



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

Diplomsko delo
visokošolskega strokovnega študijskega programa prve stopnje
ZDRAVSTVENA NEGA

**DEJAVNIKI TVEGANJA PRI
PARENTERALNEM ZDRAVLJENJU OTROK
Z UPORABO INFUZIJSKIH ČRPALK –
PREGLED LITERATURE**

**RISK FACTORS OF USING A PARENTERAL
INFUSION PUMP IN CHILDREN FOR CARE
DELIVERY – A LITERATURE REVIEW**

Mentorica: Majda Oštir, viš. pred.

Kandidatka: Urška Kopač

Jesenice, avgust, 2026

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici Majdi Oštir, viš. pred., za vso strokovno pomoč in usmerjanje pri pisanju. Še posebej za podarjen čas in vse nasvete.

Zahvaljujem se tudi Marti Smodiš, viš. pred., za recenzijo diplomskega dela in Luciji Baša za lektoriranje, mag. slov. jez. in prim. knjiž. za jezikovni in slovnični pregled.

Zagotovo pa diplomskega dela ne bi bilo, če ne bi imela take podpore družine in prijateljev, katerim se še posebej zahvaljujem za motivacijske besede.

POVZETEK

Teoretična izhodišča: Otroci so ranljiva skupina, pri katerih se ob aplikaciji parenteralne terapije napake pogosto, le te so pogosto tehnične narave. Pogosto se za bolj nadzorovano aplikacijo zdravil poslužujemo uporabe infuzijske črpalke. Ta omogoča bolj natančno in nadzorovano aplikacijo zdravil, vendar pa je zanjo potrebno ustrezno skrbeti in jo znati pravilno uporabljati.

Cilj: Cilja diplomskega dela sta preučiti tehnične dejavnike tveganja, ki so povezani s pripravo parenteralnih zdravil in raziskati dejavnike tveganja, ki jih predstavlja infuzijska črpalka pri parenteralni aplikaciji zdravil.

Metoda: Uporabljena je bila metoda sistematičnega pregleda literature z uporabo konceptualnega okvira PICO. Uporabili smo podatkovne baze CINAHL, WILEY in PubMed, ter spletni brskalnik Google učenjak. Vključeni so bili članki v angleškem ali slovenskem jeziku, objavljeni od leta 2015 dalje, ki so obravnavali paciente na pediatriji. Podatki so bili obdelani s kvalitativno vsebinsko analizo. Ključne besede so bile: »intravenozno« oziroma »intravenous«, »tveganje« oziroma »risk«, »pediatrija« oziroma »pediatrics«, »dajanje zdravil« oziroma »drug administration« in »infuzijska črpalka« oziroma »infusion pump«.

Rezultati: Skupno je bilo identificiranih 1980 zadetkov. Po izključitvi nerelevantnih zadetkov je bilo v polnem besedilu pregledanih 81 zadetkov, od katerih jih je bilo 16 vključenih v končno analizo. Vsebinska analiza je pokazala tri glavne kategorije: mešanje zdravil, dajanje zdravil in infuzijske črpalke.

Razprava: Ugotovljeno je bilo, da je priprava in aplikacija majhnih odmerkov zdravil pogost dejavnik tveganja, še posebej zaradi uporabe pripomočkov. Zelo pogoste napake so nepravilna hitrost aplikacije zdravil in kontaminacija aplicirane terapije. Še posebej velik dejavnik tveganja so nepravilni odmerki zdravil, ki so velikokrat dani v toksičnih količinah. Prav tako malomarno in nepravilno rokovanje z infuzijsko črpalko lahko povzroči zdravstvene zaplete pri zdravljenju otrok.

Ključne besede: intravenozno, tveganje, pediatrija, dajanje zdravil, črpalka za infuzijo

SUMMARY

Theoretical background: Children are a very vulnerable group in which errors are common when administering parenteral therapy. Many errors that lead to risks are of a technical nature, including devices for preparing and administering parenteral therapy. An infusion pump is often used for more controlled administration of drugs, but its use also allows for the possibility of errors.

Goals: The aims of the diploma thesis were to examine the technical risk factors associated with the preparation of parenteral drugs for children and to investigate the risk factors represented by the infusion pump in parenteral administration of drugs to children.

Methods: A systematic literature review using the PICO conceptual framework was conducted. We used the CINAHL, WILEY and PubMed databases, and the Google Scholar web browser. Articles in English or Slovenian published from 2015 onwards and dealing with pediatric patients were included. The data was processed using qualitative content analysis. The key words in Slovenian and English were: “intravenozno”/“intravenous”, “tveganje”/“risk”, “pediatrija”/“pediatrics”, “dajanje zdravil”/“drug administration”, and “infuzijska črpalka”/“infusion pump”.

Results: A total of 1,980 records were identified. After excluding irrelevant hits, 81 records were reviewed in full text, and 16 were included in the final analysis. The content analysis revealed three main categories: drug mixing; drug administration; and infusion pumps.

Discussion: The results showed that the preparation and administration of small drug doses is a common risk factor, especially due to the use of devices. Very common errors include incorrect drug administration speed, applied therapy contamination, and incorrect drug doses; the latter can be particularly risky if given in toxic amounts. Also, careless and improper handling and care of the infusion pump may lead to health complications in the treatment of children.

Key words: intravenous, risk, pediatrics, drug administration, infusion pump

KAZALO

1 UVOD	1
2 EMPIRIČNI DEL.....	7
2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA.....	7
2.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA.....	7
2.3 RAZISKOVALNA METODOLOGIJA.....	7
2.3.1 Metode pregleda literature.....	7
2.3.2 Strategija pregleda zadetkov.....	8
2.3.3 Opis obdelave podatkov pregleda literature	10
2.3.4 Ocena kakovosti pregleda literature	11
2.4 REZULTATI.....	12
2.4.1 PRISMA diagram	13
2.5 RAZPRAVA.....	18
2.5.1 Omejitve raziskave	28
2.5.2 Doprinos za stroko ter priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo	29
3 ZAKLJUČEK	31
4 LITERATURA	33

KAZALO SLIK

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

KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati pregleda literature.....	9
Tabela 2: Hierarhija dokazov	12
Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov	14
Tabela 4: Razporeditev kod po kategorijah.....	17

SEZNAM KRAJŠAV

FZAB	Fakulteta za zdravstvo Angele Boškin
NMBI	Nursing and Midwifery Board of Ireland

1 UVOD

Uporaba parenteralnih zdravil lahko prispeva k boljšemu zdravju posameznika le, če zdravstveno osebje in pacient sledita standardom varne aplikacije zdravil. Napake pri aplikaciji zdravil se lahko zgodijo na katerikoli točki priprave zdravila: predpis, priprava, mešanje in aplikacija zdravila. Intravenozna zdravila predstavljajo visoko tveganje za nastanek napak zaradi zahtevne priprave, zato predstavljajo velik dejavnik tveganja za pacienta (Park, et al., 2022). Medicinska sestra mora suvereno obvladati pripravo zdravila in pripravo pacienta, aplikacijo zdravila, spremljanje pacienta med in po intervenciji, dokumentiranje postopka in poročanje o morebitnih neželenih učinkih zdravila. Medicinske sestre niso odgovorne le za pravilno izvedbo postopka, temveč morajo imeti tudi ustrezno znanje o zdravilih, s katerimi rokujejo, poznati njihova tovarniška in generična imena, ustrezno pripravo, kompatibilnost različnih zdravil, način delovanja ter možne neželene učinke. Vse to je pomembno, da se izognemo napakam in zmanjšamo tveganja (Pečnik & Ferlež, 2019). Varnost v povezavi z zdravili je pomembna tema, saj so napake pri zdravilih pogosta, resna in draga napake zdravstvene obravnave. Vključujejo preprečljive dogodke, ki lahko povzročijo ali vodijo do neustrezne uporabe zdravil ali škode za pacienta. V izogib napakam uporabljamo večstopenjski proces za zmanjšanje možnosti nastanka napak imenovan 10P: pravi pacient, pravi razlog, pravi odmerek, prava pot aplikacije, pravi čas, pravi odmerek, prava farmacevtska oblika, pravilo pristanka, pravilno dokumentiranje in pravilno spremljanje pacienta (Nursing and Midwifery Board of Ireland (NMBI), 2020). Potrebno je stalno strokovno izpopolnjevanje na tem področju, saj smo v svetu hitrega razvoja novih zdravil (Remškar, 2017).

Injiciranje je eden najpogostejših zdravstvenih postopkov po vsem svetu in intravenozna pot je najpogosteje uporabljena vrsta injiciranja. Pomeni vnos zdravila v veno, preko intravenozne kanile in se uporablja, kadar je potrebna hitra absorpcija, kadar tekočine ni mogoče zaužiti peroralno ali kadar je zdravilo, ki ga je treba aplicirati, preveč dražeče za injiciranje v kožo ali mišico (Jin, et al., 2015).

Neželeni dogodki se pojavijo v približno enem od dveh odmerkov, opaženih v raziskavah neposrednega opazovanja in v dveh od treh poročil o neželenih dogodkih v raziskavah brez neposrednega opazovanja. Glede na ugotovitve je imela intravenozna pot aplikacije večjo prevalenco v primerjavi z vsemi potmi aplikacije. To ni presenetljivo, saj intravenozna zdravila predstavljajo večja tveganja zaradi svoje kompleksnosti in večkratnih rokovalj, povezanih s pripravo in aplikacijo teh zdravil, kot so aspiracija zdravil iz ampul, redčenje zdravil, mešanje zdravila v osnovni tekočini, aplikacija preko infuzijskega sistema itd. (Basil, et al., 2022).

Tudi sočasna uporaba zdravil po intravenozni poti povzroči resne zaplete pri aplikaciji zdravil. Lahko se pojavijo interakcije med zdravili in intravenoznimi tekočinami, kar vodi do nezdružljivosti v intravenozni liniji. Posledično lahko potečejo reakcije med snovmi in nastanejo oborine (Linakis, et al., 2016; Robnik, et al., 2019). Dokazano je, da je intravenozna infuzija povezana s 54 % vseh neželenih učinkov zdravil, 56 % napak pri zdravilih in 61 % resnih in življenjsko nevarnih napak. Poleg tega je pri intravenoznih zdravilih dvakrat večja verjetnost, da bodo vpletena v napake, ki povzročajo zdravstvene zaplete, v primerjavi z zdravili, ki se dajejo po drugih poteh (Bacon & Hoffman, 2020).

Otroci so bili v preteklosti imenovani »terapevtske sirote«, kar kaže na to, da so bili pogosto spregledani v raziskavah o farmakološkem zdravljenju. To je precej omejilo število odobrenih zdravil, ki so na voljo za otroke. V zdravstvu se izraz »otroci« pogosto uporablja kot krovni izraz za vse podskupine pediatričnih pacientov in lahko zajema vse od nedonošenčkov, težkih 500g, do mladostnikov, težkih 100kg. Fiziološka in farmakološka razlika med njimi je velika, kar ustvarja nadaljnje izzive pri razvoju ustreznega zdravljenja z zdravili na tem področju (Ainscough, et al., 2017). Čeprav se je razumevanje aplikacije zdravil v pediatriji v zadnjih nekaj desetletjih izboljšalo, pediatrična zdravila pogosto zahtevajo pripravo odmerka manjšega od 0,1 mililitra, kar vodi k pogostejšim napakam (Milanović, 2018). Rast in zorenje organov nista linearna, zato so odmerki v pediatriji lahko v določenih starostnih skupinah celo višji kot pri odraslem človeku. Odmerki se lahko v času otroštva spremenijo tudi stokrat (Sabadin, 2018). Ohranjanje varnosti pri apliciranju zdravil pri pediatričnih pacientih je ravno zato velik izziv. Otroci imajo dinamičen proces zorenja in znatne spremembe v rasti in razvoju,

kar vpliva tako na psihološke karakteristike, kot na farmacevtske specifične (Ameer, et al., 2015; De Souza, et al., 2018; Potočnik & Jagodič Bašič, 2019; Urh, 2024). Zaradi težjega izražanja o lastnem počutju, torej oteženi komunikaciji ter majhne telesne mase, lahko hitro pride do napak pri delu zdravstvenega osebja. Poročanje za napake se pri zdravljenju v pediatriji pojavlja trikrat pogostejše kot pri odraslih (Ameer, et al., 2015).

