bil na primer širši sistematičen pregled literature raziskav z metaanalizo s področja digitalnih zdravstvenih intervencij v povezavi z obravnavo sarkopenije prav specifično za področje fizioterapije. Vsa literatura, ki smo jo našli, je tuja literatura, zato menimo, da bi lahko v bližnji prihodnosti v Sloveniji glede na spodbudne rezultate raziskav iz tujine izvedli kakšno aplikativno raziskavo s tega področja. V poštrev bi recimo prišla pilotna raziskava v Centrih za krepitev zdravja na primarni zdravstveni ravni, ki bi jo lahko izvedli tam zaposleni slovenski fizioterapevti in kineziologi. Digitalne intervencije so namreč ne samo

preproste za uporabo, ampak tudi cenovno dostopnejše in z njimi lahko dosežemo večji delež starejše odrasle populacije.

3 ZAKLJUČEK

Sarkopenija je vse pogostejše stanje, povezano s starostjo, za katero so značilni tako izguba mišične mase kot tudi zmanjšanje mišične jakosti in oslABLJENA telesna zmogljivost. Gre za stanje, ki vpliva na kakovost življenja starejših odraslih, povečuje tveganje za padce, hospitalizacijo in smrtnost ter posledično predstavlja pomemben izziv za zdravstvene sisteme po svetu. Zdravljenje in obvladovanje sarkopenije zahtevata celosten pristop, ki vključuje ocenjevanje mišične mase in funkcije, uvedbo tarčnih vadbenih programov in prehransko podporo. V zadnjem času se po svetu vse bolj uveljavlja tudi uporaba digitalnih pristopov v zdravstvu. S sodobnimi digitalnimi rešitvami lahko omogočimo večjo dostopnost rehabilitacijskih storitev, izboljšamo spremljanje napredka in povečamo sodelovanje bolnikov, kar je še posebej pomembno pri starejših, ki pogosto živijo sami ali v oddaljenih krajih.

Z izvedenim pregledom literature smo ugotovili, katere digitalne metode se uporabljajo za ocenjevanje sarkopenije v zdravstvu in kateri digitalni fizioterapevtski postopki so učinkoviti pri njenem zdravljenju. Obstajajo torej številne inovativne in klinično uporabne digitalne rešitve. Pri ocenjevanju sarkopenije izstopajo videoanalitične aplikacije, ki na podlagi funkcionalnih testov, kot je na primer 5xSTS, ocenjujejo mišično jakost skeletnih mišic. Prav tako se v prakso postopoma uvajajo metode strojnega učenja, ki omogočajo identifikacijo posameznikov s sarkopenijo na osnovi elektronskih zdravstvenih zapisov brez neposrednih telesnih meritev. Na področju zdravljenja se kot najučinkovitejši pristopi kažejo tele-rehabilitacija, vadba v navidezni resničnosti, uporaba mobilnih aplikacij in integracija AI. Kljub temu pregled literature ponuja trdna izhodišča za nadaljnje raziskovanje in klinično implementacijo digitalnih orodij v obravnavi sarkopenije. Digitalne rešitve niso namenjene nadomeščanju tradicionalnih metod, temveč jih dopolnjujejo z večjo dostopnostjo in s cenovno ugodnostjo, spremljanjem v realnem času in z možnostjo prilagajanja posamezniku. Na podlagi pregleda lahko zaključimo, da imajo digitalni fizioterapevtski pristopi velik potencial pri obvladovanju sarkopenije, vendar bodo za standardizacijo in sistemsko ter širšo klinično uporabo potrebne nadaljnje raziskave z močnejšo metodološko zasnovo, večjimi vzorci in dolgoročnim spremljanjem učinkov.

4 LITERATURA

Arko, J.J., 2023. Sarkopenija in znižana mišična masa pri starostnikih - nefarmakološka terapija. In: N. Rotovnik Kozjek & G. Tonin, eds. *Mišica v zdravju in bolezni*. Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano, Medicinski razgledi, pp. 271-281.

Aveyard, H., 2018. *Doing a literature review in health and social care: a practical guide*. 4th ed. London: Open University Press.

Bailey, D.P., Harper, J.H., Kilbride, C., McGowan, L.J., Victor, C., Brierley, M.L. & Chater, A.M., 2024. The frail-LESS (Less sitting and sarcopenia in frail older adults) remote intervention to improve sarcopenia and maintain independent living via reductions in sedentary behaviour: findings from a randomised controlled feasibility trial. *BMC Geriatrics*, 24(747), pp. 1-15. 10.1186/s12877-024-05310-9.

