



UNIVERZITET U NOVOM SADU
MEDICINSKI FAKULTET
DOKTORSKE STUDIJE KLINIČKE MEDICINE

**FAKTORI KOJI UTIČU NA NIVO
OSPOSOBLJENOSTI ZA HOD UZ POMOĆ PROTEZE
NAKON AMPUTACIJE DONJIH EKSTREMITETA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori: prof. dr Aleksandra Mikov
prof. dr Dragan Savić

Kandidat: asist. dr Aleksandar Knežević

Novi Sad, 2014.

UNIVERZITET U NOVOM SADU

MEDICINSKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Aleksandar Knežević
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr Aleksandra Mikov Prof. dr Dragan Savić
Naslov rada: NR	Faktori koji utiču na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze nakon amputacije donjih ekstremiteta
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	Srpski / engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2014.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Hajduk Veljkova 3

Fizički opis rada: FO	(8 poglavlja / 160 stranica / 11 slika / 58 tabela/ 26 grafikona / 192 referenci / 4 priloga)
Naučna oblast: NO	Medicina
Naučna disciplina: ND	Medicinska rehabilitacija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Amputacija; donji ekstremiteti; rehabilitacija; proteze; funkcionalni oporavak; hod
UDK	616.718-089.873:615.8
Čuva se: ČU	U biblioteci Medicinskog fakulteta u Novom Sadu, Hajduk Veljkova 3, 21 000 Novi Sad, Srbija
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	<p><u>Uvod</u></p> <p>Amputacija donjih ekstremiteta predstavlja klasičan rehabilitacioni problem koji je u domenu odgovornosti fizijatra. Zbog starenja opšte populacije i sve veće učestalosti dijabetes melitusa procenjuje se da će u budućnosti doći do porasta incidence amputacija. Određivanje faktora koji utiču na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze veoma je značajno, jer može omogućiti predikciju potencijala i postavljanje realnih ciljeva.</p> <p><u>Ciljevi</u></p> <p>Utvrđiti učestalost oboljenja i stanja kod osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta i ispitati njihov uticaj na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze. Ispitati uticaj funkcionalnog statusa rezidualnog ekstremiteta, kao i uticaj vremenskog intervala između amputacije i započinjanja protetičke faze rehabilitacije na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze.</p> <p><u>Pacijenti i metode</u></p> <p>Istraživanje je sprovedeno kao retrospektivno-prospektivna studija, obuhvatilo je pacijente sa amputacijom donjih ekstremiteta koji su protetičku rehabilitaciju sprovedli na Klinici za medicinsku rehabilitaciju Kliničkog centra Vojvodine u periodu 2000-2013. Pored klasične statistike za formiranje regresionih modela korišćene su i metode mašinskog učenja, odnosno algoritmi bazirani na potpornim</p>

vektorima (eng. *Support Vector Machines-SVM*).

Rezultati

Najčešći uzrok amputacije bio je vaskularne etiologije: u retrospektivnom delu 88,5%, a u prospektivnom delu 90% slučajeva. Najveći deo činile su transfemoralne amputacije: u retrospektivnom delu 65%, a u prospektivnom 62% pacijenata. Prosečne vrednosti Funkcionalnog komorbiditetnog indeksa (eng. *Functional Comorbidity Index-FCI*) u retrospektivnom delu istraživanja bile su 2,19, a u prospektivnom delu 2,91. Vremenski interval od amputacije do započinjanja protetičke rehabilitacije prosečno je u retrospektivnom delu iznosio 186,22, a u prospektivnom 172 dana.

Multivarijatna analiza pokazala je da su nezavisni prediktori nivoa osposobljenosti za hod u retrospektivnom delu istraživanja bili starost, nivo amputacije i funkcionalni status pri prijemu na rehabilitacioni tretman, a model je ispravno odredio nivo osposobljenosti u 58,1% slučajeva. U prospektivnom delu istraživanja u multivarijatnoj analizi kao nezavisni prediktori nivoa osposobljenosti za hod izdvojili su se: Bekova skala za procenu depresivnosti (eng. *Beck Depression Inventory- BDI*), nivo amputacije, mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog i intaktnog ekstremiteta i balansa na početku rehabilitacionog tretmana, a model je ispravno odredio nivo osposobljenosti u 81,4% slučajeva. Nakon regresione analize, sa testom dvominutnog hoda (eng. *2-minute walk test-TMWT*) kao izlaznom varijablom, nezavisni prediktori bili su: nivo amputacije, mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta, starost, balans i mišićna snaga ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta mereni na početku rehabilitacionog tretmana (prilagođeni $R^2=0,712$, $p<0,001$). Nakon regresione analize, sa testom ustani i kreni (eng. *Timed up and go-TUG*) kao izlaznom varijablom, nezavisni prediktori bili su: nivo amputacije, starost, mišićna snaga rezidualnog ekstremiteta, prisustvo artritisa, indeks telesne mase (eng.

	<p><i>body mass index</i>-BMI) i balans testiran na početku rehabilitacionog tretmana (prilagođeni $R^2 = 0,687$, $p < 0,001$).</p> <p><u>Zaključak</u></p> <p>Predikcija nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze, rezultata TUG i TMWT na kraju rehabilitacionog tretmana moguća je uz visok stepen determinacije na osnovu parametara testiranih na početku rehabilitacionog tretmana. Nivo amputacije, mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta i sposobnost održavanja balansa na intaktnom ekstremitetu predstavljaju nezavisne prediktore za sva tri testirana funkcionalna parametra. Primena metoda mašinskog učenja u proceni nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze, rezultata TUG i TMWT pokazala se kao veoma efikasna.</p>
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	predsednik: član: član:

University of Novi Sad
Faculty
Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD Thesis
Author: AU	Aleksandar Knežević
Mentor: MN	Prof. dr Aleksandra Mikov Prof. dr Dragan Savić
Title: TI	Factors influencing the level of ability to walk with prosthesis after lower limb amputation
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	English / Serbian
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2014.
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	21000 Novi Sad, Serbia, Hajduk Veljkova 3

Physical description: PD	8 chapters/ 160 pages/ 11 pictures/ 58 tables/ 26 graphs/ 192 references/ 4 supplements
Scientific field SF	Medicine
Scientific discipline SD	Medical rehabilitation
Subject, Key words SKW	Amputation; Lower Extremity; Rehabilitation; Artificial Limbs; Recovery of Function; Walking
UC	616.718-089.873:615.8
Holding data: HD	Library of School of Medicine, Novi Sad, 21000 Novi Sad, Serbia, Hajduk Veljkova 3
Note: N	
Abstract: AB	<p><u>Introduction</u></p> <p>Lower limb amputation represents one of the classical rehabilitation problems amenable to intervention by a physiatrist. Because of the aging of the population and the increased incidence of diabetes the number of amputation is expected to increase in the future. Identification of predictive factors of ability to walk with prosthesis is very important in order to define patient's potentials and realistic goals.</p> <p><u>Goals</u></p> <p>To determine a number of comorbidities in persons with lower limb amputation and their influence on the level of ability to walk with prosthesis. To determine the influence of the different factors such as: functional status of the residual limb and time period from amputation to beginning of prosthetic rehabilitation process, on the level of ability to walk with prosthesis.</p> <p><u>Patients and methods</u></p> <p>The study was retrospective-prospective and encompassed patients with major lower limb amputation who underwent prosthetic rehabilitation at Clinic for medical rehabilitation in Clinic center of Vojvodina for the period 2000-2013. Beside classical statistics, we formed regression models using algorithms based on Support Vector Machines (SVM).</p> <p><u>Results</u></p>

Vascular disease accounted for the vast majority of amputations: in retrospective study 88,5%, and in prospective study for 90% of all cases. Majority of amputations were transfemoral: 65% in retrospective and 62% in prospective study. Average Functional Co morbidity Index (FCI) score was 2,19 in retrospective, and 2,91 in prospective study. Average time period from amputation to prosthetic fitting was 186,22 days in retrospective, and 172 days in prospective study.

Multivariate analysis in retrospective study identified age, level of amputation, and functional status at the beginning of the rehabilitation treatment as significant predictors for level of ability to walk with prosthesis. Our model identified level correctly in 58,1% of all cases.

Multivariate analysis in prospective study identified Beck Depression Inventory (BDI form I), level of amputation, muscle strength of the residual and intact limb hip extensors, balance at the beginning of the rehabilitation treatment as significant predictors for level of ability to walk with prosthesis. Our model identified level correctly in 81,4% cases. Linear regression model with 2-minute walk test (TMWT) as output variable identified level of amputation, muscle strength of the residual and intact limb hip extensors, age, and balance at the beginning of the rehabilitation treatment as significant predictors (adjusted $R^2=0,712$, $p<0,001$). Linear regression model with Timed Up and Go test (TUG) as output variable identified level of amputation, age, muscle strength of the residual limb hip extensors, arthritis, Body Mass Index (BMI) and balance at the beginning of the rehabilitation treatment as significant predictors (adjusted $R^2=0,687$, $p<0,001$).

Conclusion

Using parameters measured at the beginning of the rehabilitation treatment, it is possible to predict, with high level of determination: level of ability to walk with prosthesis, results of TUG and TMWT at the end of the treatment.

	Level of amputation, muscle strength of the residual limb hip extensors, and balance on the intact limb were significant predictors for all three functional parameters tested. Machine learning methods were very efficient in predicting level of ability to walk, results of TUG, and TMWT.
Accepted on Scientific Board on: AS	
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	president: member: member:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. DEFINICIJA I ISTORIJAT	1
1.2. EPIDEMIOLOGIJA I ETIOLOGIJA	2
1.3. REHABILITACIJA	2
1.3.1. PREAMPUTACIONA FAZA	2
1.3.1.1. NIVO AMPUTACIJE	3
1.3.1.2. FUNKCIONALNA REHABILITACIJA	5
1.3.1.3. KONTROLA BOLA	6
1.3.1.4. PSIHOLOŠKA PODRŠKA	6
1.3.2. POSTAMPUTACIONA FAZA	7
1.3.2.1. NEGA RANE	7
1.3.2.2. KONTROLA EDEMA	7
1.3.2.3. RANA FUNKCIONALNA REHABILITACIJA	8
1.3.2.4. KANDIDATI ZA PROTEZU	9
1.3.2.4.1. STAROST I POL	10
1.3.2.4.2. POTROŠNJA ENERGIJE	10
1.3.2.4.3. KOMORBIDITETI	11
1.3.2.4.4. REZIDUALNI I INTAKTNI EKSTREMITET	12
1.3.2.4.5. BALANS	13
1.3.2.4.6. FUNKCIONALNI STATUS	14
1.3.2.4.7. BOL	14
1.3.2.4.7.1. BOL U REZIDUALNOM EKSTREMITETU	14
1.3.2.4.7.2. FANTOMSKI BOL	17

1.3.2.4.7.3. FANTOMSKI OSEĆAJ	19
1.3.2.4.8. PSIHOSOCIJALNI POREMEĆAJI	19
1.3.2.4.9. DERMATOLOŠKE KOMPLIKACIJE	19
1.3.2.4.10. INFEKCIJA	21
1.3.3. PROTETIČKA REHABILITACIJA	21
1.3.3.1. PROTEZE	21
1.3.3.2. REHABILITACIJA	23
1.3.3.3. PROGNOZA I ISHOD	24
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	27
2.1. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	27
2.2. HIPOTEZE	27
3. PACIJENTI I METODE	28
4. REZULTATI	48
4.1. RETROSPEKTIVNI DEO ISTRAŽIVANJA	48
4.1.1. OPŠTE KARAKTERISTIKE PACIJENATA	48
4.1.2. PRATEĆE BOLESTI I STANJA (KOMORBIDITETI)	57
4.1.3. ISHOD MEDICINSKE REHABILITACIJE	59
4.1.4. UNIVARIJATNA ANALIZA	61
4.1.5. MULTIVARIJATNA ANALIZA	70
4.2. PROSPEKTIVNI DEO ISTRAŽIVANJA	75
4.2.1. OPŠTE KARAKTERISTIKE PACIJENATA	75
4.2.2. PRATEĆE BOLESTI I STANJA (KOMORBIDITETI)	85
4.2.3. ISHOD MEDICINSKE REHABILITACIJE	88
4.2.4. RAZLIKE RETROSPEKTIVNOG I PROSPEKTIVNOG DELA ISTRAŽIVANJA	91

4.2.5. UNIVARIJATNA ANALIZA	92
4.2.6. MULTIVARIJATNA ANALIZA	103
4.2.6.1. ORDINALNA REGRESIJA	105
4.2.6.2. LINEARNA REGRESIJA	107
4.3. SVM MODELI ZA PREDIKCIJU NIVOA OSPOSOBLJENOSTI ZA HOD, REZULTATA TESTA DVOMINUTNOG HODA I TESTA USTANI I KRENI	111
5. DISKUSIJA	122
6. ZAKLJUČCI	143
7. LITERATURA	145
8. PRILOZI	156

1. UVOD

1.1. DEFINICIJA I ISTORIJAT

Amputacija donjih ekstremiteta predstavlja hiruršku metodu koja se sprovodi radi uklanjanja ishemičnog, inficiranog, nekrotičnog tkiva ili lokalnog tumora kod koga nije moguća resekcija [1]. Predstavlja jednu od najstarijih hirurških procedura [2]. Najraniji pisani podaci koji govore o amputaciji nađeni su u Hamurabijevom zakoniku koji datira iz 1700 godine pre n.e. dok Platonov *Symposium* iz 385 godine pre n. e. govori o amputaciji šake i stopala u terapijske svrhe [3]. Hipokrat u svom delu *De Articularis* opisuje amputaciju zbog gangrene, a originalni principi koje je predstavio i danas su primenjivi [3, 4]. Vekovi koji su dolazili doneli su poboljšanja u hirurškoj tehnici, anesteziji i hemostazi [3].

Amputacija donjih ekstremiteta i dalje je klasičan rehabilitacioni problem koji je u domenu odgovornosti fizijatra [5]. Predstavlja veliku promenu u životu pojedinca. Izmenjena je slika o sopstvenom telu, otežane su aktivnosti samozbrinjavanja i kretanja, izmenjen je psihosocijalni status, a može biti značajno poremećeno obavljanje profesionalnih i drugih delatnosti [6]. Kretanje predstavlja osnovnu potrebu čoveka i ponovno uspostavljanje ove funkcije predstavlja važan cilj rehabilitacionog procesa [7]. Iz humanih i funkcionalnih razloga, potrebno je učiniti sve što je moguće da se osobama sa amputacijom donjih ekstremiteta ponovo omogući kretanje u sopstvenom okruženju. Protetička rehabilitacija pruža veliki potencijal za poboljšanje kako fizičkog i emocionalnog stanja, tako i kvaliteta života osoba sa amputacijom [8].

1.2. EPIDEMIOLOGIJA I ETIOLOGIJA

Prema podacima Kliničkog centra Vojvodine, u ovoj ustanovi je u periodu od 2010. do 2012. godine urađeno 372 amputacije donjih ekstremiteta iznad nivoa skočnog zgloba, što znači da su u proseku godišnje rađene 124 amputacije donjih ekstremiteta. U SAD se godišnje uradi oko 140 000 novih amputacija (52,4 na 100 000 stanovnika), a procenjuje se da ukupno ima 1,7 miliona ljudi sa amputacijom donjih ekstremiteta [3, 9, 10]. Najčešći uzrok amputacije je vaskularna bolest, u 82% slučajeva, sa tendencijom porasta incidence [11]. Druga po učestalosti je trauma, koja je uzrok u oko 16% slučajeva, dok su maligne bolesti i kongenitalne deformacije uzrok u manje od 2% slučajeva. Ne očekuje se smanjenje incidence amputacije donjih ekstremiteta u budućnosti, a starenje opšte populacije kao i sve veća učestalost dijabetesa činjenice su na kojima se ova očekivanja baziraju [5]. Procenjuje se da će se, sa starenjem populacije, broj gerijatrijskih pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta udvostručiti [12]. Pacijenti koji imaju dijabetes imaju od 18 do 28 puta veći rizik od amputacije nego osobe koje nemaju ovu bolest [13]. Incidenca amputacija kod muškaraca dva puta je češća nego kod žena [6, 14, 15].

1.3. REHABILITACIJA

1.3.1. PREAMPUTACIONA FAZA

Rehabilitaciju ovih pacijenata potrebno je započeti čim se uzme u obzir amputacija, kao terapijska procedura. Kada god je to moguće, fizijatar treba da evaluira pacijenta pre operacije, započne edukaciju o rehabilitacionom procesu i pruži podršku ovim pacijentima [5, 16].

1.3.1.1. NIVO AMPUTACIJE

Odluka o nivou na kome treba izvršiti amputaciju nije nimalo jednostavna. Cilj predstavlja očuvanje maksimalnog volumena ekstremiteta, s tim da se moraju obezbediti uslovi za adekvatno zarastanje rane, dovoljno mekog tkiva da se prekrije rezidualni ekstremitet i mogućnost funkcionalnog protetisanja. U većini kliničkih centara, nažalost, fizijatri igraju veoma malu ulogu u planiranju nivoa amputacije. Ipak, u nekim centrima postoje multidisciplinarni timovi gde fizijatri aktivno učestvuju i upoznaju ostale članove tima o mogućnostima funkcionalnog osposobljavanja u odnosu na nivo amputacije. Najčešći su sledeći nivoi amputacija donjih ekstremiteta: amputacija nožnog prsta, amputacija prsta i metatarzalne kosti (engl. *ray amputation*), transmetatarzalna amputacija, dezartikulacija u skočnom zglobu (engl. *Syme amputation*), potkolena (transtibijalna) amputacija (Slika 1), dezartikulacija u kolenu, natkolena (transfemoralna) amputacija (Slika 2), dezartikulacija u kuku (kratke transfemoralne amputacije proksimalno od velikog trohantera funkcionalno se ubrajaju u ovu grupu) i hemipelvektomija [6]. Amputacije donjih ekstremiteta predstavljaju 97% svih amputacija, a procenat transtibijalnih se kreće od 64 do 73%, transfemoralnih od 26 do 31%, dok dezartikulacije kolena čini 4,5% slučajeva [12, 17]. Ovaj odnos menja se tokom vremena, tako je 60-tih godina prošlog veka u SAD učestalost transfemoralnih amputacija bila značajno češća i činile su 70%, dok su transtibijalne amputacije činile preostalih 30% slučajeva [4].

Slika 1. Transtibijalni nivo amputacije



Slika 2. Transfemoralni nivo amputacije



1.3.1.2. FUNKCIONALNA REHABILITACIJA

Kod amputacija koje nisu traumatske po etiologiji najčešće postoji period od nekoliko dana pa čak i nedelja pre nego što se uradi planirana procedura. Ovo vreme može biti iskorišćeno u svrhu sprovođenja rehabilitacionog tretmana pre amputacije. Cilj ovog tretmana je da se postigne zadovoljavajući obim pokreta, mišićna snaga i izdržljivost donjih ekstremiteta, poboljšaju transferi pacijenta, kao i da se započne sa hodom na jednoj nozi uz pomoć adekvatnih pomagala [5, 18].

1.3.1.3. KONTROLA BOLA

Kontrola bola u perioperativnom periodu izuzetno je važna pacijentima koji se suočavaju sa amputacijom donjih ekstremiteta. Smanjenje bola značajno doprinosi smanjenju anksioznosti ovih pacijenata i omogućava sveobuhvatnije učešće u rehabilitacionom programu. Okosnica terapije bola u ovom periodu predstavljaju opiodi i ne treba oklevati u njihovoj primeni [5].

1.3.1.4. PSIHOLOŠKA PODRŠKA

Psihološka podrška pacijentima koji se suočavaju za amputacijom donjih ekstremiteta predstavlja prioritet. Pacijenti se pribojavaju da više nikada neće moći da hodaju. Ove bojazni su najčešće neosnovane s obzirom na to da veći deo ovih pacijenata ima dovoljno potencijala da se dobro funkcionalno oporavi [5]. Ukupan broj pacijenata koji se osposobe za hod uz pomoć proteze ide od 50 do 90% [19-21]. Značajno je niži za osobe sa transfemoralnim nivoom amputacije oko 26% [22]. Upoznavanje pacijenata sa rehabilitacionim procesom, njegovim fazama, kao i sa protezama može značajno pomoći u ublažavanju straha od nepoznatog. Neki programi uključuju i razgovor sa pacijentima kojima je ranije urađena amputacija i koji su uspešno protetisani. Izuzetno je važno upoznati ove pacijente sa pojavom fantomskih senzacija i fantomskim bolom pre hirurške intervencije. Treba im naglasiti da očekuju ove senzacije i da je njihova pojava normalna [5]. Psihološka adaptacija na amputaciju može trajati i do dve godine [23].

1.3.2. POSTAMPUTACIONA FAZA

U postamputacionom periodu sprovode se postoperativna nega i eventualna preprotetička, a potom protetička rehabilitacija [18]. U ovom periodu potrebno je obezbediti negu rane, kontrolu edema i bola, započeti ranu rehabilitaciju (ako nije započeta), identifikovati kandidate za dobijanje proteze i započeti pripreme za protetičku fazu rehabilitacije, kao i sprečiti komplikacije.

1.3.2.1. NEGA RANE

Kako bi se obezbedilo adekvatno zarastanje rane neophodna je adekvatna perfuzija tkiva, dobra nega i adekvatna ishrana [5, 24]. Rezidualni ekstremitet treba prati svakodnevno fiziološkim rastvorom ili običnim sapunom i vodom; antiseptični agensi kao što su solucije joda ili hidrogen peroksid inhibišu zarastanje rane i treba ih izbegavati osim u slučaju prisutne infekcije. Previjanje bi trebalo da bude u početku svakodnevno [5].

1.3.2.2. KONTROLA EDEMA

Kontrola edema u postamputacionom periodu veoma je važna pre svega zbog zarastanja rane, smanjenja postoperativnog bola, kao i oblikovanja i pripreme rezidualnog ekstremiteta za protetisanje. Edem rasteže ranu, što dovodi do nadražaja perifernih nervnih završetaka i prouzrokuje bol, a stvaranje pritiska u području rane kompromituje zarastanje. Edem daje kruškast oblik rezidualnom ekstremitetu koji, ako se na vreme ne reaguje, značajno kompromituje protetisanje. Postoji više različitih sistema za kontrolu edema, ali najšire prihvaćena je bandaža elastičnim zavojem. Prednosti ovog načina kontrole edema je jednostavnost, cena i mogućnost rane aplikacije, dok mane predstavljaju mala efikasnost, slaba

zaštita rezidualnog ekstremiteta i potreba za čestim bandažiranjem (na svakih 4–6 sati kako bi se obezbedila konstantna kompresija) [5, 25]. U najvećem broju slučajeva edem se povlači u prvim nedeljama nakon amputacije, ali u nekim situacijama može zaostati znatno duže [26].

1.3.2.3. RANA FUNKCIONALNA REHABILITACIJA

Rana rehabilitacija je ključna u postamputacionom periodu. Neophodno je što pre konsultovati fizijatra i započeti adekvatnu fizikalnu i radnu terapiju, u slučaju da fizijatar nije uključen u preamputacionoj fazi [5]. Preporučljivo je da se rehabilitacioni tretman sprovodi u stacionarnim uslovima, pošto se postižu bolji rezultati [27-30]. Terapeuti rade sa pacijentima na samozbrinjavanju, mobilnosti u postelji, upotrebi invalidskih kolica, transferima, hodanju, obučavaju i informišu porodicu pacijenta. Osnovni principi rehabilitacionog tretmana u ovom periodu su adekvatno pozicioniranje, vežbe za održavanje i povećanje obima pokreta, rana mobilizacija i procena o adekvatnim pomagalicama za pacijenta. Adekvatno pozicioniranje važno je zbog prevencije kontraktura. Najčešće kontrakture kod ovih pacijenata su fleksiona i abdukciona kontraktura kuka i fleksiona kontraktura kolena. Ključno je obučiti pacijente kako da preduprede nastanak ovih kontraktura, a jednostavni saveti mogu biti vrlo efikasni. Tako se za prevenciju fleksione kontrakture kuka savetuje da pacijent nekoliko puta dnevno u trajanju od 15 minuta leži na stomaku, za prevenciju fleksione kontrakture kolena savetuje se da pacijent pri ležanju na krevetu ne drži jastuk ispod kolena (što je čest slučaj), već da postavi jastuk na vrh rezidualnog ekstremiteta kako bi koleno bilo u opruženom položaju. Veoma je važno i jačati mišiće koji se suprotstavljaju kontrakturi, u slučaju fleksionih kontraktura to su ekstenzori (kuka i kolena). Zbog povećanih zahteva koji se postavljaju pred gornje ekstremitete potrebno je jačati odgovorajuće mišiće. Specifične vežbe treba da obuhvate jačanje pokretača ručnog zgloba,

ekstenzore lakta, stabilizatore lopatice. Jačanje ovih grupa mišića priprema pacijenta za transfere, kao i za upotrebu pomagala (štake, hodalica). Aerobne vežbe neophodne su da bi poboljšali kardiovaskularnu izdržljivost, ali mora se pristupiti oprezno s obzirom na značajan broj komorbiditeta kod ovih pacijenata. Rad na mobilnosti pacijenata najranije obuhvata aktivnosti u postelji i transfere sa i na invalidska kolica. Kako pacijent napreduje, prelazi se na vežbe stajanja i balansa u razboju, a potom i hod. Kada se steknu uslovi, prelazi se na hod uz pomoć štaka ili hodalice. Plan o daljem rehabilitacionom tretmanu mora se napraviti u toku rane rehabilitacije. Mlađi pacijenti sa jednostranom amputacijom obično se osposobe za hod uz pomoć štaka i mogu da budu otpušteni kući, odakle nastavljaju ambulantni rehabilitacioni tretman, dok stariji, sa rehabilitacionim potencijalom, obično moraju da prođu stacionarni vid rehabilitacionog tretmana pre nego što se osposobe za bezbedan povratak kući. Vreme kada ovi pacijenti mogu biti primljeni na odeljenje rehabilitacije je između trećeg i sedmog postoperativnog dana, kada su uklonjeni drenovi, bol se kontroliše oralnim medikamentima i imaju dovoljno izdržljivosti da učestvuju u sveobuhvatnom rehabilitacionom programu. Cilj je pacijenta pripremiti za bezbedan povratak kući i osposobiti ga za kretanje uz pomoć pomagala, invalidskih kolica ili rane privremene proteze [5, 25].

1.3.2.4. KANDIDATI ZA PROTEZU

U postamputacionom periodu najvažniji trenutak predstavlja određivanje da li je pacijent kandidat za prepisivanje proteze. Ova odluka nije uvek jednostavna, a faktori koji mogu da predvide uspeh protetičke rehabilitacije i nivo osposobljenosti za hod do sada su samo delimično razjašnjeni [18]. Prikupljanje dokumentacije neophodne za početak pravljenja proteze može

trajati više nedelja, a često i više meseci. Prepisivanje proteze treba uraditi što pre, kako se ne bi izgubilo dragoceno vreme.

Prilikom donošenja odluke da li je pacijent kandidat za prepisivanje proteze i započinjanje protetičke rehabilitacije mora se voditi računa o starosti, prisustvu komorbiditeta, trenutnom zdravstvenom stanju, stanju rezidualnog i intaktnog ekstremiteta, funkcionalnom statusu pacijenta, prisustvu bola, ciljevima koji treba da se postignu, kao i očekivanjima pacijenta.

1.3.2.4.1. STAROST I POL

Osobe ženskog pola lošije se osposobe za hod uz pomoć proteze u odnosu na osobe muškog pola [31]. Primećeno je da su osobe ženskog pola sklonije amputacijama na višem nivou (transfemoralne u odnosu na transtibijalne) u odnosu na muškarce [32].

Starost osoba sa amputacijom može uticati na stepen funkcionalnog osposobljavanja. Što je osoba starija, smanjuje se šansa za uspešan hod uz pomoć proteze.[20, 33]. Neki su mišljenja da je starostna dob ako ne najvažniji, onda veoma važan prognostički faktor [34, 35]. S druge strane je stav da je starosna granica pomerena, i da kod osoba mlađih od 80 godina drugi faktori igraju važniju ulogu u određivanju rehabilitacionih potencijala [6].

1.3.2.4.2. POTROŠNJA ENERGIJE

Potrošnja energije neophodne za hod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta značajno je veća u odnosu na normalan hod [36]. Viši nivo amputacije manje je efikasan pri hodu i zahteva veću potrošnju energije po jedinici pređenog puta [37]. Razlozi za ovo još uvek nisu u potpunosti poznati. Verovatno da mehanizmi kojima ovi pacijenti pokušavaju da

nadoknade nedostatak amputiranog ekstremiteta nemaju adekvatnu energetska efikasnost. Tako hod uz pomoć potkolene proteze može zahtevati od 9 do 40% više energije u odnosu na hod sa intaktnim ekstremitetima, dok je ova vrednost od 40 do 120% za hod uz pomoć natkolene proteze [5, 36, 38]. Hod bez proteze uz pomoć štaka takođe je energetska zahtevan i procenjuje se da je potrebno 50% više energije [38]. Može se zaključiti da hod uz pomoć proteze u svim slučajevima, osim u slučaju transfemoralnih amputacija vaskularne etiologije, zahteva manje energije nego hod uz pomoć štaka bez proteze [36]. Ovo svakako treba imati na umu prilikom donošenja odluke o tome da li je pacijent kandidat za prepisivanje proteze, posebno kada je u stanju da hoda uz pomoć štaka.

1.3.2.4.3. KOMORBIDITETI

Mišićnoskeletne, neurološke i kardiopulmonalne bolesti mogu uticati na rehabilitacioni potencijal ovih pacijenata [18].

Poseban problem, sa kojim se suočavaju mnogi stariji pacijenti sa vaskularnom amputacijom donjih ekstremiteta, predstavlja smanjena tolerancija na fizičko opterećenje. Maksimalna potrošnja kiseonika je smanjena ne samo zbog efekta starenja već i zbog, često udruženih, bolesti kao što su koronarna bolest srca, periferna vaskularna bolest i dijabetes [36, 39-41]. Teški plućni bolesnici, teška polineuropatija ili artritis više zglobova mogu dovesti do toga da osobe koje su snabdevene protezom ne mogu funkcionalno da je koriste. Pacijenti koji imaju lošu prognozu osnovne bolesti lošiji su kandidati za protetisanje. Treba imati u vidu i visok rani mortalitet nakon amputacije donjih ekstremiteta koji je od 15 do 20%, najčešće zbog infarkta miokarda. Pacijenti sa vaskularnom amputacijom imaju mortalitet u prvih 3 do 5 godina

50%; zbog toga je efikasna rana rehabilitacija neophodna kako bi se ovim pacijentima što pre poboljšao kvalitet života [18].

1.3.2.4.4. REZIDUALNI I INTAKTNI EKSTREMITET

Treba imati u vidu da stanje rezidualnog, ali i intaktnog ekstremiteta mogu da utiču na rehabilitacioni tretman [42, 43]. Loše formiran rezidualni ekstremitet može predstavljati problem za protetičku rehabilitaciju (Slika 3).

Slika 3. Loše formiran rezidualni ekstremitet



Kontrakture kuka i kolena najčešće su posledica lošeg pozicioniranja, mišićnog disbalansa nakon amputacije i veoma su česte u slučaju kada se prevencija ne sprovodi adekvatno. Mogu predstavljati značajan problem u protetičkoj rehabilitaciji ili čak onemogućiti korišćenje proteze. Na sreću, tehničke mogućnosti savremenih proteza dozvoljavaju delimičnu korekciju i u stanju su da kompenzuju manje kontrakture [5, 25].

Mišićna snaga kako rezidualnog tako i intaktnog ekstremiteta veoma je značajna za potencijalni hod uz pomoć proteze. Pri hodu sa oba intaktna ekstremiteta propulziju tela unapred obezbeđuju plantarni fleksori, *m. gluteus maximus*, hamstring mišići, *m. gluteus medius et minimus* i *m. quadriceps* [44, 45]. Preuzimanje funkcije mišića koji su u potpunosti ili delimično amputirani od strane drugih mišića veoma je važno i neophodno za hod uz pomoć proteze. Smatra se da su, kada je u pitanju rezidualni ekstremitet, posebno važni ekstenzori u zglobu kuka, kolena kao i abduktori u zglobu kuka [46]. Prilikom amputacije iznad nivoa skočnog zgloba dolazi do gubitka plantarne fleksije koja predstavlja najvažniju propulzivnu silu pri hodu [44, 47, 48]. Ovaj nedostatak pacijenti sa amputacijom nadoknađuju aktivnošću ekstenzora rezidualnog i intaktnog ekstremiteta, kao i plantarnih fleksora intaktnog ekstremiteta [49, 50].

1.3.2.4.5. BALANS

Narušen balans veoma se često sreće kod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta i može biti uzrok padova ovih pacijenata [51-53]. Prilikom hoda telo nikada nije u apsolutnoj ravnoteži i centar mase se veći deo vremena ne nalazi iznad baze oslonca. Pacijentima sa amputacijom donjih ekstremiteta ovo predstavlja dodatni izazov prilikom hoda uz pomoć proteze. Nepreciznost pri pozicioniranju stopala pri hodu dovodi do šire osnove hoda i skraćenog

vremena oslonca na protezu [54]. Veće samopouzdanje pri održavanju balansa kod ovih pacijenata može doprineti boljoj mobilnosti ovih pacijenata [52].

1.3.2.4.6. FUNKCIONALNI STATUS

Funkcionalni status pre amputacije može značajno uticati na sposobnost korišćenja proteze [55]. Pacijenti koji su u stanju da hodaju pri prijemu na rehabilitaciju imaju dobre šanse da funkcionalno koriste protezu [56].

1.3.2.4.7. BOL

Neophodno je odrediti etiologiju bola kako bi se odabrala adekvatna terapija, pošto hronični perzistentni bol može dovesti do ograničenja funkcionalnih sposobnosti [5, 57]. Najčešće se javljaju fantomski bol, fantomski osećaj i bol u rezidualnom ekstremitetu.

1.3.2.4.7.1. BOL U REZIDUALNOM EKSTREMITETU

Može se očekivati da oštećenje nervnih završetaka u predelu amputacije dovede do bola u rezidualnom ekstremitetu. Ovaj akutni bol dobro reaguje na intravensku ili intramuskularnu terapiju opijatima. Najčešće brzo prolazi i parenteralna primena opijata može da se prekine nakon dva do tri dana. Nastavak dalje terapije treba da se formira po principu redovne i spasavajuće (engl. *rescue*) terapije koja podrazumeva redovnu analgeziju, a u slučaju proboja bola uzimaju se dodatni za to predviđeni medikamenti. Već nekoliko dana posle amputacije potrebno je započeti tehnike desenzitizacije koje podrazumevaju masažu i lupkanje rezidualnog ekstremiteta, a koje mogu da se sprovode i preko zavoja. Ova nežna stimulacija može da dovede do smanjenja bola u rezidualnom ekstremitetu zatvarajući kapiju (engl. *gate*) bola. Ako bol u

rezidualnom ekstremitetu ne prolazi u očekivanim okvirima potrebna je reevaluacija pacijenta. Potrebno je isključiti infekciju, apsces, reevaluirati arterijski sistem. Ponekad je neophodna reamputacija na višem nivou ako operativna rane ne zaraste ili dođe do nekroze (Slika 4 i 5).

Slika 4. Infekcija transtibijalnog rezidualnog ekstremiteta



Slika 5. Stanje nakon reamputacije istog pacijenta



Nošenje proteze, takođe, može biti uzrok bola u rezidualnom ekstremitetu. U tim slučajevima bol se pogoršava prilikom nošenja proteze i najčešće može da se vidi iritacija kože koja je uzrok pritiska proteze (Slika 6). Učestalost bola kod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta veoma je česta i procenjuje se da oko 70% pacijenata ima bol u rezidualnom ekstremitetu, a 80% pacijenata ima fantomski bol [57].

Slika 6. Oštećenje kože rezidualnog ekstremiteta nakon nošenja proteze (bela strelica)



1.3.2.4.7.2. FANTOMSKI BOL

Fantomski bol predstavlja neuropatski bolni sindrom koji se karakteriše bolom u amputiranom delu ekstremiteta. Poreklo fantomskog bola i dalje je nejasno [58]. Pretpostavlja se da postoji multifaktorijalna geneza uključujući periferne faktore (neurom, povećana ekscitabilnost perifernih aksona, miofascijalne triger tačke) i promene u centralnom nervnom sistemu [59, 60].

Neurom predstavlja loptastu masu regenerativnih nervnih vlakana koja nisu dosegla do perifernog ciljnog tkiva [61]. Akumulacija natrijumskih kanala u području povređenih nerava

verovatni je uzrok spontanog aktiviranja i hiperekscitabilnosti [62]. Hirurška terapija neuroma često nije efikasna i treba je rezervisati za pacijente sa najjačim bolom [62].