Nenamerno preveliko odmerjanje je pri otrocih osemkrat pogostejše kot pri odraslih pacientih. Slednja ugotovitev se opredeljuje z napačnim odmerkom kot najpogostejšo vrsto napake pri aplikaciji zdravil pri pediatričnih pacientih in pri pediatrični anesteziji. To je lahko povezano s pogosto potrebo po odmerku prilagojenem telesni teži pacientom, zlasti na oddelkih, na katerih ni protokola za redčenje zdravil. Le to povzroča zmedo in nesporazume med naročnikom in dajalcem. Prihaja do različnega redčenja istega zdravila in napačnih odmerkov (Gariel, et al., 2018).

Še vedno primanjkuje tehnologij in formulacij, razvitih posebej za pediatrično populacijo. Odmerjanje pri otrocih zahteva posebno previdnost zaradi njihovih fizioloških razlik od starejših pediatričnih pacientov in odraslih. Pri razpravi o odmerkih in načinu aplikacije zdravila je absorpcija običajno eden najpomembnejših farmakokinetičnih parametrov, ki jih je treba upoštevati. Čeprav so razlike v absorpciji med večino oblik aplikacij zdravil dobro znane in dokumentirane, lahko hitre razvojne spremembe, ki se pojavijo kmalu po rojstvu, dodajo še bolj zapletene spremenljivke, ki jih je treba upoštevati (Ianno, et al., 2024).

Najpogostejši vzroki za napake pri pripravi zdravil je pomanjkljivo farmakološko znanje, neznanje odčitavanja potrebnega odmerka zdravila iz predpisa in napačen izračun odmerka zdravila potrebnega za aplikacijo zdravil (Gorgich, et al., 2016; Škrab & Mlinar, 2021; Sabadin, et al., 2025). V kar več kot 30 % pride do aplikacije napačnega odmerka zdravila, v več kot 25 % pride do zamenjave zdravila, zelo redko se zgodi, da se zdravilo aplicira po napačni poti (Silvester & Košelnik, 2018).

Infuzijske črpalke so medicinski pripomočki, razviti v šestdesetih letih prejšnjega stoletja, ki ustvarjajo pretok tekočine pri tlakih, ki so višji od normalnega krvnega tlaka. Je zelo

pogosto uporabljena medicinska naprava, ki je postala nepogrešljiv del pri aplikaciji parenteralne terapije, še posebej pri najranljivejših skupinah. Zahtevajo neprekinjeno in natančno aplikacijo zdravil ali hrane. Zaradi visokega tveganja, ki ga lahko infuzijske črpalke povzročijo v primeru nepravilnega delovanja, je njihovo vzdrževanje ključnega pomena za pravilno delovanje naprave ter za varnost pacienta in zdravstvenega delavca. Neredno servisiranje opreme lahko privede do napak v delovanju črpalke in s tem lahko ogrozi življenje pacienta (Silva, et al., 2023). Infuzijske črpalke se uporabljajo za apliciranje tekočin, kot so hranila ali zdravila pacientom. V primerjavi z ročno aplikacijo tekočin, infuzijske črpalke ponujajo prednost nadzorovane aplikacije – sposobnost apliciranja tekočin v majhnih količinah ali z natančno programiranimi hitrostmi in intervali. Večina infuzijskih črpalk se uporablja za intravenozno aplikacijo zdravil. Občasno se uporabljajo tudi za subkutane, arterijske in epiduralne infuzije. Številne novejšie infuzijske črpalke so opremljene z vnaprej določenimi kliničnimi smernicami, bolnišnično določenimi knjižnicami zdravil s parametri odmerjanja in sistemi za zmanjšanje napak pri odmerjanju (Bacon & Hoffman, 2020).

Perfuzor se nanaša na infuzijsko črpalko na osnovi brizge, optimizirano za apliciranje zdravil z majhnim volumnom in visoko natančnostjo, medtem ko infuzijske črpalke na splošno vključujejo tako brizgalne kot volumetrične sisteme, ki se uporabljajo za aplikacijo tekočin, od majhnih odmerkov zdravil do infuzij z velikim volumnom (Weiss, et al., 2023).

Nepravilno delujoča infuzijska črpalka in neznanje medicinske sestre ima lahko pomembne posledice za varnost pacientov zaradi svoje vseprisotne narave in pogoste uporabe za apliciranje tekočine življenjsko ogroženim pacientom. Napake pri aplikaciji zdravil, povezane z infuzijo, so napake, ki so lahko povezane z naročanjem in predpisovanjem s strani zdravnika, izdajanjem iz lekarne ali apliciranjem pacientu. Med letoma 2005 in 2009 je ameriška Uprava za hrano in zdravila prejela približno 56.000 poročil o neželenih dogodkih, povezanih z uporabo infuzijskih črpalk, proizvajalci pa so izvedli 87 odpoklicev infuzijskih črpalk. Štirinajst teh odpoklicev je bilo razvrščenih v razred, pri katerem je obstajala verjetnost, da bi uporaba odpoklicane naprave povzročila resne neželene zdravstvene posledice ali smrt. Čeprav je bilo veliko dogodkov, o katerih

je poročala ameriška Uprava za hrano in zdravila, povezanih s pomanjkljivostmi v zasnovi in inženiringu naprave, so se pojavile tudi napake zdravstvenih delavcev pri upravljanju z infuzijsko črpalko. Skoraj polovici vseh napak pri apliciranju zdravil preko infuzije pripisujemo odstopanja pri upoštevanju postopkov in zahtev glede protokolov uporabe. Posredne naloge oskrbe pacientov, povezane z infuzijskimi črpalkami, kot so iskanje razpoložljivih črpalk, polnjenje infuzijskega sistema, ročno programiranje črpalk, odzivanje na lažne ali nepotrebne alarme črpalke in upravljanje zapletenih infuzijskih sistemov, lahko vodijo do neefektivnosti in nevarnosti. Neustrezni poteki dela lahko ovirajo komunikacijo in povzročijo nepotrebno zamude ali napake pri zdravstveni oskrbi, to vse pa vpliva na varnost pacientov. Zaradi nepravilnega rokovanja z infuzijskimi črpalkami, neustreznih navodil ali nepoznavanja postopkov ter slabega vzdrževanja, ima zdravstvena organizacija pomembno vlogo, ki ima sezname za varno uporabo naprav, organizirane redne servise po navodilih proizvajalca, organizirana izobraževanja zdravstvenega osebja za razumevanje tveganj in prednosti pri uporabi infuzijskih naprav (Smith & Gray, 2022).

Ocenjuje se, da 90 % hospitaliziranih pacientov prejema intravenozna zdravila prek infuzijskih črpalk, kar kaže na to, kako razširjene so te naprave pri zdravstveni oskrbi. Kljub temu da se je z uporabo infuzijskih črpalk zmanjšala stopnja napak pri aplikaciji odmerka zdravil, napake niso odpravljene in se še vedno dogajajo. Vsakodnevna uporaba infuzijskih črpalk v kliničnem okolju in zavedanje o nevarnostih pri uporabi intravenoznih zdravil, je pritegnila pozornost več organizacij, osredotočenih na varnost pacientov. Organizaciji Združenih držav Amerike Združenje za izboljšanje varnosti v zdravstveni tehnologiji in Uprava za hrano in zdravila, sta leta 2010 sofinancirali simpozij, na katerem so varnost pacientov pri intravenoznih infuzijah postavili na prvo mesto nacionalnega pomena. Leta 2012 je Nacionalni forum za kakovost izvedel okoljsko analizo, ki je privedla do trinajstih priporočil za izboljšanje varnosti naprav za aplikacijo intravenozne infuzije. Leta 2014 je mednarodni Raziskovalni inštitut za nujno medicinsko pomoč opredelil nevarnosti alarmov in napake pri zdravilih z infuzijsko črpalko kot prednostne naloge, ki jim je treba takoj posvetiti pozornost. Raziskovanja na tem področju so zelo pomembna, saj tako lahko preprečimo tveganja pri uporabi črpalke. Napaka pri apliciranju zdravil preko infuzijske črpalke, je možna v katerikoli fazi apliciranja

zdravila. Analiza načinov aplikacije in posledic napak postopkov, ki se uporabljajo za neprekinjeno apliciranje zdravil na pediatričnem oddelku, je opredelila šest elementov postopka: izbira zdravila, izbira odmerka, izbira hitrosti infuzije, izračun in predpis infuzije, vnos podatkov v infuzijsko črpalko in samo apliciranje infuzije. Zadnji tri elementi postopka imajo najvišje stopnje tveganja (Giuliano, 2018).

Danes pogosto pomislimo na kadrovsko stisko, ko govorimo o napakah v zdravstvu. Res je, da je zdravstvo kadrovsko podhranjeno, osebje je izčrpano in preobremenjeno (Hall, et al., 2016). V diplomskem delu se v slednje tematike ne bomo poglobili, osredotočili pa se bomo na preučevanje tehničnih dejavnikov tveganja pri pripravi, od računanja odmerkov zdravila do postopkov mešanja, ter na apliciranje parenteralnih zdravil otrokom. Pri pediatrični populaciji se ne moremo izogniti uporabi infuzijskih črpalk, zato se bomo še posebej poglobili v le-te kot možne dejavnike tveganja pri apliciranju parenteralne terapije otrokom. Napake pri pripravi in aplikaciji parenteralne terapije se dogajajo zelo pogosto. Mohanna, et al. (2022) navajajo, da z dobrim razumevanjem in poznavanjem, kje lahko pride do napak, lahko slednje zmanjšamo in preprečimo terapevtsko diagnostične zaplete.

2 EMPIRIČNI DEL

Uporabili smo sistematični pregled znanstvene in strokovne literature.

2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA

Namen diplomskega dela je preučiti tehnične dejavnike tveganja, ki so povezani s pripravo parenteralnih zdravil za otroke in raziskati dejavnike tveganja, ki jih predstavlja infuzijska črpalka pri parenteralni aplikaciji zdravil otrokom.

Cilja diplomskega dela sta:

- preučiti tehnične dejavnike tveganja, ki so povezani s pripravo parenteralnih zdravil za otroke,
- raziskati dejavnike tveganja, ki jih predstavlja infuzijska črpalka pri parenteralni aplikaciji zdravil otrokom.

2.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Zastavili smo si dve raziskovalni vprašanji:

1. Kateri tehnični dejavniki tveganja so povezani s pripravo parenteralnih zdravil za otroke?
2. Kako infuzijska črpalka predstavlja dejavnik tveganja pri parenteralni aplikaciji zdravil otrokom?

2.3 RAZISKOVALNA METODOLOGIJA

2.3.1 Metode pregleda literature

V diplomskem delu smo izvedli pregled domače in tuje strokovne literature. Uporabili smo podatkovne baze CINAHL, WILEY in PubMed ter spletni brskalnik Google učenjak, pri katerem smo pregledali vire vključno s peto stranjo zadetkov. V postopku iskanja smo oblikovali konceptualni okvir PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcomes)

(Ho, et al., 2016), ki je omogočil sistematično iskanje virov in zmanjšal možnosti za vključitev nerelevantnih člankov.

Konceptualni okvir PICO sestavljajo:

- P – Population / populacija: hospitalizirani otroci (pediatrični pacienti), ki potrebujejo parenteralno terapijo,
- I – Intervention / intervencija: priprava in aplikacija parenteralnih zdravil (redčenje, mešanje, izračun odmerkov) in uporaba infuzijske črpalke,
- C – Comparison / primerjava: standardizirani postopki priprave parenteralne terapije ali priprava brez napak, aplikacija parenteralne terapije, aplikacija terapije preko infuzijske črpalke, katere delujejo pravilno, so ustrezno servisirane in se jih pravilno uporablja,
- O – Outcome / izid: napake pri odmerjanju ali mešanju zdravil, kontaminacija zdravil, napačna hitrost infuzije preko črpalke, nepravilno delovanje črpalke.