Blinka, M.D., Buta, B., Bader, K.D., Hanley, C., Schoenborn, N.L., McNabney, M. & Xue, Q.L., 2021. Developing a sensor-based mobile application for in-home frailty assessment: a qualitative study. *BMC Geriatrics*, 21(101), pp. 1-9. 10.1186/s12877-021-02041-z.

Bonato, M., Marmondi, F., Mastropaolo, C., Inzaghi, C., Cerizza, C., Galli, L., Banfi, G. & Cinque, P., 2024. A digital platform for home-based exercise prescription for older people with sarcopenia. *Sensors*, 24(4788), pp. 2-13. 10.3390/s24154788.

Cederholm, T., Bauer, J.M. & Cruz-Jentoft, A.J., 2021. Nutritional approaches to treat sarcopenia. In: A.J. Cruz-Jentoft & J.E. Morley, eds. *Sarcopenia*. London: John Wiley & Sons Ltd, pp. 335-353.

Chan, K.O.W., Yuen, P.P., Fong, B.Y.F., Law, V.T.S., Ng, F.S.F., Fung, W.C.P., Ng, T.K.C. & Cheung, I.S., 2023. Effectiveness of telehealth in preventive care: a study protocol for a randomised controlled trial of tele-exercise programme involving older

people with possible sarcopenia or at risk of fall. *BMC Geriatrics*, 23(845), pp. 1-14. 10.1186/s12877-023-04535-4.

Chang, R., Low, H., McDonald, A., Park, G. & Song, X., 2021. Web-based software applications for frailty assessment in older adults: a scoping review of current status with insights into future development. *BMC Geriatrics*, 21(723), pp. 1-11. 10.1186/s12877-021-02660-6.

Chen, G.B., Lin, C.W., Huang, H.Y., Wu, Y.J., Su, H.T., Sun, S.F. & Tuan, S.H., 2021a. Using virtual reality-based rehabilitation in sarcopenic older adults in rural health care facilities-a quasi-experimental study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 29(5), pp. 866-877. 10.1123/japa.2020-0222.

Chen, N., He, X., Feng, Y., Ainsworth, B.E. & Liu, Y., 2021b. Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(23), pp. 1-19. 10.1186/s11556-021-00277-7.

Clynes, M.A., Gregson, C.L., Bruyère, O., Cooper, C. & Dennison, E.M., 2021. Osteosarcopenia: where osteoporosis and sarcopenia collide. *Rheumatology*, 60(2), pp. 529-537. 10.1093/rheumatology/keaa755.

Cruz-Jentoft, A.J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A.A., Schneider, S.M., Sieber, C.C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M. & Zamboni, M., 2019. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), pp. 16-31. 10.1093/ageing/afy169.

Cruz-Jentoft, A.J., Montero-Erasquin, B. & Morley, J.E., 2021. Definitions of sarcopenia. In: A.J. Cruz-Jentoft & J.E. Morley, eds. *Sarcopenia*. London: John Wiley & Sons Ltd, pp. 1-9.

Dawson, R., Oliveira, J.S., Kwok, W.S., Bratland, M., Rajendran, I.M., Srinivasan, A., Chu, C.Y., Pinheiro, M.B., Hassett, L. & Sherrington, C., 2024. Exercise interventions delivered through telehealth to improve physical functioning for older adults with frailty, cognitive, or mobility disability: a systematic review and meta-analysis. *Telemedicine Journal and E-Health*, 30(4), pp. 940-950. 10.1089/tmj.2023.0177.

Fearon, K., Strasser, F., Anker, S.D., Bosaeus, I., Bruera, E., Fainsinger, R.L., Jatoi, A., Loprinzi, C., MacDonald, N., Mantovani, G., Davis, M., Muscaritoli, M., Ottery, F., Radbruch, L., Ravasco, P., Walsh, D., Wilcock, A., Kaasa, S. & Baracos, V.E., 2011. Definition and classification of cancer cachexia: an international consensus. *The Lancet Oncology*, 12(5), pp. 489-495. 10.1016/S1470-2045(10)70218-7.

Frontera, W.R. & Ochala, J., 2015. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified Tissue International*, 96(3), pp. 183-195. 10.1007/s00223-014-9915-y.