Terapija fantomskog bola je veoma raznolika, što i nije iznenađenje, ako se uzme u obzir da je etiologija nepoznata. Prva linija terapije su tehnike desenzitizacije koje obuhvataju masažu, lupkanje, zavijanje, trljanje rezidualnog ekstremiteta koje veoma često dovode do prestanka tegoba. U slučaju da se tehnike desenzitizacije ne pokažu efikasnim a bolovi značajno utiču na kvalitet života, potrebno je razmotriti uvođenje farmakološke terapije [5]. U literaturi ne postoji preporuka za jedinstven medikament za tretman fantomskog bola, ali lekovi kao što su opiodi, antikonvulzanti, triciklični antidepresivi i topikalni agensi (lidokain, kapsaicin) mogu sinergistički dovesti do ublažavanja tegoba [63]. Efikasnim su se pokazale neke integrativne psihološke tehnike [64] kao i terapija intaktnog ekstremiteta TENS-om (transkutana električna nervna stimulacija) [65]. Terapija ogledalom, pokazala se kao efikasna metoda lečenja fantomskog bola [66-69]. Pacijent u ogledalu specijalno napravljenom u vidu kutije vidi pokrete intaktnim ekstremitetom stvarajući iluziju da se vrše pokreti amputiranim ekstremitetom.

I pored relativno visoke učestalosti i jačine, izgleda da fantomski bol ne izaziva veliku invalidnost kod osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta [70]. Najverovatniji razlog za to je što se bol javlja povremeno i kratko traje, obično nekoliko minuta do jednog sata [71]. U svakom slučaju potrebno je informisati kako pacijente, tako i medicinsko osoblje o prirodi ovog fenomena i mogućnostima lečenja [59].

1.3.2.4.7.3. FANTOMSKI OSEĆAJ

Fantomski osećaj predstavlja bezbolne senzacije koje pacijent oseća u delu ekstremiteta koji je amputiran [71]. U slučaju da ove senzacije pacijenti doživljavaju kao izuzetno neprijatne, pristupa im se kao da je u pitanju fantomski bol [5].

1.3.2.4.8. PSIHOSOCIJALNI POREMEĆAJI

Emocionalni aspekt gubitka ekstremiteta može biti veoma destruktivan i često je potcenjen od strane rehabilitacionog tima. Kratka reaktivna depresivna epizoda je očekivana nakon amputacije [23]. Procenjuje se da je incidenca depresije kod ovih pacijenata od 21 do 35% [5, 72]. Potrebno je kontinuirano pratiti emocionalno stanje pacijenata. Ceo rehabilitacioni tim treba da procenjuje raspoloženje, apetit i kvalitet sna kako bi se na vreme identifikovali emocionalni poremećaji [5]. Potrebno je svakom pacijentu omogućiti psihološku evaluaciju koja uključuje procenu raspoloženja, bola, prethodnih psiholoških problema, zloupotrebe alkohola i narkotika, slike o sopstvenom telu i seksualnosti. Ako je potrebno, pacijenta treba uključiti u sveobuhvatan tretman sa kognitivno bihejvioralnom psihoterapijom i farmakoterapijom [5, 72].

Amputacija donjih ekstremiteta može dovesti do razarajućih posledica po socijalni život pacijenta. Socijalna podrška je preko potrebna ovim pacijentima i postoji međusobna povezanost sa funkcionalnim ishodom rehabilitacije [18].

1.3.2.4.9. DERMATOLOŠKE KOMPLIKACIJE

Dermatološki problemi veoma su česti nakon amputacije donjih ekstremiteta. Procenjuje se da je dve trećine pacijenata nakon amputacije donjih ekstremiteta imalo neki kožni problem u poslednjih mesec dana [73]. Adekvatan tretman zahteva postavljanje prave dijagnoze i

utvrđivanje etiologije kožne promene. Najčešće se javljaju ulceracije zbog pritiska, posebno na koštanim prominencijama, verukozna hiperplazija, kontaktni dermatitis, folikulitis (Slika 7), gljivični dermatitisi i epidermoidne ciste [5].

Slika 7. Folikulitis rezidualnog ekstremiteta (bele strelice)



Koža rezidualnog ekstremiteta posebno je vulnerabilna, najverovatnije zato što je izložena neprirodnim okolnostima prilikom nošenja proteze. Interesantno, stariji uzrast, muški pol, dijabetes i/ili periferna vaskularna bolest kao uzrok amputacije predstavljaju protektivne

faktore za kožu rezidualnog ekstremiteta, dok se korišćenje pomagala za hod, češće pranje rezidualnog ekstremiteta i pušenje povezuju sa učestalijom pojavom problema sa kožom [73].

1.3.2.4.10. INFEKCIJA

Infekcije rezidualnog ekstremiteta najčešće su bakterijskog porekla i mogu značajno usporiti, a ponekad i onemogućiti proces protetičke rehabilitacije (Slika 4).

1.3.3. PROTETIČKA REHABILITACIJA

Protetička rehabilitacija sastoji se od izrade, podešavanja i obuke za korišćenje proteze.

1.3.3.1. PROTEZE

Pored odluke da li će pacijenti biti u mogućnosti da koriste protezu, značajna je i procena nivoa funkcionalne osposobljenosti, pošto će od toga zavisiti od kojih komponenti buduća proteza treba da se sastoji.

Proteza se sastoji od ležišta, suspenzije i konstrukcije. Ležište ili interfejs proteze prave se za svakog pacijenta po meri. Rezidualni ekstremitet koristi se kao kalup. Ležište treba da obezbedi totalni kontakt sa rezidualnim ekstremitetom. Ovako intiman odnos ne znači da se uvek i pritisak ravnomerno raspoređuje. Postoje područja rezidualnog ekstremiteta koja bolje tolerišu pritisak od drugih (npr. patelarni ligament kod transtibijalnih amputacija). Prednosti totalnog kontakta su smanjenje edema, povećanje propriocepcije i povećanje površine koja nosi težinu tela. Za neka ležišta neophodno je da se nose navlake za rezidualni ekstremitet (navlake za patrljak). Uloga ovih navlaka je da prilikom nošenja koriguju male promene u zapremini rezidualnog ekstremiteta. Interfejs između rezidualnog ekstremiteta i ležišta može biti tvrd ili

mek (silikonski lajner, pelitni lajner). Najčešće se koriste meki koji obezbeđuju amortizaciju za rezidualni ekstremitet u ležištu. Ovo može biti posebno značajno kod amputacija vaskularne etiologije. Mana mekih lajnera je u tome što su podložni habanju. Tvrdi interfejs, s druge strane, predstavlja samo ležište i oni se najčešće koriste kod transfemoralnih sukcionih suspenzija [5, 18, 25].

Suspenzije predstavljaju mehanizam kojim držimo protezu na adekvatnom položaju u odnosu na rezidualni ekstremitet. Može se postići anatomskim oblikom rezidualnog ekstremiteta, lajnerom, sukcijom. Pomoćna suspenzija često se koristi u zavisnosti od aktivnosti pacijenta; tako, na primer, pacijent sa transfemoralnom amputacijom i sukcionom suspenzijom može imati i kaiš koji obezbeđuje suspenziju u aktivnostima kada vakuum efekat može biti narušen. Ležište proteze može biti povezano sa ostalim komponentama na dva načina, egzoskeletnom i endoskeletnom konstrukcijom. U današnje vreme mnogo se češće sreće endoskeletna konstrukcija, gde je ležište povezano sa ostalim komponentama preko cevi (pilon). Prednost ovakve konstrukcije je mogućnost podešavanja proteze u sagitalnoj, frontalnoj ravni, kao i podešavanje po visini ako je potrebno. Endoskeletne proteze pružaju i mogućnost povezivanja na različite komponente, a kod viših nivoa amputacije (transfemoralni) prednost je manja težina proteze. Egzoskeletne proteze imaju čvrstu spoljašnost od ležišta naniže. Pružaju manje mogućnosti kada su u pitanju dodatne komponente, ali kako nemaju meku kozmetsku oblogu, spoljašnjost je znatno trajnija i mogu biti indikovane kod dece. U svakom slučaju, endoskeletne proteze su u današnje vreme neuporedivo češće [5, 18, 25].

Veliki broj protetičkih stopala je trenutno na tržištu, ali sva se mogu podeliti u četiri velike grupe: SACH stopala (engl. *solid ankle cushion heel*), jednoosovinska, multiosovinska i stopala sa dinamičkim odgovorom (engl. *dynamic response*). Odluka o tome koje je stopalo

najbolje za pojedinca zavisi od nivoa aktivnosti za koje će biti osposobljen, telesne težine pacijenta, nivoa amputacije, konstrukcije proteze i drugih faktora [5]. Stopala sa dinamičkim odgovorom imaju kod transfemoralnih amputacija značajan efekat tek pri brzinama preko 3km/h tako da nema smisla prepisivati ih osobama za koje se proceni da neće svakodnevno dostizati ove brzine pri hodu [74].

Odabir veštačkog kolena takođe treba da bude baziran na aktivnostima, težini pacijenta, nivou amputacije, konstrukciji proteze i sposobnosti pacijenta da kontroliše koleno. Veštačka kolena mogu se podeliti u nekoliko grupa u odnosu na mehanizam kontrole: jednoosovinsko, policentrično, hidraulično i veštačko koleno sa mikroprocesorom. Najprikladnije koleno je ono koje će obezbediti stabilnost u fazi oslonca, glatkoću pokreta u fazi inicijalnog njihanja, promenljivu dužinu faze njihanja u odnosu na brzinu hoda, kao i najmanju potrošnju energije za aktivnosti dnevnog života [5, 25].

1.3.3.2. REHABILITACIJA

Protetička rehabilitacija može se započeti od treće do šeste nedelje nakon amputacije, kada su u pitanju traumatske amputacije, odnosno od šeste do desete nedelje za amputacije vaskularne etiologije. Potrebno je da rezidualni ekstremitet ima cilindričan ili koničan oblik. Iako se najveći deo povlačenja edema dešava u prvih 3–6 nedelja nakon amputacije, rezidualni ekstremitet gubi na volumenu i 6 do 8 meseci nakon amputacije, a po nekim autorima i više od godinu dana [5, 18]. Nakon što se atrofija rezidualnog ekstremiteta završi, pacijent može da dobije definitivnu protezu ili bar novo ležište. U ovom periodu neophodno je da se ovi pacijenti redovno kontrolišu [5].

Po dobijanju proteze svim pacijentima je potrebna obuka za hod koju sprovodi fizioterapeut. Fizioterapeut obučava pacijenta kako da postavi, skine protezu, prati stanje kože rezidualnog ekstremiteta, određuje da li je neophodno dodavanje navlaka za rezidualni ekstremitet u odnosu na atrofiju [5]. Iako je tretman individualizovan prema svakom pacijentu, najčešći cilj je da pacijent bude osposobljen za hod izvan sopstvenog doma. Pacijenti uče da koriste nove strategije i modifikuju postojeće, kako bi se adaptirali na hod uz pomoć proteze. Uspešna rehabilitacija ne podrazumeva samo ujednačen hod po ravnom terenu, već i aktivnosti kao što su savladavanje arhitektonskih prepreka, inicijaciju i terminaciju ciklusa hoda. Tako, na primer, pacijenti sa transtibijalnom amputacijom prilikom prelaska proteze preko manje prepreke povećavaju fleksiju u kuku i kolenu. Na početku rehabilitacionog tretmana pacijenti su neiskusni i još uvek nemaju razvijene strategije kojima bi se prilagodili na hod uz pomoć proteze pa im je pomoć terapeuta neophodna [75, 76]. Ovaj deo rehabilitacionog procesa može da se sprovodi ambulantno ili u stacionarnim uslovima. Pacijenti sa transtibijalnom amputacijom brže savladaju strategije neophodne za prelazak preko prepreka u odnosu na pacijente sa amputacijom na transfemoralnom nivou [75]. Pored vežbi za hod, u toku rehabilitacionog procesa preporučuju se i aerobni trening, vežbe balansa i snage [77].

1.3.3.3. PROGNOZA I ISHOD

Procenat pacijenata koji se osposobe za hod uz pomoć proteze nakon amputacije varira od istraživanja do istraživanja i iznosi od 26 do čak 95% [10, 19-22]. Lošiji rezultat može se očekivati kod pacijenata sa vaskularnom etiologijom amputacije u odnosu na pacijente sa traumatskim amputacijama [5], kao i kod pacijenata za transfemoralnim nivoom amputacije u odnosu na transtibijalni [19]. Amputacija donjih ekstremiteta predstavlja značajnu fizičku i

psihosocijalnu traumu za ove pacijente. Od starijih pacijenata, kod kojih je amputacija vaskularne etiologije, ne možemo očekivati učestvovanje u takmičarskim sportovima, ali uz pomoć proteze, možemo značajno poboljšati funkcionalnu osposobljenost ovih pacijenata. Mlađi pacijenti sa amputacijom, uz pomoć proteze, mogu voditi aktivan način života [5]. Socijalni aspekt života pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta više je pogođen od aktivnosti svakodnevnog života [78].

Postoji više instrumenata koji se koriste u proceni funkcionalnog ishoda protetičke rehabilitacije, ali još uvek ne postoji konsenzus oko toga koje bi merilo ili koja bi merila bili najprikladnija, odnosno predstavljala zlatni standard. Merenje ishoda rehabilitacije sve više dobija na značaju pošto je neophodno sprovesti praksu zasnovanu na dokazima (engl. *evidence-based practice*), umesto prakse zasnovane na tradiciji i na anegdotama [79]. Instrumenti koji mogu da se koriste u proceni mobilnosti i funkcionalnosti kod ovih pacijenata su: test „ustani i kreni“ (engl. *timed up and go test* – TUG) koristi se kod procene mobilnosti, test dvominutnog hoda (engl. *2-minute walk test* – TMWT) takođe spada u grupu testova za procenu mobilnosti [80], test predikcije mobilnosti kod pacijenata sa amputacijom (engl. *The amputee mobility predictor*) [81], indeks sposobnosti lokomocije (engl. *Locomotor capability index*) [7] itd.

Merenje sposobnosti ambulacije pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta od posebnog je značaja pošto je ovo jedan od glavnih ciljeva rehabilitacionog tretmana [82, 83].

TUG su osmislili Mathias i sar. (1986) u svrhu ispitivanja poremećaja balansa kod starijih osoba [84]. Kasnije su Podsiadlo i Richardson (1991) modifikovali test i zaključili da je TUG brz, validan i pouzdan instrument za ispitivanje mobilnosti osoba starije životne dobi [85]. Schoppen i sar. (1999) u svom istraživanju zaključuju da se TUG može primenjivati kod

pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta kao brz, jednostavan i objektivni instrument za određivanje mobilnosti [83].

Testovi hoda (engl. *walking tests*) često se koriste za procenu uspeha tretmana protetičke rehabilitacije [86]. Krajem 60-tih godina Kuper (Cooper) je razvio 12-minutni test (trčanja) koji se koristio za testiranje kondicije mlađih muškaraca [87]. Ovaj test je kasnije doživeo modifikacije u test 12-minutnog hoda (engl. *12-minute walk test*), test 6-minutnog hoda (engl. *6-minute walk test*) i test dvominutnog hoda (engl. *two-minute walk test – TMWT*), koji su se izvodili u zatvorenom prostoru u svrhu ispitivanja tolerancije na fizičko opterećenje plućnih bolesnika [88, 89]. Ovi testovi se najčešće sprovode u zatvorenim hodnicima, a pacijentima se nalaže da hodaju od kraja do kraja hodnika kako bi prešli što je moguće veću distancu u zadanom vremenu. Kako većina pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta nije u stanju da hoda 6 minuta, posebno na početku rehabilitacionog tretmana, češće se primenjuje TMWT [80].

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

2.1. Ciljevi istraživanja

1. Utvrditi učestalost oboljenja i stanja kod osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta i ispitati njihov uticaj na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze.
2. Ispitati uticaj funkcionalnog statusa rezidualnog ekstremiteta na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze.
3. Ispitati uticaj vremenskog intervala između amputacije i započinjanja protetičke faze rehabilitacije na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze.

2.2. Hipoteze

1. Prateća oboljenja i stanja koja se javljaju kod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta negativno utiču na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze.
2. Viši nivo amputacije, ograničena pokretljivost i smanjena gruba mišićna snaga rezidualnog ekstremiteta nepovoljno utiču na sposobnost hoda uz pomoć proteze.

3. PACIJENTI I METODE

Istraživanje je sprovedeno kao retrospektivno-prospektivna studija i obuhvatilo je pacijente sa amputacijom donjih ekstremiteta kod kojih je sproveden rehabilitacioni tretman na Klinici za medicinsku rehabilitaciju Kliničkog centra Vojvodine u periodu 2000–2013.

Istraživanje se sastojalo iz dva dela.

U prvom, retrospektivnom delu prikupljeni su podaci o pacijentima kod kojih je sproveden program protetičke rehabilitacije u periodu 2000–2009. Prilikom pretraživanja arhive istorija bolesti Klinike za medicinsku rehabilitaciju identifikovane su sve istorije bolesti koje su imale reč „amputacija“ u dijagnozi. Sve identifikovane istorije pažljivo su pregledane i u odnosu na navedene kriterijume bile su uključene ili isključene iz daljeg istraživanja.

Kriterijumi za uključivanje u studiju:

1. pacijenti sa jednostranom amputacijom donjih ekstremiteta iznad nivoa skočnog zgloba koji su primljeni na stacionarni tretman protetičke rehabilitacije na Kliniku za medicinsku rehabilitaciju;
2. pacijenti koji su prvi put snabdeveni protezom (dolaze u obzir i pacijenti koji protezu dobiju u toku rehabilitacionog tretmana);
3. pacijenti koji razumeju i govore sprski jezik.

Kriterijumi za isključivanje iz studije:

1. pacijenti koji nisu snabdeveni protezom;
2. pacijenti kod kojih je protetička rehabilitacija sprovedena ranije;
3. pacijenti kod kojih je protetička rehabilitacija sprovedena u ambulantnim uslovima;

4. pacijenti sa amputacijom kontralateralnog ekstremiteta (izuzev pacijenata sa amputacijom nožnog prsta);
5. pacijenti kod kojih zbog razvoja komplikacija dalji rehabilitacioni tretman nije bio moguć (infarkt miokarda, infekcija rane, pneumonija i sl.);
6. pacijenti sa nepotpunom medicinskom dokumentacijom;
7. pacijenti koji nisu razumeli instrukcije za testiranje (prospektivna);
8. Pacijenti koji nisu dali pismeni informisani pristanak (prospektivna).

Kod pacijenata uključenih u istraživanje iz retrospektivnog dela istraživanja prikupljeni su sledeći podaci:

1. nivo amputacije,
2. starost pri prijemu,
3. pol,
4. vremenski interval od amputacije do prijema na protetičku rehabilitaciju,
5. dužina protetičke rehabilitacije,
6. bračni status (oženjen(udata)/ostalo),
7. sa kim pacijent živi (sa porodicom/ostalo),
8. zanimanje (penzioner, zaposlen, nezaposlen, domaćica, porodična penzija, poljoprivrednik, ostalo),
9. uzrok amputacije,
10. prisutna pridružena oboljenja (komorbiditeti):
 - 10.1. identifikovano je prisustvo pridruženih oboljenja prema funkcionalnom komorbiditetnom indeksu (engl. *Functional comorbidity index* – FCI) (Prilog 1) [90]

- 10.2. anemija
- 10.3. hipertenzija
- 10.4. kardiomiopatija
- 10.5. polineuropatija,
11. dužina trajanja šećerne bolesti,
12. da li je pušač,
13. nalaz psihologa,
14. broj lekova koje je pacijent uzimao pri prijemu,
15. prisustvo fantomskog bola,
16. komplikacije u toku tretmana,
17. obim pokreta rezidualnog ekstremiteta (RE):
 - 17.1. fleksija kuka
 - 17.2. ekstenzija kuka
 - 17.3. abdukcija kuka
 - 17.4. fleksija kolena (transtibijalni)
 - 17.5. ekstenzija kolena (transtibijalni)
 - 17.6. prisustvo kontrakture u kuku ili kolenu koja je definisana kao ograničena ekstenzija kuka ($<0^{\circ}$) ili kolena ($<-10^{\circ}$) rezidualnog ekstremiteta merena klasičnim goniometrom,
18. manuelno mišićni test (MMT) pokretača rezidualnog ekstremiteta:
 - 18.1. fleksori kuka
 - 18.2. ekstenzori kuka
 - 18.3. abduktori kuka
 - 18.4. fleksori kolena (transtibijalni nivo amputacije)

- 18.5. ekstenzori kolena (transtibijalni nivo amputacije),
19. funkcionalni status pri prijemu – mobilnost (invalidska kolica, kratko sa pomagalima, duže uz pomoć invalidskih kolica, samo uz pomagala),
20. pomagala koje je pacijent koristio na kraju rehabilitacionog tretmana,
21. nivo osposobljenosti za hod po završetku rehabilitacionog tretmana uz pomoć proteze.

Nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze na kraju rehabilitacionog tretmana predstavlja skalu od 5 stepeni: 0 – nije osposobljen za hod uz pomoć proteze, definisano je kao nemogućnost samostalnog hoda uz pomoć proteze, 1– osposobljen za hod na kratkim relacijama, odnosno za hod u kućnim uslovima, 2 – hod na srednjim relacijama odnosno hod na relacijama koje su bile moguće i izvan kuće, ali značajno ograničen, 3 – hod na srednjedugim relacijama, odnosno hod na relacijama izvan kućnih uslova uz minimalna ograničenja, 4 – hod na dugim relacijama, odnosno hod bez ograničenja. Ovo ocenjivanje sprovodili su viši fizioterapeuti po završetku rehabilitacionog tretmana.

Drugi, prospektivni deo istraživanja obuhvatio je 104 pacijenta koji su prošli program protetičke rehabilitacije na Klinici za medicinsku rehabilitaciju u periodu od 2010. do 2012. godine. Program medicinske rehabilitacije i u retrospektivnom i u prospektivnom delu bio je standardan program Klinike za medicinsku rehabilitaciju, prošli su ga svi pacijenti i sastojao se od obuke za postavljanje, skidanje proteze, vežbi balansa, vežbi hoda, vežbi usmerenih na sprečavanje ili korekciju postojećih kontraktura, jačanje pokretača rezidualnog ekstremiteta, vežbi za savladavanje arhitektonskih barijera itd. Sproveden je u stacionarnim uslovima na Klinici za medicinsku rehabilitaciju 5 dana nedeljno (vikendom pacijenti nisu vežbali).

Prospektivni deo se sastojao iz dve faze.

U prvoj fazi, pacijenti su po dolasku na rehabilitacioni tretman na Kliniku za medicinsku rehabilitaciju bili upoznati sa istraživanjem koje se sprovodi i po dobijanju pismenog informisanog pristanka prikupljeni su sledeći podaci:

1. Nivo amputacije (transtibijalni, transfemoralni)
2. Starost pri prijemu
3. Pol
4. Vremenski interval od amputacije do prijema na protetičku rehabilitaciju
5. Bračni status (oženjen(udata)/ostalo)
6. Sa kim pacijent živi (sa porodicom, ostalo)
7. Zanimanje (penzioner, zaposlen, nezaposlen, domaćica, porodična penzija, poljoprivrednik, ostalo)
8. Upitnik Multidimenzionalna skala ostvarene socijalne podrške (engl. *Multidimensional scale of perceived social support test* – MSPSS). Test se sastoji od 12 stavki podeljenih u tri grupe koje odražavaju podršku od strane porodice, podršku od strane prijatelja i podršku od strane partnera. Svaku stavku pacijent ocenjuje na skali od 1–7 gde veće vrednosti idu u prilog većoj socijalnoj podršci. Zbirne vrednosti skor sistema kreću se od 12 do 84 (Prilog 2) [91].
9. Nivo obrazovanja (koliko ima godina škole)
10. Telesna visina i težina (bez proteze)
11. Indeks telesne mase (engl. *body mass index* – BMI)
12. Dužina rezidualnog ekstremiteta (cm)
 - 12.1. transfemoralni rezidualni ekstremiteti: od donje ivice velikog trohantera do distalnog okrajka butne kosti.

12.2. transtibijalni rezidualni ekstremiteti: od zglobne pukotine kolena do distalnog kraja tibije.

13. Balans: traženo je od pacijenata da stoje na intaktnom ekstremitetu i štopericom je mereno vreme koliko su dugo bili u stanju da održe balans, a zatim su svrstani u jednu od grupa: 0 – nije moguće održavanje balansa, 1 – moguće održavanje balansa uz pomoć, 2 – moguće održavanje balansa samostalno manje od 10s, 3 – moguće održavanje balansa duže od 10 s. Pacijenti su bili u svojoj obući, dozvoljena im je proba stajanja pre nego što je započeto merenje vremena. Zbog bezbednosti, istraživač je stajao pored njih, a iza je bila stolica (ili invalidska kolica) kako bi se sprečio eventualni pad [92].

14. Uzrok amputacije (vaskularni, ostalo)

15. Prisutna pridružena oboljenja (komorbiditeti) identifikovana su iz medicinske dokumentacije pacijenta, anamneze i fizikalnog pregleda. Kriterijum za oštećen vid bio je da li pacijent može (i sa naočarima) da pročita font *times new roman* veličina 14, velika slova na papiru A4 formata. Oštećenje sluha je definisano kao otežana komunikacija čak i uz slušni aparat. Jak hronični lumbalni bol je definisan kao bol na numeričkoj skali veći od 6/10 u poslednjih mesec dana.

15.1.1. Identifikovano je prisustvo pridruženih oboljenja prema funkcionalnom komorbiditetnom indeksu (engl. *Functional comorbidity index* – FCI) (Prilog 1) [90].

15.1.2. Anemija

15.1.3. Hipertenzija

15.1.4. Kardiomiopatija

15.1.5. Polineuropatija

16. Dužina trajanja šećerne bolesti
17. Da li je pušač
18. Indeks paklo/godina (engl. *pack year*) – broj kutija cigareta koje je pacijent pušio u proseku dnevno pomnožen sa brojem godina koliko je pušio.
19. Broj lekova koje je pacijent uzimao pri prijemu
20. Fantomski bol
21. Obim pokreta rezidualnog ekstremiteta (mereno klasičnim goniometrom):
 - 21.1. fleksija kuka
 - 21.2. ekstenzija kuka
 - 21.3. abdukcija kuka
 - 21.4. adukcija kuka
 - 21.5. fleksija kolena (transtibijalni)
 - 21.6. ekstenzija kolena (transtibijalni)
 - 21.7. prisustvo kontrakture u kuku ili kolenu koja je definisana kao ograničena ekstenzija kuka ($<0^{\circ}$) i kolena ($<-10^{\circ}$) merena klasičnim goniometrom
22. Manuelno mišićni test (MMT) pokretača rezidualnog ekstremiteta
 - 22.1. ekstenzori kuka – modifikovali smo manuelno mišićni test za ekstenzore kuka u supiniranom položaju, opisan od strane Perry i sar. (2004) [93] i to tako da, bez obzira na nivo amputacije i dužinu rezidualnog ekstremiteta, u slučaju izostanka fleksije kuka ocena bude 4, u slučaju fleksije do 30° ocena bude 3, a u slučaju veće fleksije kuka pri testiranju ocena bude 2. Uz cele ocene, radi detaljnijeg opisa, istraživač je imao pravo da dodaje oznake plus i minus koje su označavale veću odnosno manju mišićnu snagu prema preporukama Zeca i sar. (1972) (Slika 8) [94].

Slika 8. Manuelno mišićni test za ekstenzore kuka u supiniranom položaju rezidualnog ekstremiteta (RE)



Slika 9. Manuelno mišićni test za ekstenzore kuka u supiniranom položaju intaktnog ekstremiteta (IE)



22.2. ekstenzori kolena (transtibijalni) – mereno klasičnim manuelno mišićnim testom [94, 95]

23. manuelno mišićni test – intaktni ekstremitet (IE) [94, 95]

23.1. ekstenzori kuka (slika 9)

23.2. plantarni fleksori

24. Funkcionalni status pri prijemu – mobilnost (invalidska kolica, kratko sa pomagalicama, duže uz pomoć invalidskih kolica, samo uz pomagala)

25. Testovi za procenu kognitivnog i afektivnog statusa

25.1. Mala skala za brzu procenu mentalnog statusa (engl. *Mini mental state examination* – MMSE) služi za brzu procenu aktuelnog kognitivnog statusa (Prilog 3). Sastoji se od 11 stavki pomoću kojih se ispituje prostorna i vremenska orijentacija, kratkotrajno verbalno pamćenje, pažnja i koncentracija, odložena reprodukcija upamćenog verbalnog materijala, sposobnost imenovanja predmeta, mogućnost izvršenja verbalnih ili pisanih naloga, gramatička struktura rečenice, grafomotorno izvođenje (precrtavanje). Niži sumacioni skor ukazuje na veći stepen kognitivnog oštećenja [96]

25.2. Bekova skala za procenu depresivnosti (engl. *Beck depression inventory* – BDI forma I) (Prilog 4) predstavlja jednodimenzionalnu skalu za procenu depresivnosti. Sastoji se od 21 pitanja sa mogućnošću gradiranja odgovora na četvorostepenoj skali od 0 do 3, pri čemu više vrednosti na ponuđenoj skali podrazumevaju prisustvo intenzivnije izraženih simptoma. Ukupni skor se izračunava jednostavnim sabiranjem svih odgovora dobijenih na 21 tvrdnju, a vrednosti ukupnog skora se kreću od 0 do 63, pri čemu viši skor ukazuje na izraženiju depresivnost [97].

U drugoj fazi, odnosno po završetku protetičke rehabilitacije prikupljeni su sledeći podaci:

1. dužina protetičke rehabilitacije,
2. da li je bilo komplikacija u toku tretmana,
3. pomagala koje je koristio/la na kraju rehabilitacionog tretmana,
4. procena nivoa osposobljenosti za hod na završetku rehabilitacionog tretmana (0–4),
5. test ustani i kreni (engl. *timed up and go* – TUG)

6. test dvominutnog hoda (engl. *2-minute walk test* – TMWT)

Poslednja dva testa su se izvodila po sledećem protokolu: svakom pacijentu je pre testiranja izmeren krvni pritisak, puls, upitan je kako se subjektivno oseća i, ako nije bilo kontraindikacija (sistolni krvni pritisak veći od 180 mmHg, dijastolni veći od 110, srčana frekvenca veća od 120/min, anginozni bolovi, nesvestica, malaksalost i sl.), pristupalo se testiranju pacijenta. Prvo je rađen TUG, i to na sledeći način: pacijent je na početku testiranja sedeo na standardnoj stolici sa naslonom za ruke (sedalo je na visini 47 cm, naslon za ruke na visini 74 cm), naslonjen svojim leđima na naslon stolice uz ruke na naslonima i pomagalom za kretanje koje je koristio u ruci. Pacijenti su hodali u svojoj obući i koristili su pomagala kojima su se služili u toku rehabilitacionog tretmana. Nakon sedanja u stolicu, pacijentu je objašnjeno šta treba da uradi, belom trakom bila je obeležena distanca 3 m od stolice. Pacijent je upitan da li je spreman, ako bi odgovor bio potvrđan, na znak „sad“ startovana je štoperica. Pacijent je ustajao sa stolice, hodao do bele trake na podu, okretao se, vraćao do stolice i ponovo sedao. Kraj testa, odnosno zaustavljanje štoperice definisano je kao momenat kada je zadnjica dodirnula sedalo stolice. Pacijenti su sami odabirali brzinu kojom će se kretati i koja je za njih bila bezbedna. Vreme je mereno u sekundama [98].

TMWT je sproveden nakon TUG, pacijenti su sedeli nekoliko minuta nakon prethodnog testa, a potom, kada bi potvrdili da su spremni, prešli bi u hodnik u obliku slova L sa dužim krakom 35 m, a kraćim 15 m dužine. Pacijentima je objašnjeno kuda treba da se kreću i skrenuta im je pažnja da idu onom brzinom koja im najviše odgovara. Test bi započinjao na početku hodnika i ako bi pacijent došao do kraja L putanje (50 m) nakon brzog okreta vraćao bi se nazad na početak hodnika itd. Sve instrukcije su davane pacijentu pre početka testa, a po potrebi u toku testiranja pored lekara koji je sprovodio test bio je prisutan i fizioterapeut. Test je započinjao iz

stojećeg položaja kada bi se davao znak „sad“ i startovala štoperica. Nakon isteka dva minuta, beležilo bi se mesto dokle je ispitanik stigao, zatim bi seo na stolicu, odmah bi se registrovali puls, potom krvni pritisak, a onda bi pacijent na Borg skali zaokružio koliko se subjektivno umorio prilikom hoda. Nakon toga, metarskom trakom merena je i zabeležena dužina koju je prešao u metrima.

Nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze (0–4 skala) procenjivali su terapeuti nezavisno od prethodno navedenih testiranja, a kasnije je uvidom u istoriju bolesti identifikovan procenjen nivo.

Svaki pacijent iz prospektivne studije dao je pismeni informisani pristanak na učešće u ovom istraživanju. Studija je dobila saglasnost za sprovođenje od strane Etičke komisije Kliničkog centra Vojvodine i Medicinskog fakulteta u Novom Sadu.

Za svakog pacijenta iz retrospektivnog i prospektivnog dela istraživanja procenjen je, od strane višeg fizioterapeuta, nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze (0–4 skala) pri završetku rehabilitacionog tretmana na Klinici za medicinsku rehabilitaciju.

STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Statistička analiza podataka sprovedena je pomoću statističkog programa SPSS. Karakteristike pacijenata prikazane su putem deskriptivne statistike. Poređenje karakteristika pacijenata prema osposobljenosti za hod izvršeno je pomoću χ^2 testa, analize varijanse i Kruskal–Valisovog testa. Poređenje karakteristika pacijenata prema studiji sprovedeno je pomoću t-testa i χ^2 testa. Međusobni uticaj karakteristika meren je pomoću Pirsonovog i Spirmanovog koeficijenta korelacije. Za utvrđivanje zavisnosti između karakteristika pacijenata kao nezavisnih varijabli i osposobljenosti za hod kao zavisne varijable upotrebljena je ordinalna

regresija, dok je pri analizi TUG i TMWT upotrebljena linearna regresija. Kao kritična p vrednost izabrana je $p=0,05$. Rezultati su prikazani u tabelama i grafikonima sa pratećim tekstualnim komentarom.

PRIMENA ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA

Kao alternativni pristup u konvencionalnoj medicinskoj dijagnostici i prognozi često se koriste algoritmi mašinskog učenja budući da su efikasni u radu sa nekompletnim i zašumljenim podacima, kao i u radu sa malim skupovima podataka. Veštačke neuronske mreže (engl. *artificial neural networks* – ANN) i fazi-sistemi (engl. *fuzzy systems*) najčešće su korišćeni algoritmi u medicinskoj dijagnostici i prognozi. U poslednje vreme, sve više se koriste algoritmi bazirani na potpornim vektorima (engl. *support vector machines* – SVM) jer u odnosu na prethodno pomenute tehnike imaju veću sposobnost generalizacije i daju bolje rezultate kada se raspolaze relativno malim uzorkom podataka za obuku, što je najčešće slučaj u praksi [99-103]. Ovaj algoritam korišćen je i u eksperimentima vršenim u okviru ovog rada, pa će u nastavku biti detaljnije objašnjene njegove teorijske osnove, varijante i način upotrebe. U daljem izlaganju za ovu vrstu algoritma koristićemo skraćenicu engleskog naziva, SVM.

Teorijske osnove SVM

SVM su utemeljeni 60-ih godina prošlog veka, kao tehnika bazirana na teoriji statističkog učenja [104] i mogu biti primenjene u klasifikaciji i regresiji. Međutim, svoju punu primenu u praksi ostvaruju tek početkom 90-ih godina, unapređenjem računarske tehnike koja je neophodna za njihovu praktičnu implementaciju. Ovde ćemo predstaviti samo osnove SVM teorije, dok se mnogo detaljnija razmatranja mogu pronaći u literaturi [104, 105].