Pri iskanju virov smo uporabili ključne besede v slovenskem in angleškem jeziku: »intravenozno« oziroma »intravenous«, »tveganje« oziroma »risk«, »pediatrija« oziroma »pediatrics«, »dajanje zdravil« oziroma »drug administration« in »infuzijska črpalka« oziroma »infusion pump«. Za čim bolj ustrezne zadetke pri iskanju virov, smo uporabili Boolova operatorja »IN« oziroma »AND« in »ALI« oziroma »OR«.

2.3.2 Strategija pregleda zadetkov

Opredelili smo kriterije za vključitev člankov v našo analizo: članki, objavljeni od leta 2015 do leta 2026; članki, ki so dostopni v celoti; članki, ki so dostopni v slovenskem ali angleškem jeziku; članki, ki obravnavajo uporabo infuzijske črpalke in rokovanje s črpalko s strani medicinske sestre za parenteralno aplikacijo zdravil.

Opredelili smo tudi izključitvene kriterije, ki so: članki, objavljeni pred letom 2015; članki, ki niso v angleškem ali slovenskem jeziku; članki, ki niso dostopni v celoti; članki, ki so tematsko neustrezni; podvojeni članki.

V podatkovnih bazah smo postavili omejitveni kriterij, ki je izključeval literaturo objavljeno pred letom 2015. Uporabili smo le znanstvene in strokovne članke, ki so v celoti prostodostopni in ki so tematsko ustrezni ter so napisani v slovenskem in angleškem jeziku. Pregled literature smo prikazali shematsko in tabelarično. Shematsko je pregled literature prikazan s PRISMA diagramom (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta - Analyses) (Page, et al., 2021), tabelarični prikaz (tabela 1) pa vsebuje število dobljenih, pregledanih in izbranih zadetkov v posamezni podatkovni bazi, oziroma brskalniku.

Tabela 1: Rezultati pregleda literature

Podatkovna baza	Ključne besede	Število zadetkov	Izbrani zadetki za pregled v polnem besedilu
CINAHL	(risk OR safety OR error) AND (parenteral OR intravenous) AND (child* OR pediater* OR paediat*) NOT nutrition AND administration AND (drug OR medication)	260	4
	(risk OR safety OR error) AND (child* OR pediater* OR paediat*) NOT (nutrition OR insulin OR proton) AND administration AND pumps	73	
Google scholar	(pediatric OR paediatric) "parenteral medication" "medication administration" ("medication error" OR "adverse event" OR safety)	234	5
	Pump pediatric children nicu intravenous parenteral risk error - nutrition -insulin -proton	899	

Podatkovna baza	Ključne besede	Število zadetkov	Izbrani zadetki za pregled v polnem besedilu
PubMed	(parenteral OR intravenous) AND (error* OR risk* OR safety) AND ("pediatrics"[Mesh] OR pediatric OR paediatric OR child*) AND ("drug administration" OR "drug application")	221	7
	Pump AND (parenteral OR intravenous) AND (error* OR risk* OR safety) AND ("Pediatrics"[Mesh] OR pediatric OR paediatric OR child*) NOT "Parenteral Nutrition"[Mesh]	79	
WILEY	(parenteral OR intravenous) AND (drug OR medication) Title:(child* OR pediater* OR paediatric*) AND Title:(risk OR safety OR error) NOT nutrition	152	0
	Pump AND (parenteral OR intravenous) AND (drug OR medication) Title:(child* OR pediater* OR paediatric*) AND Title:(risk OR safety OR error) NOT nutrition	62	
SKUPAJ		1980	16

2.3.3 Opis obdelave podatkov pregleda literature

Podatke pridobljene iz pregleda literature smo analizirali z uporabo kvalitativne vsebinske analize (Mayring, 2021). Začeli smo z odprtim kodiranjem, kjer smo identificirali in označili ključne besede, teme in pojme, povezane z našima raziskovalnima vprašanjema. Po kodiranju smo podatke organizirali v smiselne vsebinske kategorije, ki so temeljile na podobnostih in povezavah med posameznimi temami (tabela 4).

Vsebinska analiza je omogočila analizo podatkov za razumevanje področja tehničnih dejavnikov tveganja pri parenteralni aplikaciji zdravil in infuzijske črpalke kot dejavnika tveganja pri aplikaciji zdravil. Podatke smo analizirali sistematično, kar omogoča nepristranskost in ponovljivost naše raziskave. V zaključni fazi smo vsebinske kategorije povezali z raziskovalnima vprašanjem, da bi odgovorili nanju in pridobili razumevanje o dejavniki tveganja priprave parenteralne terapije za otroke in o nevarnostih pri uporabi infuzijskih črpalk.

2.3.4 Ocena kakovosti pregleda literature

Kakovost vključenih raziskav smo ocenili na podlagi hierarhije dokazov po avtorjih Polit in Beck (2021). Po sistematičnem pregledu literature smo vsak članek pregledali glede na metodo dela raziskovanja, na osnovi katere smo posamezne raziskave uvrstili v ustrezen nivo hierarhije dokazov. Slednje smo predstavili tabelarično (tabela 2).

Na prvo raven so vključeni sistematični pregledi in metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav, kamor smo uvrstili vir Silva, et al. (2023). Na drugi ravni so posamezne randomizirane klinične raziskave, kamor ne sodi noben vir. Tretja raven zajema nerandomizirane klinične raziskave, kamor so vključeni viri Hertig, et al. (2018), Hermanspann, et al. (2019), Hrvat, et al. (2020) in Baumann, et al. (2023). Na četrti ravni so sistematični pregledi neeksperimentalnih raziskav, kamor smo uvrstili vira Kawakami in Tagami (2021) in Zhu, et al. (2022). Peta raven vključuje neeksperimentalne oziroma opazovalne raziskave, kamor smo uvrstili vire Leal, et al. (2016), Taylor in Jones (2019), Blandford, et al. (2020) ter Söğüt in Erkoç (2024). Na šesti ravni so sistematični pregledi in metasinteze kvalitativnih raziskav, kamor sodita Ainscough, et al. (2017) in Atanda, et al. (2023). Sedma raven zajema kvalitativne oziroma opisne raziskave, kamor smo uvrstili Park, et al. (2020) in Kuitunen, et al. (2024). Na osmi ravni so neraziskovalni viri, kamor smo uvrstili vir Linakis, et al. (2016). Za večjo preglednost smo vse vire prikazali tudi tabelarično (tabela 3).

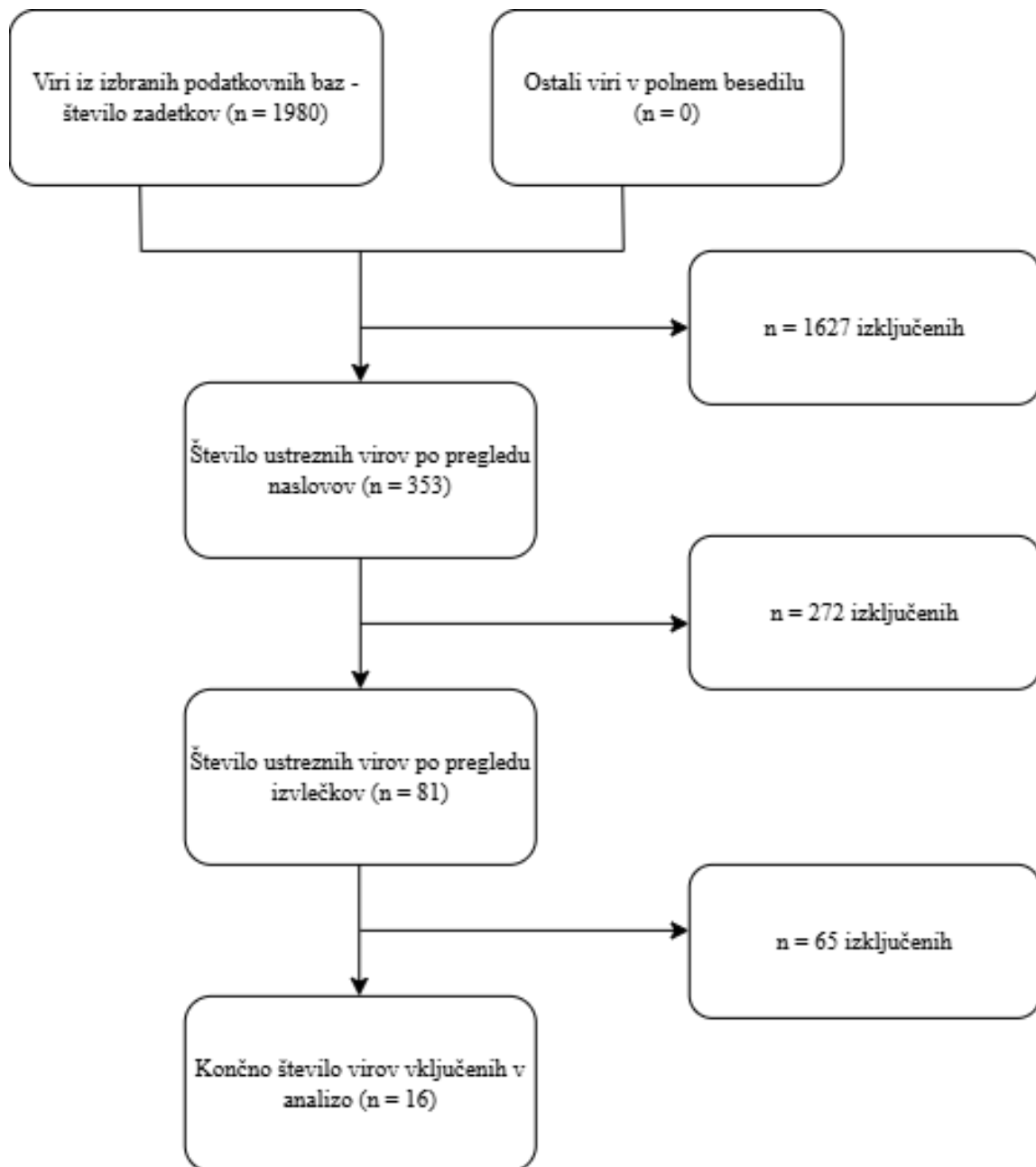
Tabela 2: Hierarhija dokazov

Hierarhija dokazov	Število izbranih virov glede na hierarhijo dokazov
Nivo 1: sistematični pregledi/metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav	1
Nivo 2: posamezne randomizirane klinične raziskave	0
Nivo 3: nerandomizirane klinične raziskave	4
Nivo 4: sistematični pregledi neeksperimentalnih raziskav	2
Nivo 5: neeksperimentalne/opazovalne raziskave	4
Nivo 6: sistematični pregledi/metasinteze kvalitativnih raziskav	2
Nivo 7: kvalitativne/opisne raziskave	2
Nivo 8: neraziskovalni viri	1

(Polit & Beck, 2021)

2.4 REZULTATI

2.4.1 PRISMA diagram



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

V postopku sistematičnega pregleda literature smo naredili pregled v podatkovnih bazah PubMed, CINAHL, WILEY in spletnega brskalnika Google Učenjak. Skupaj smo dobili 1980 virov iz izbranih podatkovnih baz. Opravili smo pregled naslovov, kjer smo izključili 1627 tematsko neustreznih virov (npr. niso zajemali pediatrične populacije). V

nadaljevanju smo pregledali izvlečke in pri tem zaradi neustreznosti tematike izključili še 272 virov. V polnem besedilu smo jih pregledali 81. Po odstranitvi neustreznih in podvojenih virov jih je bilo v končno analizo vključenih 16. Dobljeni viri tako povzemajo temo tehničnih dejavnikov tveganja pri parenteralni terapiji in tveganja pri uporabi infuzijskih črpalk. Celotni potek analize in izbire virov je prikazan na slednjem prikazu (slika 1) v obliki PRISMA diagrama (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) (Page, et al., 2021).

Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov

Avtor	Leto objave	Uporabljena metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
Ainscough, et al.	2017	Sistematični pregled kvantitativnih in kvalitativnih raziskav	23 znanstvenih in strokovnih člankov; država ni navedena	V pediatriji se uporablja majhne odmerke, ti pa imajo večinoma ozko terapevtsko okno, zaradi česar ostaja nevarnost aplikacije toksičnih odmerkov zdravil. V pediatriji je še posebej pomembno izpiranje infuzijskih sistemov, v katerih lahko ostane do 40 % odmerka zdravila.
Atanda, et al.	2023	Sistematični pregled kvantitativnih in kvalitativnih raziskav	8 znanstvenih člankov; država ni navedena	Viskoznost in položaj pacienta vplivata na hitrost pretoka terapije. Višina črpalke glede na pacienta lahko vpliva na hitrost aplikacije terapije.
Linakis, et al.	2016	Strokovni članek	Ni podatka	Nizke hitrosti infundiranja lahko privedejo do časovnega zamika pacientovega prejema zdravil.
Hertig, et al.	2018	Nerandomizirana klinična raziskava	329 primerov mešanja parenteralne terapije; Združene države Amerike (ZDA)	V ZDA je ocenjeno, da je 1,2 milijona hospitalizacij vsako leto posledica preprečljivih neželenih učinkov zdravil, povezanih z injekcijskimi zdravili. Bolusna aplikacija zdravil predstavlja večje tveganje.

Avtor	Leto objave	Uporabljena metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
Hermanspann, et al.	2019	Opazovalna raziskava	884 primerov priprav parenteralne terapije na oddelku pri odraslih osebah in pediatričnem oddelku intenzivne terapije; Nemčija	Enakomerno mešanje zdravila v topilu je na pediatričnem oddelku doseglo pojavnost 37 %. Enakomerno mešanje je izrednega pomena za doseganje prave količine zdravila za otroka.
Söğüt in Erkoç	2024	Opisna presečna raziskava	300 medicinskih sester in 300 zdravnikov; Turčija	Pri odpiranju ampul se tvori veliko število mikro – in/ali makrodelcev stekla, ki preidejo v ampulo in kontaminirajo zdravilo. To predstavlja potencialno nevarnost, če se pacientom daje zdravilo parenteralno.
Park, et al.	2022	Kvalitativna raziskava	Intervju 20 medicinskih sester; Južna Koreja	Hitrost infuzije je potrebno prilagoditi glede na stanje otroka. Intravenozna aplikacija že samo po sebi predstavlja možnosti za nastanek napak. Drugačna hitrost aplikacije zdravil od predpisane hitrosti je pogosta napaka.
Baumann, et al.	2023	Kvazi-eksperiment	16 intervencij aplikacije terapije preko infuzijske črpalke; ZDA	Velik delež zdravila lahko ostane v infuzijskem sistemu, daljši kot je le ta, večje količine zdravila pacient ne prejme. V primeru, da se infuzijski sistem uporabi še za aplikacijo drugih zdravil, lahko to povzroči nenamerno aplikacijo preostalega zdravila v sistemu.
Hrvat, et al.	2020	Posamezna nerandomizirana klinična raziskava	Pregled 621 infuzijskih črpalk in 1117 perfuzorskih črpalk; Bosna in Hercegovina	Nekatere črpalke nimajo opravljenih pregledov glede električne varnosti, kar vodi do nepravilnega delovanja naprave in lahko do poškodbe upravljalca ter pacienta. Nepravilno delovanje infuzijske črpalke lahko privede do prostega toka terapije pacientu.

Avtor	Leto objave	Uporabljena metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
Kawakami in Tagami	2021	Eksplorativna kvantitativna raziskava	9 poskusov kontaminacije na različne načine, 10 poskusov z uporabo razkuženih rokavic; Japonska	V primeru kontaminacije bata z nerazkuženimi rokami, pride lahko do okužbe vsebine brizge. Z nerazkuženimi rokami pri dotiku bata brizge, v nasprotju z razkuženimi nitrilnimi rokavicami, se znatno poveča možnost kontaminacije.
Taylor in Jones	2019	Kvantitativna retrospektivna opazovalna raziskava	Pregled 1004 prijavljenih primerov odklonov dela med pripravo in aplikacijo zdravila; 132 bolnišnic v Pensilvaniji (ZDA)	Intravenozno apliciranje terapije je najbolj tvegana pot aplikacije terapije. Napake pri uporabi infuzijske črpalke so lahko: napačna nastavitve hitrosti na črpalki, napačno zapisana hitrost v predpisu terapije in napačno vstavljen infuzijski sistem.
Kuitunen, et al.	2024	Narativni pregled literature	Pregled 63 člankov; večinoma v ZDA in Kanadi	Pri zdravilih, ki so pripravljena industrijsko avtomatizirano ali v centralni lekarni, so zabeležili manjše število napak pri doseganju želenega odmerka pri otrocih.
Zhu, et al.	2022	Kvantitativna retrospektivna kvazi-eksperimentalna raziskava	4624 intervencij aplikacije zdravil; Kitajska	Če infuzijska črpalka ni vzdrževana, prihaja do nepravilnega delovanja. Pogosto se razlikujejo predpisane hitrosti in dejanska hitrost aplikacije zdravil.
Silva, et al.	2023	Sistematični pregled literature	Pregled 15 člankov; država ni navedena	Višina namestitve črpalke glede na pacienta lahko vpliva na hitrost infundiranja. Večina infuzijskih črpalk nima vodenih evidenc serviranja ali pa jih sploh nima.

Avtor	Leto objave	Uporabljena metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
Leal, et al.	2016	Presečna opazovalna raziskava	222 intervencij aplikacije zdravil; Brazilija	Velik dejavnik tveganja pri aplikaciji parenteralnih zdravil je nezdružljivost med zdravili in neraziskane interakcije med njimi. Veliko zdravil ni testiranih na pediatrični populaciji. Mešanje zdravil za otroke zahteva večkratno redčenje, kar podaja večkratno možnost napake.
Blandford, et al.	2020	Opazovalna eksplorativna kvantitativna raziskava	2008 opazovanih infuzij; Velika Britanija	Za aplikacijo preostalega zdravila v infuzijskem sistemu, po izteku terapije, so si navodila enotna. Izpiranje infuzijskega sistema pred in po aplikaciji terapije je zelo pomembno za doseganje največje skladnosti pripravljene in aplicirane terapije.

Tabela 4: Razporeditev kod po kategorijah

Kategorija	Kode	Avtorji
Kategorija 1 Mešanje zdravil	večkratno redčenje – majhni odmerki – variabilnost odmerkov – redčenje predpripravljenih zdravil – neenakomerno mešanje – kontaminacija ampul – ročna priprava terapije n = 7	Leal, et al. (2016); Ainscough, et al. (2017); Linakis, et al. (2016); Hertig, et al. (2018); Hermanspann, et al. (2019); Söğüt in Erkoç (2024); Kuitunen, et al. (2024).
Kategorija 2 Aplikacija zdravil	prevelike količine – nezdružljiva zdravila – netočno polnjena pakiranja n = 3	Linakis, et al. (2016); Leal, et al. (2016); Söğüt in Erkoç (2024); Baumann, et al. (2023).
Kategorija 3 Infuzijska črpalka	poškodba naprave – nastavitev hitrosti – nepravčasni tehnični pregledi – vibracijski pogoji – intraluminalna okužba – namerno odstopanje – okvara programske opreme – višina namestitve črpalke n = 8	Hrvat, et al. (2020); Taylor in Jones (2019); Atanda, et al., (2023); Kawakami in Tagami (2021); Blandford, et al. (2020); Zhu, et al. (2022); Silva, et al. (2023).

Pri postopku kodiranja smo opredelili 18 kod. Na podlagi vsebinske analize so bile oblikovane 3 vsebinske kategorije: mešanje zdravil (kategorija 1), aplikacija zdravil (kategorija 2) in infuzijska črpalka (kategorija 3). Slednje smo prikazali tudi tabelarično (tabela 4).

2.5 RAZPRAVA

S pregledom literature smo dosegli namen pregleda literature in odgovorili na naši raziskovalni vprašanji. Na prvo raziskovalno vprašanje, kateri tehnični dejavniki tveganja so povezani s pripravo parenteralnih zdravil za otroke, odgovarjamo: tveganje predstavljajo napake pri redčenju terapije (Leal, et al., 2016; Linakis, et al., 2016; Ainscough, et al., 2017; Hertig, et al., 2018; Hermanspann, et al., 2019), zelo majhni odmerki zdravil (Linakis, et al., 2016; Ainscough, et al., 2017), ročna priprava zdravila na bolnišničnem oddelku (Kuitunen, et al., 2024), kontaminacija vsebine ampul s steklom (Söğüt & Erkoç, 2024), razlika označenega volumna na pakiranju predpripravljenih terapij od dejanskega volumna vsebine pakiranja (Baumann, et al., 2023), nezdržljivost zdravil oziroma neraziskane interakcije med njimi (Leal, et al., 2016; Linakis, et al., 2016) in drugačna hitrost aplikacije terapije od predpisane (Taylor & Jones, 2019; Kuitunen, et al., 2024).

Na drugo raziskovalno vprašanje, kako infuzijska črpalka predstavlja dejavnik tveganja pri parenteralni aplikaciji zdravil otrokom, odgovarjamo: nevzdrževanje črpalk in njihovo nepravilno delovanje (Taylor & Jones, 2019; Hrvat, et al., 2020; Zhu, et al., 2022; Silva, et al., 2023), napačna nastavitve hitrosti na črpalki, napačno zapisana hitrost v predpisu in napačno vstavljen infuzijski sistem (Taylor & Jones, 2019), namerno odstopanje pri uporabi črpalke (Blandford, et al., 2020), razlike v nastavljeni hitrosti od predpisane (Taylor & Jones, 2019; Park, et al., 2022; Zhu, et al., 2022), različne višine namestitve črpalke glede na pacienta (Atanda, et al., 2023; Silva, et al., 2023), različna viskoznost terapije in položaj telesa pacienta (Atanda, et al., 2023). V nadaljevanju so predstavljeni zaključki pregledane literature.

Pri neželenih učinkih intravenozne terapije obstaja večje tveganje za znatne neželene učinke kot pri kateri koli drugi poti aplikacije terapije, saj intravenozna pot vodi do skoraj takojšnje absorpcije in porazdelitve v krvni obtok (Taylor & Jones, 2019; Park, et al., 2022). Tako parenteralna terapija že sama po sebi predstavlja visoko stopnjo tveganja. Ker taka terapija sestoji iz več korakov, je priprava zelo kompleksna in zato povezana z napakami pri redčenju. Visoke stopnje nenatančnosti so bile opažene tam, kjer je bilo potrebno večkratno redčenje zdravil za pridobitev ustreznega odmerka (Leal, et al., 2016; Linakis, et al., 2016; Ainscough, et al., 2017; Hertig, et al., 2018; Hermanspann, et al., 2019). Nepravilno mešanje zdravil zaradi nedoslednosti predpisanega redčenja zdravil med zdravniki privede do razlik v volumnu končno pripravljene zdravila, kar je v praksi zelo pogosta in pereča težava (Ainscough, et al., 2017). Pri nadzoru priprave zdravil so ugotovili, da 44 % medicinskih sester daje injekcijska zdravila več kot petkrat na izmeno. Zdravstvena skupnost in skupnost medicinskih sester v ZDA slednje prepoznavata kot tveganje in se strinjata, da napake, povezane s pripravo intravenoznih zdravil, predstavljajo resno tveganje za paciente. V ZDA je ocenjeno, da je 1,2 milijona hospitalizacij vsako leto posledica preprečljivih neželenih učinkov zdravil, povezanih z injekcijskimi zdravili, pri čemer bolusno apliciranje kaže višje stopnje napak kot intravenozna infuzija (Hertig, et al., 2018). Skoraj polovica napak, ki se pojavijo pri vseh intravenoznih zdravilih, se zgodi med pripravo ali aplikacijo, vendar se stopnje napak v literaturi precej razlikujejo (Linakis, et al., 2016; Ainscough, et al., 2017; Hertig, et al., 2018; Kuitunen, et al., 2024).