Gabrijelčič Blenkuš, M. & Jakovljević, M., 2017. Poskus definiranja krhkosti v okviru projekta AHA.si. *Javno zdravje*, 1(1), pp. 97-98.

Gismero Serra, A., 2021. *Home-based exercise programs delivered by digital health interventions for older adults: a systematic review and meta-analysis physiotherapy: master thesis*. Barcelona: University Ramon Llull, Faculty of sciences of health Blanquerna.

Isaradech, N. & Sirikul, W., 2025. Digital health tools applications in frail older adults-a review article. *Frontiers in Digital Health*, 7, pp. 1-10. 10.3389/fdgth.2025.1495135.

Jerale, C., Jordan, T. & Rotovnik Kozjek, N., 2023. Vloga ultrazvoka v diagnostiki sarkopenije. In: N. Rotovnik Kozjek & G. Tonin, eds. *Mišica v zdravju in bolezni*. Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano, Medicinski razgledi, pp. 71-80.

Kato, Y., Sakamoto, R., Hori, A. & Momosaki, R., 2023. Innovation in digital health interventions for frailty and sarcopenia. *Journal of Clinical Medicine*, 23(41), pp. 1-3. 10.3390/jem12062341.

Kwak, J.Y. & Kwon, K.S., 2019. Pharmacological interventions for treatment of sarcopenia: current status of drug development for sarcopenia. *Annals of Geriatric Medicine and Research*, 23(3), pp. 98-104. 10.4235/agmr.19.0028.

Luo, X., Ding, H., Broyles, A., Warden, S.J., Moorthi, R.N. & Imel, E.A., 2023. Using machine learning to detect sarcopenia from electronic health records. *Digital Health*, 29(9), pp. 1-13. 10.1177/20552076231197098.

Makizako, H., Shiratsuchi, D., Akaida, S., Tateishi, M., Maeda, K., Iijima, K., Shimada, H., Inoue, T., Yamada, M., Momosaki, R., Wakabayashi, H., Yamamoto, K. & Arai, H., 2025. Effects of digital-based interventions on the outcomes of the eligibility criteria for sarcopenia in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 104, pp. 1-9. 10.1016/j.arr.2025.102663.

McGowan, L., Chater, A., Harper, J., Kilbride, C., Victor, C., Brierley, M. & Bailey, D., 2024. Acceptability of a remotely delivered sedentary behaviour intervention to improve sarcopenia and maintain independent living in older adults with frailty: a mixed-methods study. *BMC Geriatrics*, 24(820), pp. 1-17. 10.1186/s12877-024-05385-4.

Merolli, M., Hinman, R.S., Lawford, B.J., Choo, D. & Gray, K., 2021. Digital health interventions in physiotherapy: development of client and health care provider survey instruments. *JMIR Research Protocols*, 10(7), pp. 5-28. 10.2196/25177.

Milanez, T., 2023. Mišica - pozabljeni endokrini organ. In: N. Rotovnik Kozjek & G. Tonin, eds. *Mišica v zdravju in bolezni*. Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano, Medicinski razgledi, pp. 7-9. 10.61300/mr62misAAR.

Montemurro, A., Rodríguez-Juan, J.J., Martínez-García, M.D.M. & Ruiz-Cárdenas, J.D., 2024. Validity of a video-analysis-based app to detect prefrailty or frailty plus sarcopenia syndromes in community-dwelling older adults: diagnostic accuracy study. *Digital Health*, 20(10), pp. 1-12. 10.1177/20552076241232878.

Nishikawa, H., Fukunishi, S., Asai, A., Yokohama, K., Nishiguchi, S. & Higuchi, K., 2021. Pathophysiology and mechanisms of primary sarcopenia. *International Journal of Molecular Medicine*, 48(2), pp. 1-8. 10.3892/ijmm.2021.4989.

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., Stewart, L.A., Thomasab, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P. & Moher, D., 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71), pp. 1-9. 10.1136/bmj.n71.

Peklaj, E., 2023. Koncept klinične športne prehrane pri sarkopeniji. In: N. Rotovnik Kozjek & G. Tonin, eds. *Mišica v zdravju in bolezni*. Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano, Medicinski razgledi, pp. 229-236.

Polit, D.F. & Beck, C.T., 2021. *Nursing research: generating and assessing evidence for nursing practice*. Philadelphia: Wolters Kluwer.