Klasifikacija primenom SVM

Problem binarne klasifikacije koja podrazumeva da se vrši raspodela u jedno od dva moguća stanja (kao na primer tačno/netačno, zdrav/bolestan, ispravan/neispravan...) može se posmatrati kao problem pronalaženja nepoznate funkcije $y = g(\mathbf{x}): \mathfrak{R}^n \rightarrow \{+1, -1\}$ na osnovu l parova podataka $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l)$ koji predstavljaju proizvoljne vrednosti $g(\mathbf{x})$. Kao i druge tehnike klasifikacije (veštačke neuronske mreže, fazi sistemi...) SVM zapravo traži aproksimaciju $f(\mathbf{x})$ funkcije $g(\mathbf{x})$ gde je $f(\mathbf{x}): \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$, a zatim uzima

$$y = \text{sign}(f(\mathbf{x})) = \begin{cases} +1, & \text{ako je } f(\mathbf{x}) \geq 0 \\ -1, & \text{ako je } f(\mathbf{x}) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Tačnije, glavna ideja binarnog SVM klasifikatora jeste: Odrediti aproksimirajuću funkciju $f(\mathbf{x})$ u funkciji hiperplana H , koji ima ulogu razdvajajuće margine za dva stanja sistema A i B, u prostoru merenih promenljivih \mathbf{x} :

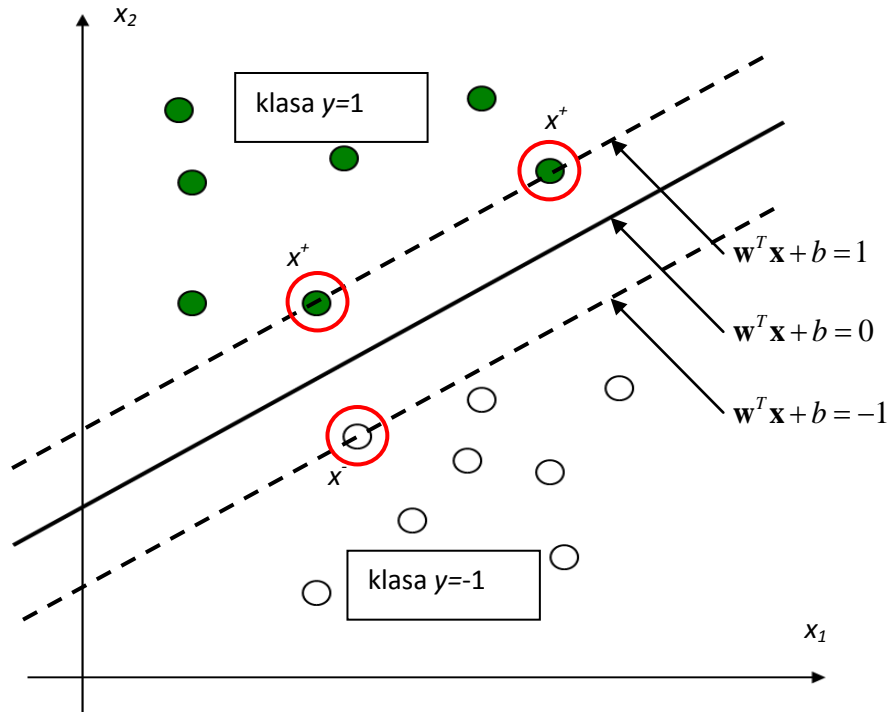
$$H: \mathbf{w}\mathbf{x} + b = 0 \quad (2)$$

kao i dva hiperplana H_1 i H_2 koji su paralelni sa H :

$$H_1: \mathbf{w}\mathbf{x} + b = +1 \quad H_2: \mathbf{w}\mathbf{x} + b = -1 \quad (2a)$$

uz uslov da ne postoje tačke između H_1 i H_2 i da je razmak između H_1 i H_2 (margina) maksimalan [105, 106] (Slika 10).

Slika 10. Linearni hiperplan i margina



Označimo sa d_+ (d_-) = $1/\|\mathbf{w}\|$ najkraće rastojanje od razdvajajućeg hiperplana H do najbliže pozitivne (negativne) tačke, tada je rastojanje između H_1 i H_2

$$d_+ + d_- = 2/\|\mathbf{w}\| \quad (3)$$

Vektor težina $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_n)$ i scalar b (bias) određuju se kroz proces učenja sa nadzorom na skupu podataka $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l)$.

Problem se može formulirati kao:

$$\text{Min}_{\mathbf{w}, b} \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \mathbf{w} \quad (4)$$

tako da je $y_i(\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b) \geq 1$.

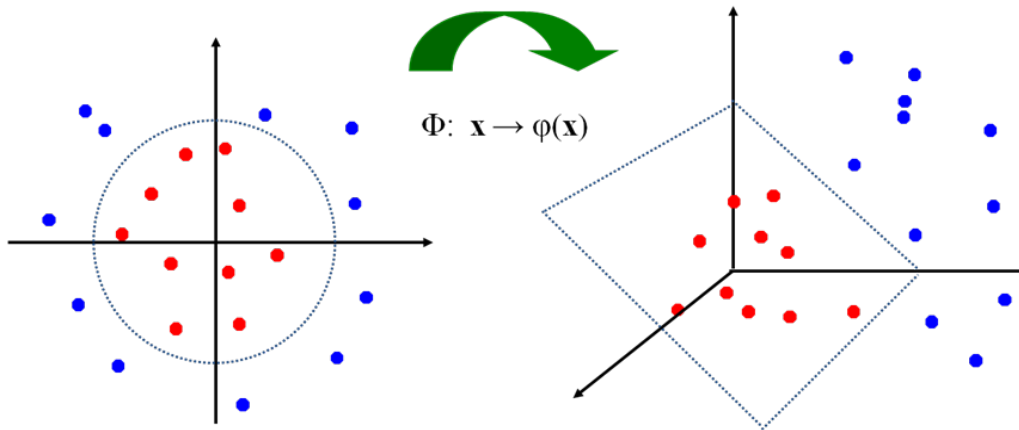
Ovo predstavlja problem kvadratnog programiranja (engl. *quadratic programming*) [107]. Uvodeći Lagranževu formulaciju sa Lagranževim množiteljima [108] $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_l), \alpha_i \geq 0$ optimizacioni problem postaje

$$\text{Min}_{\mathbf{w}, b, \alpha} L_p(\mathbf{w}, b, \alpha) \quad (5)$$

gde Lagranžijan $L_p = \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \mathbf{w} - \sum_i (\alpha_i y_i (\mathbf{w} \mathbf{x}_i + b) - \alpha_i)$ mora biti minimizovan po \mathbf{w}, b i α .

Ako površina koja razdvaja dve klase nije linearna, uvodi se funkcija $\Phi()$ koja transformiše ulazne podatke $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l)$ iz niskodimenzionalnog prostora u visokodimenzionalni prostor u kome su linearno separabilni (Slika 11).

Slika 11. Kernel funkcija



U praksi, aproksimirajuća funkcija $f(\mathbf{x})$ ima oblik

$$f(\mathbf{x}) = b + \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i K(x_i, x) \quad (6)$$

gde je $K(u, v)$ simetrična kernel funkcija¹. Simetrična funkcija je kernel funkcija ako zadovoljava Mercerovu teoremu [104]. Neke od poznatijih kernel funkcija su sigmoidna, polinomijalna, RBF itd. [105].

Izbor tipa kernel funkcije vrši se eksperimentalno, dok se vrednost karakterističnih parametara funkcije određuje iterativno ili primenom optimizacionih postupaka, gde se kao kriterijum optimalnosti usvaja tačnost klasifikacije na skupu za obuku [106].

U opštem, nelinearnom slučaju, Lagranževi množitelji iz (6) određuju se rešavanjem problema kvadratnog programiranja:

$$\text{Min}_\alpha \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) - \sum_{i=1}^l \alpha_i \quad (7)$$

uz uslov

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0, \quad 0 \leq \alpha_i \leq C, i = 1, \dots, l \quad (7a)$$

Konstanta C koja utiče na vezu između greške aproksimacije i norme težinskih vektora $\|w\|$ je proizvoljan parametar koji bira korisnik. Porastom konstante C “kažnjavaju” se veće greške što ima za posledicu da greška aproksimacije opada. Međutim, ovo može biti postignuto jedino povećanjem norme težinskih vektora $\|w\|$. U isto vreme, povećanje $\|w\|$ ne garantuje dobru sposobnost generalizacije dobijenog modela.

Jasno je da postoji veza između skalara α_i i tačaka skupa za obuku (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, l$. Kada je $\alpha_i = 0$ tada odgovarajući par (x_i, y_i) uopšte ne figuriše u sumi (6). Samo tačke x_i za koje je $\alpha_i \neq 0$ određuju oblik funkcije $f(\mathbf{x})$. Ove tačke leže na H_1 i H_2 i nazivaju se vektori podrške (engl. *support vectors*).

¹ Pojam kernel funkcije biće objašnjen u daljem tekstu.

Broj vektora podrške za posmatrani problem klasifikacije je u uskoj vezi sa sposobnošću generalizacije SVM klasifikatora. Naime, što je manji broj vektora podrške, to je veća tačnost klasifikatora.

Iako je SVM algoritam originalno razvijen za binarnu klasifikaciju, on se može koristiti i u slučaju kada se podaci dele u više od dve klase. Standardan algoritam za rešavanje ovakvog problema je rastavljanje problema od M -klasa na seriju problema dve klase i konstrukcija više binarnih klasifikatora. Najčešće korišćen pristup je metod "jedan protiv svih", koji konstruiše M binarnih SVM klasifikatora gde i -ti klasifikator razdvaja klasu i od svih ostalih klasa. Ovaj metod korišćen je u formiranju klasifikacionih modela za predikciju nivoa osposobljenosti za hod.

Regresija primenom SVM

Problem regresije može se definisati na sledeći način: algoritmu mašinskog učenja je dato l podataka za obuku na osnovu kojih on pokušava da "nauči" ulazno-izlazne relacije (zavisnost, preslikavanje ili funkciju) $f(x)$. Set podataka za obuku $D = \{[x(i), y(i)] \in \mathfrak{R}^n \times \mathfrak{R}, i = 1, \dots, l\}$ se sastoji od l parova $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l)$, gde su ulazi x_i n -dimenzionalni vektori $x \in \mathfrak{R}^n$, izlazi sistema $y \in \mathfrak{R}$ su kontinualne vrednosti. Ove veze ulazno-izlaznih relacija po pravilu predstavljaju složene zavisnosti koje se ne mogu opisati uobičajnim matematičkim relacijama, koje bi možda bile karakteristične za razmatranje problema ovog tipa.

Posmatramo regresioni hiperplan (SVM model kojim se vrši aproksimiranje funkcije):

$$f(x, w) = w^T \Phi(x) + b. \quad (8)$$

gde je $\Phi(x)$ nelinearno preslikavanje kojim se problem nelinearne regresije iz niskodimenzionalnog prostora ulaznih podataka pretvara u problem linearne regresije u

visokodimenzionalnom prostoru, w je vektor normale regresionog hiperplana koji, između ostalog, definiše kapacitet modela [109], dok je b slobodni član.

Koeficijente w i b dobijamo minimizacijom izraza za funkciju stvarne greške [110]:

$$R = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{k=1}^l |y_k - f(x_k, w)|_{\varepsilon} \quad (9)$$

gde je:

$\|w\|^2$ - norma vektora težina čija je uloga da ograniči kapacitet modela u cilju što bolje generalizacije modela,

$$|y - f(x, w)|_{\varepsilon} = \begin{cases} 0, & |y - f(x, w)| \leq \varepsilon \\ |y - f(x, w)| - \varepsilon, & |y - f(x, w)| > \varepsilon \end{cases} \quad (10)$$

Vapnikova funkcija greške sa ε -zonom neosetljivosti (engl. *Vapnik's linear loss function with ε -insensitivity zone*) koja predstavlja meru greške aproksimacije.

Parametri koji se koriste za konstruisanje SVM su: ε širina zone neosetljivosti (u slučaju regresije), kazneni parametar C i parametar koji određuje oblik izabrane kernel funkcije [111] (npr. Varijansu kod Gausovog kernela, red polinoma kod polinomijalnog kernela). Sva tri parametra bira korisnik, najčešće na osnovu vrednosti parametara dobijenih krosvalidacijom (engl. *cross-validation*) ili primenom neke optimizacione tehnike.

Priprema podataka za obuku i rezultati dobijeni primenom SVM

Za generisanje i simulaciju rada SVM korišćen je softver LIBSVM [112] koji predstavlja biblioteku funkcija za modelovanje SVM i koja uključuje i implementaciju biblioteke funkcija za rešavanje regresionog i klasifikacionog problema. Potrebno je pripremiti podatke tako da su

pogodni za obuku SVM modela, a zatim ih prebaciti u format koji je zahtevan softverom LIBSVM. Najpre je potrebno odabrati tipove podataka (attribute) koji će formirati skup za obuku, pošto različiti tipovi podataka uvršteni u skup za obuku daju različite SVM modele. Izbor atributa vršen je na osnovu prethodne analize medicinskih parametara i njihovih uticaja na odabrane izlazne parametre.

Za rešavanje ovog problema izabran je RFB (engl. *radial basis function*) kernel. Ovakav izbor kernela, pored parametara C i ϵ , zahteva određivanje još jednog parametra, δ koji određuje oblik izabrane kernel funkcije. U ovom radu za potrebe izbora parametara SVM modela (C , ϵ , δ) korišćen je PSO algoritam [113, 114]. Cilj je odabrati one parametre za koje SVM model daje što manju vrednost greške predikcije kada su na ulaz u SVM dovedeni novi podaci (tj. test podaci).

4. REZULTATI

4.1. RETROSPEKTIVNI DEO ISTRAŽIVANJA

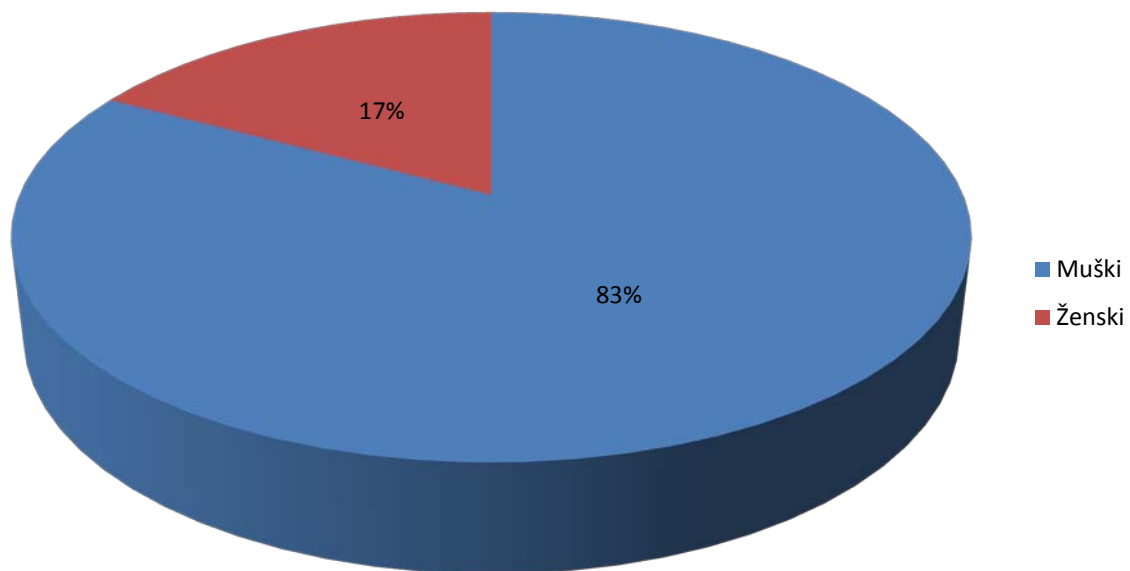
4.1.1. OPŠTE KARAKTERISTIKE PACIJENATA

U retrospektivnoj studiji u periodu 2000-2009. identifikovana su 373 pacijenta kod kojih se u glavnoj dijagnozi nalazila reč „amputacija“, od toga kriterijume za uključivanje u istraživanje nije ispunilo 110 pacijenata (30 bilateralnih amputacija, kod 32 ranije sprovedena protetička rehabilitacija, 27 nisu snabdeveni protezom, kod 9 nekompletna medicinska dokumentacija, kod 10 razvoj komplikacija, 2 amputacija gornjeg ekstremiteta). U istraživanje su uključena 263 pacijenta.

Tabela 1. Starost pacijenata pri prijemu na rehabilitaciju (retrospektivna)

	N	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Std. Devijacija
starost pri prijemu na rehabilitaciju	263	24	82	60,82	9,274

Grafikon 1. Struktura pacijenata prema polu (retrospektivna)



Većinu pacijenata činile su osobe muškog pola (83%), a prosečna starost bila je 60,82 godina (Tabela 1).

Tabela 2. Socijalno-profesionalne karakteristike pacijenata (retrospektivna)

Socijalno-profesionalne karakteristike	N	%	Validan %	
Sa kim živi	Sam	36	13,7	13,8
	Sa porodicom	220	83,7	84,3
	U domu ili sličnoj ustanovi	4	1,5	1,5
	Ostalo	1	0,4	0,4
	Ukupno	261	99,2	100,0
	Nedostaju podaci	2	0,8	
	Ukupno	263	100,0	
Bračni status	Oženjen/udata	192	73,0	75,6
	Razveden	16	6,1	6,3
	Uovac	27	10,3	10,6
	Neoženjen/neudata	19	7,2	7,5
	Ukupno	254	96,6	100,0
	Nedostaju podaci	9	3,4	
	Ukupno	263	100,0	
Zanimanje	Penzioner	164	62,4	62,6
	Zaposlen	32	12,2	12,2
	Nezaposlen	29	11,0	11,1
	Domaćica	17	6,5	6,5
	Porodični pensioner	3	1,1	1,1
	Poljoprivrednik	17	6,5	6,5
	Ukupno	262	99,6	100,0
	Nedostaju podaci	1	0,4	
Ukupno	263	100,0		

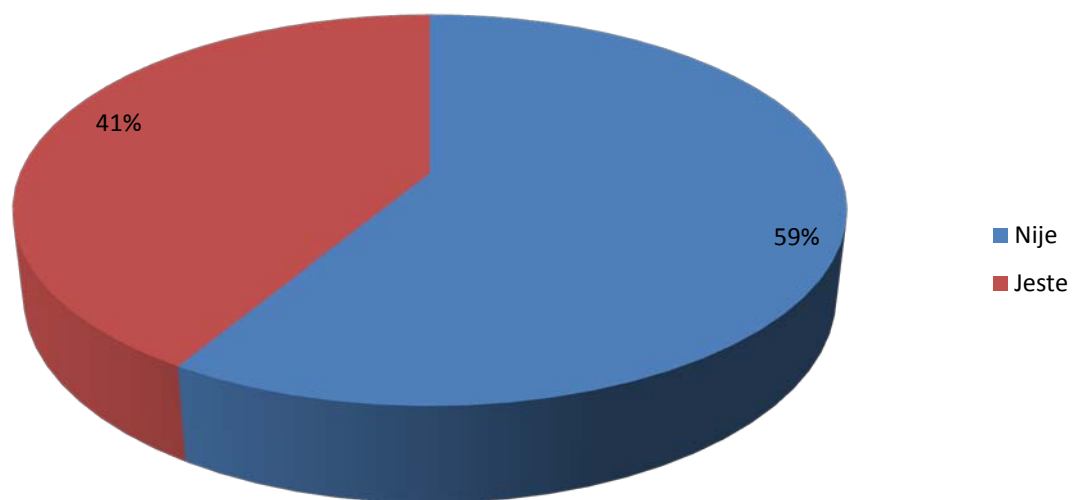
Najveći broj pacijenata živeo je sa svojom porodicom, njih 83,7%, većina je bila oženjena ili udata (75,6%) i više od polovine su bili pensioneri (62,6%).

Tabela 3. Uzrok amputacije (retrospektivna)

Uzrok amputacije	N	%	Validan %
Vaskularni	236	89,7	90,1
Trauma	16	6,1	6,1
Ostalo	10	3,8	3,8
Ukupno	262	99,6	100,0
Nedostaju podaci	1	0,4	
Ukupno	263	100,0	

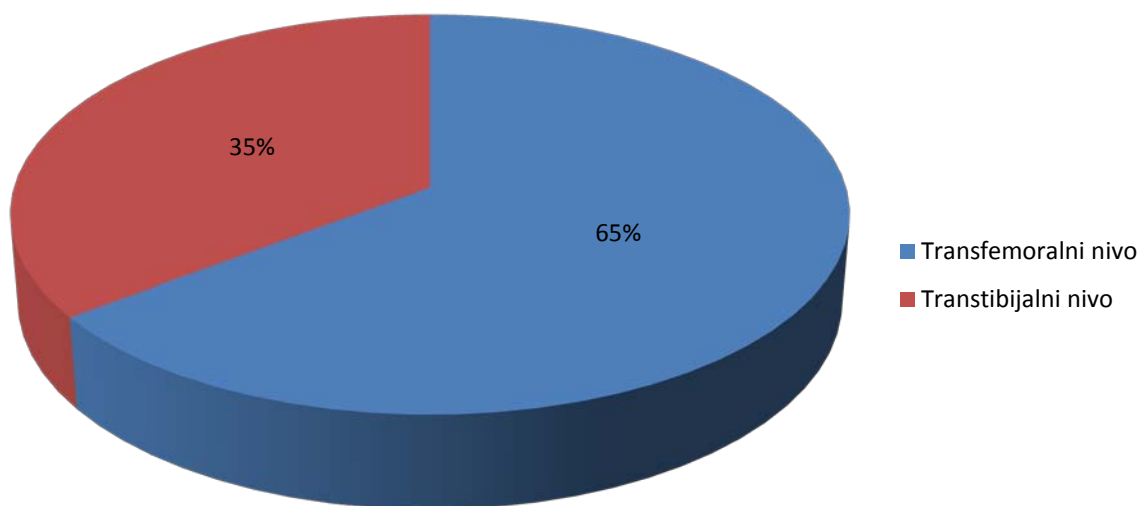
Najčešći uzrok amputacije bio je vaskularne etiologije 89,7%.

Grafikon 2. Struktura pacijenata prema pušačkom statusu (retrospektivna)



U retrospektivnoj studiji 59% (108) pacijenata bili su pušači.

Grafikon 3. Zastupljenost nivoa amputacije kod pacijenata koji su uključeni u studiju (retrospektivna)



Kod 65% pacijenata bio je zastupljen transfemoralni nivo amputacije, a kod 35% pacijenata transtibijalni nivo.

Tabela 4. Vremenski interval (u danima) od amputacije do započinjanja protetičke rehabilitacije i trajanje protetičke rehabilitacije (retrospektivna)

Vremenski intervali (u danima)	N	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Std. Devijacija
Vreme od amputacije do protetisanja	261	28	973	186,22	154,420
Vreme protetičke rehabilitacije	263	4	93	30,14	15,331

Vremenski interval od amputacije do početka protetičke rehabilitacije u proseku je iznosio 186,22 dana, a trajanje protetičke rehabilitacije u proseku je iznosilo 30,14 dana.

Tabela 5. Postojanje fantomskog bola kod pacijenata (retrospektivna)

Fantomski bol	N	%	Validan %
Nema	135	51,3	72,2
Ima	52	19,8	27,8
Ukupno	187	71,1	100,0
Nedostaju podaci	76	28,9	
Ukupno	263	100,0	

Fantomski bol nije bio prisutan kod 72,2% pacijenata, a postojao je kod 27,8%.

**Tabela 6. Vrednosti obima pokreta (u stepenima) rezidualnog ekstremiteta
(retrospektivna)**

		Prosek (°)	Std. Devijacija	Min.	Maks.	N	Nedostaju podaci
	fleksija	104,22	12,719	60	125	243	20¹
kuk	ekstenzija	8,45	9,185	-20	30	239	24¹
	abdukcija	34,28	11,447	0	45	230	33¹
	fleksija	121,61	15,173	50	135	84	9²
koleno	ekstenzija	-2,00	6,866	-40	0	84	9²

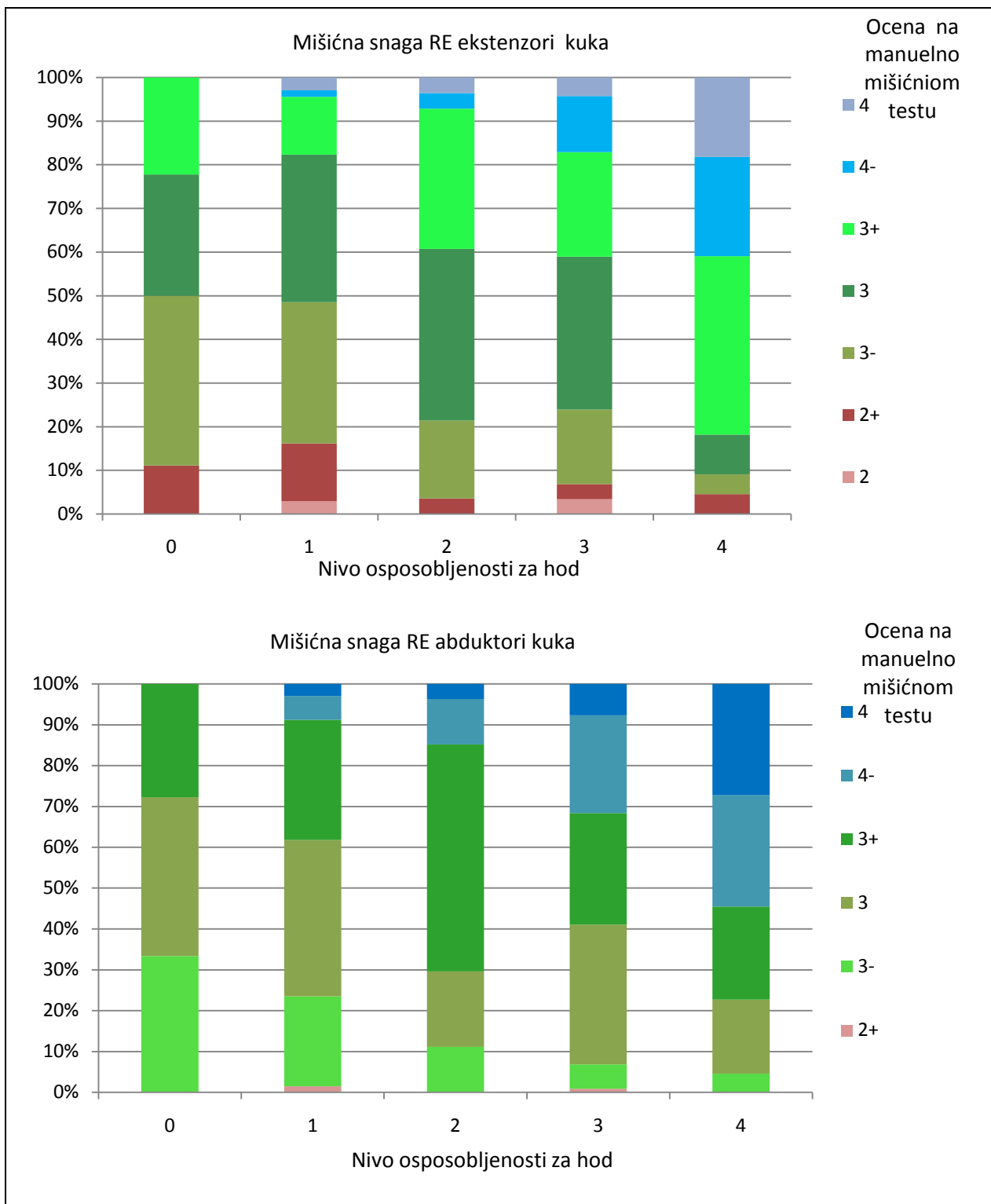
¹od ukupno 263 pacijenata

²od ukupno 93 pacijenata sa transtibijalnom amputacijom

Prosečna ekstenzija u zglobu kuka rezidualnog ekstremiteta iznosila je 8,45°, a fleksija 104,22°.

Grafikon 4. Mišićna snaga pokretača rezidualnog ekstremiteta (RE)

(izraženo u ocenama prema MMT) (retrospektivna)



Viši nivoi osposobljenosti imali su više ocene mišićne snage ekstenzora i abduktora kuka prema manuelno mišićnom testu.

Tabela 7. Najčešće komplikacije u toku rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)

Komplikacije	N	%
Hiper-hipoglikemija	70	26,6
Nažuljan rezidualni ekstremitet	48	18,3
Hipertenzija	35	13,3
Urinarna infekcija	15	5,7
Infekcija rane	9	3,4
Ostalo	42	16,0

Najčešća komplikacija u toku rehabilitacionog tretmana bila je hiper-hipoglikemija koja se javljala kod osoba sa šećernom bolesti i činila je 26,6% registrovanih komplikacija.

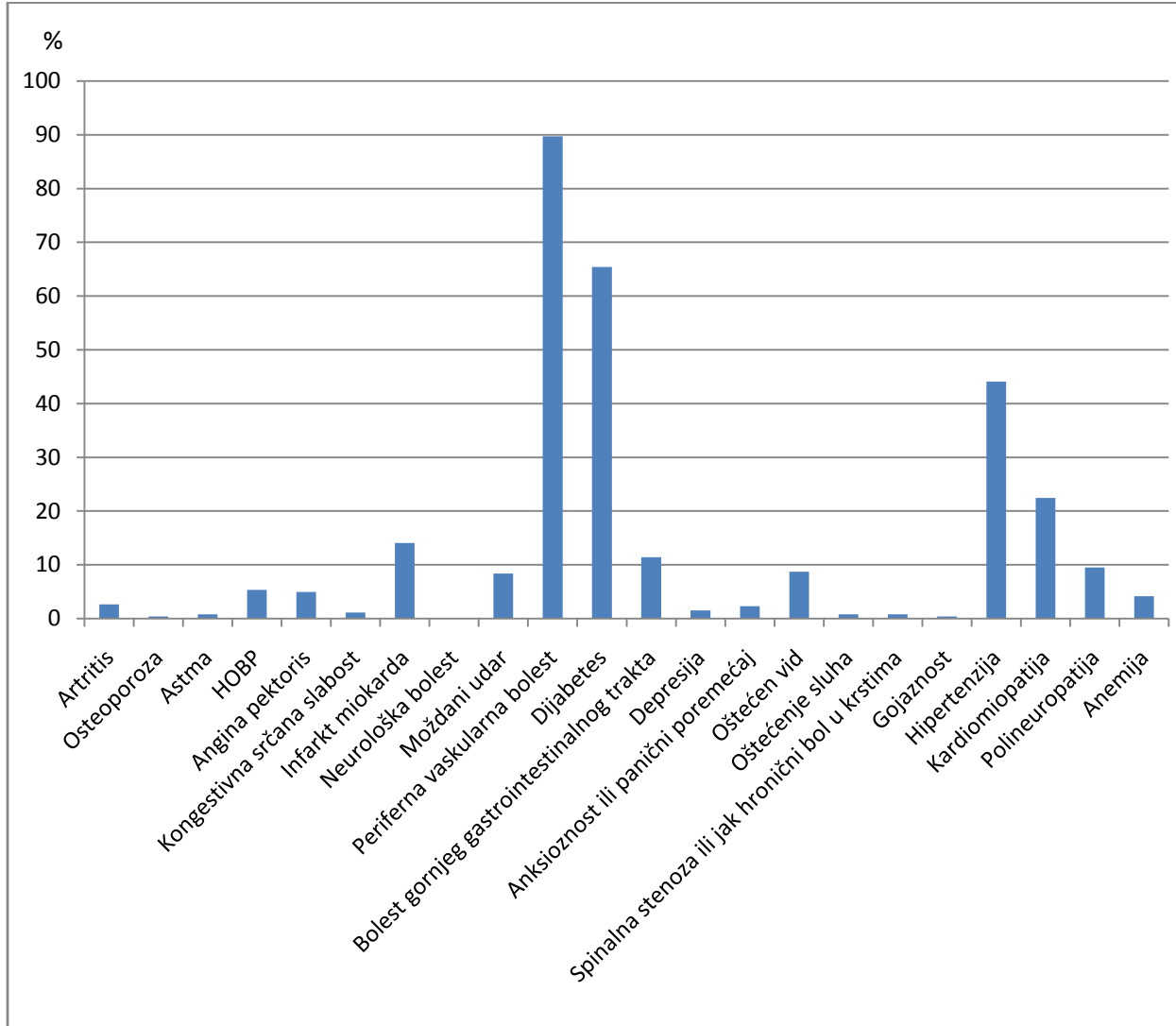
4.1.2. PRATEĆE BOLESTI I STANJA (KOMORBIDITETI)

Tabela 8. Funkcionalni komorbiditetni indeks (FCI) (retrospektivna)

FCI	N	Srednja vrednost	Std. Devijacija	Minimum	Maksimum
Ukupno	263	2,19	1,034	0	5

Prosečna vrednost FCI iznosila je 2,19 (od maksimalnih 18).

Grafikon 5. Komorbiditeti (retrospektivna)



Pacijenti su najčešće bolovali od periferne vaskularne bolesti 89,7% (236 pacijenata), zatim od dijabetesa melitus 65,4% (172 pacijenta), hipertenzije 44,1% (116 pacijenata), kardiomiopatije 22,4% (59 pacijenata), infarkta miokarda 14,1% (37 pacijenata), bolesti gornjeg gastrointestinalnog trakta 11,4% (30 pacijenata), oštećenog vida 8,8% (23 pacijenta), moždani udar je imalo 8,4% (22 pacijenta).

Tabela 9. Najčešće korišćena farmakoterapija (retrospektivna)

Vrsta	N	%
Kardiovaskularna farmakoterapija	235	89,4
Antidijabetesna farmakoterapija	169	64,3
Analgetici i NSAID¹	59	22,4
Anksiolitici	82	31,2
Farmakoterapija za pojačanu želudačnu kiselinu, peptični ulkus i GERB²	18	6,8
Antibiotici	13	4,9

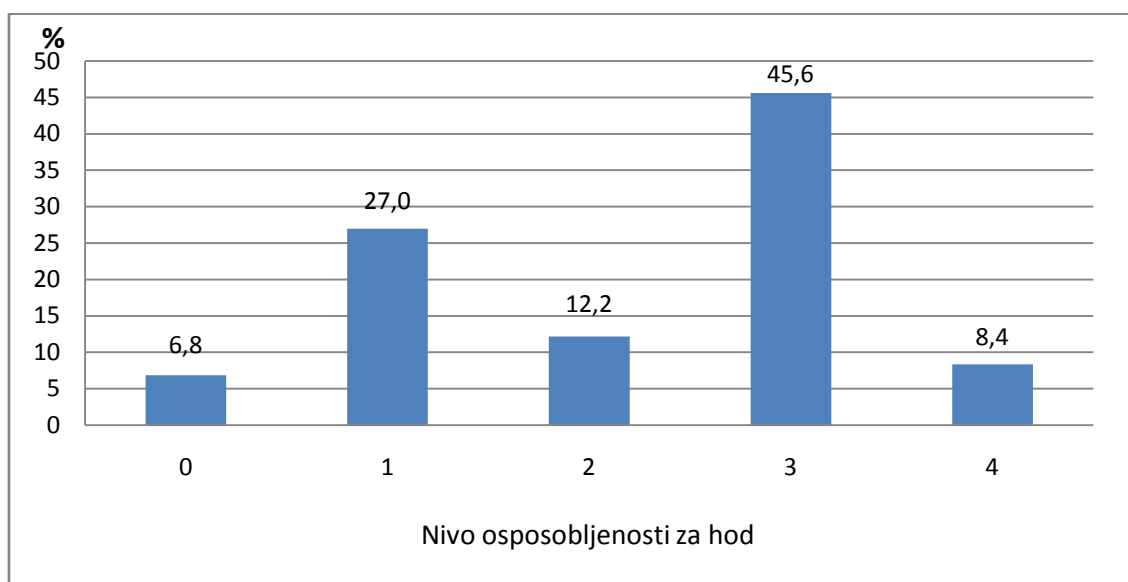
¹ Nesteroidni antiinflamatorni lekovi

²Gastroezofagealna refluksna bolest

Najveći broj pacijenata uzimao je kardiovaskularnu farmakoterapiju (89,4%), zatim sledi antidijabetesna farmakoterapija (64,3%).

4.1.3. ISHOD MEDICINSKE REHABILITACIJE

Grafikon 6. Nivo osposobljenosti za hod nakon sprovedene protetičke rehabilitacije (retrospektivna)



Nakon završetka rehabilitacionog tretmana 6,8% (18 pacijenata) nije osposobljeno za samostalan hod uz pomoć proteze (nivo 0), 27% (71 pacijent) je bilo osposobljeno za hod u okviru nivoa 1, 12,2% (32 pacijenata) u okviru nivoa 2, 45,6% (120 pacijenata) u okviru nivoa 3, a 8,4% (22 pacijenta) u okviru nivoa 4.

Tabela 10. Učestalost korišćenja ortotskih pomagala po završetku rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)

Ortotska pomagala	N	%	Validan %
Štap	33	12,5	12,6
1 podlakatna štaka	14	5,3	5,3
Podlakatne štake	90	34,2	34,4
Potpazušne štake	92	35,0	35,1
Hodalica	15	5,7	5,7
Invalidska kolica	18	6,8	6,9
Ukupno	262	99,6	100
Nedostaju podaci	1	0,4	
Ukupno	263	100,0	

Više od polovine pacijenata (69,2%) po završetku rehabilitacionog tretmana koristilo je štake (podlakatne ili potpazušne).