Za pripravo parenteralnih zdravil je pogosto potrebno odmerjanje volumna, ki je manjši od enega mililitra. Pri odmerjanju tako majhnih volumnov je verjetnost za napake zelo visoka. Pri takih odmerkih se kažejo napake prevelikega odmerjanja zdravil, velikokrat pride do prekoračene meje koncentracije dovoljenega območja. Tako zdravstveno osebje pogosto majhne odmerke razredči s fiziološko raztopino za pripravo zdravila za pridobitev večjega volumna, s katerim je lažje rokovati. To poudarja pomen razvoja bodisi boljših metod in tehnologij za merjenje majhnih volumnov bodisi formulacij zdravil, specifičnih za dojenčke (Linakis, et al., 2016; Ainscough, et al., 2017). Manjše število napak pri osredotočanju na raztopine zdravil z nižjimi odmerki, so zabeležili pri tistih, ki so bile pripravljene v centralni lekarni, v primerjavi s tistimi, ki so bile

pripravljene na kliničnih oddelkih. Tudi pri primerjanju napak med avtomatizirano in ročno pripravo se je pokazalo, da ima slednja višjo stopnjo napak (Kuitunen, et al., 2024).

Najbolj priročna praksa je, da se zdravila za intravenozno apliciranje redčijo le, če to priporoči proizvajalec, vendar se v praksi pojavlja redčenje zdravil, kljub drugačnim navodilom priprave zdravila, zaradi lažje aplikacije manjših odmerkov. Za rokovanje z zdravilom se uporabljajo brizge, pri katerih moramo biti zelo osredotočeni na delo in na odmerjanje tekočin. Predpripravljena zdravila v brizgi, ki ne zahtevajo nobene dodatne priprave zdravila, dosegajo 2,5 % napako pri pripravi in aplikaciji zdravila, medtem ko priprava zdravila iz vial z redčenjem, kakor pravimo tradicionalni pripravi zdravila, dosega 10,4 % napako (Hertig, et al., 2018).

Enakomerno mešanje, oziroma zadostno mešanje za homogeno porazdelitev zdravila v topilu in posledično za enakomerno odmerjanje, je na pediatričnem oddelku doseglo pojavnost v 37 % (Hermanspann, et al., 2019).

Mrtvi prostor v brizgi je eden najpogostejših dejavnikov, ki prispevajo k prevelikemu ali premajhnemu odmerjanju. Zaradi tega je ključnega pomena pravilna tehnika priprave, saj raziskave kažejo, da se lahko nenamerno aplicirajo odmerki, ki so tudi do 4,5 - krat večji od priporočenih. V primeru zdravila z ozkim terapevtskim indeksom, lahko to povzroči potencialno toksične ravni. Pri dojenčkih z nizko porodno težo je bilo ugotovljeno, da je izpiranje brizge po iztisu vsebine med samo pripravo zdravila povzročilo, da je bil dojenčku apliciran več kot 2 - kratni predvideni odmerek zdravila, saj je bil apliciran tudi volumen mrtvega prostora brizge (Ainscough, et al., 2017).

Notranji volumen intravenoznega katetra in infuzijskega sistema, imenovan tudi mrtvi prostor, skozi katerega mora tekočina preiti preden doseže pacienta, je dejavnik trajanja aplikacije terapije. Pri majhnih in počasnih infuzijah lahko slednje podaljša čas aplikacije in zamudo časovnega intervala aplikacije. Čeprav na časovni dejavnik pogosto pozabimo, lahko mrtvi prostor pri infuziji povzroči znatne zamude pri aplikaciji zdravil, zlasti pri majhnih otrocih in pri počasnih koncentriranih infuzijah. Ugotovljeno je bilo, da v takih primerih več kot 20 % zdravila ne doseže pacienta (Baumann, et al., 2023). V mrtvem

prostoru se nahaja tako imenovani preostali ali rezidualni volumen, ki je lahko posledica neprepoznane napake pri aplikaciji zdravil, zaradi česar pogosto ni poročano v odklone dela. Klinični pomen neapliciranega zdravila preostalega volumna v intravenoznem sistemu se razlikuje in posledice povezane s tem so neznane (Ainscough, et al., 2017). Potencialna znatna izguba zdravil lahko zaradi presežka prostornine v infuzijskem sistemu doseže do 35 %. Slednje velja le za raztopine z osnovno tekočino volumnov 50 in 100 ml. V primeru, da se isti infuzijski sistem kasneje uporabi za aplikacijo drugih zdravil ali tekočin, lahko preostala tekočina v infuzijskem sistemu povzroči nenamerno aplikacijo le te. Baumann, et al. (2023) je s pomočjo kvazi - eksperimenta ugotovil, da je bilo do 21 % pripravljenega zdravila zavrženega in ni doseglo pacientov. Prav tako pri uporabi infuzijskega sistema dolgega 235 cm, ki ima v povprečju 15,83 ml velik volumen, v povprečju 33 % zdravila za infuzijsko aplikacijo ni doseglo pacienta.

Za aplikacijo rezidualnega volumna preko infuzijskega sistema so si navodila enotna. Izpiranje infuzijskega sistema pred in po aplikaciji terapije je zelo priporočljivo za doseganje največje skladnosti med pripravljeno in dano terapijo. Izpiranje infuzijskega sistema z nosilno tekočino zdravilne učinkovine je pogosto pozabljen del dane terapije. Vendar je zelo pomemben, saj v sistemu lahko ostane do 40 % aplicirane tekočine. V praksi se pojavlja tudi bolusno izpiranje infuzijskega sistema, kar ni v skladu s predpisano aplikacijo zdravila, saj je potrebno slediti ustrezni hitrosti aplikacije (Ainscough, et al., 2017; Blandford, et al., 2020).

Do premajhne aplikacije zdravil lahko pride tudi zaradi predpripravljene terapije. Proizvajalci intravenoznih tekočin poročajo, da je skupni sprejemljivi obseg volumna prenapolnjenih pakiranj infuzijske tekočine 265 – 285 ml za 250 ml infuzijsko pakiranje z 0,9 % natrijevim kloridom. V primeru uporabe prenapolnjenih pripravkov presežek ali primanjkljaj volumna ni vključen v izračun prostornine raztopine zdravila, ki ga je treba aplicirati. Tako posledično ni vstavljena prava količina terapije v črpalko. Prenapolnjeni pripravki skupaj s preostalo prostornino bi teoretično lahko prispevali k temu, da znatna količina danega zdravila ne doseže pacienta in ostane v vrečki (Baumann, et al., 2023).

Vzporedna aplikacija zdravil pogosto poteka po različnih krakih, ki se združijo v en infuzijski sistem. Pogosto je več zdravil apliciranih po istem infuzijskem sistemu, kjer lahko pride do mešanja zdravil, katerega ostanek je pogosto še prisoten. Tovrstna aplikacija zdravil je opredeljeno kot tvegano in lahko privede do hudih zdravstvenih zapletov. Število zdravil in predpisovanje nekaterih visoko tveganih zdravil sta dejavnika tveganja za potencialno farmacevtsko nezdružljivost. Večina predpisov za otroke vključuje potencialne nezdružljivosti, prav tako se velikokrat pojavljajo predpisi zdravil, katerih združljivost ni testirana (Leal, et al., 2016; Linakis, et al., 2016). Pri približno 85 % otrok je bila odkrita vsaj ena potencialna nezdružljivost v zdravilih. Nezdružljivost se nanaša na nepričakovane fizikalne ali kemične interakcije med dvema ali več zdravili, kar vpliva na terapevtsko varnost in učinkovitost. Fizikalne nezdružljivosti povzročijo vidne reakcije (npr. oborine, motnost, viskoznost, spremembe barve in nastajanje plinov), medtem ko so kemične nezdružljivosti povezane z razgradnjo zdravil zaradi hidrolize, oksidacije ali kovalentnih kemičnih reakcij. Z nezdružljivostjo zdravil je povezanih več dejavnikov, najpomembnejši pa je potencial vodika (pH). Pri večini zdravil, bodisi kislin, bodisi šibko bazične, zato lahko že minimalne spremembe v pH povzročijo nezdružljivost. Večina odkritih nezdružljivosti je spadala v kategorije netestiranih kombinacij zdravil (93,4 %), oborin (5,5 %), motnosti (0,7 %) ali kemične razgradnje (0,4 %) (Leal, et al., 2016). Tudi Linakis, et al. (2016) in Blandford, et al. (2020) navajajo, da je vzporedna aplikacija zdravil sama po sebi tvegana.

Pri interakcijah zdravil v infuzijskem sistemu, ki se med sabo slabo mešajo, prihaja do zapoznele ali nepopolne aplikacije zdravila. Pri zdravilih, ki imajo zelo nizko stopnjo mešanja, lahko pride celo do povratnega toka v kraku infuzijskega sistema. Tudi v primerih intravenozne uporabe enega samega zdravila je pomembno, da ima intravenozno dana raztopina zdravila ustrezno osmolarnost. Zaskrbljujoče je, da lahko infiltracija hipo ali hiper - tonične raztopine povzroči travmo in nekrozo mesta injiciranja. Prav tako je potrebno posvetiti pozornost aplikaciji zdravil s parenteralno hrano, s katero lahko reagirajo. V primeru uporabe istega infuzijskega sistema je mogoče ublažiti neželene posledice z uporabo namenskih intravenoznih linij ali dostopnih odprtih za vsako nezdružljivo zdravilo, čeprav ta način ukrepanja ni vedno izvedljiv zaradi števila zdravil, ki se dajejo nekaterim otrokom (Linakis, et al., 2016).

Zdravstveno osebje pri zdravljenju kritično bolnih pacientov zaradi pomanjkanja časa velikokrat izpusti standarde poteka dela, na primer umivanje rok ali razkuževanje z etanolom. Okužbe krvnega obtoka, povezane s katetrom, predstavljajo približno 20 % vseh bolnišničnih bakterijskih okužb, kar lahko znatno poslabša zdravstveno stanje pacientov. V primeru kontaminacije bata brizge z nerazkuženimi rokami lahko pride do okužbe vsebine brizge. Slednje je zelo verjetno, če se pri izvlečenju brizge dotikamo bata in nato z brizgo večkrat upravljamo. Avtorja Kawakami in Tagami (2021) sta s pomočjo eksplorativne kvantitativne raziskave raziskovala prenos bakterije *Escherichia Coli* in dokazala, da uporaba nerazkuženih rok pri dotiku bata brizge, v nasprotju z razkuženimi nitrilnimi rokavicami, znatno poveča možnost kontaminacije.

Razkuževanje vseh možnih točk kontaminacije je ključni dejavnik pri preprečevanju okužb. Opazovana točka tveganja je bila razkuževanje zamaška vial v času pred prebadanjem in aspiracijo zdravila, in sicer v dveh skupinah. V prvi skupini so terapijo pripravili na kliničnem oddelku, v drugi pa so uporabljali predpripravljen brizgo. Napake so se pokazale v prvi skupini, do njih pa je prišlo zaradi nerazkuževanja zamaška vial. V drugi skupini s predpripravljen brizgo z zdravilom pa napak niso opazili, saj ta izdelek ni zahteval dodatne priprave in razkuževanja pred aplikacijo pacientu. Razlika med tema dvema praksama je klinično pomembna glede na varnostna tveganja. Za najboljšo prakso velja, da se gumijasti zamašek vial z zdravili pred vstavitvijo igle razkuži s sterilnim 70 - odstotnim alkoholom. Na ta način se prepreči prenos mikroorganizmov iz zdravstvenega delavca ali okolja na pacienta (Hertig, et al., 2018).