Prezelj, E. & Puh, U., 2020. Merske lastnosti testa petih vstajanj s stola. *Fizioterapija*, 28(1), pp. 50-59.

Rooks, D. & Roubenoff, R., 2019. Development of pharmacotherapies for the treatment of sarcopenia. *The Journal of Frailty & Aging*, 8(3), pp. 120-130. 10.14283/jfa.2019.11.

Rotovnik Kozjek, N., 2023. Klinični pomen prenizke mišične mase in sarkopenije. In: N. Rotovnik Kozjek & G. Tonin, eds. *Mišica v zdravju in bolezni*. Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano, Medicinski razgledi, pp. 185-194.

Seron, P., Oliveros, M.J., Gutierrez-Arias, R., Fuentes-Aspe, R., Torres-Castro, R.C., Merino-Osorio, C., Nahuelhual, P., Inostroza, J., Jalil, Y., Solano, R., Marzuca-Nassr, G.N., Aguilera-Eguía, R., Lavados-Romo, P., Soto-Rodríguez, F.J., Sabelle, C., Villarroel-Silva, G., Gomolán, P., Huaiquilaf, S. & Sanchez, P., 2021. Effectiveness of telerehabilitation in physical therapy: a rapid overview. *Physical Therapy*, 101(6), pp. 1-18. 10.1093/ptj/pzab053.

Shi, Y., Stanmore, E., McGarrigle, L. & Todd, C., 2024. Effectiveness of digital health exercise interventions on muscle function and physical performance in older adults with possible, confirmed or severe sarcopenia: a protocol for a systematic review. *BMJ Open*, 14(10), pp. 1-7. 10.1136/bmjopen-2024-086124.

Szmelcer, B., Lamtych, M., Zwolinski, A., Lipka, M., Modlińska, A., Kubiak, K., Kontowicz, M., Kwiatkowska, K., Krakowska, N., Kuźba, K., Karło, A., Wilczyński, M., Podhorecka, M., Gajos, M. & Kędziora-Kornatowska, K., 2019. Sarcopenia as a problem of old age - a form of rehabilitation. *Journal of Education, Health and Sport*, 9(6), pp. 137-150. 10.5281/zenodo.3238267.

Slak, V. & Rugelj, D., 2022. Merske lastnosti 30-sekundnega testa vstajanja s stola. *Fizioterapija*, 30(1), pp. 41-50.

Tang, H.H.Y., Mok, E., Yeung, H.S., Wei, M.Y.K. & Yeung, J.M.C., 2024. Digital health and medical technology for perioperative sarcopenia optimisation and prehabilitation - Where to go from here? *European Journal of Surgical Oncology*, 50(7), pp. 1-3. 10.1016/j.ejso.2024.108376.

Urzi, F., 2021. *Biokemični in genetski vidiki sarkopenije pri starejših odraslih: doktorska disertacija*. Izola: Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju.

Wang, Z., Xu, X., Gao, S., Wu, C., Song, Q., Shi, Z., Su, J. & Zang, J., 2022. Effects of internet-based nutrition and exercise interventions on the prevention and treatment of sarcopenia in the elderly. *Nutrients*, 14(2458), pp. 1-12. 10.3390/nu14122458.

Yerrakalva, D., Yerrakalva, D., Hajna, S. & Griffin, S., 2019. Effects of mobile health app interventions on sedentary time, physical activity, and fitness in older adults: systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 21(11), pp. 1-13. 10.2196/14343.

You, M., Chen, X., Liu, D., Lin, Y., Chen, G. & Li, J., 2024. ChatGPT-4 and wearable device assisted intelligent exercise therapy for co-existing sarcopenia and osteoarthritis (GAISO): a feasibility study and design for a randomized controlled PROBE non-inferiority trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 19(635), pp. 1-12. 10.1186/s13018-024-05134-8.

Yuan, S. & Larsson, S.C., 2023. Epidemiology of sarcopenia: prevalence, risk factors, and consequences. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 144(155533), pp. 1-9. 10.1016/j.metabol.2023.155533.

Zhang, L., Ge, Y., Zhao, W., Shu, X., Kang, L., Wang, Q. & Liu, Y., 2025. A 4-week mobile app-based telerehabilitation program vs conventional in-person rehabilitation in older adults with sarcopenia: randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 27, pp. 1-15. 10.2196/67846.