4.1.4. UNIVARIJATNA ANALIZA

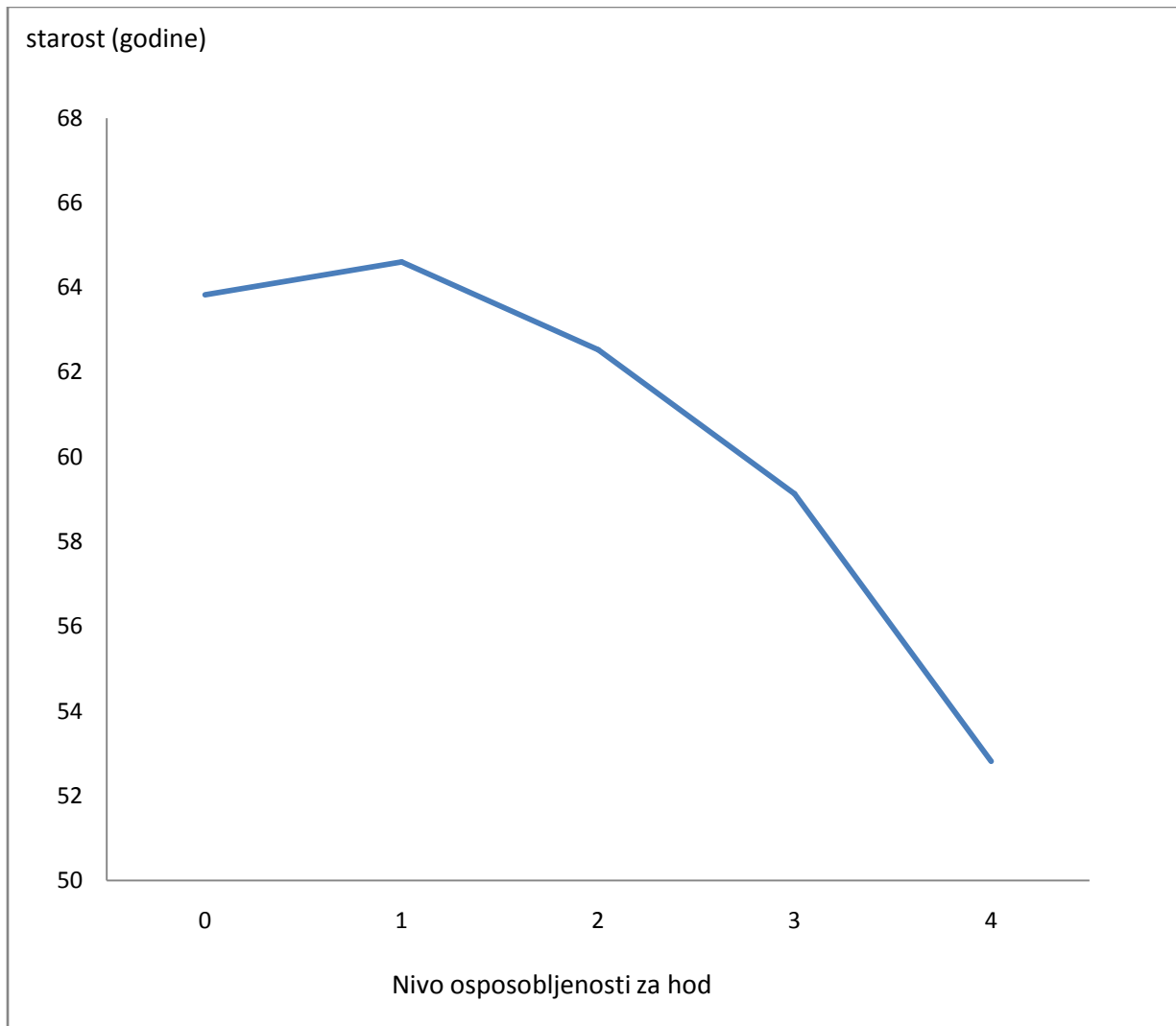
Tabela 11. Uticaj opštih karakteristika na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze na kraju rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)

KARAKTERISTIKA	STATISTIKA TESTA	p
nivo amputacije (transtibijalna/transfemoralna)	17,520 ^{χ²}	0,002 **
Pol (muško/žensko)	9,781 ^{χ²}	0,044*
starost	10,000 ^F	<0,001 **
vremenski period od amputacije do protetičke rehabilitacije (u danima)	0,293 ^F	0,882
vreme protetičke rehabilitacije (u danima)	1,499 ^F	0,203
s kim živi (porodica/ostalo)	1,554 ^{χ²}	0,817
partner (ima/nema)	1,856 ^{χ²}	0,762
uzrok amputacije (vaskularni/ostalo)	2,866 ^{χ²}	0,581
strana amputacije (leva/ desna)	1,545 ^{χ²}	0,819
fantomski bol (da/ne)	2,252 ^{χ²}	0,609

^{χ²} Statistika Pirson χ^2
^F Statistika Anova F
* p<0,05
** p<0,01

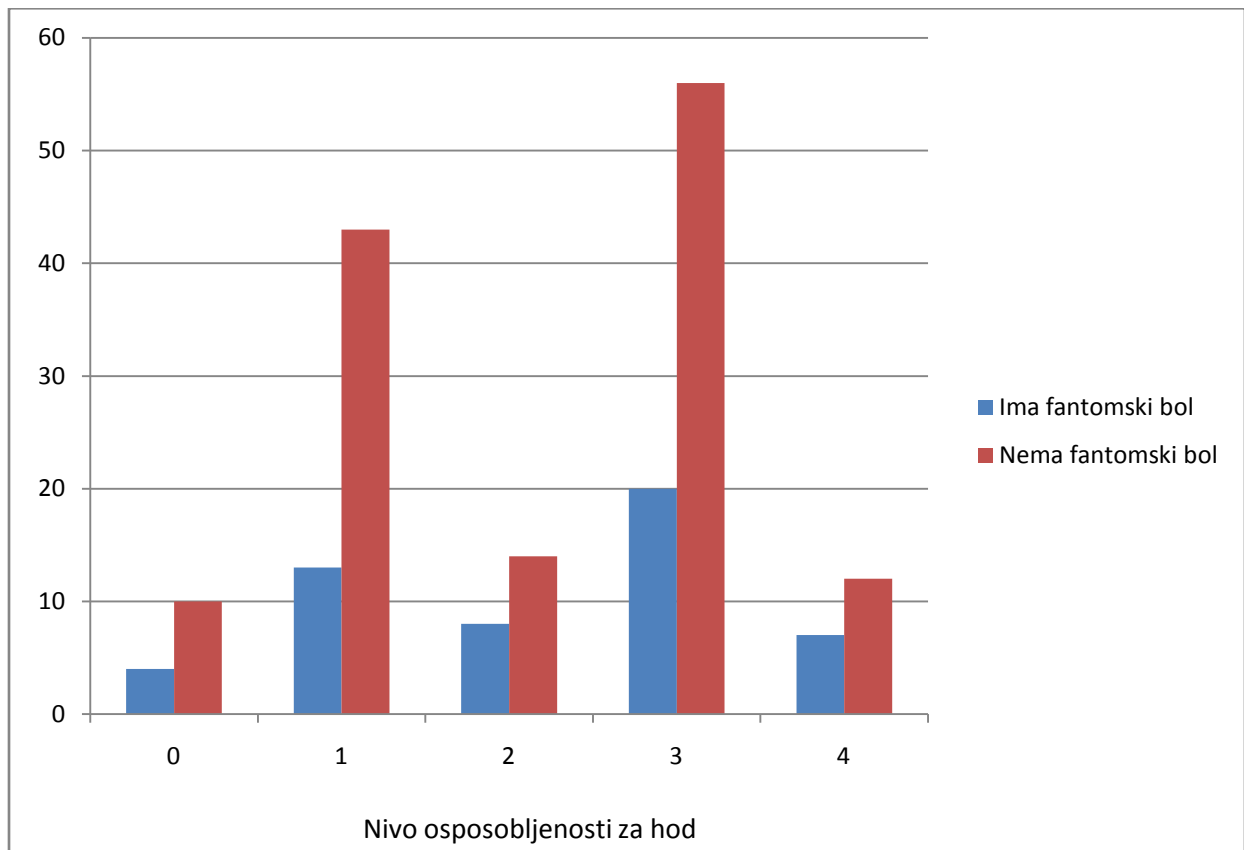
Na osnovu p vrednosti (0,002, 0,044) može se zaključiti da postoje statistički značajne razlike u nivou osposobljenosti za hod u odnosu na nivo amputacije i pol.

Grafikon 7. Prosečna starost pacijenata po nivoima osposobljenosti za hod uz pomoć proteze (retrospektivna)



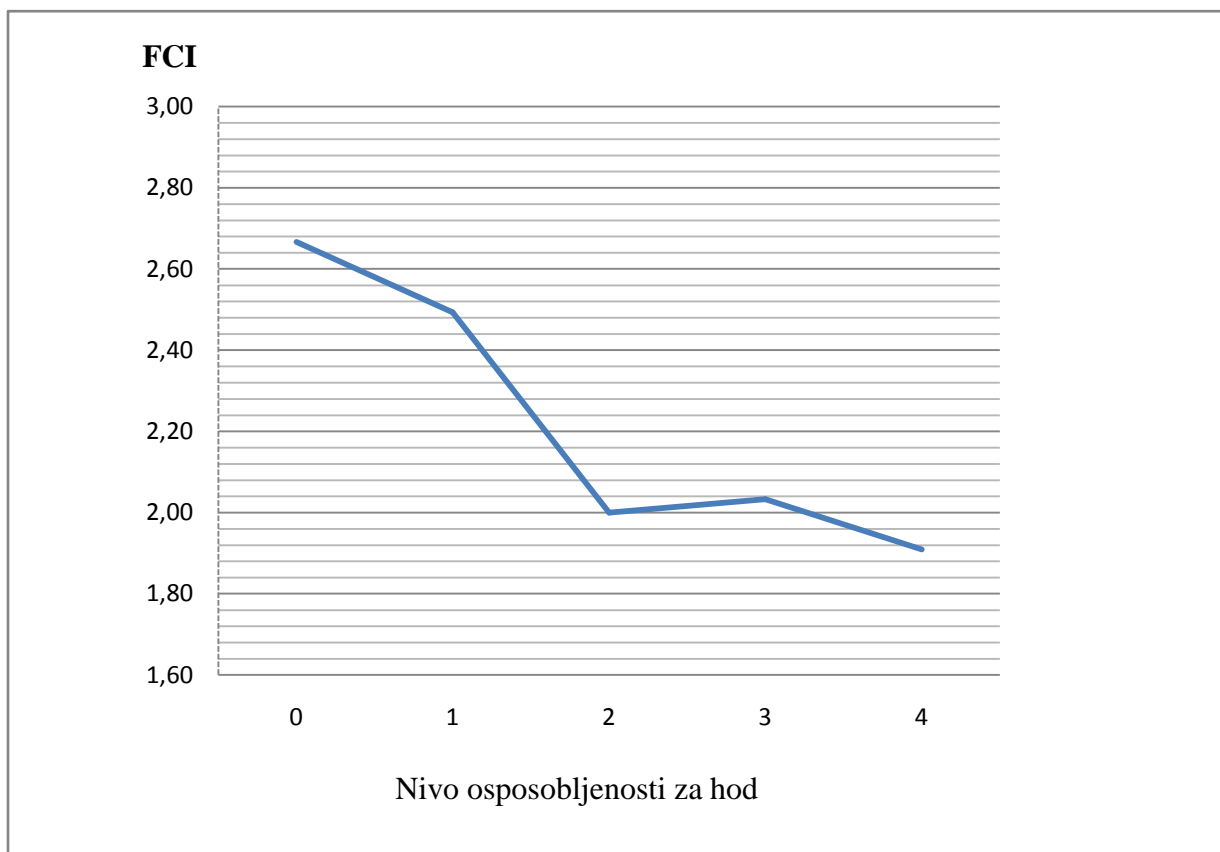
Starost pacijenata značajno se razlikovala između različitih nivoa osposobljenosti za hod ($p < 0,001$) – što su pacijenti bili stariji nivo osposobljenosti je bio niži.

Grafikon 8. Postojanje fantomskog bola kod pacijenata (retrospektivna)



Prisustvo fantomskog bola nije se značajno razlikovalo između nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze (Pearson $\chi^2=0,69$; $p=0,609$).

Grafikon 9. Prosečne vrednosti funkcionalnog komorbiditetnog indeksa (FCI) kod različitih nivoa osposobljenosti za hod (retrospektivna)



Vrednost FCI značajno se razlikovala kod različitih nivoa osposobljenosti za hod (Anova $F=4,025$; $p=0,003$). Što je vrednost FCI bila veća, to je bio niži nivo osposobljenosti za hod.

Ispitali smo uticaj pojedinačnih komorbiditeta na nivo osposobljenosti za hod nakon završenog rehabilitacionog tretmana (Tabela 12). U analizu su ušli samo one bolesti i stanja koja su bila prisutna kod više od 10 pacijenata.

**Tabela 12. Uticaj pojedinačnih komorbiditeta na nivo osposobljenosti za hod
(bolesti i stanja koja su bila prisutna kod više od 10 pacijenata) (retrospektivna)**

Uticaj komorbiditeta na nivo osposobljenosti na hod	Pirson χ^2	p	N	%
Periferna vaskularna bolest	3,013	0,556	236	89,7
Dijabetes	8,521	0,074	172	65,4
Hipertenzija	6,895	0,142	116	44,1
Kardiomiopatija	4,402	0,354	59	22,4
Infarkt miokarda	2,147	0,709	37	14,1
Bolest gornjeg gastrointestinalnog trakta	5,406	0,248	30	11,4
Polineuropatija	7,058	0,133	25	9,5
Oštećen vid	11,21	0,024*	23	8,7
Moždani udar ili TIA¹	6,612	0,158	22	8,4
HOBP²	1,735	0,784	14	5,3
Angina pektoris	4,006	0,405	13	4,9
Maligne bolesti	8,135	0,087	12	4,6
Anemija	4,679	0,322	11	4,2

* p<0,05 ** p<0,01

¹Tranzitorni ishemijski atak

²Hronična opstruktivna bolest pluća

Nivoi osposobljenosti za hod razlikovali su se samo prema broju pacijenata sa oštećenim vidom (Pirson $\chi^2=11,21$; p=0,024).

Kod osoba koje su imale dijabetes dužina trajanja dijabetesa nije se značajno razlikovala između različitih nivoa osposobljenosti za hod (F=1,638; p=0,167).

Broj pušača nije se statistički značajno razlikovao između različitih nivoa osposobljenosti za hod (Pirson $\chi^2=6,399$; p=0,171).

Tabela 13. Broj lekova koji su pacijenti uzimali prema nivoima osposobljenosti za hod (retrospektivna)

Nivo osposobljenosti za hod	N	Prosek	Std. devijacija	Minimum	Maksimum
0	18	5,78	3,116	1	13
1	71	4,86	2,276	0	11
2	32	4,13	2,166	1	9
3	120	4,33	2,323	0	10
4	22	3,14	1,935	0	6
Ukupno	263	4,44	2,377	0	13

Broj lekova koje su pacijenti uzimali prilikom prijema na rehabilitaciju značajno se razlikovao između nivoa osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana (Anova $F=4,017$; $p=0,004$). Što su pacijenti koristili veći broj lekova, niži je bio nivo osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana.

Tabela 14. Prisustvo kontraktura na početku tretmana u odnosu na različite nivoe osposobljenosti za hod nakon završenog rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)

Nivo osposobljenosti za hod	Bez kontraktura	Prisutna kontraktura	ukupno	χ^2 ^P	p
0	16	1	17	1,68	0,794
1	54	12	66		
2	24	4	28		
3	94	18	112		
4	19	3	22		
Ukupno	207	38	245		
Nema podataka			18		
Ukupno			263		

^P Pirson χ^2

Broj pacijenata sa fleksionom kontrakturom u proksimalnom zglobu (kuk ekstenzija<0°, koleno ekstenzija<10°) u odnosu na nivo amputacije nije se značajno razlikovao između nivoe osposobljenosti za hod (Pirson $\chi^2=1,68$; p=0,794).

Tabela 15. Uticaj mišićne snage rezidualnog ekstremiteta (mereno MMT) na nivo osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)

	Nivo osposobljenosti za hod	N	χ^2 ^K	p
mišićna snaga RE² FLEKSORI kuka	0	18	39,482	<0,001**
	1	68		
	2	28		
	3	117		
	4	22		
	Ukupno	253		
	Nedostaju podaci	10		

	Ukupno	263		
	0	18		
	1	68		
mišićna snaga RE¹ EKSTENZORI kuka	2	28	36,510	<0,001**
	3	117		
	4	22		
	Ukupno	253		
	Nedostaju podaci	10		
	Ukupno	263		
	0	18		
	1	68		
mišićna snaga RE¹ ABDUKTORI kuka	2	27	33,828	<0,001**
	3	117		
	4	22		
	Ukupno	252		
	Nedostaju podaci	11		
	Ukupno	263		
	0	5		
	1	13		
mišićna snaga RE¹ FLEKSORI kolena	2	11	9,175	0,057
	3	45		
	4	13		
	Ukupno	87		
	Nedostaju podaci	6		
	Ukupno	93³		
	0	5		
	1	13		
mišićna snaga RE¹ EKSTENZORI kolena	2	12	11,305	0,023*
	3	45		
	4	13		

Ukupno	88
Nedostaju podaci	5
Ukupno	93 ²

*p<0,05

** p<0,001

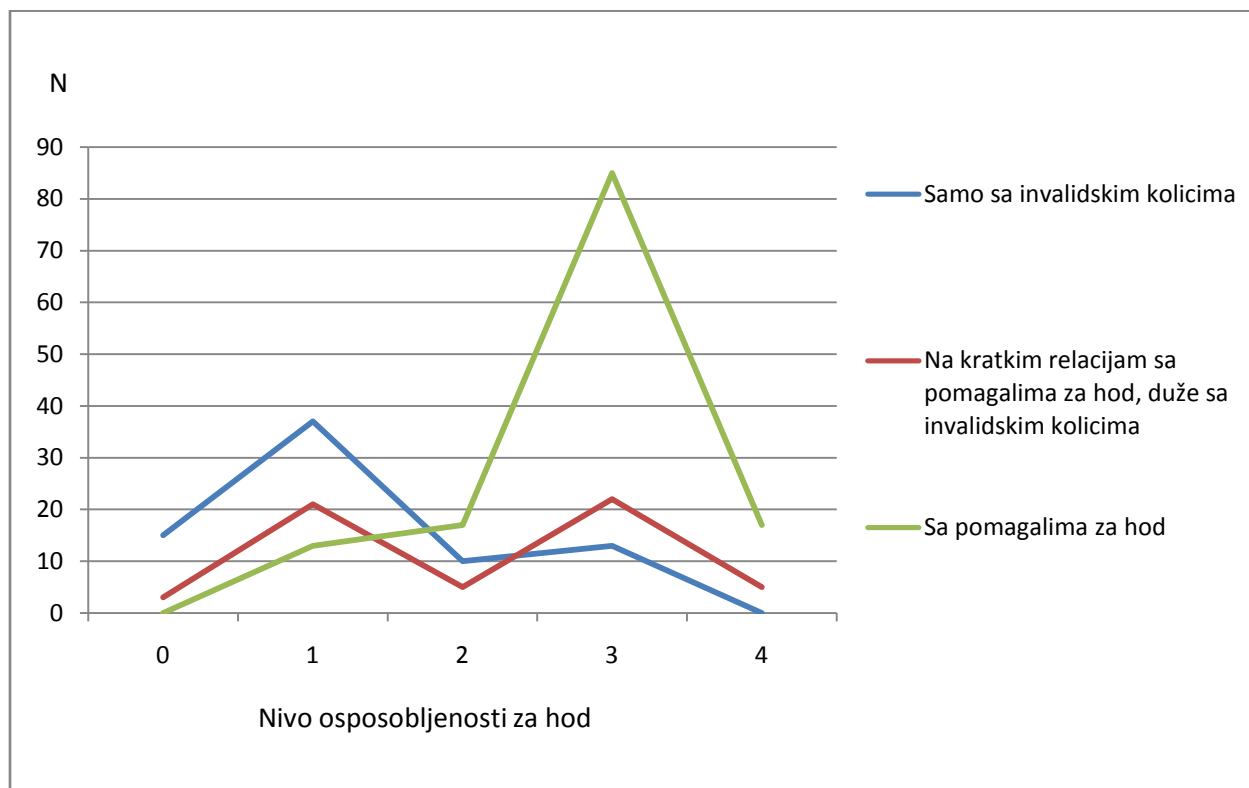
^K Kruskal-Wallis test

¹Rezidualni ekstremitet

²od ukupno 93 pacijenata sa transtibijalnom amputacijom

Mišićna snaga svih testiranih pokretača kuka rezidualnog ekstremiteta značajno se razlikovala ($p<0,001$) po nivoima osposobljenosti za hod, dok je kod pokretača kolena kod pacijenata sa transtibijalnom amputacijom statistički značajna razlika nađena za mišićnu snagu ekstenzora kolena ($p=0,023$).

Grafikon 10. Funkcionalni status pri prijemu u odnosu na nivo osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)



Funkcionalni status pri prijemu na rehabilitacioni tretman značajno se razlikovao između nivoa osposobljenosti za hod nakon završenog tretmana (Pirson $\chi^2= 92,682$; $p<0,001$).

4.1.5. MULTIVARIJATNA ANALIZA

U univarijatnoj analizi identifikovali smo parametre koji su se statistički značajno razlikovali u odnosu na nivoe osposobljenosti za hod nakon protetičke rehabilitacije. Ukupno je identifikovano 11 parametara:

1. Nivo amputacije
2. Pol
3. Starost
4. FCI
5. Broj lekova
6. Oštećen vid
7. Mišićna snaga RE fleksori kuka
8. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka
9. Mišićna snaga RE abduktori kuka
10. Mišićna snaga RE ekstenzori kolena
11. Funkcionalni status pri prijemu

Tabela 16. Korelacija između snage različitih mišićnih grupa pokretača rezidualnog ekstremiteta (retrospektivna)

Korelacija		RE ¹ FLEKSORI kuka	RE ¹ EKSTENZORI kuka	RE ¹ ABDUKTORI kuka	RE ¹ FLEKSORI kolena	RE ¹ EKSTENZORI kolena
Spirmanov koeficijent	RE ¹ FLEKSORI kuka	1,000	0,710**	0,817**	0,826**	0,744**
	RE ¹ EKSTENZORI kuka	0,710**	1,000	0,749**	0,713**	0,579**
	RE ¹ ABDUKTORI kuka	0,817**	0,749**	1,000	0,784**	0,665**
	RE ¹ FLEKSORI kolena	0,826**	0,713**	0,784**	1,000	0,866**
	RE ¹ EKSTENZORI kolena	0,744**	0,579**	0,665**	0,866**	1,000

**p<0,01

¹ Rezidualni ekstremitet

Tabela 17. Korelacija između vrednosti funkcionalnog komorbiditetnog indeksa (FCI) i broja lekova koji su pacijenti uzimali na početku rehabilitacionog tretmana (retrospektivna)

Korelacija	Broj lekova koje su pacijenti uzimali pri prijemu	
	Pirsonov koeficijent	p
FCI	0,511	<0,001

Zbog visokog koeficijenta korelacije iz dalje multivarijatne analize isključeni su sledeći parametri:

1. mišićna snaga RE fleksori kuka,
2. mišićna snaga RE abduktori kuka,
3. mišićna snaga RE ekstenzori kolena,
4. broj lekova koji su pacijenti uzimali.

Preostalih 7 parametara uključili smo u ordinalnu regresiju gde je nivo osposobljenosti (0–4) bio postavljen kao zavisna varijabla. Rezultati su prikazani u Tabeli 16.

Tabela 16. Ordinalna regresija sa nivoom osposobljenosti za hod kao zavisnom varijablom (retrospektivna)

	Vrednost parametra	p
Nivo osposobljenosti=0	-9,89	0,000
Nivo osposobljenosti=1	-6,38	0,000
Nivo osposobljenosti=2	-5,60	0,000
Nivo osposobljenosti=3	-1,32	0,286
Starost	-0,05	0,005
FCI ¹	-0,18	0,229
Transfemoralni nivo amputacije	-1,51	0,000
Transtibijalni nivo amputacije	0,00	.
Ženski pol	0,52	0,181
Muški pol	0,00	.
Bez oštećenja vida	0,82	0,131
	0,00	.
Mišićna snaga RE ² ekstenzori kuka ocena 2 prema MMT ³	-0,29	0,796
ekstenzori kuka ocena 2+ prema MMT	-1,06	0,236

ekstenzori kuka ocena 3- prema MMT	-0,90	0,268
ekstenzori kuka ocena 3 prema MMT	-0,84	0,276
ekstenzori kuka ocena 3+ prema MMT	-0,64	0,406
ekstenzori kuka ocena 4- prema MMT	-0,10	0,909
ekstenzori kuka ocena 4 prema MMT	0,00	.
Funkcionalni status pri prijemu 0	-2,60	0,000
Funkcionalni status pri prijemu 1	-1,59	0,000
Funkcionalni status pri prijemu 2	0,00	.

¹ Funkcionalni komorbiditetni indeks (engl. *Functional comorbidity index*)

² Rezidualni ekstremitet

³ Manuelno mišićni test

Vrednosti parametara obrazuju jednačinu modela na sledeći način:

$$C(\gamma_{ij}) = \theta_j - (\beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip})$$

gde je:

$$C(x) = \text{tg}(\pi(x - 0,5)),$$

γ_{ij} kumulativna verovatnoća kategorije j za pacijenta i .

θ_j konstanta za kategoriju ishoda j ,

p broj nezavisnih varijabli,

x_{i1}, \dots, x_{ip} vrednosti karakteristika za pacijenta i ,

b_1, \dots, b_p regresioni koeficijenti.

U regresionom modelu nezavisni prediktori ($p < 0,05$) bili su starost, transfemoralni nivo amputacije i funkcionalni status pacijenata pri prijemu.

Tabela 17. Stvarni i predviđeni nivoi osposobljenosti za hod (retrospektivna)

		Predikcija nivoa osposobljenosti za hod			Ukupno
		1	3	4	
Nivo osposobljenosti za hod	0	15	3	0	18
	1	49	19	0	68
	2	10	18	0	28
	3	21	96	0	117
	4	2	18	2	22
Ukupno		97	154	2	253

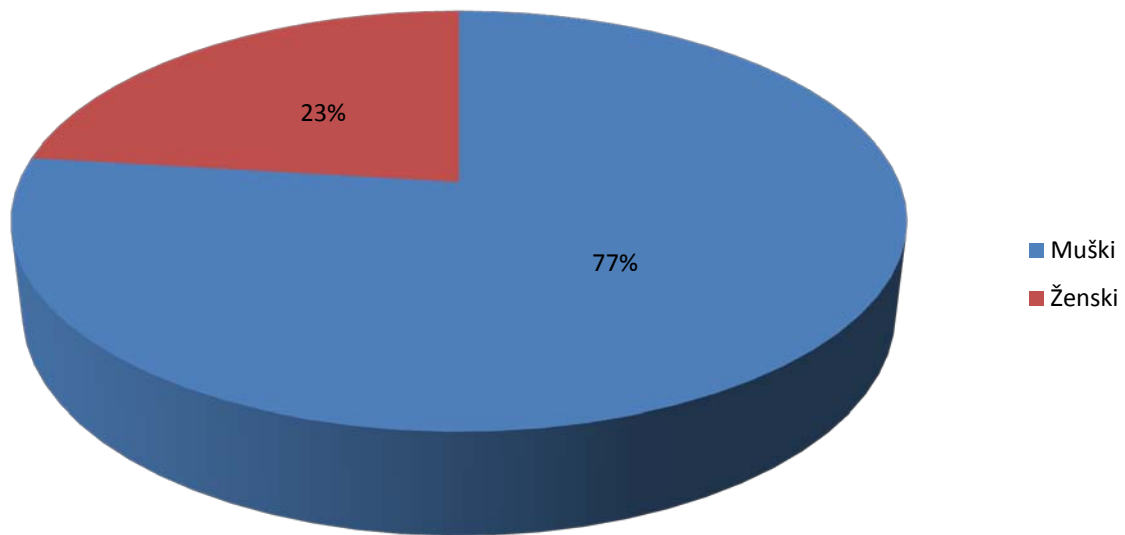
Naš model ispravno je odredio nivo osposobljenosti kod 147 pacijenata od ukupno 253 pacijenata koji su ušli u analizu, odnosno u 58,1% slučajeva.

4.2. PROSPEKTIVNI DEO ISTRAŽIVANJA

4.2.1. OPŠTE KARAKTERISTIKE PACIJENATA

U prospektivnom delu istraživanja koje je sprovedeno u periodu 2010–2012. učestvovala su 104 pacijenta koji su ispunili kriterijume za uključivanje u istraživanje.

Grafikon 11. Struktura pacijenata prema polu (prospektivna)



U prospektivnom delu istraživanja bilo je 77% muškaraca (80 pacijenata).

Tabela 18. Starost pacijenata pri prijemu na rehabilitaciju (prospektivna)

	N	Minimum	Maksimum	Prosek	Std. devijacija
Starost (godine)	104	19	82	62,1	10,9

Prosečna starost pacijenata u prospektivnom delu istraživanja bila je 62,1 godinu.

Tabela 19. Socijalno-profesionalne karakteristike pacijenata (prospektivna)

Socijalno-profesionalne karakteristike		N	%
Sa kim živi	Sam	21	20,2
	Sa porodicom	80	76,9
	U domu ili sličnoj ustanovi	2	1,9
	Ostalo	1	1,0
	Ukupno	104	100
Bračni status	Oženjen/udata	67	64,5
	Razveden	8	7,7
	Udovac	16	15,4
	Neoženjen	13	12,5
	Ukupno	104	100,0
Zanimanje	Penzioner	63	60,6
	Zaposlen	9	8,7
	Nezaposlen	17	16,3
	Domaćica	7	6,7
	Porodični pensioner	5	4,8
	Poljoprivrednik	3	2,9
	Ukupno	104	100,0

Najveći broj pacijenata je živeo sa svojim porodicama (76,9%), 64,5% pacijenata je bilo oženjeno ili udato, a u 60,6% slučajeva su bili penzioneri.

Tabela 20. Antropometrijske karakteristike pacijenata (prospektivna)

	N	Min.	Maks.	Prosek	Std. Devijacija
Telesna visina (m)	104	1,50	2,02	1,73	0,10
Telesna masa (kg)	104	46,00	128,00	74,54	14,59
BMI¹(kg/m²)	104	16,51	36,22	24,76	3,73
Dužina RE² TF³(cm)	64	10,00	39,00	27,16	4,87
Dužina RE² TT⁴(cm)	40	12,00	26,00	19,08	2,97

¹Indeks telesne mase (engl. *body mass index*)

²Rezidualni ekstremitet

³Transfemoralna amputacija

⁴Transtibijalna amputacija

Prosečna vrednost BMI (engl. *body mass index*) bila je 24,76 kg/m² (normalna uhranjenost od 20-24,99 kg/m²).

Tabela 21. Nivo obrazovanja i multidimenzionalna skala ostvarene socijalne podrške

(MSPSS) (prospektivna)

	N	Minimum	Maksimum	Prosek	Std. Devijacija
MSPSS	104	18	84	70,3	13,9
Godine škole	104	0	18	10,1	3,4

Pacijenti su na MSPSS u proseku imali vrednosti skora 70,3 od maksimalnih 84.

Tabela 22. Testovi za procenu kognitivnog i afektivnog statusa (prospektivna)

	N	Min.	Maks.	Prosek	Std. devijacija	Broj pacijenata koji nije uspeo da uradi test	%
MMSE¹	104	16	30	26,5	3,0	0	0,0
BDI²	97	0	35	11,4	8,1	7	7,2

¹Mala skala za brzu procenu mentalnog statusa (engl. *Mini mental state examination*)
² Bekova skala za procenu depresivnosti (engl. *Beck depression inventory*)

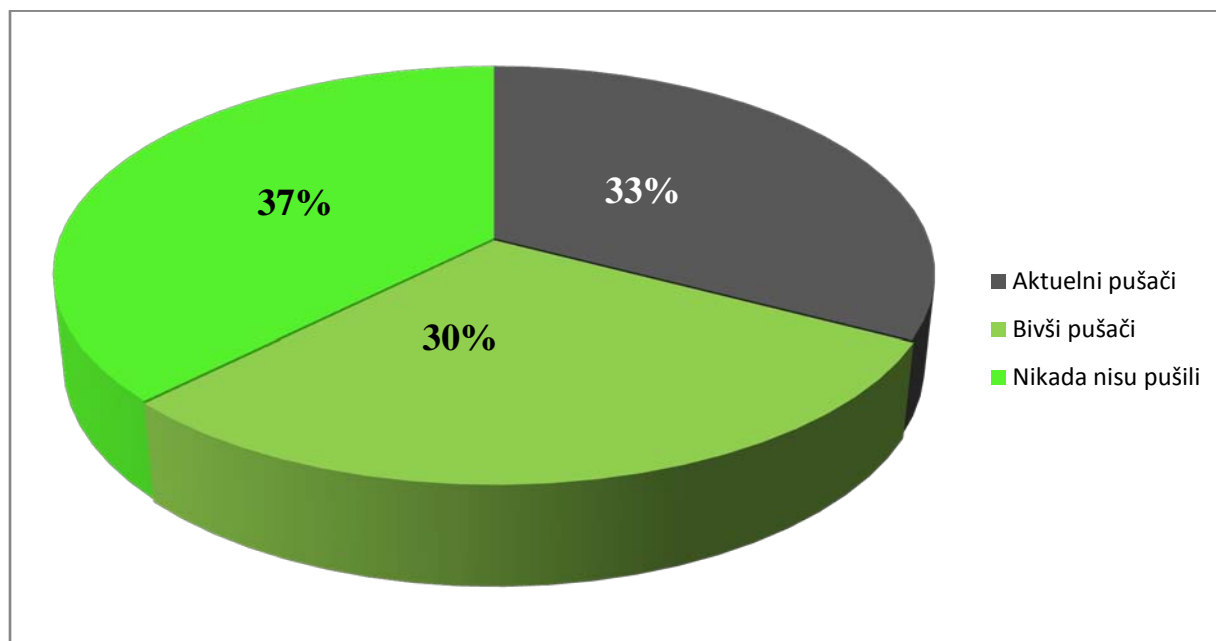
Prosečan skor MMSE bio je 26,5, a za BDI 11,4 bodova.

Tabela 23. Vremenski interval (u danima) od amputacije do započinjanja protetičke rehabilitacije i trajanje protetičke rehabilitacije (prospektivna)

Vremenski intervali (u danima)	N	Minimum	Maksimum	Prosek	Std. Devijacija
Vreme od amputacije do protetisanja	104	43	517	172,0	98,0
Vreme protetičke rehabilitacije	104	8	48	25,6	8,1

Vremenski interval od amputacije do početka protetičke rehabilitacije u proseku je iznosio 172 dana, dok je protetička rehabilitacija u proseku trajala 25,6 dana.

Grafikon 12. Struktura pacijenata prema pušačkom statusu (prospektivna)



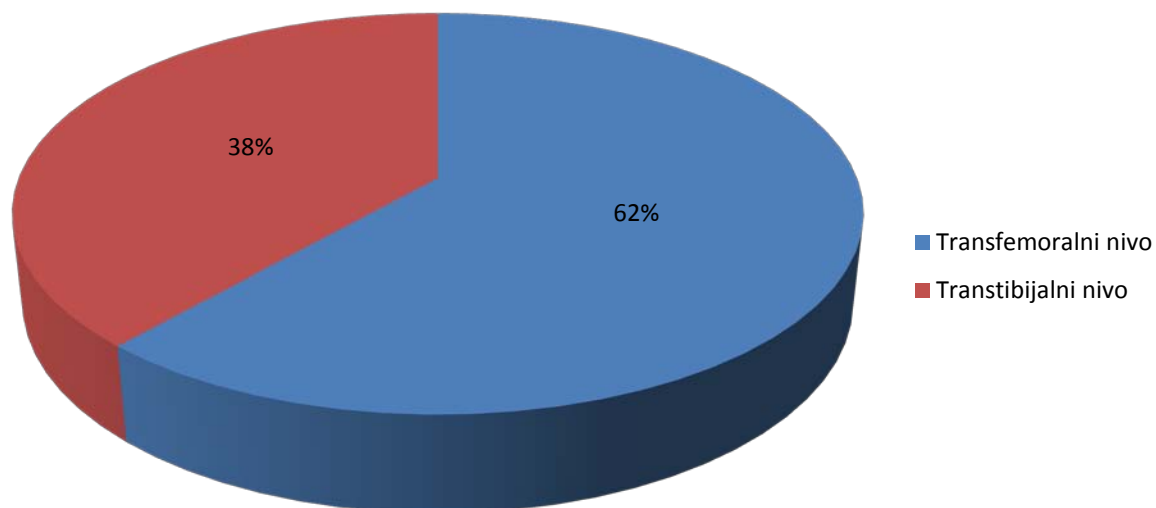
U prospektivnom delu istraživanja 33% (34 pacijenta) su bili pušači u trenutku uzimanja podataka, dok je 30% (31 pacijent) bilo pušač pre više od 6 meseci u odnosu na vreme uzimanja podataka, što znači da je ukupno 63% (65 pacijenata) nekada u životu bilo pušač.

Tabela 24. Vrednosti indeksa paklo/godina kod pacijenata (prospektivna)

	N	Minimum	Maksimum	Prosek	Std. devijacija
Indeks paklo/godina	65	5	100	42,3	24,2

Prosečan broj popušenih cigareta izražen indeksom paklo/godina za 65 pacijenata koji su bili pušači nekada u životu iznosio je 42,3.

Grafikon 13. Zastupljenost nivoa amputacije kod pacijenata koji su uključeni u studiju (prospektivna)



Od ukupnog broja, 62% (64 pacijenta) imalo je transfemoralnu amputaciju, dok je 38% (40 pacijenata) imalo transtibijalnu amputaciju.