Vzrok za kontaminacijo pa ni nujno samo z mikroorganizmi, temveč se lahko zdravila kontaminirajo tudi s steklenimi delci nastalimi med odpiranjem ampul. Pri odpiranju se tvori veliko število mikro- in ali makrodelcev stekla, ki preidejo v ampulo in kontaminirajo zdravilo. Zdravila kontaminirana s steklenimi delci predstavljajo potencialno nevarnost, če se pacientom dajejo parenteralno. Stekleni delci manjši od 7 μm dosežejo organe, kot so možgani, pljuča, jetra, ledvice, vranica in tanko črevo, kar povzroči vnetne reakcije in poškodbe, delci velikosti 7–12 μm pa blokirajo kapilare in povzročijo embolijo in trombe. Odprte ampule, v katerih se vidijo delci stekla s prostim očesom so zdravstveni delavci, ki so jih v raziskavi opazovali, zavrgli, tiste, v katerih

vsebina je bila kontaminirana z mikroskopskimi delci stekla in niso bili vidni s prostim očesom, pa so jo uporabili brez uporabe igle s filtrom (Söğüt & Erkoç, 2024).

Napake zaradi napačne hitrosti aplikacije so bile opredeljene kot najpogostejša vrsta napake pri intravenoznem apliciranju zdravil (Linakis, et al., 2016; Park, et al., 2022; Kuitunen, et al., 2024). Nedoslednost hitrosti pretoka in prehoda zdravila skozi intravenozno linijo lahko predstavlja izziv, saj mrtvi prostor v liniji in komponente, kot so linijski filtri, še povečajo variabilnost apliciranega zdravila pri infuzijski aplikaciji. Pri dovajanju Gentamicina pri novorojenčkih z normalno težo, so po 60 minutah opazovanja ugotovili, da pacienta doseže le 80 % pričakovanega odmerka, medtem ko lahko zmanjšane hitrosti pretoka, ki se uporabljajo pri novorojenčkih z izjemno nizko porodno težo (0,5 kg), povzročijo dovajanje le 60 % zelenega odmerka zdravila v istem časovnem obdobju. Ne glede na zahtevano količino zdravila je potrebno, še posebej pri le nekaj kilogramskih dojenčkih, strogo paziti na tekočinsko bilanco, da se ne daje prevelike količine tekočine naenkrat. Prevelike volumne zdravil je potrebno nadomestiti z višjimi koncentracijami zdravil, če je to le mogoče (Linakis, et al., 2016).

Današnje infuzijske črpalke so že zelo natančne. Zahteva po zelo natančnem dovajanju in nadzoru je zelo visoka. Črpalke ne smejo dopuščati okvar alarma ali programske opreme. Slednje je zelo redko, vendar pa se v primeru tovrstnih okvar lahko pojavi življenjsko ogrožajoče stanje. Privede lahko do neželenih dogodkov, prehitre ali prepočasne infuzije, včasih se samodejno ustavi infundiranje ali preseže zahtevane količine (Hrvat, et al., 2020; Zhu, et al., 2022; Silva, et al., 2023). Te napake je težko preprečiti, njihov vpliv pa je odvisen od več dejavnikov, vključno z zdravili in boleznimi pacienta. Slednje ne poveča le trpljenja otroka, temveč tudi daljša okrevanje in hospitalizacijo in s tem viša zdravstvene stroške, lahko pa vodi tudi v smrtni izid (Zhu, et al., 2022). Hrvat, et al. (2020) so ugotovili, da od 314 infuzijskih črpalk, ki so opravile testiranje električne varnosti, jih 5,73 % ni izpolnjevalo zahtev glede samega delovanja, oziroma hitrosti pretoka. To bi lahko vodilo do hudih zdravstvenih posledic. Od 325 pregledanih infuzijskih črpalk 3,38 % naprav ni izpolnjevalo zahtev glede električne varnosti, kar vodi do poškodbe naprave zaradi pregrevanja, nezaznavanja nepravilnega delovanja naprave in nepravilne hitrosti pretoka, le to ima visoko stopnjo pojavnosti (Hrvat, et al., 2020).

Do podobnih zaključkov so prišli tudi Silva, et al. (2023), ki so raziskovali evidence v povezavi s preventivnim vzdrževanjem črpalk. Ugotovili so, da je bilo manj kot 10 % črpalk posodobljenih na področju vzdrževanja, več kot polovica jih je imelo pretečene evidence preventivnega vzdrževanja, skoraj tretjina pa sploh ni imelo evidenc o vzdrževanju. Rezultati in zaključki raziskave opozarjajo na malomarnost pri uporabi opreme, ki lahko povzroči dodatne zdravstvene zaplete. Tako zanesljivost in natančnost opreme nista zagotovljeni niti za zdravstveno osebje niti za pacienta. Hrvat, et al. (2020) so zapisali, da prijavljeni incidenti povezani z infuzijskimi črpalkami segajo do stanja prostega pretoka, ko je bilo zdravilo dano pacientom z nenadzorovano hitrostjo infuzije, kar ima lahko za pacienta smrtne posledice.

Raziskovalci so ugotovili, da na črpalke vpliva več dejavnikov in da so v pretoku infuzije velikokrat odstopanja, tako zaradi človeškega dejavnika kot tudi zaradi napake v delovanju črpalke (Taylor & Jones, 2019; Park, et al., 2022). Atanda, et al. (2023) so ugotovili, da so bile dejanske hitrosti infuzij počasnejše kot nastavljene vrednosti na črpalki.

Za napako pri apliciranju preko infuzije iz vidika hitrosti apliciranja v literaturi pogosto zasledimo pozabljanje odpiranja zatičev, napačna nastavitve hitrosti na črpalki ali volumna, katerega je potrebno aplicirati v določenem času. Pri vnosu volumna prihaja do možnosti tveganja, saj se velikokrat zdravniški zapisi razlikujejo od dejanskega končnega volumna zmešanega, oziroma pripravljenega zdravila (Taylor & Jones, 2019; Blandford, et al., 2020). Blandford, et al. (2020) še naprej ugotavljajo, da je to rezultat napačnega predpisa ali napake pri pripravi zdravila, ker pogosto ni točnih navodil glede mešanja. Na oddelkih, kjer so prisotna navodila glede mešanja in predpisovanja zdravil, je tovrstnih napak manj. V nasprotju s predpisom aplikacije terapije je tudi pogosta praksa ohranjanja prehodnosti linij s stalno infuzijo kljub odsotnosti predpisa. Medicinske sestre z namenom koristiti otroku, med posameznim apliciranjem zdravil infuzijske sisteme ne odklapljajo v zavedanju, da to ni v skladu s formalnim postopkom dela. V raziskavi pa so opazovalci tudi zasledili, da so medicinske sestre prekinile aplikacijo zdravila, kar je neskladno s predpisom, da je pacient lahko opravil preiskave med hospitalizacijo, saj same niso mogle biti prisotne v času preiskav, zaradi ostalih pacientov na oddelku.

Črpalke lahko dosežejo zelo hitre pretoke infundiranja, zato mora zdravstveno osebje vedeti kolikšne pretoke intravenozne tekočine je otrokovo telo sposobno prenesti, oziroma kakšni pretoki mu ne škodujejo. Ko želimo doseči želeno hitrost infuzije, moramo oceniti tudi stanje otrokovih žil, saj preobremenitev lahko povzroči poškodbo ne le žil temveč tudi okoliškega tkiva (Park, et al., 2022). V nasprotju s tem pa Linakis, et al. (2016) poudarjajo, da so na neonatalnem oddelku pogosto nizke hitrosti infundiranja terapije lahko vzrok, da terapija ne doseže otroka v želenem času, oziroma da otrok ne prejme želenega odmerka v določenem času.

Iz vidika človeškega faktorja napake glede hitrosti aplikacije terapije lahko opredelimo še dejavniki vedenja pacienta. V sistematičnem pregledu literature so ugotovili, da sta položaj in gibanje pacienta pomembni faktorja pri ugotavljanju hitrosti infundiranja (Atanda, et al., 2023; Silva, et al., 2023). Pogoji, kot so večje vibracije, privedejo do povečanega pretoka. To dokazuje tudi, da so pri spremembi položajev telesa pacienta nastale razlike v hitrosti. Pri menjavi med hojo in ležečim položajem se je hitrost infundiranja povečala (Atanda, et al., 2023). Lego pacienta so preučevali tudi Silva, et al. (2023) in v ta namen fiksirali črpalke na distalni izhodni točki za infuzijo, kasneje so jih premikali v vertikalni legi. V raziskavi so ocenjevali vpliv spremembe postavitve črpalke glede na višino. Ugotovili so, da ima lega črpalke vpliv na hitrost pretoka.

Vpliv na doseganje željenega pretoka imata tudi gostota in viskoznost terapije, ki se ocenjujeta za pomembna dejavnika natančnosti pretoka infuzije ter vplivata na hitrost infuzije. Enako nastavljena hitrost na infuzijskem sistemu pri različnih gostoti ali viskoznosti terapije ni tekla z enako hitrostjo (Atanda, et al., 2023; Silva, et al., 2023).

Večina zdravstvenega osebja meni, da uporaba perfuzorjev samo po sebi predstavlja tveganje za kontaminacijo terapije, vendar še nobeno poročilo ni dokazalo, da lahko povzroči intraluminalno kontaminacijo ali da so pacienti, kateri dobivajo terapijo preko perfuzorjev, bolj dovzetni za okužbe krvnega obtoka povezane s katetrom kot tisti, ki prejema terapijo preko drugačnih poti. Povezava kontaminacije med pripravo in aplikacijo zdravil s perfuzorjem je že dokazana, vendar se poročila osredotočajo predvsem na tveganje za zdravstvene delavce in ne na tveganje kontaminacije raztopin,

ki jih je treba injicirati med polnjenjem brizge ali aplikacijo pacientu. Vseeno se strokovnjaki nagibajo k mnenju, da je uporaba perfuzorjev lahko dejavnik tveganja za intraluminalno kontaminacijo (Kawakami & Tagami, 2021).

Raziskali smo zelo široko področje, ki je izrednega pomena za varno in kakovostno obravnavo pacientov. Znanstveni članki so govorili o enakem področju, a še vedno pisali o zelo raznolikih temah. Naša raziskava je zajela veliko dejavnikov tveganja, še posebej je zanimiva, ker se osredotoča na tehnične dejavnike in bolj podrobno na infuzijsko črpalko. Druge raziskave, ki smo jih pregledali zajemajo vse dejavnike tveganja s področja priprave in aplikacije parenteralne terapije, oziroma se osredotočajo na že v naprej določene dejavnike tveganja.

Tehnični dejavniki tveganja pri pripravi parenteralne terapije za otroke so zelo različni in med njimi težko razlikujemo po pomembnosti. Potrebno se je zavedati, da vsak izmed njih ogroža otroka in njegov potek hospitalizacije. Stroka poudarja, da so napake pri pripravi parenteralne terapije zelo pogoste zaradi kompleksnosti priprave, ki je pogosto večstopenjska. V pediatriji so pogosti majhni odmerki zdravil, ki jih je potrebno večkratno redčiti, da so ustrezni za aplikacijo pacientu. Zaradi narave pediatrične populacije in lastnosti zdravil, so terapevtska okna zelo majhna in hitro pride do toksičnih odmerkov zdravil. Pripravki za pediatrično populacijo so pogosto pakirani v ampulah, pri katerih pogosto pride do krušenja stekla, ki ga lahko zanese v vsebino ampule. Pri aspiraciji zdravil iz ampul in ostalega odmerjanja med pripravo terapije uporabljamo različne velikosti brizge in pripomočke, ki ustvarjajo dodatne možnosti za napake, še posebej, če nismo pozorni, torej da ne delamo po standardih in pri delu ne upoštevamo mrtvega prostora, ki se nahaja v vseh pripomočkih z lumnom. To privede do aplikacije neželenega odmerka zdravila. Potrebno je veliko znanja, da je lahko prisotno zavedanje o tovrstnih napakah.

Pomembna točka aplikacije zdravila z infuzijskim sistemom je izpiranje sistema. Ta korak je pogosto izpuščen in lahko privede do aplikacije premajhnega odmerka zdravila. Še večjo nevarnost pa predstavljajo morebitne kemijske reakcije, pri katerih lahko

zdravilo v sistemu začne reagirati v toksične snovi, katere pacientu damo ob kasnejši uporabi istega infuzijskega sistema.

Infuzijske črpalke predstavljajo tveganja iz vidika nevzdrževanja naprav in njihovega nepravilnega delovanja, kar lahko privede do pregrevanja in posledično do opeklin upravljalca. Zaradi nepravilnosti lahko pride tudi do prehitrega ali prepočasnega infundiranja in najbolj pomembno do vprašanja varnosti tako za zdravstvenega delavca kot tudi za pacienta. Pogosto so napake s črpalkami povezane s človeškim faktorjem, kot so napačno vstavljen infuzijski sistem in vstavitev hitrosti ali stalen prebrizg, da se sistem ne zamaši, kljub odsotnosti predpisa. Prav tako prihaja do odstopanj v delovanju črpalke zaradi različnih viskoznosti terapije, višine infuzijske črpalke in položaj telesa pacienta.

2.5.1 Omejitve raziskave

Diplomsko delo ima nekaj omejitev glede pridobivanja znanstvene in strokovne literature. Najprej bi izpostavili dostopnost virov, ki je bila večkrat omejena. Veliko člankov je v prostodostopnih povzetkih povzemalo vsebino, ki bi odgovarjala na naši raziskovalni vprašanji, vendar je bil dostop do celotnega članka omejen. Prav tako so mnogi povzetki raziskav odpirali nove teme razprave, vendar celotni članki niso bili dostopni v slovenskem ali angleškem jeziku.

Teme, ki jih odpira diplomsko delo, so omejene na pediatrično populacijo. Ta spada med ranljivejše v naši družbi in je zato večje število raziskav narejenih na odrasli populaciji, kar je enostavneje tako zaradi etičnega vidika kot zaradi lažjega pridobivanja dovoljenj za zbiranje podatkov. Raziskave narejene na odrasli populaciji smo izključili, saj so zdravila, odmerki in hitrosti aplikacije zdravil lahko drugačni in jih ne moremo direktno splošiti še na pediatrično populacijo.

Raziskav na temo dejavnikov tveganja pri parenteralni aplikaciji zdravil in infuzijskih črpalkah je veliko. Nekatere smo izločili, ker so zdravstveni in izobraževalni sistemi, standardi dela ter zdravstvena oprema, na primer v državah Afrike, zelo razlikujejo od

stanja v Sloveniji in zato ni smiselno primerjati rezultatov, oziroma statistiko tovrstnih držav, s slovenskim kliničnim okoljem.

Pri pisanju diplomskega dela smo ugotovili, da primanjkuje slovenske literature. Raziskovanje znotraj meja Slovenije bi omogočalo oceno stanja na slovenskih pediatričnih oddelkih ter odgovorilo na vprašanja, katere tehnične napake so pogoste, ali so slovenske medicinske sestre dosledne pri uporabi pripomočkov za pripravo in aplikacijo terapije ter uporabi infuzijske črpalke. Vseeno pa moramo izpostaviti, da vsaka zdravstvena ustanova v Sloveniji vodi interne standarde kakovosti.

Narava raziskovanja delovanja črpalk je zelo zahtevna. Za ugotavljanje natančnosti delovanja infuzijskih črpalk so potrebne naprave za umerjanje, za kar je potrebno imeti finance in znanje o delovanju črpalk. Zaradi tega je takih raziskav zelo malo ali pa je za dostop potrebno plačati višje vsote denarja.

Iskalni niz besed, s katerimi smo iskali po bazah podatkov in brskalniku, je zajemal ključne besede v slovenskem in angleškem jeziku. Pri iskanju v podatkovnih bazah in spletnem brskalniku smo dobili zadetke, katerih vsebina večinoma ni odgovarjala na naši raziskovalni vprašanji, moramo pa izpostaviti, da je zagotovo ostal delež relevantnih raziskav neopažen in jih zaradi slednjega nismo zajeli v diplomsko delo.

2.5.2 Doprinos za stroko ter priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo

V diplomskem delu smo se osredotočili zgolj na tehnične dejavnike tveganja. Kar pa še zdaleč ne zajema kompleksnosti dela medicinske sestre, ki je močno pogojeno iz vidika kadrovske stiske, ki jo trenutno beležimo v Sloveniji. Kljub aktualnim preprekam pa je za dobro ravnanje medicinske sestre temeljnega pomena, da ima zadostno znanje iz področij, katerih zajema njeno delo. Prav tako je pomembno, da se zaveda občutljivih točk svojega dela, kjer bi potencialno lahko prišlo do situacij nevarnih za pacienta.

Diplomsko delo je obogatilo strokovno in znanstveno literaturo na temo tehničnih dejavnikov tveganja priprave parenteralne terapije in uporabe infuzijske črpalke v

pediatriji, ki se osredotoča samo na njene tehnične dejavnike in povzemanju tveganj uporabe infuzijske črpalke. Pri zapisu dejavnikov tveganja pri pripravi parenteralne terapije za otroke smo se omejili samo na objektivne dejavnike, ki privedejo do napake. Torej na same postopke, ki jih zdravstveni osebje prakticira v kliničnem okolju. Seveda sem spada tudi sama oprema, kateri literatura pogosto namenja težo napak. Splošno znano je, da so odmerki za otroke majhni, kar že samo po sebi predstavlja veliko možnost za napake, vendar je pomembno poudariti, da ob tem pogosto pozabimo na opremo. Lumni brizg, igel in infuzijskih sistemov lahko predstavljajo poglavitni del razloga za aplikacijo neželenega odmerka zdravila.

Zanimiv podatek, ki ga, razen v eni raziskavi, nismo zasledili je homogeno mešanje zdravil. Raziskovanje kakovostnega mešanja otežuje odsotnost podatkov, tako zares ne vemo ali je redčenje parenteralne terapije glede enakomernega mešanja kakovostno. To je zelo pomemben korak mešanja terapije in bi ga bilo zelo smiselno opredeliti, v kolikšni meri ga medicinske sestre izpolnjujejo.

Pri pregledu literature nismo zasledili dostopnih baz podatkov za Slovenijo glede vzdrževanja črpalk ali povzročenih nesreč zaradi infuzijskih črpalk. Zato ne vemo kakšno je stanje glede tega v Sloveniji in kakšno nevarnost to predstavlja za slovenske otroke. Tematika tehničnih dejavnikov tveganja in dejavnikov tveganja povezanih z infuzijsko črpalko zagotovo predstavlja vrzel raziskovanja v slovenskem prostoru in možnost za nadaljnje raziskovanje. Prav tako nismo našli nobene literature, ki bi raziskovala napake in tveganja tehničnih dejavnikov v Sloveniji. Trenutno lahko javno le na podlagi statistike drugih držav ocenjujemo izobraževanje in kakovost dela v Sloveniji.

3 ZAKLJUČEK

Pregled literature je pokazal, da imajo medicinske sestre zelo odgovorno delo, ki ne zahteva samo dobro koncentracijo, ampak tudi veliko znanja. Ugotovljeno je bilo, da se medicinske sestre v večini zavedajo dejavnikov tveganja na temo parenteralne terapije. Naš pregled literature izpostavlja nepravilnosti in nenatančnosti pri odmerjanju zdravil, še posebej zaradi zelo majhnih odmerkov zdravil v pediatriji, saj so pogosto potrebni odmerki manjši od enega mililitra, kar hitro vodi do napak previsokih odmerkov in do toksičnih doz zdravil. K temu pripomore tudi mrtvi prostor v brizgi, poleg tega pa parenteralna terapije že sama po sebi predstavlja tveganje zaradi narave delovanja, pri tem upoštevajmo, da pri bolusni aplikaciji zdravil pride do več napak. Danes nova zdravila na trg prihajajo hitreje, kot pa uspeva farmaciji raziskovati interakcije med njimi, kaj šele da bi raziskovali njihovo uporabo v pediatriji. Zato veliko zdravil, ki se jih uporablja v pediatriji nima licence za uporabo pri pediatrični populaciji, prav tako ne poznamo dobro neželenih učinkov pri interakcijah med njimi. Nerazkuževanje vial je velikokrat izpuščen korak pri pripravi terapije, ki lahko privede do kontaminacije vsebine vial, prav tako pogosto vialo kontaminirajo stekleni delci med odpiranjem same vial.

Do nenatančnosti odmerkov prihaja tudi zaradi predpripravljenosti terapije, na katerih je dovoljena napaka označbe volumna terapije na pakiranju. Slednje privede do napačne vstavitve volumna terapije v črpalko. Za čim bolj natančno aplikacijo želenega odmerka je pomemben korak izpiranje infuzijskega sistema po izteku terapije, saj v njem ostane še rezidualni volumen zdravila, ki ga pacient še ni dobil. Še bolj pomembno za ostanek terapije v infuzijskem sistemu so kemijske reakcije zdravila, ki potečejo in pri kasnejši uporabi infuzijskega sistema privede do aplikacije toksičnih snovi v pacienta.

Pregledana literatura navaja, da so infuzijske črpalke kot dejavnik tveganja pogosto povezane z nepravilnim delovanjem naprav. Pri uporabi infuzijskih črpalk lahko pride do nenatančnih ali nenadzorovanih hitrosti aplikacije terapije in pregrevanja naprave, kar predstavlja nevarnost tako za upravljalca kot za pacienta. Napačne hitrosti infuzij so najpogostejša napaka pri parenteralni aplikaciji zdravil. Hitrosti infuzije preko črpalke

lahko odstopajo zaradi različnih viskoznosti infuzijskih tekočin, višine namestitve črpalke in položaja telesa pacienta.

V slovenskem prostoru ni bilo narejene še nobene raziskave, ki bi povzemala temo tehničnih dejavnikov tveganja in bi dosegala naše vključitvene kriterije. Zato rezultatov diplomskega dela ne moremo posplošiti na delovanje zdravstvenega osebja in na sploh na slovenski zdravstveni sistem. Vendar pa lahko podatke iz tujine vzamemo kot opozorilo za identifikacijo točk dela, ki predstavljajo dejavnike tveganja ter nanje opozorimo. Zelo smiselno bi bilo pridobiti podatke za slovensko klinično okolje ter jih uporabiti pri izdelavi navodil in standardov za pripravo in aplikacijo terapije pri otrocih. Na tak način bi pripravili podlago za bolj sistematično izobraževanje zdravstvenega kadra in hkrati varnejše zdravljenje slovenskih pacientov.

4 LITERATURA

Ainscough, L.P., Ford, J.L., Morecroft, C.W., Peak, M., Turner, M.A., Nunn, A.J. & Roberts, M., 2017. Accuracy of intravenous and enteral preparations involving small volumes for paediatric use: a review. *European Journal of Hospital Pharmacy*, 25(2), pp. 66-71. 10.1136/ejhpharm-2016-001117.

Ameer, A., Dhillon, S., Peters, M.J. & Ghaleb, M., 2015. Systematic literature review of hospital medication administration errors in children. *Integrated Pharmacy Research and Practice*, 4(1), pp. 153-165. 10.2147/IPRP.S54998.

Atanda, O., West, J., Stables, T., Johnson, C., Merrifield, R. & Kinross, J., 2023. Flow rate accuracy of infusion devices within healthcare settings: a systematic review. *Therapeutic Advances in Drug Safety*, 14(1), pp. 1-11. 10.1177/20420986231188602.