Tabela 25. Uzrok amputacije (prospektivna)

Uzrok amputacije	N	%
Vaskularni	92	88,5
Trauma	7	6,7
Ostalo	5	4,8
Ukupno	104	100

Najčešći uzrok amputacije u prospektivnom delu istraživanja bio je vaskularne etiologije (88,5%).

Tabela 26. Postojanje fantomskog bola kod pacijenata (prospektivna)

Fantomski bol	N	%	Validan %
Nema	32	30,8	31,7
Ima	69	66,3	68,3
Ukupno	101	97,1	100
Nedostaju podaci	3	2,9	
Ukupno	104		

Kod više od polovine pacijenata ustanovljeno je postojanje fantomskog bola (68,3% slučajeva).

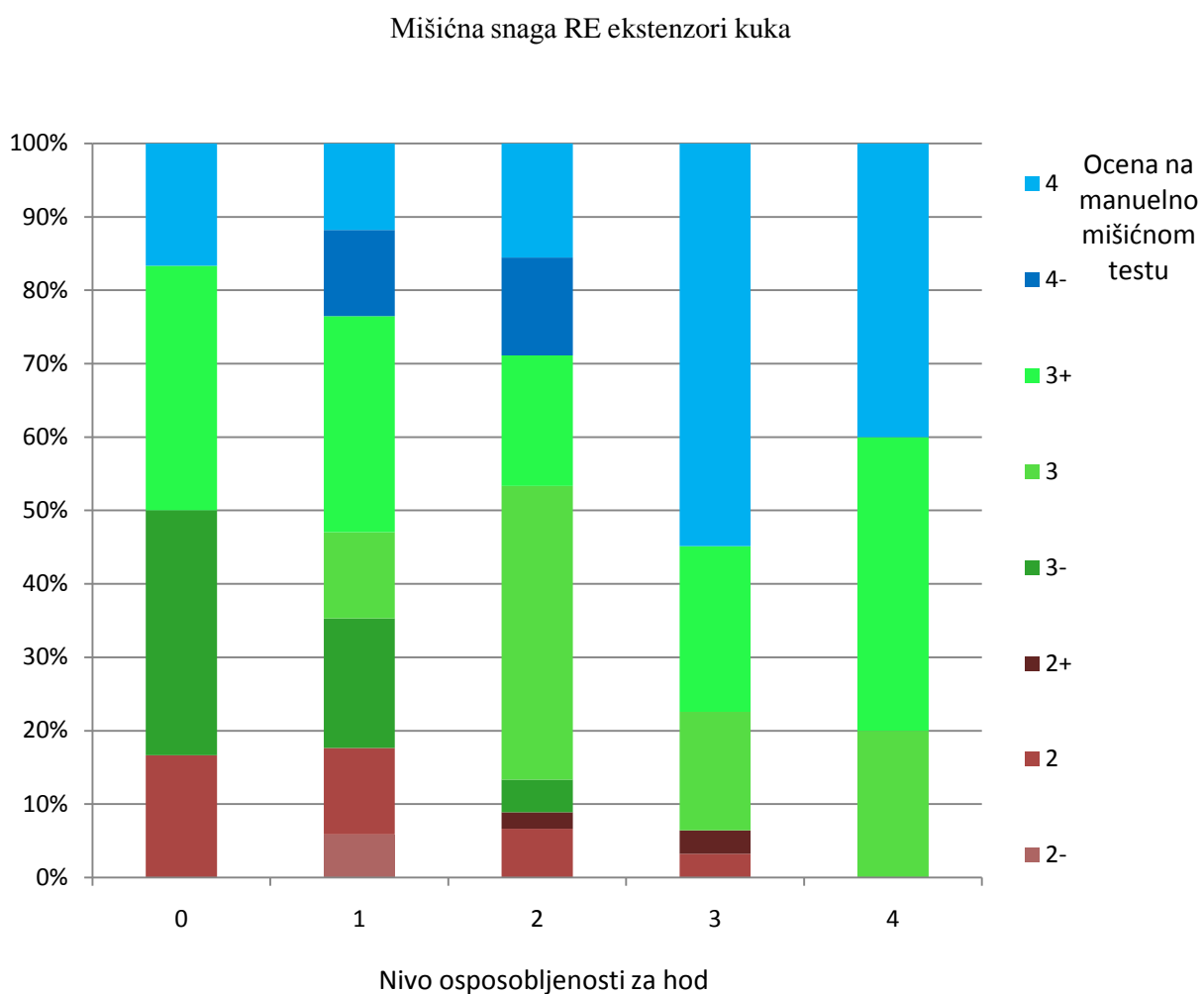
Tabela 27. Vrednosti obima pokreta (u stepenima) rezidualnog ekstremiteta (prospektivna)

Obim pokreta (o)	N	Min.	Maks.	Prosek	Std. Devijacija	Nedostaju podaci	
Kuk	Fleksija	103	70	130	103,40	11,42	1 ¹
	Ekstenzija	103	-20	20	2,56	8,15	1 ¹
	Abdukcija	103	10	45	29,81	8,07	1 ¹
	Adukcija	102	0	35	16,37	6,97	2 ¹
Koleno	Fleksija	40	90	140	121,38	15,02	0
	Ekstenzija	40	-25	0	-5,05	6,41	0

¹od ukupno 104 pacijenta

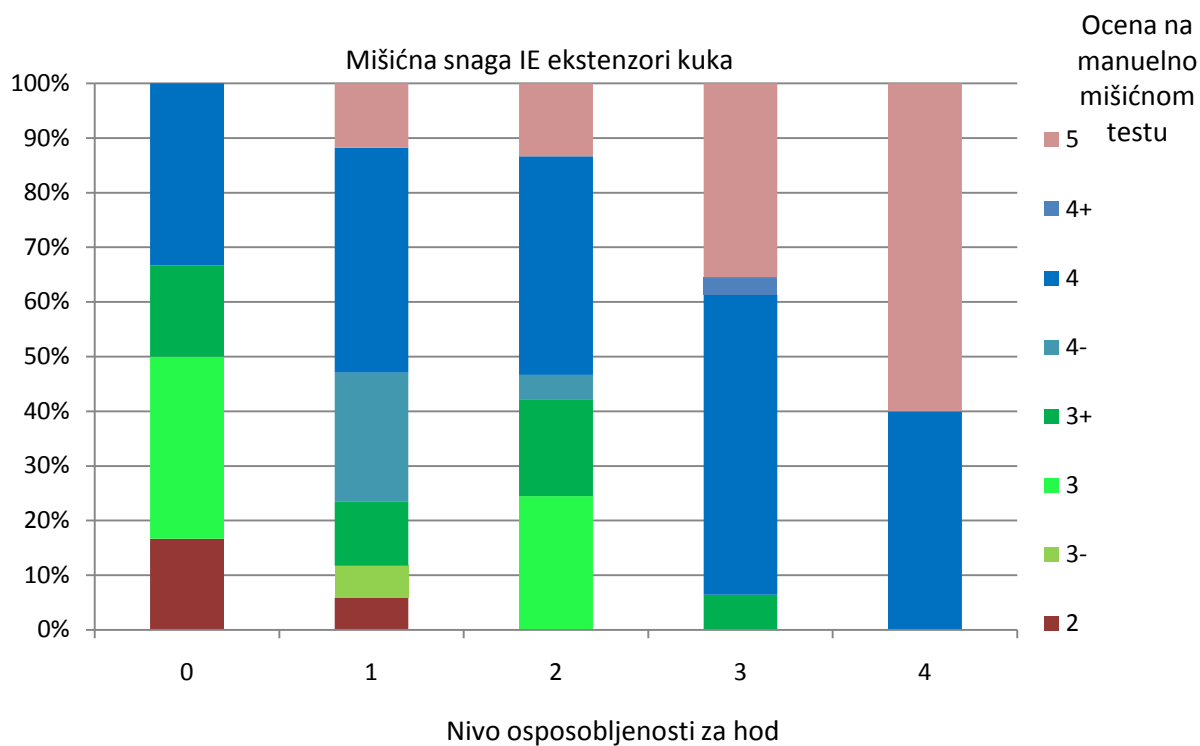
Prosečna vrednost ekstenzije rezidualnog ekstremiteta u zglobu kuka bila je 2,56°, dok je prosečna vrednost ekstenzije kolena kod transtibijalnih amputacija bila -5°.

**Grafikon 14. Mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta (RE)
(izraženo u ocenama prema MMT) (prospektivna)**



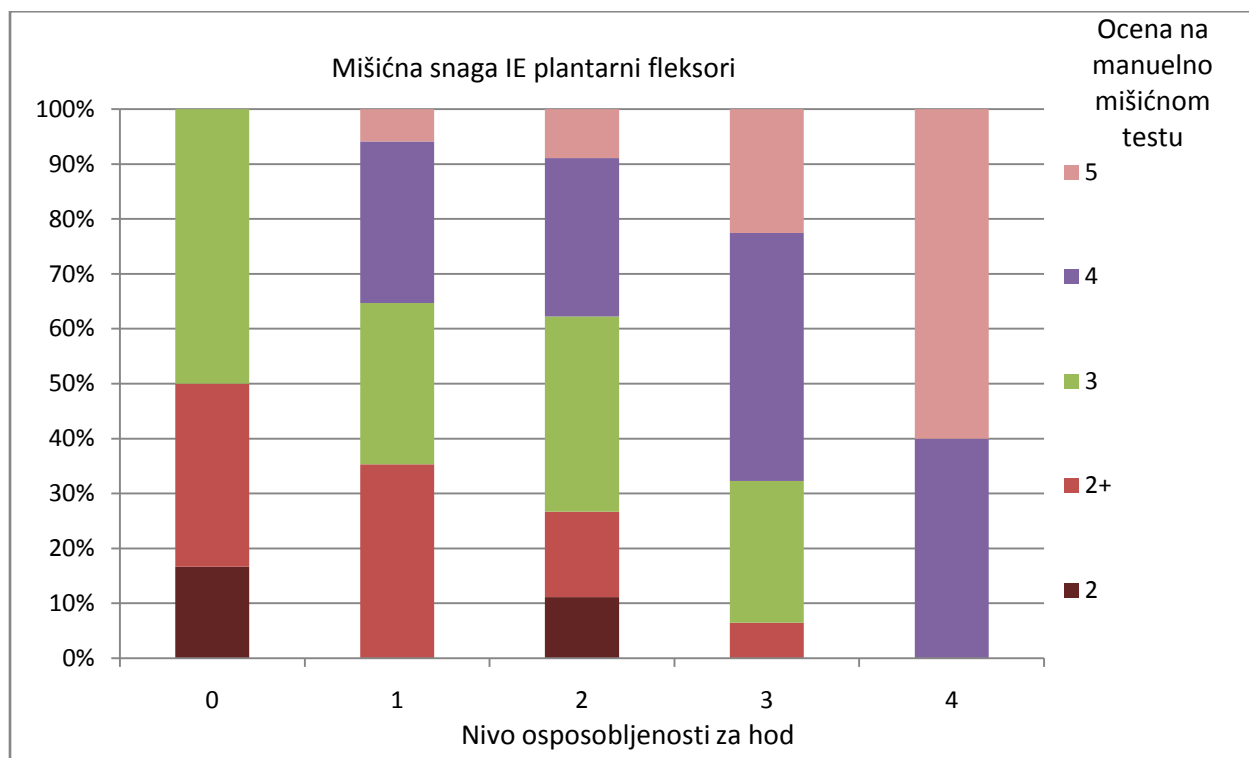
Najviši nivoi osposobljenosti imali su najveće ocene na manuelno mišićnom testu. Iz grafikona se vidi da što je veći nivo osposobljenosti za hod to su i veće ocene mišićne snage ekstenzora kuka RE prema MMT.

Grafikon 15. Mišićna snaga ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta (IE)
(izraženo u ocenama prema MMT) (prospektivna)



Iz grafikona se vidi da je mišićna snaga ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta niža ukoliko je nivo osposobljenosti za hod niži.

**Grafikon 16. Mišićna snaga plantarnih fleksora intaktnog ekstremiteta (IE)
(izraženo u ocenama prema MMT) (prospektivna)**



Vidi se da pacijenti sa najvišim nivoom osposobljenosti za hod imaju najveće ocene plantarnih fleksora IE na manuelno mišićnom testu.

Tabela 28. Najčešće komplikacije u toku rehabilitacionog tretmana (prospektivna)

Komplikacije	N	%
Hiper-hipoglikemija	14	13,5
Nažuljan rezidualni ekstremitet	5	4,8
Urinarna infekcija	3	2,9
Alergija	3	2,9
Infekcija rane	2	1,9
Hipertenzija	1	1,0
Ostalo	13	8,7

Najčešća komplikacija u toku rehabilitacionog tretmana bila je hiper-hipoglikemija koja se javljala kod osoba sa šećernom bolesti i činila je 13,5% registrovanih komplikacija.

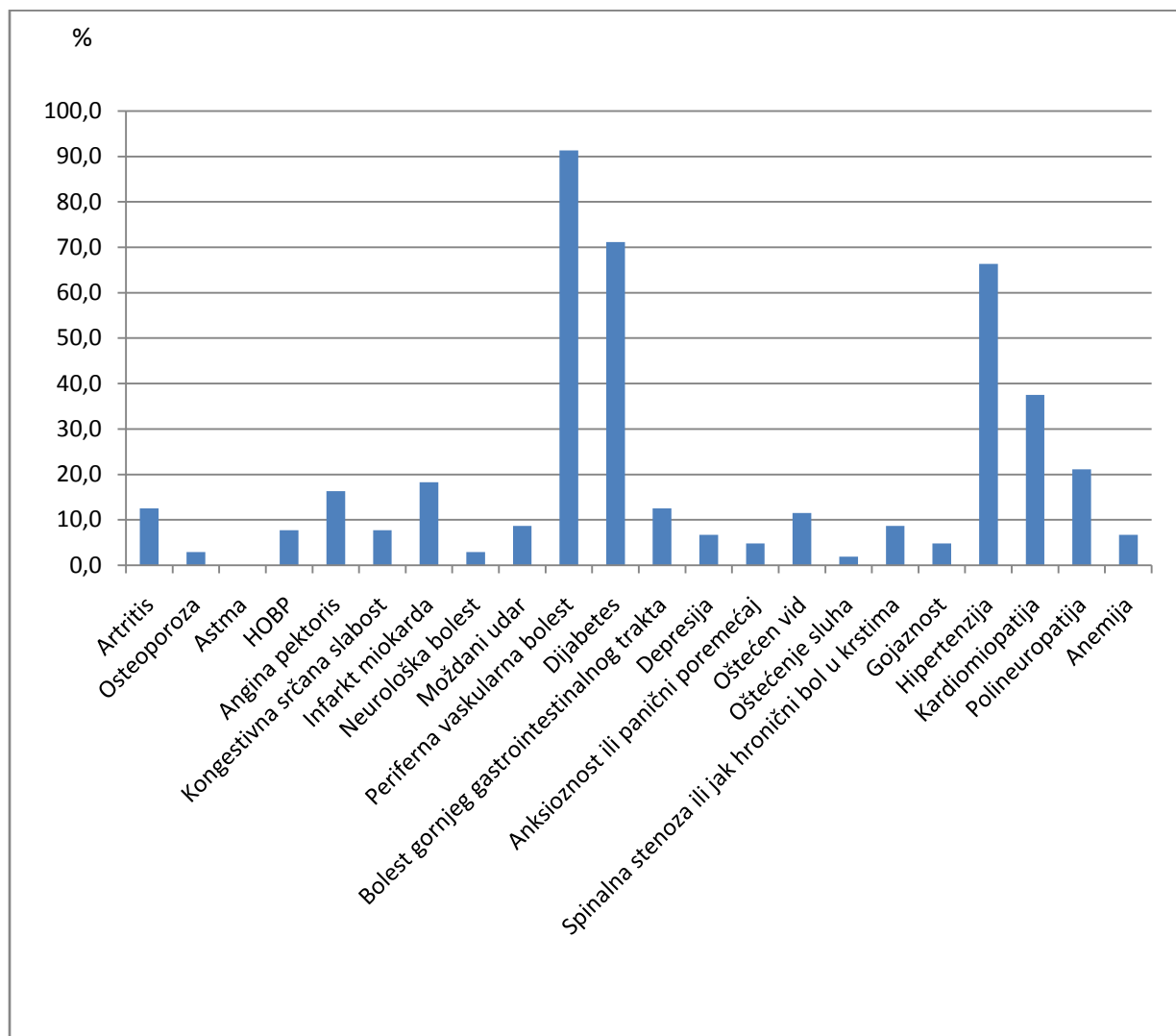
4.2.2. PRATEĆE BOLESTI I STANJA (KOMORBIDITETI)

Tabela 29. Funkcionalni komorbiditetni indeks (FCI) (prospektivna)

	N	Minimum	Maksimum	Prosek	Std. Devijacija
FCI	104	0	8	2,91	1,53

Prosečna vrednost FCI u prospektivnoj studiji iznosila je 2,91 (od maksimalnih 18 komorbiditeta).

Grafikon 17. Komorbiditeti (prospektivna)



Najčešći komorbiditeti u prospektivnom delu istraživanja bili su: periferna vaskularna bolest 91,3% (95 pacijenata), dijabetes 71,2% (74 pacijenata), hipertenzija 66,3% (69 pacijenta), kardiomiopatija 37,5% (39 pacijenata), polineuropatija 21,2% (22 pacijenta), infarkt miokarda 18,3% (19 pacijenata), angina pektoris 16,3% (17 pacijenata), artritis 12,5% (13 pacijenata), oštećen vid 11,5% (12 pacijenata).

Tabela 30. Najčešće korišćena farmakoterapija (prospektivna)

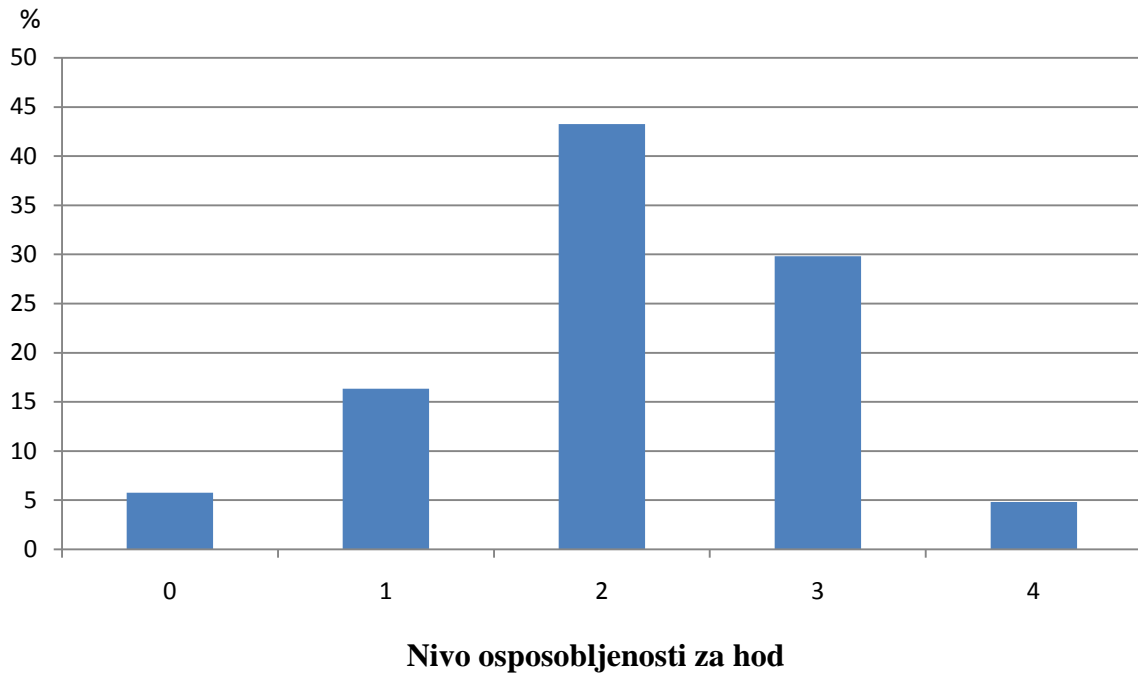
Vrsta	N	%
Kardiovaskularna farmakoterapija	96	92,3
Antidijabetesna farmakoterapija	75	72,1
Analgetici i NSAID¹	38	36,5
Anksiolitici	30	28,8
Farmakoterapija za pojačanu želudačnu kiselinu, peptični ulkus i GERB²	17	16,3

¹ Nesteroidni antiinflamatorni lekovi
²Gastroezofagealna refluksna bolest

Najveći broj pacijenata uzimao je kardiovaskularnu farmakoterapiju (92,3%), zatim sledi antidijabetesna farmakoterapija u 72,1% slučajeva.

4.2.3. ISHOD MEDICINSKE REHABILITACIJE (PROSPEKTIVNA)

**Grafikon 18. Nivo osposobljenosti za hod na kraju stacionarnog rehabilitacionog tretmana
(prospektivna)**



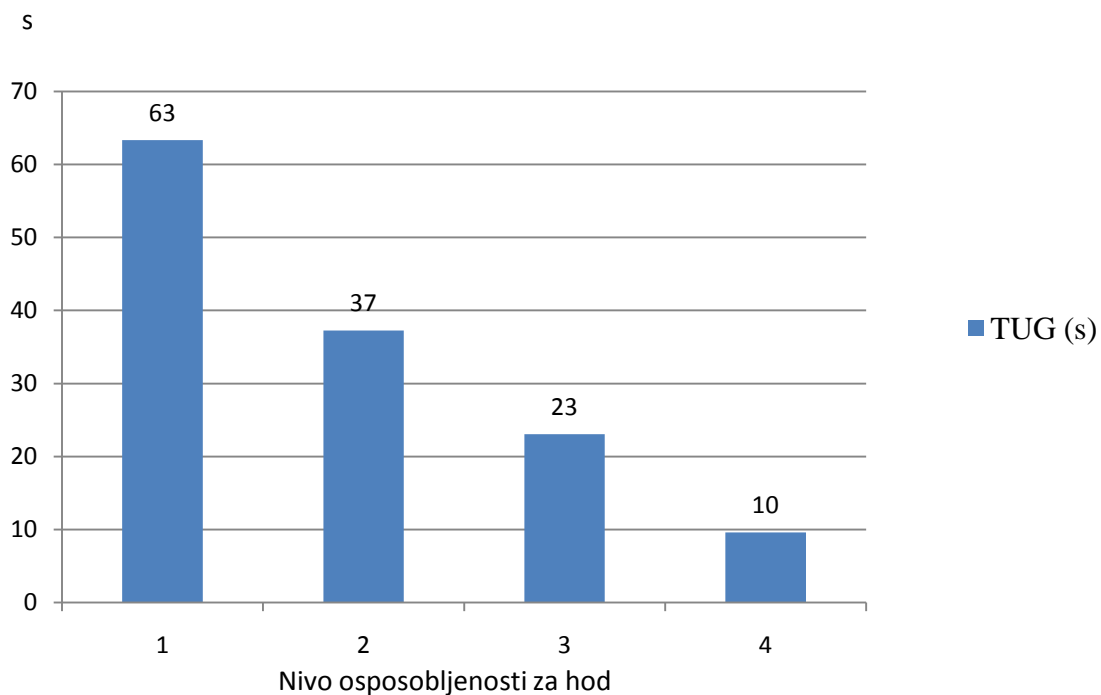
Po završetku protetičke rehabilitacije najviše je bilo pacijenata (43,3%) čija je osposobljenost za hod bila na nivou 2.

**Tabela 31. Vrednosti testa ustani i kreni (TUG) i testa dvominutnog hoda (TMWT)
(prospektivna)**

	N	Minimum	Maksimum	Prosek	Std. devijacija
TUG	98	4	105	35,89	23,61
TMWT	98	14	221	63,18	43,16

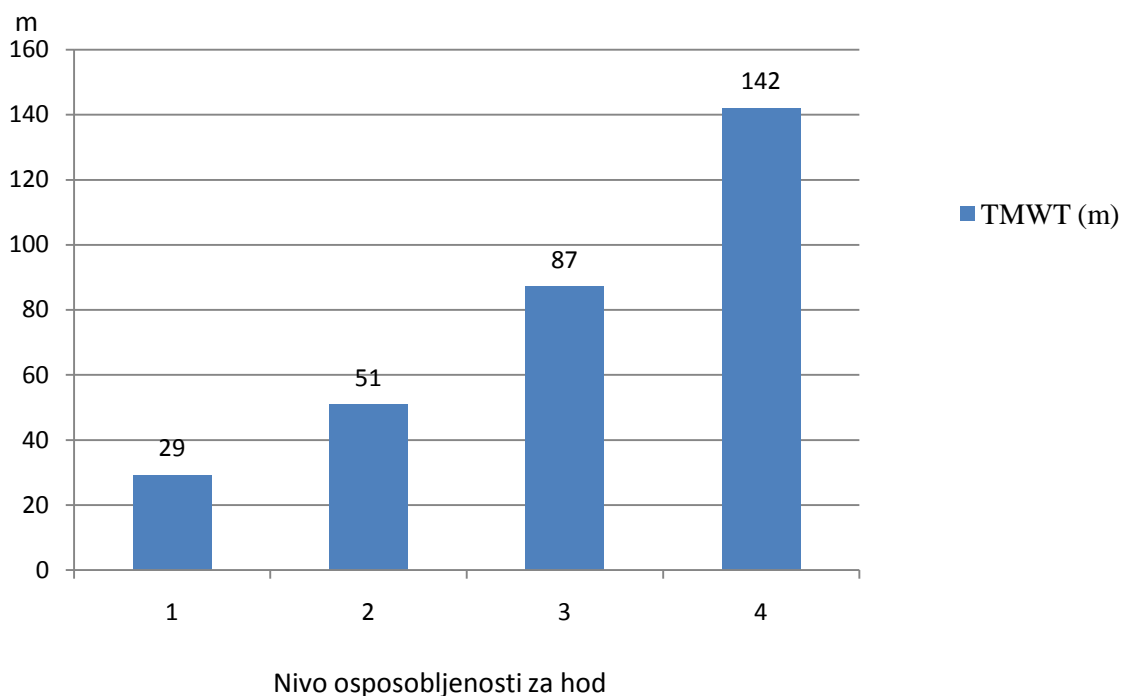
Oba testa uspešno je uradilo 98 pacijenata dok 6 pacijenata nije bilo u stanju da samostalno uradi ove testove. Za TUG pacijentima je u proseku trebalo 36 s, a na TMWT su u proseku prelazili 63 m.

Grafikon 19. Vrednosti testa ustani i kreni (TUG) za različite nivoe osposobljenosti za hod (prospektivna)



Što je viši nivo osposobljenosti za hod, to je potrebno kraće vreme za izvođenje ovog testa (pacijenti četvrtog nivoa osposobljenosti u proseku su uradili ovaj test za 10 s).

Grafikon 20. Vrednosti testa dvominutnog hoda (TMWT) za različite nivoe osposobljenosti za hod (prospektivna)



Kako je nivo osposobljenosti bio viši, pacijenti su postizali bolje rezultate na TMWT.

Tabela 32. Učestalost korišćenja ortotskih pomagala po završetku rehabilitacionog tretmana (prospektivna)

Ortotska pomagala	N	%
Bez pomagala	3	2,9
Štap	8	7,7
1 podlakatna štaka	3	2,9
Podlakatne štake	41	39,4
Potpazušne štake	36	34,6
Hodalica	7	6,7
Invalidska Kolica	6	5,8
Ukupno	104	100

Više od polovine pacijenata (74%) po završetku rehabilitacionog tretmana koristilo je štike (podlakatne ili potpazušne).

4.2.4. RAZLIKE RETROSPEKTIVNOG I PROSPEKTIVNOG DELA ISTRAŽIVANJA

Tabela 33. Razlike retrospektivnog i prospektivnog dela istraživanja

	Retrospektivna (prosek (SD))	Prospektivna (prosek (SD))	p
Starost (godine)	60,8 (9,27)	62,2 (10,94)	0,267
Vreme od amputacije do protetičke rehabilitacije (dani)	186 (154)	172 (98)	0,295
Trajanje protetičke rehabilitacije (dani)	30,1 (15,3)	25,6 (8,1)	<0,001
FCI ¹	2,19 (1,03)	2,91 (1,53)	<0,001
Broj lekova	4,44 (2,38)	5,89 (2,74)	<0,001
	Retrospektivna (%)	Prospektivna (%)	p
Muški pol	83	77	0,186
Nivo amputacije transfemoralni	65	62	0,63
Uzrok amputacije vaskularni	90	88	0,884
Kontraktura	16	25	0,049
Pušač	41	33	0,157
Fantomski bol	28	68	<0,001
Funkcionalni status pacijenata pri prijemu na protetičku rehabilitaciju			0,311
Mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta			<0,001
Nivo osposobljenosti za hod			<0,001

¹Funkcionalni komorbiditetni indeks (engl. *Functional comorbidity index*)

Značajna razlika postoji u dužini trajanja protetičke rehabilitacije, broja lekova koji su pacijenti uzimali, FCI, prisustva kontraktura i fantomskog bola, kao i mišićne snage ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta i nivoa osposobljenosti za hod.

4.2.5. UNIVARIJATNA ANALIZA

Tabela 34. Uticaj opštih i psihosocijalnih karakteristika na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze na kraju rehabilitacionog tretmana (prospektivna)

KARAKTERISTIKA	STATISTIKA TESTA	p
Nivo amputacije (transtibijalna/transfemoralna)	14,783 ^{χ²}	0,005**
Pol (muško/žensko)	11,2 ^{χ²}	0,024*
Starost	3,881 ^F	0,006**
Vremenski period od amputacije do protetičke rehabilitacije (u danima)	0,586 ^F	0,674
Vreme protetičke rehabilitacije (u danima)	2,611 ^F	0,04*
Sa kim živi (porodica/ostalo)	2,16 ^{χ²}	0,706
Partner (ima/nema)	4,844 ^{χ²}	0,304
Uzrok amputacije (vaskularni/ostalo)	3,940 ^{χ²}	0,414
Strana amputacije (leva/ desna)	3,423 ^{χ²}	0,49
Fantomski bol (da/ne)	0,659 ^{χ²}	0,956
Pušač (da/ne)	2,271 ^{χ²}	0,686
Paklo/godina	0,776 ^F	0,545
MSPSS ¹	0,351 ^F	0,843
Nivo obrazovanja (godine škole)	1,138 ^F	0,343
MMSE ²	3,688 ^F	0,008**
BDI ³	3,024 ^F	0,022*

* p<0,05

** p<0,01

¹ Multidimenzionalna skala ostvarene socijalne podrške (engl. *Multidimensional scale of perceived social support test*)

² Mala skala za brzu procenu mentalnog statusa (engl. *Mini mental state examination*)

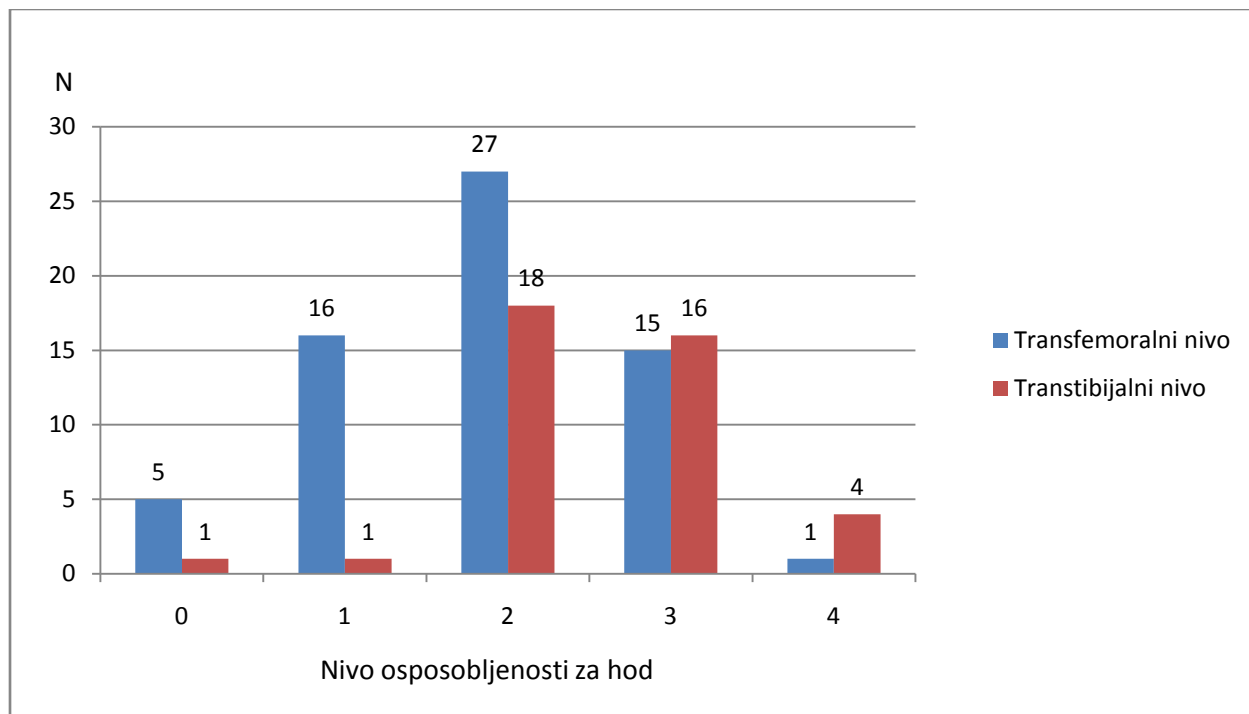
³ Bekova skala za procenu depresivnosti (engl. *Beck depression inventory*)

^{χ²} Statistika Pirson χ^2

^F Statistika Anova F

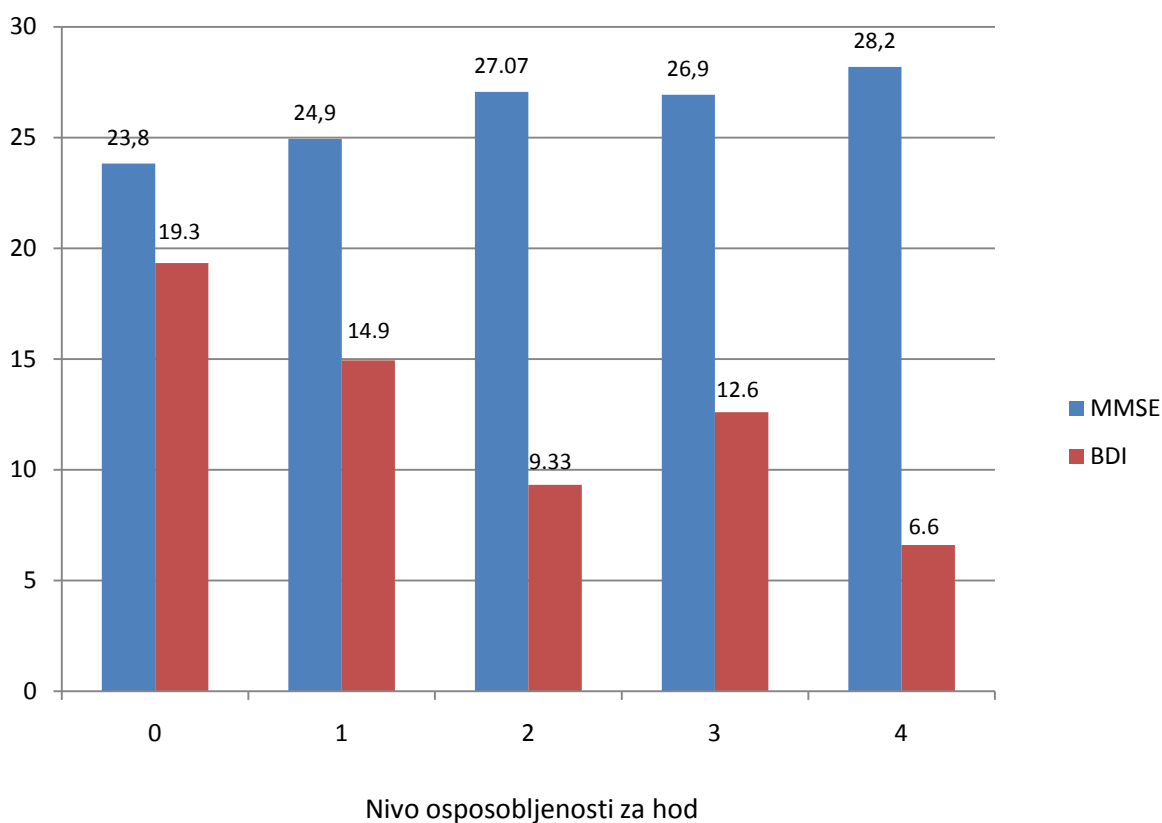
Nivo amputacije ($p=0,005$), pol ($p=0,024$), starost ($p=0,006$), vreme protetičke rehabilitacije ($p=0,04$), MMSE ($p=0,008$) i BDI ($p=0,022$) značajno su se razlikovali između nivoa osposobljenosti za hod nakon završetka rehabilitacionog tretmana.