Bacon, O. & Hoffman, L., 2020. System-Level Patient Safety Practices That Aim to Reduce Medication Errors Associated With Infusion Pumps: An Evidence Review. *Journal of Patient Safety*, 16(3), s42-s47. 10.1097/PTS.0000000000000722.

Basil, J.H., Premakumar, C.M., Mhd Ali, A., Mohd Tahir, N.A. & Mohamed Shah, N., 2022. Prevalence, Causes and Severity of Medication Administration Errors in the Neonatal Intensive Care Unit: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Drug Safety*, 45(12), pp. 1457-1476. 10.1007/s40264-022-01236-6.

Baumann, A.J., Cleveland, K.O., Gelfand, M.S., Perkins, N.B., Covington, A.D. & Hobbs, A.L.V., 2023. Residual infusion performance evaluation (RIPE): A single-center evaluation of residual volume post-intravenous eravacycline infusion. *Pharmacy*, 11(2), p. 75. 10.3390/pharmacy11020075.

Blandford, A., Furniss, D., Galal-Edeen, G.H., Chumbley, G., Wei, L., Mayer, A. & Franklin, B.D., 2020. Intravenous infusion practices across England and their impact on

patient safety: a mixed-methods observational study. *Health Services and Delivery Research*, 8(7), pp. 1-116. 10.3310/hsdr08070.

De Souza, T.L.V., Mota, R.O., Brito, E.A.W.S., Farias, L.M.V.C., Matias, É.O. & Lima, F.E.T., 2018. Patient safety in the administration of intramuscular medication in pediatrics: assessment of the nursing practice. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 39(1), e2017. 10.1590/1983-1447.2018.2017-0002.

Gariel, C., Cogniat, B., Desgranges, F.-P., Chassard, D. & Bouvet, L., 2018. Incidence, characteristics, and predictive factors for medication errors in paediatric anaesthesia: a prospective incident monitoring study. *British Journal of Anaesthesia*, 120(3), pp. 563-570. 10.1016/j.bja.2017.12.014.

Giuliano, K.K., 2018. Intravenous Smart Pumps: Usability Issues, Intravenous Medication Administration Error, and Patient Safety. *Critical Care Nursing Clinics of North America*, 30(2), pp. 215-224. 10.1016/j.cnc.2018.02.004.

Gorgich, E.A., Barfroshan, S., Ghoreishi, G. & Yaghoobi, M., 2016. Investigating the Causes of Medication Errors and Strategies to Prevention of Them from Nurses and Nursing Student Viewpoint. *Global Journal of Health Science*, 8(8), pp. 220-227. 10.5539/gjhs.v8n8p220.

Hall, L.H., Johnson, J., Watt, I., Tsipa, A. & O'Connor, D.B., 2016. Healthcare staff wellbeing, burnout, and patient safety: a systematic review. *PLOS ONE*, 11(7), e0159015. 10.1371/journal.pone.0159015.

Hermanspann, T., Linden, E., Schoberer, M., Fitzner, C., Orlikowsky, T., Marx, G., Eisert, A., 2019. Evaluation to improve the quality of medication preparation and administration in pediatric and adult intensive care units. *Drug, Healthcare and Patient Safety*, 11(1), pp. 11-18. 10.2147/DHPS.S184479.

Hertig, J.B., Degnan, D.D., Scott, C.R., Lenz, J.R., Li, X. & Anderson, C.M., 2018. A comparison of error rates between intravenous push methods: a prospective, multisite, observational study. *Journal of Patient Safety*, 14(1), pp. 60-65. 10.1097/PTS.0000000000000419.

Ho, G.J., Liew, S.M., Ng, C.J., Hisham Shunmugam, R. & Glasziou, P., 2016. Development of a search strategy for an evidence based retrieval service. *PloS one*, 11(12), e0167170. 10.1371/journal.pone.0167170.

Hrvat, F., Spahić, L., Gurbeta Pokvić, L. & Badnjević, A., 2020. *Artificial neural networks for prediction of medical device performance based on conformity assessment data: infusion and perfusor pumps case study*. [pdf]. International Burch University, Genetics and Bioengineering Department Available at: <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:EU:37db18e9-6c7c-4d22-8c0a-e7ebdcbacae4> [Accessed 5. 5. 2026].

Ianno, V., Vurpillot, S., Prillieux, S. & Espeau, P., 2024. Pediatric Formulations Developed by Extrusion-Based 3D Printing: From Past Discoveries to Future Prospects. *Pharmaceutics*, 16(4), p. 441. 10.3390/pharmaceutics16040441.

Jin, J.F., Zhu, L.L., Chen, M., Xu, H.M., Wang, H.F., Feng, X.Q., Zhu, X.P. & Zhou, Q., 2015. The optimal choice of medication administration route regarding intravenous, intramuscular, and subcutaneous injection. *Patient Preference and Adherence*, 9(1), pp. 923-942. 10.2147/PPA.S87271.

Kawakami, Y. & Tagami, T., 2021. Pumping infusions with a syringe may cause contamination of the fluid in the syringe. *Scientific Reports*, 11(1), p. 15421. 10.1038/s41598-021-94740-1.

Kuitunen, S., Airaksinen, M. & Holmström, A.-R., 2024. Evolution of Intravenous Medication Errors and Preventive Systemic Defenses in Hospital Settings – A Narrative

Review of Recent Evidence. *Journal of Patient Safety*, 20(4), e29-e39. 10.1097/PTS.0000000000001222.

Leal, K.D.B., Leopoldino, R.W.D., Martins, R.R. & Veríssimo, L.M., 2016. Potential intravenous drug incompatibilities in a pediatric unit. *Einstein*, 14(2), pp. 185-189. 10.1590/S1679-45082016AO3723.

Linakis, M.W., Roberts, J.K., Lala, A.C., Spigarelli, M.G., Medlicott, N.J. & Reith, D.M., 2016. Challenges associated with route of administration in neonatal drug delivery. *Clinical Pharmacokinetics*, 55(2), pp. 185-196. 10.1007/s40262-015-0313-z.

Mayring, P., 2021. *Qualitative content analysis: A step-by-step guide*. London: Sage Publications.

Milanović, D., 2018. Varnost pri ravnanju z zdravili – kaj lahko izboljšamo. In: A. Ljubič, ed. *Znanje omogoča medicinski sestre v pediatriji pravilne odločitve in odgovorno ravnanje, Zreče, 9.-10. marec 2018*. Ljubljana: Zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije – Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v pediatriji, pp. 42-47.

Mohanna, Z., Kusljic, S. & Jarden, R., 2022. Investigation of interventions to reduce nurses' medication errors in adult intensive care units: A systematic review. *Australian Critical Care*, 35(4), pp. 466-479. 10.1016/j.aucc.2021.05.012.

Nursing and Midwifery Board of Ireland (NMBI), 2020. *Guidance for Registered Nurses and Midwives on Medication Administration*. County Dublin: Nursing and Midwifery Board of Ireland, pp. 16-19.

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., Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P.

& Moher, D., 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *British medical journal*, 372, pp. 1-9. 10.1136/bmj.n7.

Park, J., You, S.B., Kim, H., Park, C., Ryu, G.W., Kwon, S., Kim, Y., Lee, S. & Lee, K., 2022. Experience of nurses with intravenous fluid monitoring for patient safety: A qualitative descriptive study. *Risk Management and Healthcare Policy*, 15(1), pp. 1783-1793. 10.2147/RMHP.S374563.

Pečnik, A. & Ferlež, A., 2019. Priprava antibiotikov za intravensko aplikacijo ter aplikacija antibiotikov. In: V. Jagodic Bašič, ed. *Zdravstvena nega bolnika, ki prejema protimikrobna zdravila. Rimske toplice, 19. in 20. marec 2019*. Ljubljana: Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije - zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije, Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov na internistično - infektološkem področju, pp. 39-42.

Polit, B. & Beck, C.T., 2021. *Nursing research: generating and assessing evidence for nursing practice*. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams.

Potočnik, S. & Jagodic Bašič, V., 2019. Posebnosti aplikacije zdravil pri otroku. In: V., Jagodic Bašič, ed. *Zdravstvena nega bolnika, ki prejema protimikrobna zdravila. Rimske toplice, 19.-20. marec 2019*. Ljubljana: Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije - zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije, pp. 47-50.

Remškar, D., 2017. Pravilen način in pot aplikacije zdravil. In: R. Vajd & M. Gričar, eds. *Urgentna medicina izbrana poglavja 2017: 24. Mednarodni simpozij o urgentni medicini. Portorož, 15.-17. junij 2017*. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino, pp. 290-294.

Robnik, P., Čuligoj, A., Oštir, M. & Mušič, D., 2019. Varnost pri dajanju parenteralnih zdravil pri otrocih. *Slovenska pediatrija: revija Združenja pediatrov Slovenije in Združenja specialistov šolske in visokošolske medicine Slovenije*, 26(2), pp. 77-82.

Sabadin, T., 2018. Dajanje zdravil per os – posebnosti v obdobju dojenčka in malčka. In: Ljubič, A., ed. *Znanje omogoča medicinski sestri v pediatriji pravilne odločitve in odgovorno ravnanje*, Zreče, 9.-10. marec 2018. Ljubljana: Zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije – Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v pediatriji, pp. 47-52.

Sabadin, T., Čamernik, M., Šmid, E. & Skubic, J., 2025. Izračun, priprava in varnost pri apliciranju zdravil. *Slovenska pediatrija: revija Združenja pediatrov Slovenije in Združenja specialistov šolske in visokošolske medicine Slovenije*, 32(2), pp. 55-58.

Silva, M.d.S., Araújo, J.L., Nunes, G.A.M.d.A., Rosa, M.F.F., Luz, G.V.d.S., Rosa, S.d.S.R.F. & Piratelli-Filho, A., 2023. Precision and reliability study of hospital infusion pumps: a systematic review. *BioMedical Engineering OnLine*, 22(1), p. 26. 10.1186/s12938-023-01088-w.

Silvester, A. & Košelnik, M., 2018. Napake pri aplikaciji zdravil med anestezijo. In: A., Justin, K., Peternelj, R., Kočevár, B., Lekše Golob & D., Karadžoč, eds. *50 let učinkovitega sodelovanja: pomembna prelomnica ali izjemna priložnost? — zbornik prispevkov. Rogaška Slatina, 17.-18. november 2023*. Ljubljana: Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije, pp. 185-189.

Smith, E.A. & Gray, G., 2022. Developing a smart infusion pump dedicated to infusion safety. *Ergonomics in Design*, 30(2), pp. 4-12. 10.1177/1064804620944760.

Söğüt, N.N. & Erkoç, A., 2024. Glass particle contamination and using the filter needle: a cross-sectional study. *Turkish Journal of Science and Health*, 5(2), pp. 68-77. 10.51972/tfsd.1387537.

Škrab, K. & Mlinar, S., 2021. Napake pri ravnanju z zdravili in strategije za njihovo zmanjševanje. *Revija za zdravstvene vede*, 8(2), pp. 44-64.

Taylor, M.A. & Jones, R., 2019. Risk of medication errors with infusion pumps: A study of 1,004 events from 132 hospitals across Pennsylvania. *Patient Safety*, 1(2), pp. 60-69. 10.33940/biomed/2019.12.7.

Urh, Š., 2024. Stičišča med klinično farmacijo in neonatologijo. *Slovenska Pediatrija*, 31(3), pp. 130-136.

Weiss, M., Eijk, A., Lönnqvist, P.A., Lucchini, A. & Timmerman, A., 2023. 10 clinical tips for advancing patient safety when using syringe pump systems for microinfusion intravenous drug therapy. *European Journal of Anaesthesiology*, 40(6), pp. 387-390. 10.1097/EJA.0000000000001839.

Zhu, S., Zhou, L., Yu J., Zheng, C., Zhu, C. & Jiang, K., 2022. A Large Sample Single Center Study On Reducing the Incidence of Adverse Events During Intravenous Pump-Used Infusion in Neonates by Root Cause Analysis. *Clinics of Oncology*, 6(7), pp. 1-8.