Grafikon 21. Nivo osposobljenosti za hod u odnosu na nivo amputacije (prospektivna)



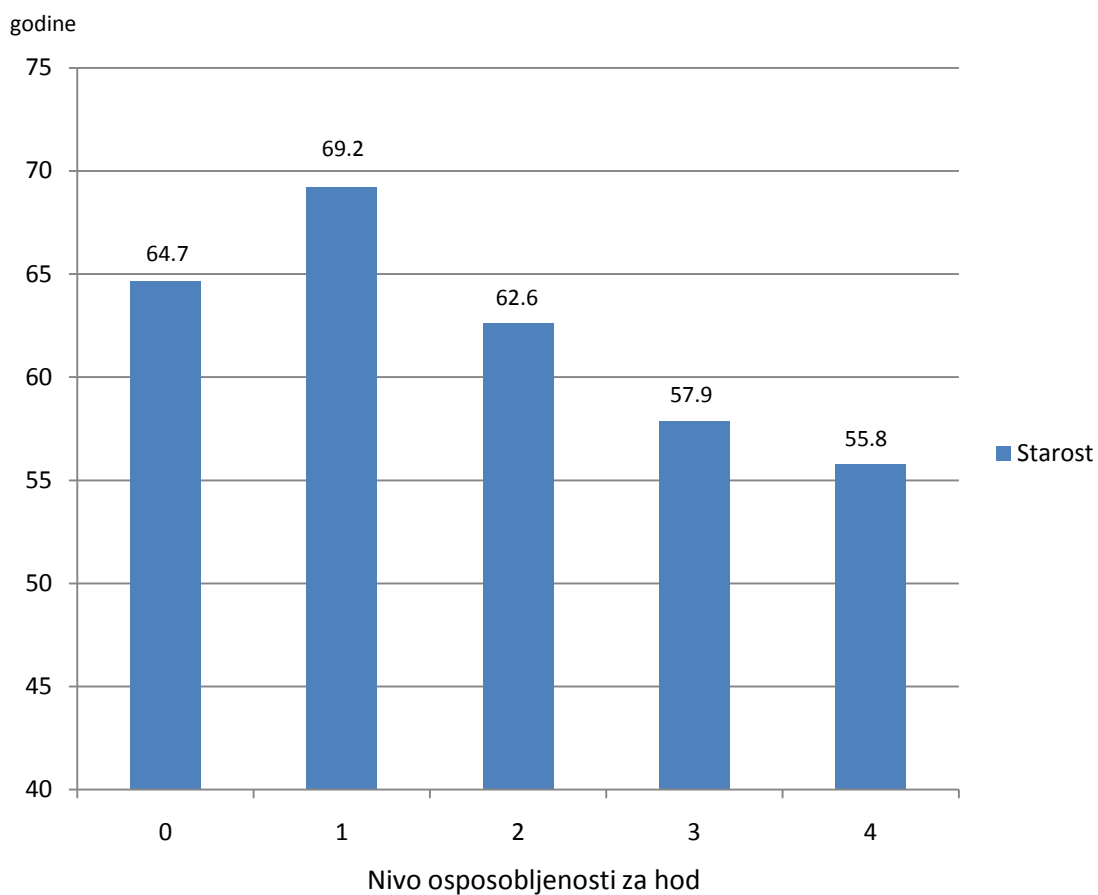
U višim nivoima osposobljenosti za hod udeo transtibijalnih amputacija bio je veći.

Grafikon 22. Prosečne vrednosti male skale za brzu procenu mentalnog statusa (MMSE) i Bekove skale za procenu depresivnosti (BDI) u odnosu na nivo osposobljenosti za hod (prospektivna)



Vrednosti MMSE i BDI pokazali su statistički značajnu razliku u odnosu na nivo osposobljenosti za hod ($p=0,008$ i $p=0,022$), pri čemu su pacijenti koji su bili u višim nivoima osposobljenosti za hod imali veće prosečne vrednosti MMSE (kognitivno su bili najviše očuvani), a manje vrednosti BDI.

Grafikon 23. Prosečna starost pacijenata po nivoima osposobljenosti za hod uz pomoć proteze (prospektivna)



Starost pacijenata značajno se razlikovala između različitih nivoa osposobljenosti za hod ($p=0,006$), pri čemu su pacijenti u nižim nivoima osposobljenosti za hod bili starije životne dobi.

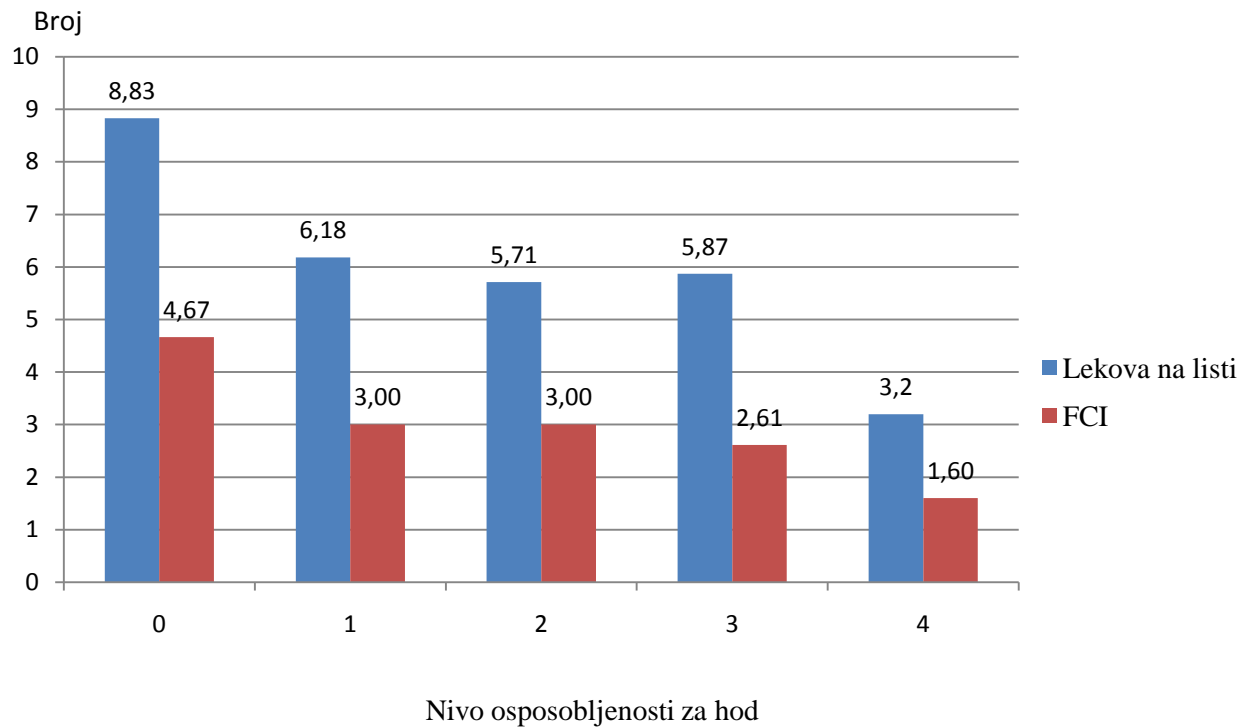
Tabela 35. Funkcionalni indeks komorbiditeta (FCI) i broj lekova između različitih nivoa osposobljenosti (prospektivna)

		N	Prosek	Std. Devijacija	Min.	Maks.	F	p
FCI	0	6	4,67	2,34	2	8	3,58	0,009**
	1	17	3,00	1,50	0	6		
	2	45	3,00	1,38	0	6		
	3	31	2,61	1,41	0	5		
	4	5	1,60	0,89	0	2		
	Ukupno	104	2,91	1,53	0	8		
Broj lekova	0	6	8,83	2,71	5	13	3,31	0,014*
	1	17	6,18	3,13	1	14		
	2	45	5,71	2,00	2	10		
	3	31	5,87	3,22	1	12		
	4	5	3,20	0,45	3	4		
	Ukupno	104	5,89	2,74	1	14		

*p<0,05
** p<0,01

Vrednosti FCI značajno su se razlikovale između nivoa osposobljenosti za hod (p=0,009), kao i broj lekova koje su pacijenti uzimali pri prijemu na rehabilitaciju (p=0,014).

Grafikon 24. Prosečne vrednosti funkcionalnog komorbiditetnog indeksa (FCI) i broja lekova po nivoima osposobljenosti za hod (prospektivna)



U višim nivoima osposobljenosti za hod pacijenti su uzimali prosečno manji broj lekova i FCI je bio niži.

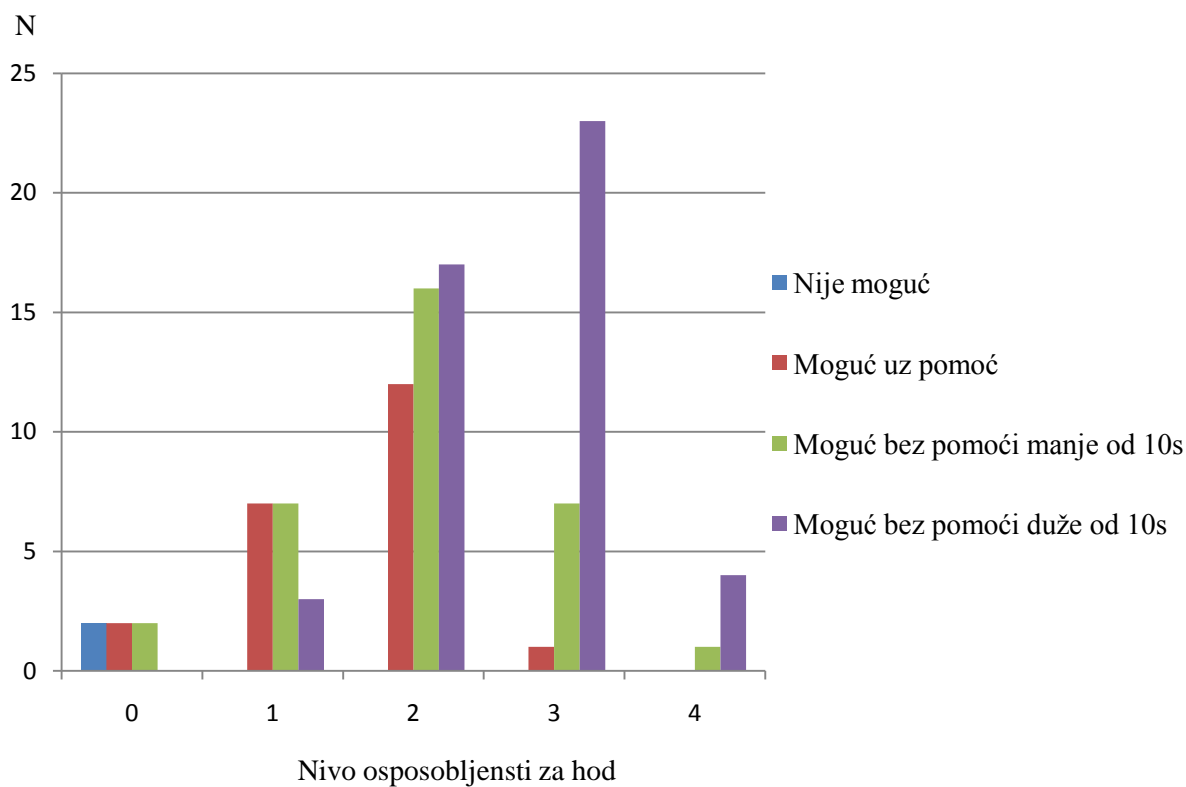
Tabela 36. Odnos komorbiditeta i nivoa osposobljenosti za hod (prospektivna)

Uticaj komorbiditeta na nivo osposobljenosti na hod	Statistika χ^2 testa	p	N	%
Periferna vaskularna bolest	6,01	0,198	95	91,3
Dijabetes	8,41	0,078	74	71,2
Hipertenzija	5,45	0,244	69	66,3
Kardiomiopatija	5,39	0,250	39	37,5
Infarkt miokarda	2,80	0,590	19	18,3
Polineuropatija	1,41	0,843	22	21,2
Angina pectoris	1,63	0,804	17	16,3
Bolest gornjeg gastrointestinalnog trakta	2,69	0,612	13	12,5
Artritis (uključujući osteoartritis)	9,60	0,048*	13	12,5
Oštećen vid	4,196	0,380	12	11,5

*** p<0,05 ** p<0,01**

Od testiranih komorbiditeta jedino se prisustvo artritisa (uključujući i osteoartritis) značajno razlikovalo između nivoa osposobljenosti za hod.

**Grafikon 25. Procena održavanja balansa u različitim nivoima osposobljenosti za hod
(prospektivna)**



Sposobnost održavanja balansa na jednoj nozi statistički se značajno razlikovala između nivoa osposobljenosti za hod (Pirson $\chi^2=57,672$; $p<0,001$). U višim nivoima osposobljenosti za hod samo je manji broj pacijenata mogao da održava balans uz pomoć, dok je većina balansa na intaktnom ekstremitetu održavala samostalno.

Tabela 37. Prisustvo kontraktura na početku tretmana u odnosu na različite nivoe osposobljenosti za hod nakon završenog rehabilitacionog tretmana (prospektivna)

Nivo osposobljenosti za hod	Bez kontrakture	Prisutna kontraktura	Ukupno	χ^2 ^P	p
0	3	3	6	5,025	0,285
1	12	5	17		
2	32	13	45		
3	27	4	31		
4	4	1	5		
Ukupno	78	26	104		

^P Pirson χ^2

Broj pacijenata sa fleksionom kontrakturom u proksimalnom zglobu u odnosu na nivo amputacije (kuk ekstenzija < 0°, koleno ekstenzija < 10°), nije se značajno razlikovao između nivoa osposobljenosti za hod (Pirson $\chi^2=5,025$; p=0,285).

Tabela 38. Uticaj mišićne snage rezidualnog ekstremiteta (mereno MMT) na nivo osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana (prospektivna)

	Nivo osposobljenosti za hod	N	χ^2 ¹	p
mišićna snaga IE² EKSTENZORI kuka	0	6	25,12	<0,001
	1	17		
	2	45		
	3	31		
	4	5		
	Ukupno	104		
mišićna snaga IE² PLANTARNI FLEKSORI	0	6	22,42	<0,001
	1	17		
	2	45		
	3	31		
	4	5		
	Ukupno	104		
mišićna snaga RE² EKSTENZORI kuka	0	6	13,95	0,007
	1	17		
	2	45		
	3	31		
	4	5		
	Ukupno	104		

*p<0,05

** p<0,001

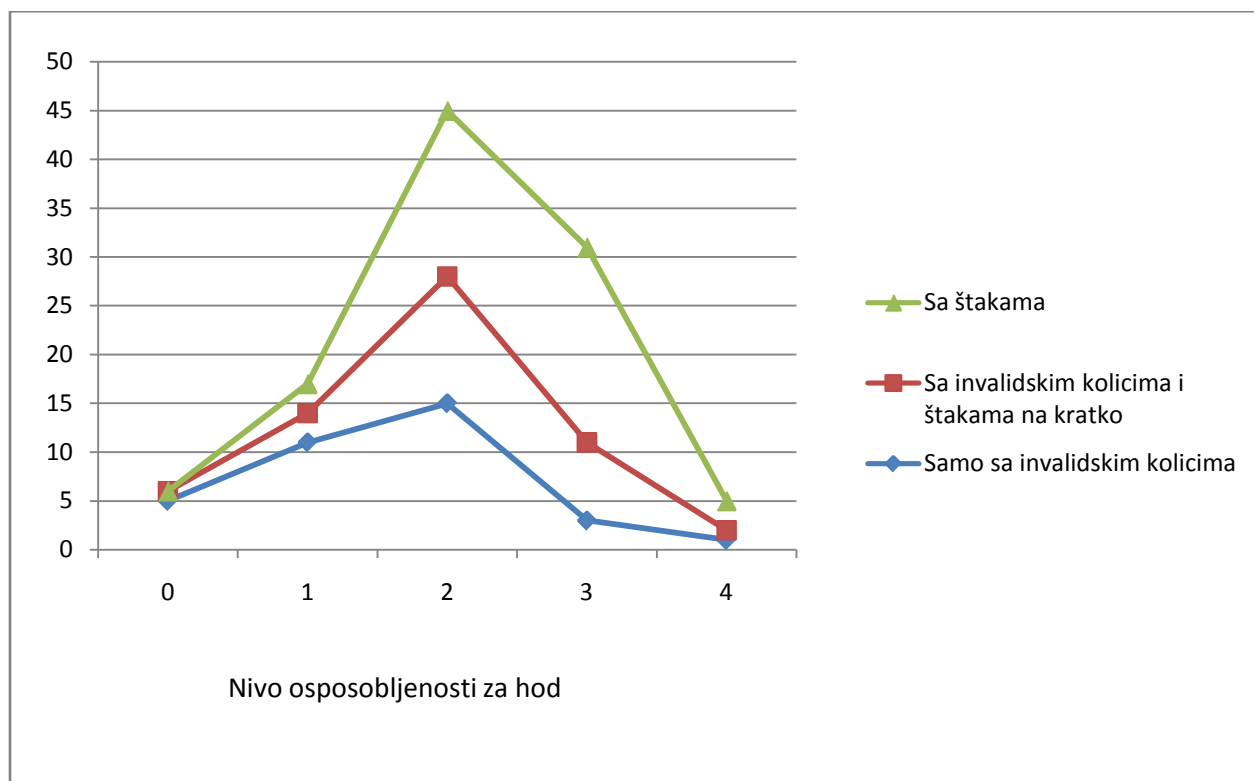
¹Kruskal-Wallis test

² Intaktni ekstremitet

³ Rezidualni ekstremitet

Mišićna snaga pokretača intaktnog i rezidualnog ekstremiteta statistički se značajno razlikovala između nivoa osposobljenosti za hod.

Grafikon 26. Funkcionalni status pri prijemu u odnosu na nivo osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana (prospektivna)



Funkcionalni status pri prijemu na rehabilitacioni tretman značajno se razlikovao između nivoa osposobljenosti za hod nakon završenog tretmana (Pearson $\chi^2=25,84$; $p=0,002$). U višim nivoima osposobljenosti za hod na završetku rehabilitacionog tretmana veći udeo su činili pacijenti koji su mogli da se kreću uz pomoć štaka pri prijemu na rehabilitaciju.

4.2.6. MULTIVARIJATNA ANALIZA

U univarijatnoj analizi identifikovali smo parametre koji su se značajno razlikovali između različitih nivoa osposobljenosti za hod. Ukupno je identifikovano 13 parametara:

1. Nivo amputacije
2. Pol
3. Starost
4. MMSE
5. BDI
6. Broj lekova*
7. FCI
8. Balans
9. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka
10. Mišićna snaga IE ekstenzori kuka
11. Mišićna snaga IE plantarni fleksori *
12. Funkcionalni status pri prijemu*
13. Artritis (uključujući osteoartritis)

Kao i u retrospektivnom delu istraživanja, ispitali smo prisustvo korelacije svih navedenih parametara. Postavili smo kriterijum da se ne toleriše veći koeficijent korelacije od 0,5. Najvišu korelaciju pokazali su parametri prikazani u Tabeli 39.

Tabela 39. Korelacija preostalih parametara (prospektivna)

Korelacija	IE ekstenzori kuka	IE plantarni fleksori	RE ekstenzori kuka	Balans	Funkcionalni status pri prijemu	FCI	Broj lekova
IE ¹ ekstenzori kuka	1,00	0,56*** [!]	0,46**	0,38**	0,32**	-0,17	-0,16
IE plantarni fleksori	0,56*** [!]	1,00	0,31**	0,65*** [!]	0,38**	-0,35**	-0,27**
RE ² ekstenzori kuka	0,46**	0,31**	1,00	0,12	0,32**	-0,11	-0,18
Balans	0,38**	0,65*** [!]	0,12	1,00	0,55*** [!]	0,32**	0,24*
Funkcionalni status pri prijemu	0,32	0,38**	0,31**	0,55*** [!]	1,00	-0,16	-0,23*
FCI	-0,17	-0,35**	-0,11	-0,32**	-0,16	1,00	0,58*** [!]
Broj lekova	-0,16	-0,27**	-0,18	-0,24**	-0,23	0,58*** [!]	1,00

*p<0,05
 ** p<0,001
[!] vrednosti Spirmanovog koeficijenta >0,5

Zbog visokog koeficijenta korelacije ($r > 0,5$) isključili smo 3 parametra (označeni * na navedenoj listi).

4.2.6.1. ORDINALNA REGRESIJA

Preostalih 10 parametara uključili smo u ordinalnu regresiju gde je nivo osposobljenosti (0–4) bio postavljen kao zavisna varijabla. Rezultati su prikazani u Tabeli 40.

Tabela 40. Ordinalna regresija (prospektivna)

	Procena	p
Nivo osposobljenosti=0	-351,705	0,000
Nivo osposobljenosti=1	-339,065	0,000
Nivo osposobljenosti=2	-323,728	0,000
Nivo osposobljenosti=3	-315,321	0,000
Starost	-0,85	0,131
MMSE ¹	-0,237	0,256
BDI²	0,141	0,038
FCI ³	0,215	0,494
Transfemoralni nivo amputacije	-5,636	0,006
Transtibijalni nivo amputacije	0,000	
Ženski pol	-1,045	0,373
Muški pol	0,000	
Nema artritis	2,188	0,101
	0,000	
Ekstenzori kuka ocena 2- prema MMT⁵	-320,158	0,000
Ekstenzori kuka ocena 2 prema MMT⁵	-321,792	0,000
Ekstenzori kuka ocena 2+ prema MMT⁵	-311,965	0,000
Ekstenzori kuka ocena 3- prema MMT⁵	-329,154	0,000
Ekstenzori kuka ocena 3 prema MMT⁵	-310,512	0,000
Ekstenzori kuka ocena 3+ prema MMT⁵	-308,026	0,000
Ekstenzori kuka ocena 4- prema MMT⁵	-320,414	0,000
Ekstenzori kuka ocena 4 prema MMT⁵	-310,546	
	0,000	
Ekstenzori kuka ocena 2 prema MMT ⁵	-4,986	0,798
Ekstenzori kuka ocena 3- prema MMT ⁵	-0,011	1,000
Ekstenzori kuka ocena 3 prema MMT ⁵	0,519	0,670
Ekstenzori kuka ocena 3+ prema MMT ⁵	-2,855	0,191

Ekstenzori kuka ocena 4- prema MMT⁵	-8,534	0,034
Ekstenzori kuka ocena 4 prema MMT ⁵	1,648	0,127
Ekstenzori kuka ocena 4+ prema MMT ⁵	-0,908	0,933
Ekstenzori kuka ocena 5 prema MMT ⁵	0,000	
Balans 0	-47,202	0,909
Balans 1	-14,834	0,003
Balans 2	-3,311	0,021
Balans 3	0,000	

¹Mala skala za brzu procenu mentalnog statusa (engl. *Mini mental state examination*)

²Bekova skala za procenu depresivnosti (engl. *Beck depression inventory*)

³Funkcionalni komorbiditetni indeks (engl. *Functional comorbidity index*)

⁴Rezidualni ekstremitet

⁵Manuelno mišićni test

⁶Intaktni ekstremitet

U regresionom modelu nezavisni prediktori ($p < 0,05$) bili su transfemoralni nivo amputacije, vrednost BDI, mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta, ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta i balans.

Tabela 41. Stvarni i predviđeni nivoi osposobljenosti za hod (prospektivna)

		Predikcija nivoa osposobljenosti za hod					Ukupno
		0	1	2	3	4	
Nivo osposobljenosti za hod	0	2	1	0	0	0	3
	1	0	11	3	2	0	16
	2	0	1	39	3	0	43
	3	0	0	4	26	0	30
	4	0	0	1	3	1	5
Ukupno		2	13	47	34	1	97

Naš model ispravno je odredio nivo osposobljenosti u 79 od ukupno 97 pacijenata, odnosno u 81,4% slučajeva.

4.2.6.2. LINEARNA REGRESIJA

Za multivarijatnu analizu gde su kao zavisne varijable korišćeni TUG i TMWT potencijalni prediktori bili su:

1. Nivo amputacije (TT/TF)
2. Pol
3. Starost
4. MMSE
5. BDI
6. Broj lekova*
7. FCI
8. Balans
9. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka
10. Mišićna snaga IE ekstenzori kuka
11. Mišićna snaga IE plantarni fleksori *
12. Funkcionalni status pri prijemu*
13. Artritis (uključujući osteoartritis)
14. Oštećen vid
15. Vremenski period od amputacije do protetičke rehabilitacije
16. Uzrok amputacije (vaskularni/ostalo)
17. MSPSS
18. Dijabetes melitus (da/ne)
19. Fleksorna kontraktura u proksimalnom zglobu u odnosu na nivo amputacije
20. Fantomski bol (prisutan/odsutan)

21. BMI

Od početnih 21 potencijalnog prediktora, zbog visoke međusobne korelacije ($>0,5$, Tabele 39), isključeno je 3 (označeni * u prethodnom spisku). Preostalih 18 varijabli uključene su u postepenu (engl. *forward*) multivarijatnu regresionu analizu (Tabela 42 i 43).

Tabela 42. Test ustani i kreni (TUG) linearna regresija

	B	p	r ² (%)
Transfemoralni nivo amputacije	2,34	<0,001	20,70
Starost	0,30	0,028	1,74
RE ekstenzori kuka	-3,70	<0,001	7,51
Artritis	16,69	<0,001	5,15
BMI	-0,94	0,029	1,72
Balans moguć samostalno duže od 10s	-5,71	0,048	1,40

Pri postepenoj (engl. *forward*) regresionoj analizi sa TUG kao zavisnom promenljivom uključeno je 6 varijabli uz $alpha < 0,05$ kao kriterijum za uključivanje. Konačnih 6 varijabli objašnjavali su 68,7% varijanse (prilagođeni koeficijent determinacije (engl. *adjusted R square*)=0,687; $F=33,896$; $p < 0,001$). Nivo amputacije objašnjava najveći deo varijanse 20,7%, slede ga mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta sa 7,51%, artritis, starost, balans i BMI.

Tabela 43. Test dvominutnog hoda (TMWT) linearna regresija

	B	p	r ² (%)
Transfemoralni nivo amputacije	-51,760	<0,001	32,257
RE ekstenzori kuka	6,700	<0,001	6,694
Starost	-0,980	<0,001	5,561
Balans moguć uz pomoć	-16,715	0,011	2,171
IE ekstenzori kuka	2,836	0,037	1,433

Pri postepenoj (engl. *forward*) regresionoj analizi sa TMWT kao zavisnom promenljivom uključeno je 5 varijabli uz $\alpha < 0,05$ kao kriterijum za uključivanje. Konačnih 5 varijabli objašnjavali su 71,2% varijanse (prilagođeni koeficijent determinacije (engl. *adjusted R square*)=0,712; $F=45,579$; $p < 0,001$). Nivo amputacije objašnjava najveći deo varijanse 32%, slede ga mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta sa 6,7%, starost, balans i mišićna snaga ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta.

Tabela 44. Uticaj prediktora na nivo osposobljenosti za hod, testa ustani i kreni (TUG) i testa dvominutnog hoda (TMWT) (prospektivna)

prediktor	Nivo osposobljenosti za hod (p)	TUG (p)	TMWT (p)
Nivo amputacije (TT vs TF)	0,006	<0,001	<0,001
Starost	0,136	0,028	<0,001
Pol	0,314	NZ	NZ
Mišićna snaga ekstenzora kuka RE	<0,001	<0,001	<0,001
Mišićna snaga ekstenzora kuka IE	0,028	NZ	0,037
MMSE	0,225	0,027	NZ
BDI	0,042	NZ	NZ
FCI	0,404	NZ	NZ
Oštećen vid	0,729	NZ	NZ
Dijabetes	NZ	NZ	NZ
Artritis (uključujući i osteoartritis)	0,091	<0,001	NZ
Balans	0,004	0,048	0,011
BMI	NZ	0,029	NZ

NZ nema značaja

Zajednički nezavisni prediktori za sva tri funkcionalna parametra bili su nivo amputacije, mišićna snaga ekstenzora rezidualnog ekstremiteta i balans.

4.3. SVM MODELI ZA PREDIKCIJU NIVOVA OSPOSOBLJENOSTI ZA HOD, REZULTATA TESTA DVOMINUTNOG HODA I TESTA USTANI I KRENI

Model 1 – Klasifikacija pacijenata prema nivoima osposobljenosti za hod – retrospektivna studija

Model 1 formiran je na osnovu podataka iz retrospektivne studije.

Ulazni parametri Modela 1 su:

1. Pol
2. Starost
3. Nivo amputacije (TT/TF)
4. FCI
5. Oštećenje vida
6. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka
7. Funkcionalni status pri prijemu

Izlaz modela je nivo osposobljenosti za hod.

Parametri modela dobijeni su optimizacijom PSO algoritmom uz minimizaciju srednje kvadratne greške na test modelu.

- a. Obuka modela

Tabela 45. Stvarni i procenjeni nivo osposobljenosti za hod

Procenjeni nivo	0	1	2	3	4
Stvarni nivo					
0	0	10	0	5	0
1	0	38	0	16	0
2	0	3	39	18	0
3	0	7	0	88	0
4	0	1	0	16	0

Dobijeni Model 1 imao je ukupnu tačnost od 62,38 % na podacima za obuku.

Performanse Modela 1 date su u nastavku:

Tabela 46. Parametri klasifikacije po nivoima osposobljenosti za hod- obuka Modela 1

	Nivo osposobljenosti za hod				
	0	1	2	3	4
Tačnost (%)	92,57	81,68	89,6	69,61	91,58
Tačno pozitivan (TP)	0	38	0	88	0
Tačno negativan (TN)	187	127	181	52	185
Lažno pozitivan (FP)	0	21	0	55	0
Lažno negativan (FN)	15	16	21	7	17

b. Test modela

Tabela 47. Stvarni i procenjeni nivo osposobljenosti za hod

Procenjeni nivo	0	1	2	3	4
Stvarni nivo					
0	0	2	0	1	0
1	0	9	0	5	0
2	0	4	0	3	0
3	0	2	0	20	0
4	0	0	0	5	0

Dobijeni Model 1 imao je ukupnu tačnost 56,86% na test podacima. Performanse Modela 4 date su u nastavku:

Tabela 48. Parametri klasifikacije po nivoima osposobljenosti za hod – test Modela 1

	Nivo osposobljenosti za hod				
	0	1	2	3	4
Tačnost (%)	94,12	74,51	86,27	68,63	90,2
Tačno pozitivan (TP)	0	9	0	20	0
Tačno negativan (TN)	48	29	44	15	46
Lažno pozitivan (FP)	0	8	0	14	0
Lažno negativan (FN)	3	5	7	2	5

Tabela 49. Relativna važnost ulaznih varijabli za Model 1

Varijabla	Relativna važnost
Funkcionalni status pri prijemu	100
Nivo amputacije	24,242
Mišićna snaga RE¹ ekstenzori kuka	24,242
Pol	6,061
Oštećen vid	3,03

¹ Rezidualni ekstremitet

Najvažnija varijabla u Modelu 1 bio je funkcionalni status pri prijemu na rehabilitacioni tretman, zatim su sledili nivo amputacije i mišićna snaga ekstenzora kuka RE.

Model 2 – Klasifikacija pacijenata prema nivoima osposobljenosti za hod – prospektivna studija

Ulazni parametri Modela 2 su:

1. Pol
2. Starost
3. MMSE
4. BDI
5. Nivo amputacije (TT/TF)
6. FCI
7. Artritis

8. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka
9. Mišićna snaga IE ekstenzori kuka
10. Balans

Izlaz modela je nivo osposobljenosti za hod.

Parametri modela dobijeni su optimizacijom PSO algoritmom uz minimizaciju srednje kvadratne greške na test modelu.

- a. Obuka modela

Tabela 50. Stvarni i procenjeni nivo osposobljenosti za hod

Procenjeni nivo osposobljenosti za hod	0	1	2	3	4
Stvarni nivo osposobljenosti za hod	0	1	2	3	4
0	0	1	2	0	0
1	0	14	0	1	0
2	0	0	39	2	0
3	0	0	1	28	0
4	0	0	0	5	0

Dobijeni Model 2 imao je ukupnu tačnost od 87,25 % na podacima za obuku.

Performanse dobijenog Modela date su u nastavku:

Tabela 51. Parametri klasifikacije po nivoima osposobljenosti za hod – obuka Modela 2

	Nivo osposobljenosti za hod				
	0	1	2	3	4
Tačnost (%)	96,77	97,85	94,62	90,32	94,62
Tačno pozitivan (TP)	0	14	39	28	0
Tačno negativan (TN)	90	77	49	56	88
Lažno pozitivan (FP)	0	1	3	8	0
Lažno negativan (FN)	3	1	2	1	5

b. Test modela

Tabela 52. Stvarni i procenjeni nivo osposobljenosti za hod

Procenjeni nivo	0	1	2	3	4
Stvarni nivo					
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
2	0	1	1	0	0
3	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0

Dobijeni Model 2 imao je ukupnu tačnost 75% na test podacima. Performanse dobijenog Modela date su u nastavku:

Tabela 53. Parametri klasifikacije po nivoima osposobljenosti za hod – test Modela 2

	Nivo osposobljenosti za hod				
	0	1	2	3	4
Tačnost(%)	100	75	75	100	100
Tačno pozitivan (TP)	0	1	1	1	0
Tačno negativan (TN)	4	2	2	3	4
Lažno pozitivan (FP)	0	1	0	0	0
Lažno negativan (FN)	0	0	1	0	0

Tabela 54. Relativna važnost ulaznih varijabli za Model 2

Varijabla	Relativna važnost
BDI ¹	100
Mišićna snaga RE² ekstenzori kuka	64,286
Balans	57,143
³ MMSE	50
Mišićna snaga IE ⁴ ekstenzori kuka	35,714
Pol	21,429
FCI ⁵	7,143
Nivo amputacije	7,143

¹Bekova skala depresivnosti

²Rezidualni ekstremitet

³Mala skala za brzu procenu mentalnog statusa

⁴Intaktni ekstremitet

⁵Funkcionalni komorbiditetni indeks

Najvažnija varijabla u Modelu 2 bila je vrednost BDI, zatim su sledili mišićna snaga ekstenzora RE, balans, MMSE, mišićna snaga ekstenzora IE, pol, FCI i nivo amputacije.

Model 3 – Predikcija rezultata testa ustani i kreni (TUG)

Izlaz Modela 3 je TUG Ulazni parametri Modela 3 su:

1. Nivo amputacije (TT/TF)
2. Starost
3. BMI
4. Artritis
5. Balans
6. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka

Parametri modela dobijeni su optimizacijom PSO algoritmom uz minimizaciju srednje kvadratne greške na test modelu.

Tabela 55. Performanse obuke i testa Modela 3 (izlazni parametar Test ustani i kreni)**(TUG)**

	Obuka	Test
Srednja vrednost izlaza	35,8878	35,8878
Srednja vrednost izlaza za procenjene vrednosti	34,5385	34,7142
R²	0,73057	0,64828
	(73,06%)	(64,828%)
Korelacija između stvarnih i procenjenih vrednosti	0,85934	0,80767

Na obuci, model je objašnjavao 73,06% varijanse, dok je pri testiranju nepoznatog uzorka objašnjavao 64,828% varijanse.

Tabela 56. Relativna važnost ulaznih varijabli Modela 3

Varijabla	Relativna važnost
Nivo amputacije	100
Mišićna snaga RE¹ ekstenzori kuka	31,775
Artritis	15,396
Balans	14,209
Starost	6,805
BMI	1,822

¹Rezidualni ekstremitet

Najvažnija varijabla u Modelu 3 bila je nivo amputacije, zatim su sledili mišićna snaga ekstenzora kuka RE, artritis, balans, starost i BMI.

Model 4 – Predikcija rezultata testa dvominutnog hoda

Izlaz Modela 4 je Test dvominutnog hoda (TMWT). Ulazni parametri Modela 4 su:

- 22. Nivo amputacije (TT/TF)
- 23. Starost
- 24. FCI
- 25. Balans
- 26. Mišićna snaga RE ekstenzori kuka
- 27. Mišićna snaga IE ekstenzori kuka

Parametri modela dobijeni su optimizacijom PSO algoritmom uz minimizaciju srednje kvadratne greške na test modelu.

Tabela 57. Performanse obuke i testa Modela 4 (izlazni parametar Test dvominutnog hoda) (TMWT)

	Obuka	Test
Srednja vrednost izlaza	63,1786	63,1786
Srednja vrednost izlaza za procenjene vrednosti	64,9765	65,959
R²	0,79891 (79,891%)	0,67509 (67,509%)
Korelacija između stvarnih i procenjenih vrednosti	0,89562	0,82621

Na obuci, model je objašnjavao 79,89% varijanse, dok je pri testiranju nepoznatog uzorka objašnjavao 67,509% varijanse.

Tabela 58. Relativna važnost ulaznih varijabli Modela 4

Varijabla	Relativna važnost
Nivo amputacije	100
Mišićna snaga RE¹ ekstenzori kuka	21,929
Mišićna snaga IE ² ekstenzori kuka	17,138
Starost	17,07
Balans	13,636

¹Rezidualni ekstremiteta
²Intaktni ekstremitet

Najvažnija varijabla u Modelu 4 bila je nivo amputacije, zatim su sledili mišićna snaga ekstenzora kuka RE i IE, starost i balans.

5. DISKUSIJA

Amputacija donjih ekstremiteta i dalje je klasičan rehabilitacioni problem koji je u domenu rada fizijatra [5]. Predstavlja veliku promenu u životu pojedinca: izmenjena je slika o sopstvenom telu, otežane su aktivnosti samozbrinjavanja i kretanja, izmenjen je psihosocijalni status, a može biti značajno poremećeno obavljanje profesionalnih i drugih delatnosti [6]. Kretanje predstavlja osnovnu potrebu čoveka i ponovno uspostavljanje ove funkcije predstavlja važan cilj rehabilitacionog procesa [7]. Faktori koji mogu da predvide uspeh protetičke rehabilitacije i nivo osposobljenosti za hod do sada su samo delimično razjašnjeni [18].

Nakon pilot studije retrospektivnog dela istraživanja došli smo do zaključka da su istorije bolesti pacijenata bile u velikoj većini slučajeva bez podataka o mišićnoj snazi intaktnog ekstremiteta, telesnoj visini i težini, da je merenje dužine rezidualnog ekstremiteta bilo nekonzistentno, odnosno da nije postojao jedinstven stav o referentnim tačkama merenja ili nije naglašeno na koji način je merenje izvršeno, pa nije bilo moguće poređenje ovih vrednosti. U velikoj većini istorija nisu postojali validni podaci o balansu pacijenata. Navedene manjkavosti ispravili smo u prospektivnom delu istraživanja. Testirali smo mišićnu snagu plantarnih fleksora i ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta [93, 95]. U retrospektivnom delu istraživanja manuelno mišićni test pokretača rezidualnog ekstremiteta, kao i merenje obima pokreta vršio je veći broj terapeuta (više od 10), dok je u prospektivnom delu istraživanja testiranje mišićne snage i merenje obima pokreta sprovodio lekar istraživač [93, 95, 115]. U prospektivnom delu istraživanja merili smo telesnu visinu i težinu pacijenata. Definisali smo referentne tačke za merenje dužine rezidualnog ekstremiteta: od zglobne pukotine do distalnog okrajka tibije za

transtibijalne amputacije i od donje ivice velikog trohantera do distalnog okrajka femura za transfemoralne amputacije [25]. Kao jednostavan test za balans ispitivali smo sposobnost pacijenata da stoje na intaktnom ekstremitetu, što su opisali Schoppen i sar. (2003) u svom istraživanju [92]. U retrospektivnom delu istraživanja koristili smo dva socijalna parametra (oženjen/ostalo, živi sa porodicom/ostalo). Smatrali smo da bi u prospektivnom delu istraživanja bilo neophodno detaljnije ispitati socijalnu podršku i odlučili smo se za MSPSS, upitnik koji ispituje podršku porodice, prijatelja i partnera i već je korišćen u svrhu procene socijalne podrške osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta [116]. U retrospektivnom delu istraživanja pacijenti su veoma često završavali rehabilitacioni tretman bez evaluacije psihologa. U prospektivnom delu istraživanja klinički psiholog je procenjivao kognitivni i afektivni status pacijenata uz pomoć MMSE i BDI. Prilikom prikupljanja podataka o prisustvu komorbiditeta u retrospektivnom delu koristili smo isključivo istorije bolesti, dok smo u prospektivnom delu registrovali prisutne komorbiditete na osnovu anamneze, fizikalnog pregleda i dostupne medicinske dokumentacije. Sve parametre smo uključili u univarijantnu analizu kako bi izvršili preselekciju promenljivih koje ćemo uključiti u multivarijantnu analizu.

U literaturi se opisuje značajan broj alata i testova za utvrđivanje funkcionalnog statusa pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta [117, 118] ali osposobljenost za hod predstavlja centralnu tačku.

S obzirom na to da je fokus našeg istraživanja bila osposobljenost za hod, u prospektivnom delu istraživanja koristili smo skalu nivoa osposobljenosti za hod (0–4), TUG (test ustani i kreni – engl. *timed up and go test*) i TMWT (test dvominutnog hoda – engl. *2-minute walk test*). TUG i TMWT predstavljaju objektivnu procenu kapaciteta za hod i pokazali su se kao pouzdani, validni i senzitivni na promene koje mogu da se jave tokom vremena kod

pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta [80, 83, 119]. U retrospektivnom delu istraživanja na raspolaganju smo imali skalu nivoa osposobljenosti za hod. Skala se koristi na Klinici za medicinsku rehabilitaciju Kliničkog centra Vojvodine više od decenije unazad u svrhu procene funkcionalne osposobljenosti za hod pacijenata nakon protetičke rehabilitacije. Vrlo je slična (ako ne i identična) sa „Medicare Functional Classification Level“ poznatom i kao „K-levels“ [5, 118, 120], kao i sa „Mobis-The Otto Bock Mobility System“ [121]. Iako su nabrojani alati osmišljeni u svrhu procene potencijala ovih pacijenata i prepisivanja različitih komponenti proteze u skladu sa tim, mi smo navedenu skalu koristili u svrhu procene osposobljenosti za hod.

Statistička obrada podataka urađena je standardnim statističkim metodama SPSS programom. Rezultati dobijeni ovom analizom nisu nam omogućili regresiju i klasifikaciju na skupu podataka van obučavajućeg skupa. Konkretno, nismo bili u mogućnosti da analiziramo novopridošle pacijente, odnosno da obrađujemo podatke dobijene od pacijenata koji nisu bili uvršćeni direktno u izračunavanje. Zbog navedenih razloga i zbog karakteristika uzorka i podataka odlučili smo se za primenu metoda mašinskog učenja za predikciju nivoa osposobljenosti za hod kao i rezultata testa dvominutnog hoda (TMWT) i testa ustani i kreni (TUG). U poslednje vreme, sve više se koriste algoritmi bazirani na potpornim vektorima (engl. *support vector machines* – SVM), koji imaju dobru sposobnost generalizacije i daju bolje rezultate kada se raspoloživo relativno malim uzorkom podataka za obuku, kao i sa zašumljenim podacima [99-103], što je i kod nas bio slučaj. Imajući u vidu suštinsku razliku u obradi podataka – statistički metod samo na podacima koji su korišćeni u pravljenju matematičkog modela, a metod SVM i na podacima iz takozvanog testirajućeg skupa (podaci koji nisu korišćeni prilikom formiranja modela) – nije smisleno porediti rezultate iz ova dva pristupa.

Rezultati našeg istraživanja ukazuju na veliki broj raznorodnih faktora koji utiču na nivo osposobljenosti za hod. Istraživanja koja se bave uticajem različitih faktora na ishod rehabilitacionog procesa nakon amputacije donjih ekstremiteta teško je porediti zbog različite metodologije kojom se definišu kako prediktori, tako i funkcionalni ishod rehabilitacionog tretmana [122].

U retrospektivnom delu našeg istraživanja 83% pacijenata je bilo muškog pola, dok je u prospektivnom delu ovaj odnos bio bez značajne razlike 77% muškog pola. Drugi istraživači nalaze nešto manji procenat muškaraca, tako u velikoj studiji prevalence amputacija u SAD Ziegler-Graham i sar. (2005) procenjuju da je odnos muškaraca i žena 65% i 35% [9], skoro identičan rezultat nalaze Wu i sar. (2010) [123]. Raya i sar. (2010) su u svom istraživanju imali 65% muškaraca, a Taylor i sar. (2005) 55% muškaraca, dok su Frlan–Vrgoč i sar. (2011) imali 82% muškaraca [35, 124, 125].

U univarijantnoj analizi različiti nivoi osposobljenosti za hod značajno su se razlikovali u odnosu na pol pacijenata i u retrospektivnom i u prospektivnom delu istraživanja. U multivarijantnoj analizi pol ne daje značajan jedinstven doprinos predikciji zavisne promenljive [126] ni u retrospektivnom, ni u jednom od tri funkcionalna parametra u prospektivnom delu istraživanja. Frlan–Vrgoč i sar. (2011) u svom istraživanju nisu našli statistički značajnu razliku TMWT između osoba muškog i ženskog pola [124]. Singh i sar. (2008) nalaze da se kod žena protetička rehabilitacija ređe završava uspehom (uspeh je definisan kao mogućnost hoda uz pomoć privremene proteze). Podaci u literaturi su oskudni kada je u pitanju razlika između polova u funkcionalnom osposobljavanju nakon amputacije donjih ekstremiteta [31]. Neki autori nalaze da je transfemoralni nivo amputacije kod žena značajno češći [32], što bi mogao biti razlog lošijeg nivoa osposobljenosti za hod. Iako smo i mi našli veću učestalost transfemoralnog

nivoa amputacije kod žena, ova razlika nije dostigla statistički značaj. Poznato je da žene pri hodu postižu nižu brzinu i manju dužinu koraka u odnosu na muškarce [127-129]. U istraživanju Collins i sar. (2006) brzina hoda kao i pređena distanca (osoba bez amputacije) bili su značajno veći kod muškaraca, a ova razlika bila je još veća kod osoba sa perifernom arterijskom bolešću [130]. Možemo pretpostaviti da se ova razlika kod osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta produbljuje i da je to jedan od uzroka različitog nivoa osposobljenosti za hod između polova.

Amputaciji donjih ekstremiteta najčešće su podvrgnuti pacijenti starije životne dobi jer je periferna vaskularna bolest dominantan uzrok [5].

Prosečna starost pacijenata u retrospektivnom delu istraživanja bila je 60,82 godine, a u prospektivnom nepune dve godine više 62,1, ova razlika nije bila statistički značajna. Prosečna starost u istraživanju Bates i sar. (2007) koje je obuhvatilo sve pacijente kojima je urađena amputacija donjih ekstremiteta bila je 67,3 godine [131], sličnu prosečnu starost nalaze Stineman i sar. (2008) 67,2 godine [28], Wu i sar. (2010) 70 godina [123]. S obzirom na to da su u ovim istraživanjima obuhvaćeni svi pacijenti kojima je urađena amputacija, a ne samo oni koji su bili primljeni na protetičku rehabilitaciju, možemo pretpostaviti da je to jedan od razloga što su pacijenti u našem istraživanju bili mlađi. Ne možemo zanemariti ni činjenicu da zakasnela dijagnoza periferne vaskularne bolesti, kao i neadekvatno praćenje ovih pacijenata može biti uzrok ranijem gubitku ekstremiteta.

Univarijatna analiza u retrospektivnom i u prospektivnom delu pokazala je statistički visoko značajnu razliku između starosti pacijenata različitih nivoa osposobljenosti za hod. U multivarijatnoj analizi, starost u modelu ordinalne regresije retrospektivnog dela istraživanja i u modelu linearne regresije za TUG i TMWT prospektivnog dela daje značajan jedinstven doprinos predikciji zavisnih promenljivih. Raya i sar. (2010) u svom istraživanju nalaze starost

kao nezavisan prediktor rezultata na testu šestominutnog hoda (engl. *6-minute walk test*) [125]. Značajnu razliku rezultata TMWT kod različitih starosnih kategorija ispitanika nalaze i Frlan–Vrgoč i sar. (2011) [124].

Iako nema većih razlika u simetriji, postoji značajna razlika u brzini hoda kod zdravih ljudi različite starosti [132]. Zbog toga ne predstavljaju iznenađenje lošiji rezultati TUG i testa šestominutnog hoda kod osoba starije životne dobi [133]. Nakon pedesete godine života, starosna dob predstavlja značajan negativan faktor za nivo fizičke aktivnosti, a jedan od mogućih uzroka može biti sarkopenija [134]. Slaba mobilnost, sedenteran način života, dekonicioniranost, šećerna bolest i starija životna dob ovih pacijenata predstavljaju faktore rizika za nastanak sarkopenije [135-137]. Iako stepen progresije sarkopenije nakon amputacije donjih ekstremiteta nije poznat, može se pretpostaviti da se proces intenzivira s obzirom na to da se i faktori rizika produbljuju.

U retrospektivnom delu našeg istraživanja 66% pacijenata imalo je transfemoralni, a 34% transtibijalni nivo amputacije. U prospektivnom delu nije bilo značajne razlike: 61,5% sa transfemoralnim, a 38,5% sa transtibijalnim nivoom amputacije. Ovakvi podaci se značajno razlikuju od podataka u literaturi. Tako Ephraim i sar. (2005) u svom istraživanju sprovedenom u SAD koje je obuhvatilo 914 pacijenata sa amputacijama gornjih i donjih ekstremiteta nalazi da su transtibijalne činile 40,7%, a transfemoralne 38,6% svih amputacija (odnosno 51/49% ako bismo isključili obostrane amputacije donjih ekstremiteta i amputacije gornjih ekstremiteta) [57]. Slične rezultate nalaze i Stone i sar. (2007) u svom istraživanju (50,9% transtibijalnih amputacija) [138]. Wu i sar. (2010) u svom istraživanju u Australiji nalaze još veću razliku: transtibijalne amputacije činile su 66% jednostranih amputacija, a transfemoralne 34% [123]. Razlog za ovu razliku može ležati u činjenici da se kod nas pacijenti javljaju vaskularnom

hirurgu kasno, što za posledicu ima pogoršanje opšteg stanja pacijenata, a rezultat je viši nivo amputacije [139, 140]. Zbog toga je neophodno poboljšati mere prevencije i skrininga osoba sa perifernom vaskularnom bolešću u našem zdravstvenom sistemu.

Univarijatom analizom u retrospektivnom i prospektivnom delu istraživanja nađena je visoko statistički značajna razlika između nivoa osposobljenosti za hod i nivoa amputacije, što je potvrđeno i multivarijatom analizom gde nivo amputacije daje značajan jedinstven doprinos predikciji sva tri testirana funkcionalna parametra u prospektivnom delu (TUG, TMWT i skala osposobljenosti za hod), kao i u retrospektivnom delu istraživanja. Većina autora nalazi da je nivo amputacije značajan prediktor funkcionalnog ishoda nakon amputacije donjih ekstremiteta [12, 124, 125]. Objašnjenje verovatno leži u činjenici da je hod uz pomoć natkolene proteze energetski značajno zahtevniji od hoda sa potkolenom [37, 56, 141], pa se pacijenti sa višim nivoom amputacije sporije kreću kako bi potrošnja energije bila u optimalnom opsegu [37]. Schoppen i sar. (2003) nisu našli da je nivo amputacije nezavisan prediktor funkcionalnog ishoda, što objašnjavaju činjenicom da su u svom istraživanju imali većinom pacijente sa transtibijalnim nivoom amputacije [92].

Fantomski bol u našoj retrospektivnoj studiji registrovan je kod 28% pacijenata a u prospektivnoj kod 68% pacijenata. Ova značajna razlika nije predstavljala iznenađenje. Naime, u prospektivnom delu istraživanja primetili smo da pacijenti vrlo često negiraju postojanje tegoba i tek na precizno postavljeno pitanje, da li osećaju bol u delu ekstremiteta koji je amputiran daju potvrđan odgovor. Može se pretpostaviti da u retrospektivnom delu istraživanja nije uvek precizno postavljano pitanje vezano za fantomski bol i da je to razlog manje učestalosti. Učestalost fantomskog bola kod osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta koji se može naći u literaturi veoma varira. Davidson i sar. (2010) u svom istraživanju nalaze da je fantomski bol

prisutan kod 56% pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta gde je najvećem broju pacijenata amputacija urađena pre više od 5 godina [142]. Schoppen i sar. (2003) u svom istraživanju nalaze da su fantomski bol i bol u rezidualnom ekstremitetu bili prisutni kod 89% pacijenata 2 nedelje nakon amputacije, dok je nakon 6 nedelja bio prisutan kod 60,8% [92]. Pohjolainen (1991) nalazi fantomski bol kod 57% pacijenata u vreme protetičke rehabilitacije, a kod 50% godinu dana kasnije [143]. Fleury i sar. (2012) u svom pregledu literature navode da oko 70% pacijenata sa amputacijom imaju fantomski bol, što je i najbliže rezultatima koje smo dobili u prospektivnom delu našeg istraživanja [139].

Univarijatna analiza nije pokazala značajnu razliku između nivoa osposobljenosti i prisustva fantomskog bola u oba dela istraživanja. Slične rezultate dobijaju i Schoppen i sar. (2003) koji u svojoj studiji u univarijatnoj analizi nisu našli značajan uticaj fantomskog ili bola u rezidualnom ekstremitetu ni na jedan od 4 testa funkcionalnosti koja su sprovedi [92]. Ipak Pohjolainen (1991) u svom istraživanju navodi da je prisustvo fantomskog bola bilo značajno povezano sa redukovanom razdaljinom koju su ovi pacijenti mogli da pređu [143].

Vremenski interval od amputacije do započinjanja protetičke rehabilitacije u našem istraživanju iznosio je 186 dana u retrospektivnom i 172 dana u prospektivnom delu istraživanja, što nije predstavljalo značajnu razliku. Oba ova vremenska intervala mogu se smatrati predugim, s obzirom na to da se smatra da protetička rehabilitacija može da započne već od 3 do 6 nedelje nakon amputacije [5], odnosno od 6 do 10 nedelja za amputacije vaskularne etiologije [18]. Webster i sar. (2012) u svom istraživanju nalaze da je 4 meseca nakon amputacije samo 50% pacijenata bilo snabdeveno protezom, a više od 90% pacijenata nakon 12 meseci [19], Singh i sar. (2008) nalaze prosečni vremenski period od amputacije do započinjanja protetičke rehabilitacije od 54,2 dana za žene i 50,8 dana za muškarce [31]. Za ovako dug vremenski period

između amputacije i započinjanja protetičke rehabilitacije značajan deo odgovornosti snosi i administracija koja prati ovaj proces. Interesantno je da nismo pronašli značajnu vezu između dužine ovog vremenskog intervala i nivoa osposobljenosti za hod, ni u retrospektivnom, ni u prospektivnom delu istraživanja. Iako nije bila statistički značajna, postojala je razlika između pojedinih nivoa osposobljenosti, pa su tako na protezu pacijenti nivoa 0 čekali više od mesec dana duže nego oni nivoa osposobljenosti za hod 1 i 2.

Vreme protetičke rehabilitacije se u našem istraživanju značajno smanjilo u prospektivnom u odnosu na retrospektivni deo istraživanja i iznosilo je za retrospektivni deo istraživanja 30 dana, a za prospektivni deo istraživanja 25 dana. U literaturi se nalaze različiti podaci o trajanju rehabilitacije: 44 dana [123], 54,1 dan za žene, 57,1 dan za muškarce [31] ili 55 dana [144].

Prisustvo komorbiditeta i njihov uticaj na funkcionalni ishod kod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta još nije potpuno razjašnjen i rezultati različitih studija često su ambivalentni. U odnosu na povećane energetske potrebe pri hodu uz pomoć proteze, moglo bi se očekivati da aerobni kapacitet značajno utiče na sposobnost ovih pacijenata za hod što je i potvrđeno u nekim istraživanjima [145]. Učestalost periferne vaskularne bolesti kod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta značajno je češća nego kod opšte populacije [20, 146], isto se može reći i za infarkt miokarda, anginu pektoris i srčanu insuficijenciju [147, 148]. Prisustvo nabrojanih komorbiditeta sigurno doprinosi smanjenju kardiovaskularnih kapaciteta ovih pacijenata neophodnih za, energetski zahtevan, hod uz pomoć proteze. Uprkos navedenim činjenicama, nismo dobili statistički značajnu vezu nijednog od ovih komorbiditeta sa nivoom osposobljenosti za hod kako u retrospektivnom tako i u prospektivnom delu istraživanja. Razlog tome može biti u selekciji pacijenata, pošto smo u studiju uključili samo one pacijente kojima je

bila prepisana proteza. Ovo bi moglo da znači da su pacijenti sa težim kliničkim oblikom pojedinih bolesti bili izuzeti iz ovog istraživanja. Sa druge strane, u našem istraživanju nismo uzimali u obzir težinu svakog komorbiditeta, pa je moguće da su samo pacijenti sa minimalnim manifestacijama ovih bolesti uključeni u naše istraživanje. Sa sličnom situacijom susreli su se i drugi autori [92].

Pod dijagnozom artritisa u većini slučajeva postojao je osteoartritis kuka i kolena. Pojedini autori navode značajnu vezu između amputacije i degenerativnih promena na kukovima i kolenima, kako amputiranom tako i intaktnom donjem ekstremitetu, koje nastaju u postamputacionom periodu [149-151]. U našem istraživanju osteoartritis nije bio posledica biomehaničkih nedostataka hoda uz pomoć proteze već je predstavljao ograničavajuću okolnost za osposobljavanje za hod. Nije davao jedinstven doprinos predikciji za nivo osposobljenosti za hod i TMWT, ali je bio nezavisan prediktor za TUG. Ovakav podatak ne iznenađuje, s obzirom na limitirane aktivnosti osoba sa osteoartritisom kuka i kolena [152, 153]. Moguće da je TUG bio najzahtevniji (ustajanje i sedanje posebno je otežano kod osoba sa degenerativno izmenjenim kukom ili kolenom) i da se zbog toga na ovom testu artritis izdvojio kao nezavisan prediktor.

U univarijantnoj analizi u retrospektivnom delu našeg istraživanja jedino je oštećen vid pokazao značajnu vezu sa nivoom osposobljenosti za hod. Ova činjenica zvuči logično s obzirom na to da je ovim pacijentima veoma bitan vid, kako za savladavanje neophodnih veština za manipulaciju protezom, tako i za sam proces hoda. Naime, opšte je poznato da informacije za održavanje balansa dobijamo preko čula vida, propriocepcije i vestibularnog sistema [154]. Nakon amputacije, informacije propriocepcije iz amputiranog dela ekstremiteta nedostaju, te pacijenti moraju ovaj nedostatak nadoknaditi na drugi način. Čulo vida predstavlja jedno od mogućih rešenja [155]. Poznato je da osobe koje imaju oštećenje propriocepcije donjih

ekstremiteta (zbog oštećenja dorzalnih kolumni ili teške polineuropatije) pri zatvaranju očiju imaju teškoće da održe balans, što je i iskorišćeno u široko primenjivanom dijagnostičkom Romberg testu [156]. Možemo da pretpostavimo da osobe koje slabo vide imaju više poteškoća pri hodu uz pomoć proteze, posebno na početku obuke. Ne smemo zaboraviti da je vid veoma važan i za uočavanje prepreka, pa pacijenti koji slabije vide mogu biti primorani da sporije hodaju kako bi ih pravovremeno uočili. Ipak u prospektivnom delu istraživanja nismo dobili značajnu razliku između različitih nivoa osposobljenosti u odnosu na prisustvo oštećenja vida. Imali smo jasno definisan kriterijum za oštećenje vida koji se sastojao u tome da li pacijenti mogu da pročitaju tekst određene veličine slova. Moguće da je ovaj kriterijum suviše blag i da su pacijenti koji su ispunjavali kriterijume za „oštećenje vida“ ipak mogli da budu zadovoljavajuće osposobljeni za hod.

U literaturi se često koriste indeksi komorbiditeta koji su napravljeni u svrhu procene mortaliteta a ne funkcionalnog ishoda. Funkcionalni komorbiditetni indeks (engl. *Functional comorbidity index* – FCI) razvijen je sa ciljem da se ispita fizička funkcionalnost [157], podaci se mogu dobijati iz medicinske istorije bolesti, anamnestičkih podataka i velikih administrativnih baza podataka [158]. FCI je pored navedenog i jednostavan za primenu pošto je potrebno sabrati pozitivne odgovore za prisustvo svake od 18 nabrojanih bolesti bez obzira na težinu (Prilog 1). Pacijenti sa amputacijom donjih ekstremiteta imaju značajan broj komorbiditeta [159], a samim tim i visoke FCI vrednosti [160], što se pokazalo i u ovom istraživanju (u proseku 2,9 u prospektivnom delu istraživanja).

Univarijatom analizom našli smo značajnu razliku između nivoa osposobljenosti za hod i vrednosti FCI, i u retrospektivnom i u prospektivnom delu istraživanja, ali u multivarijatom modelima za sve funkcionalne parametre FCI ne daje značajan jedinstven doprinos predikciji.

Webster i sar. (2012) u svom istraživanju nalaze da su značajan negativan doprinos vremenu nošenja proteze, 12 meseci nakon amputacije, davali prisustvo depresivnih epizoda i istorija lečenja pacijenata hemodijalizom [19], dok de Laat i sar. (2013) nalaze da je FCI statistički značajno povezan sa ograničenom sposobnošću savladavanja stepenica [161]. Fletcher i sar. (2001) nalaze da su dijabetes melitus sa polineuropatijom i demencija značajno povezani sa uspehom protetisanja pacijenata, ali samo je demencija davala jedinstven i značajan doprinos predikciji [12]. Schoppen i sar. (2003) nisu našli značajnu vezu između prisustva dijabetesa i kardiovaskularnih komorbiditeta i TUG [92]. Raya i sar. (2010) u svom istraživanju nisu našli značajnu vezu između prisustva komorbiditeta i testa šestominutnog hoda (engl. *6-minute walk test*) [125]. Uticaj komorbiditeta na korišćenje proteze nisu našli ni van Eijk i sar. (2012) [56].

Razlog za ovakav rezultat može biti već spomenuta selekcija pacijenata i izostanak gradacije komorbiditeta po težini.

U našem istraživanju nađena je interesantna razlika u vrednostima FCI između retrospektivnog i prospektivnog dela istraživanja koja je bila statistički značajna. Objašnjenje za ovako značajnu razliku može biti činjenica da se u prospektivnom delu istraživanja više obratila pažnja na neke komorbiditete (npr. artritis), koji nisu bili registrovani u većem broju u retrospektivnom delu istraživanja. Pored ovoga, razlog može biti i prepisivanje proteze pacijentima sa više komorbiditeta tokom poslednjih 13 godina. U prilog ovakvom objašnjenju ide i broj lekova koji su pacijenti uzimali pri prijemu na rehabilitacioni tretman, a koji je značajno veći u prospektivnom delu istraživanja.

Uzrok amputacije blisko je povezan sa prisutnim komorbiditetima. Najčešći uzrok amputacije bio je vaskularne etiologije (u retrospektivnom delu 90%, a u prospektivnom delu istraživanja 88,5%), dijabetes je bio prisutan kod 65% u retrospektivnom i 71% pacijenata u

prospektivnom delu. Dillingham i sar. (2002) u svom istraživanju nalaze da je 82% amputacija bilo vaskularne etiologije sa tendencijom porasta [11]. U našem istraživanju našli smo manji procenat traumatskih amputacija u odnosu na druge istraživače koji nalaze od 10 do 14% traumatskih amputacija u svojim istraživanjima [28, 131]. Mali broj pacijenata kojima amputacija nije urađena zbog vaskularnih problema može biti razlog izostajanja značajne razlike nivoa osposobljenosti za hod kod pacijenata sa amputacijama vaskularne etiologije i svih ostalih. Nije bilo značajne razlike između ove dve grupe pacijenata po starosti, nivou amputacije, mišićnoj snazi rezidualnog i intaktnog ekstremiteta, balansu, MMSE, BDI i drugim parametrima koje smo pratili.

Indeks telesne mase (engl. *body mass index* – BMI) nije se značajno razlikovao između različitih nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze. Međutim, u multivarijantnoj analizi pokazao se kao nezavisan prediktor u modelu za TUG. Uticaj telesne težine na osposobljenost za hod uz pomoć proteze do sada nije često bio tema istraživanja. U dosadašnjim istraživanjima nađeno je da je negativan prognostički faktor za hod uz pomoć proteze bila pothranjenost, a ne gojaznost, kako bi se moglo pretpostaviti [139, 162]. Slične rezultate smo i mi dobili, odnosno veće vrednosti BMI bile su nezavisan prediktor boljih rezultata na TUG. Ipak, ovakav rezultat treba oprezno tumačiti, s obzirom na to da su pacijenti sa transtibijalnom amputacijom imali veće BMI zbog manje mase amputiranog ekstremiteta, te je neminovno da na BMI utiče i nivo amputacije.

Hod je složen proces koji zavisi od dinamičke interakcije između senzornog i motoričkog sistema za lokomociju [163]. Amputacija narušava ovaj složen sistem i ovi pacijenti moraju da nadoknade ovaj nedostatak [46, 76, 164]. Energija koja je pacijentima sa unilateralnom amputacijom donjih ekstremiteta potrebna za savladavanje jedinice dužine puta značajno je veća

od energije koja je potrebna osobama sa oba intaktna ekstremiteta. Pacijenti sa transtibijalnom amputacijom imaju manju potrošnju energije pri hodu u odnosu na one sa transfemoralnom amputacijom [141]. Pacijentima sa transtibijalnom amputacijom potrebno je od 9 do 40%, a sa transfemoralnom 40–120% više energije da pređu isti put kao osobe sa oba intaktna ekstremiteta [5, 36, 38].

Plantarni fleksori predstavljaju najvažnije generatore propulzije tela unapred i njihovo odsustvo pacijenti sa amputacijom donjih ekstremiteta pokušavaju da nadoknade na dva načina. Prvi način je pojačanom aktivnošću ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta nakon inicijalnog kontakta u fazi oslonca na protezu, a drugi je pojačanom aktivnošću ekstenzora kuka i plantarnih fleksora intaktnog ekstremiteta [46, 165, 166]. Iz prethodno navedenog sledi logičan zaključak da mišićna snaga navedenih grupa mišića značajno utiče na nivo osposobljenosti za hod, što smo u prospektivnom delu našeg istraživanja uspeli da dokažemo. Mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta u prospektivnom delu istraživanja značajno se razlikovala između nivoa osposobljenosti, a u multivarijantnoj analizi bila je nezavisan prediktor sva tri funkcionalna parametra koja smo testirali. Mišićna snaga ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta u univarijantnoj analizi značajno se razlikovala između različitih nivoa osposobljenosti, a u multivarijantnoj analizi pokazala se kao nezavisan prediktor nivoa osposobljenosti za hod i TMWT. Raya i sar. (2010) našli su značajan uticaj mišićne snage ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta na pređeni put tokom testa šestominutnog hoda [125]. U retrospektivnom delu istraživanja našli smo značajnu razliku mišićne snage ekstenzora rezidualnog ekstremiteta po nivoima osposobljenosti za hod u univarijantnoj analizi, ali nije bila nezavisan prediktor nivoa osposobljenosti za hod u multivarijantnoj analizi. Jedan od razloga za ovo može biti metodologija merenja. Kada god je moguće potrebno je pri mišićnom testu koristiti težinu tela osobe koja se

testira kao otpor kako bi se povećala objektivnost testa [93, 95]. Ovaj princip primenili smo u prospektivnom delu istraživanja i verovatno je to jedan od razloga zbog čega smo u ovom delu istraživanja našli da mišićna snaga ekstenzora kuka daje značajan jedinstven doprinos predikciji nivoa osposobljenosti za hod. Drugi razlog je sigurno veći broj osoba koje su sprovodile testiranje u retrospektivnom delu, dok je u prospektivnom delu testiranje sprovodio lekar istraživač.

Sklonost osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta ka razvoju fleksionih kontraktura u kuku, odnosno u kolenu dobro je dokumentovana [5, 25]. Munin i sar. (2001) našli su u svom istraživanju da je prisustvo kontrakture negativan prognostički faktor za osposobljavanje za hod [167]. Prevencija nastanka kao i smanjenje stepena kontraktura ako su već prisutne poboljšavaju funkcionalni status ovih pacijenata [168]. Interesantno je i da su neki istraživači našli da se obim pokreta u zglobu kuka za vreme hoda razlikuje kod različitih nivoa amputacije, pa je tako manji obim pokreta kod osoba sa transfemoralnom amputacijom [169]. U našem istraživanju prisustvo kontrakture nije se značajno razlikovalo između nivoa osposobljenosti za hod u univarijantnoj analizi u retrospektivnom, kao ni u prospektivnom delu istraživanja, a nije dalo ni značajan jedinstven doprinos predikciji za TUG i TMWT. Razlog za ovakav rezultat može biti u poboljšanju, odnosno smanjenju stepena kontrakture u toku rehabilitacionog tretmana. Raya i sar. (2010) u svom istraživanju gde je merenje obima pokreta rađeno neposredno pre testiranja nisu našli da je prisustvo kontrakture nezavisan prediktor pređenog puta na testu šestominutnog hoda [125], slično nalaze i Schoppen i sar. (2003) u svom istraživanju pri merenju nepunih godinu dana pre testiranja pacijenata [92]. Verovatno i prag koji smo koristili za dijagnozu kontraktura ($<0^\circ$ za kuk odnosno $<-10^\circ$ za koleno) ovi pacijenti uspešno kompenzuju uz adekvatno podešavanje proteze.

Balans je neophodan za obavljanje većine aktivnosti i veoma je važan u procesu protetičke rehabilitacije [170]. Smatra se da je somatosenzorni sistem najvažniji u održavanju balansa [171]. Nakon amputacije donjih ekstremiteta nastaje nedostatak kako somatosenzornih, tako i motoričkih funkcija. Osobe sa amputacijom donjih ekstremiteta pokušavaju da nadoknade nedostatak ovih funkcija maksimalno koristeći intaktni ekstremitet za održavanje balansa [172]. Održavanje ravnoteže pri različitim položajima tela može biti zahtevno i sa aspekta potrošnje energije [173], što dodatno može da oteža održavanje balansa kod ovih pacijenata. Balans je važan i u toku hoda i u situacijama kada je potrebno sprečiti pad [174, 175]. Schoppen i sar. (2003) su u svom istraživanju našli da je balans testiran 2 nedelje nakon amputacije bio nezavisan prediktor svih testiranih funkcionalnih parametara godinu dana kasnije [92]. Značajan uticaj balansa na test šestominutnog hoda nalaze Raya i sar. (2010), dok drugi autori nalaze značajan uticaj balansa na funkcionalni ishod na kraju rehabilitacionog tretmana [125, 176]. Kristensen i sar. (2014) preporučuju da se, pri testiranju balansa, uradi više merenja dužine stajanja na intaktnom ekstremitetu i uzme najbolji rezultat [177]. Mi smo u našem istraživanju koristili metodologiju Schoppena i sar. (2003) [92] i dobili da je balans bio nezavisan prediktor za sva tri testirana funkcionalna parametra na kraju tretmana. Pacijenti se nakon amputacije donjih ekstremiteta, posebno na početku protetičke rehabilitacije, u održavanju balansa više oslanjaju na intaktni ekstremitet [155, 172], pa nije iznenađenje značajna korelacija balansa sa mišićnom snagom plantarnih fleksora intaktnog ekstremiteta [178].

Funkcionalni status pacijenata neposredno pre započinjanja rehabilitacionog tretmana značajno se razlikovao kod različitih nivoa osposobljenosti za hod. Slične rezultate nalaze i van Eijk i sar. (2012) koji smatraju da je u postoperativnom periodu korisno proceniti sposobnost za hod [56]. U retrospektivnom delu istraživanja funkcionalni status pokazao se kao nezavisan

prediktor nivoa osposobljenosti za hod. Ovakvi rezultati su očekivani i potvrđuju stav kliničara da je velika verovatnoća da će pacijenti, sa amputacijom donjih ekstremiteta, biti uspešno protetisani ako mogu da se kreće uz pomoć štaka.

Proces učenja neophodan je u toku protetičke rehabilitacije [179, 180]. Pacijenti se nalaze pred izazovom kako savladati za njih često komplikovane i složene procese postavljanja, skidanja proteze, bandažiranja rezidualnog ekstremiteta, hod uz pomoć proteze i sl. Veoma je važno na vreme identifikovati kognitivno oštećenje kako se ne bi izgubili dragoceno vreme i značajni resursi u slučaju neuspeha protetičke rehabilitacije [180]. Treba imati na umu da je procenat demencije veoma visok kod pacijenata kojima je urađena amputacija donjih ekstremiteta [181]. Kognitivni status pacijenata je prema većini autora značajan prediktor osposobljenosti za hod nakon rehabilitacije [35, 92, 122, 180, 182]. Neki autori nalaze da je demencija jedan od razloga za neprepisivanje proteze [180, 183], a može biti i faktor rizika za pad i posledično povređivanje što može negativno uticati na rehabilitacioni tretman [184]. U našem istraživanju vrednosti MMSE su se u univarijantnoj analizi značajno razlikovale između različitih nivoa osposobljenosti za hod, ali se nisu pokazale kao nezavisan prediktor ni za jedan od funkcionalnih parametara u multivarijantnoj analizi. Spruit–van Eijk i sar. (2012) u svom istraživanju nalaze da je MMSE nezavisan prediktor za TUG, ali ne i za osposobljenost za hod uz pomoć proteze koja je definisana na dihotomiziranoj SIGAM skali (A vs. B-F) [56, 185]. Schoppen i sar. (2003) zaključuju u svom istraživanju da je kognitivno oštećenje bitno u predikciji funkcionalnog ishoda [92]. Razlog što se nije izdvojio kao nezavisan prediktor u našem istraživanju može biti i u tome što MMSE, kao dosta gruba mera za procenu kognitivnog statusa, ne može da registruje suptilnije kognitivne smetnje koje zahtevaju minuciozniju neuropsihološku procenu svake od pojedinačnih kognitivnih funkcija. Potrebno je imati na umu

uticaj životnog doba i nivoa obrazovanja pacijenata na rezultate MMSE, pri čemu ispitanici nižeg obrazovnog nivoa i starije životne dobi postižu lošije rezultate. U našem istraživanju pacijenti su prosečno imali deset godina škole, što znači da u proseku nisu završili srednju školu.

Veću učestalost depresije kod pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta u odnosu na opštu populaciju nalazi većina autora [186, 187]. Ipak, Atherton i sar. (2006) u svom istraživanju nisu našli veću incidencu depresije kod pacijenata sa amputacijom, a to su pokušali da objasne izborom ispitanika. Naime, ciljna grupa bile su osobe koje su koristile protezu i koje su, verovatno bile aktivnije u odnosu na one koji se nisu kretali uz pomoć proteze [188]. Mnogi pacijenti amputaciju doživljavaju kao olakšanje, ovo se odnosi na one pacijente kod kojih je do amputacije došlo zbog razvoja gangrene i koji su imali jake bolove pre amputacije. U ovu, na prvi pogled neobičnu tvrdnju lično smo se više puta uverili u toku razgovora sa pacijentima.

U našem istraživanju BDI je bio nezavisan prediktor nivoa osposobljenosti za hod, ali nije davao jedinstven doprinos predikciji u regresionim modelima za TUG i TMWT. Schoppen i sar. (2003) nalaze BDI značajnim prediktorom rezultata TUG godinu dana nakon amputacije [92]. Drugi autori ne nalaze vezu između depresije merene skalom bolničke anksioznosti i depresije (engl. *Hospital anxiety and depression scale*) i mobilnosti pacijenata [189]. Interesantno je da su neki autori našli da se incidenca depresivnih simptoma smanjuje u toku rehabilitacionog procesa, ali ponovo raste 2-3 godine nakon amputacije [186, 190]. Moguće objašnjenje za izostanak BDI kao nezavisnog prediktora za TUG i TMWT može biti upravo smanjenje incidence depresivnih simptoma ovih pacijenata na kraju rehabilitacionog tretmana. Međutim, nakon odlaska ovih pacijenata u okruženje u kojem žive, vremenom ponovo može doći do pojave depresivnih simptoma [186] koji mogu uticati na funkcionalnost.

Socijalna reintegracija pacijenata sa amputacijom predstavlja veliki izazov, a socijalna podrška daje značajan doprinos ovom cilju. U prospektivnom delu našeg istraživanja koristili smo MSPSS, koji evaluira subjektivnu procenu podrške porodice, prijatelja i partnera [191]. MSPSS nije bio nezavisan prediktor ni za jedan od funkcionalnih parametara. Unwin i sar. (2009) nalaze da je socijalna podrška nezavisan prediktor dobrog raspoloženja pacijenata sa amputacijom donjih ekstremiteta [116]. Slično našim rezultatima Schoppen i sar. (2003) ne nalaze da je socijalna podrška nezavisan prediktor nijednog testiranog parametra funkcionalnosti godinu dana kasnije [92]. Verovatno da socijalna podrška ima značajniji uticaj na druge aspekte života ovih pacijenata u odnosu na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze. Ipak, socijalnu podršku kod pacijenata sa amputacijom ne treba zanemariti jer u periodu nakon odlaska iz ustanove gde je sprovedena protetička rehabilitacija faktor socijalne podrške može biti veoma važan [139]. Izostanak nalaženja značajne veze između socijalne podrške i funkcionalnih parametara u istraživanjima koja su obuhvatala period nakon hospitalne rehabilitacije može biti i to što je socijalna podrška podložna značajnim promenama u toku vremena, koje nisu registrovane.

Koliko nam je poznato, do sada nije bilo istraživanja koja su imala za cilj formiranje klasifikacionih modela sa izlaznom varijablom u vidu skale nivoa osposobljenosti za hod na osnovu parametara dobijenih pre započinjanja protetičke rehabilitacije. Značaj ovakvog modela je dvojak i odnosi se pre svega na odluku da li je pacijent kandidat za protezu, a gradacija po nivoima omogućila bi prepisivanje komponenti proteze u odnosu na očekivanu osposobljenost. Iako definisanje funkcionalnog statusa pacijenata svrstavanjem u određene nivoe osposobljenosti za hod nije idealno, zbog formalnih razloga i nepostojanja adekvatne alternative, ovaj sistem se i dalje široko koristi [120]. Klasifikacioni modeli (klasičnom ordinalnom regresijom) za nivo

osposobljenosti za hod kao izlaznom varijablom u retrospektivnom delu istraživanja pravilno su raspoređivali 58% a u prospektivnom delu istraživanja 81% slučajeva.

Koristeći iste varijable konstruisali smo regresione modele SVM koji su na obuci modela pravilno rasporedili po nivoima osposobljenosti za hod 62% pacijenata, a na test podacima 57%, dok je za prospektivni deo istraživanja na obuci postignuta tačnost 87%, a na test podacima 75%.

Regresioni SVM model za TUG na obuci je objašnjavao 73% varijanse, dok je na test podacima ova vrednost bila 65%.

Za TMWT, regresioni SVM model, konstruisan na podacima za obuku, objašnjavao je 80% varijanse, a na testiranju 68%.

SVM modeli u sva četiri slučaja daju bolje rezultate od klasične statistike. Razlog za ovo verovano leži u činjenici da su veze između varijabli uglavnom nelinearne i da se znatno bolje mogu opisati primenom složenijeg modela [192]. Algoritmi mašinskog učenja kao što su SVM, u slučaju optimalno podešenih parametara, imaju i dobru sposobnost generalizacije, što znači da daju dobre rezultate na podacima koji nisu korišćeni u formiranju modela. Ovo predstavlja još jednu značajnu prednost SVM metoda u odnosu na klasičnu statistiku.

Buduća istraživanja trebalo bi usmeriti na utvrđivanje mogućnosti predikcije nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze na osnovu parametara dobijenih u kratkom roku nakon amputacione hirurgije. Smatramo da bi u budućim istraživanjima bilo značajno utvrditi i funkcionalni status nakon određenog vremena posle završetka protetičke rehabilitacije i utvrditi da li postoje, i u kolikoj meri, promene u odnosu na funkcionalni nivo osposobljenosti za hod na kraju protetičke rehabilitacije.

Pored navedenog, istraživanja u budućnosti bi trebalo usmeriti i ka poboljšanju obrade i pripreme podataka za generisanje SVM modela. Potrebno je, u što je moguće većoj meri, otkloniti podatke koji sadrže veliku grešku merenja ili su pogrešno zapisani.

Cilj budućih istraživanja može biti konstrukcija ekspertskog sistema koji bi bio zasnovan na dobijenim klasifikacionim i regresionim SVM modelima, a koji bi u sebi, osim prikupljenih podataka, sadržao i modelovanu bazu ekspertskog znanja o vezama između varijabli. Ovakav sistem pružao bi pomoć lekarima u predikciji krajnje osposobljenosti za hod pacijenata nakon amputacije donjih ekstremiteta.

6. ZAKLJUČCI

1. U oba dela našeg istraživanja (retrospektivno/prospektivno) najčešći uzrok amputacije bio je vaskularne etiologije (88,5–90%), dok je dijabetes melitus bio prisutan kod manjeg broja pacijenata (65–71% pacijenata).
2. Vrednosti FCI negativno utiču na nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze, ali nisu nezavisni prediktor ni za jedan od testiranih funkcionalnih parametara (skala nivoa osposobljenosti za hod, TUG i TMWT).
3. Starost predstavlja negativan prognostički faktor na funkcionalni ishod protetičke rehabilitacije.
4. Viši nivo amputacije nezavisan je prediktor lošijeg funkcionalnog ishoda u sva tri testirana funkcionalna parametra za hod u prospektivnom (skala nivoa osposobljenosti za hod, TUG, TMWT) kao i u retrospektivnom delu istraživanja.
5. Mišićna snaga ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta nezavisan je prediktor funkcionalnog ishoda u sva tri testirana funkcionalna parametra u prospektivnom (skala nivoa osposobljenosti za hod, TUG, TMWT), dok je mišićna snaga ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta nezavisan prediktor za nivo osposobljenosti za hod uz pomoć proteze i TMWT.
6. Održavanje balansa na intaktnom ekstremitetu nezavisan je prediktor funkcionalnog ishoda u sva tri testirana funkcionalna parametra u prospektivnom delu istraživanja (skala nivoa osposobljenosti za hod, TUG, TMWT).
7. Vrednosti BDI na početku rehabilitacionog tretmana nezavisni su prediktor nivoa osposobljenosti za hod na kraju rehabilitacionog tretmana.

8. Predikcija nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze na kraju rehabilitacionog tretmana moguća je uz visok stepen determinacije na osnovu: starosti, vrednosti MMSE, BDI, FCI, nivoa amputacije, pola, prisustva artritisa (uključujući i osteoartritis), mišićne snage ekstenzora kuka rezidualnog i intaktnog ekstremiteta i balansa na početku rehabilitacionog tretmana.
9. Predikcija rezultata TMWT na kraju rehabilitacionog tretmana moguća je uz visok stepen determinacije na osnovu: nivoa amputacije, mišićne snage ekstenzora kuka rezidualnog ekstremiteta, starosti, balansa i mišićne snage ekstenzora kuka intaktnog ekstremiteta merenih na početku rehabilitacionog tretmana.
10. Predikcija rezultata TUG na kraju rehabilitacionog tretmana moguća je uz visok stepen determinacije na osnovu: nivoa amputacije, starosti, mišićne snage rezidualnog ekstremiteta, prisustva artritisa (uključujući osteoartritis), BMI i balansa merenih na početku rehabilitacionog tretmana.
11. Primena metoda mašinskog učenja u proceni nivoa osposobljenosti za hod uz pomoć proteze nakon amputacije donjih ekstremiteta, TUG i TMWT pokazala se veoma efikasna, čak i u slučaju relativno malog uzorka.
12. Usavršavanjem dobijenih modela u budućim istraživanjima koji bi, osim prikupljenih podataka, sadržali i modelovanu bazu ekspertskog znanja o vezama između varijabli, mogao bi se dobiti sistem koji bi značajno doprineo predikciji krajnje osposobljenosti za hod uz pomoć proteze nakon amputacije donjih ekstremiteta.

7. LITERATURA

1. Kalapatapu V. Lower extremity amputation. 2012 [cited 2013 12/26]; Available from: <http://www.uptodate.com/contents/lower-extremity-amputation>.
2. Heck RK. Amputations In: Canale and Beaty. Editors. Campbell's Operative Orthopaedics. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2007, 562-660.
3. Cohen JM, Edelstein JE. Limb Deficiency In: Flanagan, Zretsky, and Moroz. Editors. Medical Aspects of Disability. New York: Springer; 2011.
4. Ertl JP, Ertl W, Pritchett J. Amputations of the Lower Extremity. 2012 [cited 2013 12/26]; Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/1232102-overview>.
5. Huang ME, Laura AM, Lipschutz R, Kuiken TA. Rehabilitation and prosthetic restoration in lower limb amputation In: Braddom. Editor. Physical Medicine and Rehabilitation. Philadelphia: Saunders; 2011, 277-316.
6. Gitter A, Bosker G. Upper and Lower Extremity Prosthetics In: DeLisa, et al. Editors. Physical Medicine & Rehabilitation: Principles and Practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005, 1326-55.
7. Franchignoni F, Orlandini D, Ferriero G, Moscato T. Reliability, validity, and responsiveness of the locomotor capabilities index in adults with lower-limb amputation undergoing prosthetic training. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(5):743-8.
8. Kuiken T, Miller L, Lipschutz R, Huang M. Rehabilitation of People with Lower Limb Amputation In: Braddom. Editor. Physical medicine and rehabilitation: Elsevier; 2007, 283-325.
9. Ziegler-Graham K, MacKenzie EJ, Ephraim PL, Trivison TG, Brookmeyer R. Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050. Arch Phys Med Rehabil. 2008;89(3):422-9.
10. Pezzin LE, Dillingham TR, Mackenzie EJ, Ephraim P, Rossbach P. Use and satisfaction with prosthetic limb devices and related services. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(5):723-9.
11. Dillingham TR, Pezzin LE, MacKenzie EJ. Limb amputation and limb deficiency: epidemiology and recent trends in the United States. South Med J. 2002;95(8):875-83.
12. Fletcher DD, Andrews KL, Butters MA, Jacobsen SJ, Rowland CM, Hallett JW, Jr. Rehabilitation of the geriatric vascular amputee patient: a population-based study. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(6):776-9.
13. Trautner C, Haastert B, Giani G, Berger M. Amputations and diabetes: a case-control study. Diabet Med. 2002;19(1):35-40.
14. Heikkinen M, Saarinen J, Suominen VP, Virkkunen J, Salenius J. Lower limb amputations: differences between the genders and long-term survival. Prosthet Orthot Int. 2007;31(3):277-86.
15. Gittler M. Lower Limb Amputation In: WR, JK, and Rizzo. Editors. Essentials of Physical Medicine and Rehabilitation. Philadelphia: Saunders; 2008, 599-604.
16. Huang ME, Nelson VS, Flood KM, Roberts TL, Bryant PR, Pasquina PF. Limb deficiency and prosthetic management. 3. Complex limb deficiency. Arch Phys Med Rehabil. 2006;87(3 Suppl 1):S15-20.

17. Aulivola B, Hile CN, Hamdan AD, Sheahan MG, Veraldi JR, Skillman JJ, et al. Major lower extremity amputation: outcome of a modern series. *Arch Surg.* 2004;139(4):395-9; discussion 99.
18. Walsh NE, Bosker G, Santa Maria D. Upper and Lower Extremity Prosthetics In: WR and DeLisa. Editors. *Physical Medicine and Rehabilitation: Principles and Practice.* Philadelphia: Lippincot Williams and Wilkins; 2010, 2017-49.
19. Webster JB, Hakimi KN, Williams RM, Turner AP, Norvell DC, Czerniecki JM. Prosthetic fitting, use, and satisfaction following lower-limb amputation: a prospective study. *J Rehabil Res Dev.* 2012;49(10):1493-504.
20. Nehler MR, Coll JR, Hiatt WR, Regensteiner JG, Schnickel GT, Klenke WA, et al. Functional outcome in a contemporary series of major lower extremity amputations. *J Vasc Surg.* 2003;38(1):7-14.
21. Roberts TL, Pasquina PF, Nelson VS, Flood KM, Bryant PR, Huang ME. Limb deficiency and prosthetic management. 4. Comorbidities associated with limb loss. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(3 Suppl 1):S21-7.
22. Condie ME, McFadyen AK, Treweek S, Whitehead L. The trans-femoral fitting predictor: a functional measure to predict prosthetic fitting in transfemoral amputees-- validity and reliability. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(8):1293-7.
23. Horgan O, MacLachlan M. Psychosocial adjustment to lower-limb amputation: a review. *Disabil Rehabil.* 2004;26(14-15):837-50.
24. Dee K, Lelovics Z. Correct determination of body mass index in people with lower limb amputation. in *Advanced Research in Scientific Areas 2012.* 2012.
25. May BJ, Lockard MA. *Prosthetics and Orthotics in Clinical Practice: A Case Study Approach.* Philadelphia: F.A. Davis Company; 2011.
26. Singh R, Venkateshwara G. Effect of fluid collections on long-term outcome after lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(3):509-11.
27. Kurichi JE, Small DS, Bates BE, Prvu-Bettger JA, Kwong PL, Vogel WB, et al. Possible incremental benefits of specialized rehabilitation bed units among veterans after lower extremity amputation. *Med Care.* 2009;47(4):457-65.
28. Stineman MG, Kwong PL, Kurichi JE, Prvu-Bettger JA, Vogel WB, Maislin G, et al. The effectiveness of inpatient rehabilitation in the acute postoperative phase of care after transtibial or transfemoral amputation: study of an integrated health care delivery system. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(10):1863-72.
29. Dillingham TR, Pezzin LE. Rehabilitation setting and associated mortality and medical stability among persons with amputations. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(6):1038-45.
30. Zhou J, Bates BE, Kurichi JE, Kwong PL, Xie D, Stineman MG. Factors influencing receipt of outpatient rehabilitation services among veterans following lower extremity amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(9):1455-61.
31. Singh R, Hunter J, Philip A, Tyson S. Gender differences in amputation outcome. *Disabil Rehabil.* 2008;30(2):122-5.
32. Lefebvre KM, Chevan J. Sex disparities in level of amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(1):118-24.
33. Davies B, Datta D. Mobility outcome following unilateral lower limb amputation. *Prosthet Orthot Int.* 2003;27:186-90.
34. Geertzen J, Martina J, Rietman H. Lower limb amputation Part 2: Rehabilitation- a 10 year literature preview. *Prosthet Orthot Int.* 2001;25:14-20.

35. Taylor S, Kalbaugh C, Blackhurst D, Hamontree S, Cull D, Messich H, et al. Preoperative clinical factors predict postoperative functional outcome after major lower limb amputation: an analysis of 553 consecutive patients. *Journal of vascular surgery*. 2005;42(2):227-35.
36. Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture*. 1999;9(3):207-31.
37. Genin JJ, Bastien GJ, Franck B, Detrembleur C, Willems PA. Effect of speed on the energy cost of walking in unilateral traumatic lower limb amputees. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103(6):655-63.
38. Shah SK. Cardiac Rehabilitation In: DeLisa, et al. Editors. *Physical Medicine & Rehabilitation: Principles and Practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005, 1812-41.
39. Nelson VS, Flood KM, Bryant PR, Huang ME, Pasquina PF, Roberts TL. Limb deficiency and prosthetic management. 1. Decision making in prosthetic prescription and management. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(3 Suppl 1):S3-9.
40. Flood KM, Huang ME, Roberts TL, Pasquina PF, Nelson VS, Bryant PR. Limb deficiency and prosthetic management. 2. Aging with limb loss. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(3 Suppl 1):S10-4.
41. Wezenberg D, de Haan A, Faber WX, Slotman HJ, van der Woude LH, Houdijk H. Peak oxygen consumption in older adults with a lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(11):1924-9.
42. Matsen S, Malchow D, Matsen F, III. Correlations with patients' perspectives of the result of lower-extremity amputation. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82-A(8):1089-95.
43. Nolan L, Lees A. The functional demands on the intact limb during walking for active trans-femoral and trans-tibial amputees. *Prosthet Orthot Int*. 2000;24(2):117-25.
44. Liu MQ, Anderson FC, Schwartz MH, Delp SL. Muscle contributions to support and progression over a range of walking speeds. *J Biomech*. 2008;41(15):3243-52.
45. Neptune RR, Zajac FE, Kautz SA. Muscle force redistributes segmental power for body progression during walking. *Gait Posture*. 2004;19(2):194-205.
46. Prinsen EC, Nederhand MJ, Rietman JS. Adaptation strategies of the lower extremities of patients with a transtibial or transfemoral amputation during level walking: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(8):1311-25.
47. Liu MQ, Anderson FC, Pandy MG, Delp SL. Muscles that support the body also modulate forward progression during walking. *J Biomech*. 2006;39(14):2623-30.
48. Neptune RR, Kautz SA, Zajac FE. Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. *J Biomech*. 2001;34(11):1387-98.
49. Fey NP, Silverman AK, Neptune RR. The influence of increasing steady-state walking speed on muscle activity in below-knee amputees. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(1):155-61.
50. Isakov E, Burger H, Krajnik J, Gregoric M, Marincek C. Knee muscle activity during ambulation of trans-tibial amputees. *J Rehabil Med*. 2001;33(5):196-9.
51. Ulger O, Topuz S, Bayramlar K, Erbabcecim F, Sener G. Risk factors, frequency, and causes of falling in geriatric persons who has had a limb removed by amputation. *Top Geriatr Rehabil*. 2010;26(2):156-63.

52. Miller WC, Deathe AB, Speechley M, Koval J. The influence of falling, fear of falling, and balance confidence on prosthetic mobility and social activity among individuals with a lower extremity amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(9):1238-44.
53. Miller WC, Speechley M, Deathe B. The prevalence and risk factors of falling and fear of falling among lower extremity amputees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(8):1031-7.
54. Hof AL, van Bockel RM, Schoppen T, Postema K. Control of lateral balance in walking. Experimental findings in normal subjects and above-knee amputees. *Gait Posture.* 2007;25(2):250-8.
55. Czerniecki JM, Turner AP, Williams RM, Hakimi KN, Norvell DC. Mobility changes in individuals with dysvascular amputation from the presurgical period to 12 months postamputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(10):1766-73.
56. van Eijk MS, van der Linde H, Buijck B, Geurts A, Zuidema S, Koopmans R. Predicting prosthetic use in elderly patients after major lower limb amputation. *Prosthet Orthot Int.* 2012;36(1):45-52.
57. Ephraim PL, Wegener ST, MacKanzie EJ, Pezzin TRDE. Phantom Pain, Residual Limb Pain, and Back Pain in Amputees: Results of a National Survey. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1910-9.
58. Casale R, Alaa L, Mallick M, Ring H. Phantom limb related phenomena and their rehabilitation after lower limb amputation. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2009;45(4):559-66.
59. Kern U, Busch V, Muller R, Kohl M, Birklein F. Phantom limb pain in daily practice--still a lot of work to do! *Pain Med.* 2012;13(12):1611-26.
60. Bolognini N, Olgiati E, Maravita A, Ferraro F, Fregni F. Motor and parietal cortex stimulation for phantom limb pain and sensations. *Pain.* 2013;154(8):1274-80.
61. Lago N, Navarro X. Evaluation of the long-term regenerative potential in an experimental nerve amputee model. *J Peripher Nerv Syst.* 2007;12(2):108-20.
62. Nikolajsen L, Black JA, Kroner K, Jensen TS, Waxman SG. Neuroma removal for neuropathic pain: efficacy and predictive value of lidocaine infusion. *Clin J Pain.* 2010;26(9):788-93.
63. Pasquina PF, Bryant PR, Huang ME, Roberts TL, Nelson VS, Flood KM. Advances in amputee care. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(3 Suppl 1):S34-43; quiz S44-5.
64. Schneider J, Hofmann A, Rost C, Shapiro F. EMDR in the treatment of chronic phantom limb pain. *Pain Med.* 2008;9(1):76-82.
65. Giuffrida O, Simpson L, Halligan PW. Contralateral stimulation, using TENS, of phantom limb pain: two confirmatory cases. *Pain Med.* 2010;11(1):133-41.
66. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci.* 1996;263(1369):377-86.
67. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D, Cobb S. Touching the phantom limb. *Nature.* 1995;377(6549):489-90.
68. Foell J, Bekrater-Bodmann R, Diers M, Flor H. Mirror therapy for phantom limb pain: Brain changes and the role of body representation. *Eur J Pain.* 2013.
69. Diers M, Christmann C, Koeppel C, Ruf M, Flor H. Mirrored, imagined and executed movements differentially activate sensorimotor cortex in amputees with and without phantom limb pain. *Pain.* 2010;149(2):296-304.
70. Byrne KP. Survey of phantom limb pain, phantom sensation and stump pain in Cambodian and New Zealand amputees. *Pain Med.* 2011;12(5):794-8.

71. Ehde DM, Czerniecki JM, Smith DG, Campbell KM, Edwards WT, Jensen MP, et al. Chronic phantom sensations, phantom pain, residual limb pain, and other regional pain after lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(8):1039-44.
72. Darnall BD, Ephraim P, Wegener ST, Dillingham T, Pezzin L, Rossbach P, et al. Depressive symptoms and mental health service utilization among persons with limb loss: results of a national survey. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(4):650-8.
73. Meulenbelt H, Geertzen J, Jonkman M, Dijkstra P. Determinants of skin problems of the stump in lower-limb amputees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(1):74-81.
74. Graham LE, Datta D, Heller B, Howitt J. A comparative study of oxygen consumption for conventional and energy-storing prosthetic feet in transfemoral amputees. *Clin Rehabil.* 2008;22(10-11):896-901.
75. Vrieling AH, van Keeken HG, Schoppen T, Hof AL, Otten B, Halbertsma JP, et al. Gait adjustments in obstacle crossing, gait initiation and gait termination after a recent lower limb amputation. *Clin Rehabil.* 2009;23(7):659-71.
76. Parker K, Hanada E, Adderson J. Gait variability and regularity of people with transtibial amputations. *Gait Posture.* 2013;37(2):269-73.
77. van Velzen J, van Bennekom C, Polomski W, Sloopman J, van der Woude L, Houdijk H. Physical capacity and walking ability after lower limb amputation: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2006;20(11):999-1016.
78. Zidarov D, Swaine B, Gauthier-Gagnon C. Life habits and prosthetic profile of persons with lower-limb amputation during rehabilitation and at 3-month follow-up. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(11):1953-9.
79. Condie E, Scott H, Treweek S. Lower Limb Prosthetic Outcome Measures: A Review of the Literature 1995 to 2005. *J Prosthet Orthot.* 2006;18(1S):13-45.
80. Brooks D, Parsons J, Hunter J, Devlin M, Walker J. The 2-minute walk test as a measure of functional improvement in persons with lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(10):1478-83.
81. Gailey R, Roach K, Applegate E, Cho B, Cunniffe B, Licht S, et al. The Amputee Mobility predictor: an instrument to assess determinants of the lower-limb amputee ability to ambulate. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:613-27.
82. Treweek SP, Condie ME. Three measures of functional outcome for lower limb amputees: a retrospective review. *Prosthet Orthot Int.* 1998;22(3):178-85.
83. Schoppen T, Boonstra A, Groothoff JW, de Vries J, Goeken LN, Eisma WH. The Timed "up and go" test: reliability and validity in persons with unilateral lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(7):825-8.
84. Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986;67(6):387-9.
85. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
86. Datta D, Ariyaratnam R, Hilton S. Timed walking test- an all-embracing outcome measure for lower-limb amputees? *Clin Rehabil.* 1996;10:227-32.
87. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA.* 1968;203(3):201-4.
88. McGavin CR, Gupta SP, McHardy GJ. Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *Br Med J.* 1976;1(6013):822-3.

89. Butland RJ, Pang J, Gross ER, Woodcock AA, Geddes DM. Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1982;284(6329):1607-8.
90. Groll D, Heyland D, Caeser M, Wright J. Assessment of long-term physical function in acute respiratory distress syndrome (ARDS) patients: comparison of the Charlson Comorbidity Index and the Functional Comorbidity Index. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006;85(7):574-81.
91. Zimet GD, Dahlem NW, Zimet SG, Farley GK. The multidimensional scale of perceived social support. *Journal of Personality Assessment*. 1988;52:30-41.
92. Schoppen T, Boonstra A, Groothoff J, Vries Jd, Goeken L, Wisma W. Physical, Mental, and Social Predictors of Functional Outcome in Unilateral Lower-Limb Amputees. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(6):803-11.
93. Perry J, Weiss WB, Burnfield JM, Gronley JK. The supine hip extensor manual muscle test: a reliability and validity study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(8):1345-50.
94. Zec Z, Konforti N. *Ispitivanje snage mišića*. Beograd; 1972.
95. Hislop H, Montgomery J. *Daniels and Worthingam's Muscle Testing: Techniques of Manual Examination*. St. Louis: Saunders; 2007.
96. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-98.
97. Beck AT, Ward CH, Mendelson M, Mock J, Erbaugh J. An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiatry*. 1961;4:561-71.
98. Schoppen T, Boonstra A, Groothoff J, Vries Jd, Goeken L, WH E. The timed "Up & Go" test: reliability and validity in persons with unilaterial lower limb amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999;80:825-8.
99. Chang SW, Abdul-Kareem S, Merican AF, Zain RB. Oral cancer prognosis based on clinicopathologic and genomic markers using a hybrid of feature selection and machine learning methods. *BMC Bioinformatics*. 2013;14:170.
100. Mitic G, Petkovic M, Jakovljevic B, Jelicic Z. Prediction Of Anti Xa Activity Level In Pregnant Women Receiving Low Molecular Weight Heparin Using Arteficial Neural Network And Support Vector Machines in Congress of the International Society on Thrombosis and Heamostasis 2009: Boston.
101. Yu W, Liu T, Valdez R, Gwinn M, Khoury MJ. Application of support vector machine modeling for prediction of common diseases: the case of diabetes and pre-diabetes. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2010;10:16.
102. Rud S, Yang J. A support vector machine (SVM) classification approach to heart murmur detection. *Lect Notes Comp Sci*. 2010;6064:52-9.
103. Wang SL, Wu F, Wang BH. Prediction of severe sepsis using SVM model. *Adv Exp Med Biol*. 2010;680:75-81.
104. Vapnik V. *The Nature of Statistical Learning Theory*. New York: Springer; 1995.
105. Kecman V. *Learning and Soft Computing- Support Vector Machines, Neural Networks, and Fuzzy Logic Models*. Cambridge: MIT Press; 2001.
106. Cristianini N, Shawe-Tazlor N. *An Introduction to Support Vector Machines*. Cambridge: Cambridge University Press; 2000.
107. Nocedal J, Wright JS. *Numerical Optimization*. 2 ed. Berlin, New York: Springer-Verlag; 2006.

108. Vujanovic B. Metodi optimizacije: varijacioni račun, analitička mehanika, optimalno upravljanje. Novi Sad: Radnički univerzitet Radivoj Ćirpanov; 1980.
109. Schölkopf B, Smola A. Learning with Kernels, Support Vector Machines, Regularization, Optimization and Beyond. Cambridge: MIT Press; 2002.
110. Dreyfus G. Neural networks - methodology and application: Springer; 2005.
111. Huang T, Kecman V, Kopriva I. Kernel Based Algorithms for Mining Huge Data Sets: Springer; 2006.
112. Chang C-C, Lin C-J. LIBSVM : a library for support vector machines. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 2011; 2:27:1--27:27. Available from: <<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>>.
113. Kanovic Z, Rapaic M, Jelicic Z. Generalized Particle Swarm Optimization Algorithm - Theoretical and Empirical Analysis with Application in Fault Detection. Applied Mathematics and Computation. 2011;217:10175-86.
114. Rapaic M, Kanovic Z. Time-varying PSO - convergence analysis, convergence-related parameterization and new parameter adjustment schemes. Information Processing Letters. 2009;109:548-52.
115. Aksoy IA, Freeman JA, Paynter KS, Ganter BK, Erickson RP, Butters MA, et al. Clinical evaluation In: Frontera and DeLisa. Editors. Physical Medicine and Rehabilitation: Principles and Practice. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2010, 3-54.
116. Unwin J, Kacperek L, Clarke C. A prospective study of positive adjustment to lower limb amputation. Clin Rehabil. 2009;23(11):1044-50.
117. Wu J, Chan TS, Bowring G. Functional Outcomes of Major Lower Limb Amputation 1994–2006: A Modern Series. Journal of Prosthetics and Orthotics. 2010;22(3):152-6.
118. Albert MV, McCarthy C, Valentin J, Herrmann M, Kording K, Jayaraman A. Monitoring functional capability of individuals with lower limb amputations using mobile phones. PLoS One. 2013;8(6):e65340.
119. Brooks D, Hunter JP, Parsons J, Livsey E, Quirt J, Devlin M. Reliability of the two-minute walk test in individuals with transtibial amputation. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83(11):1562-5.
120. Gailey R. Predictive Outcome Measures Versus Functional Outcome Measures in the Lower Limb Amputee. J Prosthet Orthot. 2006;18:51-60.
121. Ottobock. MOBIS® - The Otto Bock Mobility System. 2013 [cited 2013 21.12.]; Available from: http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_en/hs.xsl/603.html.
122. Sansam K, Neumann V, O'Connor R, Bhakta B. Predicting walking ability following lower limb amputation: a systematic review of the literature. J Rehabil Med. 2009;41(8):593-603.
123. Wu J, Chan TS, Bowring G. Functional Outcomes of Major Lower Limb Amputation 1994-2006: A Modern Series. J Prosthet Orthot. 2010;22(3):152-6.
124. Frlan-Vrgoc L, Vrbanic TS, Kraguljac D, Kovacevic M. Functional outcome assessment of lower limb amputees and prosthetic users with a 2-minute walk test. Coll Antropol. 2011;35(4):1215-8.
125. Raya MA, Gailey RS, Fiebert IM, Roach KE. Impairment variables predicting activity limitation in individuals with lower limb amputation. Prosthet Orthot Int. 2010;34(1):73-84.
126. Pallant J. SPSS priručnik za preživljavanje. 4 ed: Mikro knjiga; 2011.

127. Oberg T, Karsznia A, Oberg K. Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehabil Res Dev.* 1993;30(2):210-23.
128. Al-Obaidi S, Wall JC, Al-Yaqoub A, Al-Ghanim M. Basic gait parameters: a comparison of reference data for normal subjects 20 to 29 years of age from Kuwait and Scandinavia. *J Rehabil Res Dev.* 2003;40(4):361-6.
129. Wagnild J, Wall-Scheffler CM. Energetic consequences of human sociality: walking speed choices among friendly dyads. *PLoS One.* 2013;8(10):e76576.
130. Collins TC, Suarez-Almazor M, Bush RL, Petersen NJ. Gender and peripheral arterial disease. *J Am Board Fam Med.* 2006;19(2):132-40.
131. Bates BE, Kurichi JE, Marshall CR, Reker D, Maislin G, Stineman MG. Does the presence of a specialized rehabilitation unit in a Veterans Affairs facility impact referral for rehabilitative care after a lower-extremity amputation? *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(10):1249-55.
132. Patterson KK, Nadkarni NK, Black SE, McIlroy WE. Gait symmetry and velocity differ in their relationship to age. *Gait Posture.* 2012;35(4):590-4.
133. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther.* 2002;82(2):128-37.
134. Speakman JR, Westerterp KR. Associations between energy demands, physical activity, and body composition in adult humans between 18 and 96 y of age. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(4):826-34.
135. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing.* 2010;39(4):412-23.
136. Murphy RA, Ip EH, Zhang Q, Boudreau RM, Cawthon PM, Newman AB, et al. Transition to Sarcopenia and Determinants of Transitions in Older Adults: A Population-Based Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2013.
137. Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, Baracos V, Bauer J, Bhasin S, et al. Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *J Am Med Dir Assoc.* 2011;12(6):403-9.
138. Stone PA, Flaherty SK, Hayes JD, AbuRahma AF. Lower extremity amputation: a contemporary series. *W V Med J.* 2007;103(5):14-8.
139. Fleury AM, Salih SA, Peel NM. Rehabilitation of the older vascular amputee: a review of the literature. *Geriatr Gerontol Int.* 2012;13(2):264-73.
140. Eslami MH, Zayaruzny M, Fitzgerald GA. The adverse effects of race, insurance status, and low income on the rate of amputation in patients presenting with lower extremity ischemia. *J Vasc Surg.* 2007;45(1):55-9.
141. Goktepe AS, Cakir B, Yilmaz B, Yazicioglu K. Energy expenditure of walking with prostheses: comparison of three amputation levels. *Prosthet Orthot Int.* 2010;34(1):31-6.
142. Davidson JH, Khor KE, Jones LE. A cross-sectional study of post-amputation pain in upper and lower limb amputees, experience of a tertiary referral amputee clinic. *Disabil Rehabil.* 2010;32(22):1855-62.
143. Pohjolainen T. A clinical evaluation of stumps in lower limb amputees. *Prosthet Orthot Int.* 1991;15(3):178-84.

144. Johannesson A, Larsson GU, Oberg T. From major amputation to prosthetic outcome: a prospective study of 190 patients in a defined population. *Prosthet Orthot Int.* 2004;28(1):9-21.
145. Erjavec T, Presern-Strukelj M, Burger H. The diagnostic importance of exercise testing in developing appropriate rehabilitation programmes for patients following transfemoral amputation. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2008;44(2):133-9.
146. Rooke TW, Hirsch AT, Misra S, Sidawy AN, Beckman JA, Findeiss LK, et al. 2011 ACCF/AHA Focused Update of the Guideline for the Management of Patients With Peripheral Artery Disease (updating the 2005 guideline): a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(19):2020-45.
147. National Heart, Lung, and Blood Institute Morbidity and Mortality. Incidence and Prevalence: 2006 Chart Book on Cardiovascular and Lung Diseases. Bethesda: National Institutes of Health; 2006.
148. Lim TS, Finlayson A, Thorpe JM, Sieunarine K, Mwipatayi BP, Brady A, et al. Outcomes of a contemporary amputation series. *ANZ J Surg.* 2006;76(5):300-5.
149. Kulkarni J, Adams J, Thomas E, Silman A. Association between amputation, arthritis and osteopenia in British male war veterans with major lower limb amputations. *Clin Rehabil.* 1998;12(4):348-53.
150. Morgenroth DC, Segal AD, Zelik KE, Czerniecki JM, Klute GK, Adamczyk PG, et al. The effect of prosthetic foot push-off on mechanical loading associated with knee osteoarthritis in lower extremity amputees. *Gait Posture.* 2011;34(4):502-7.
151. Gailey R, Allen K, Castles J, Kucharik J, Roeder M. Review of secondary physical conditions associated with lower-limb amputation and long-term prosthesis use. *J Rehabil Res Dev.* 2008;45(1):15-29.
152. Dekker J, van Dijk GM, Veenhof C. Risk factors for functional decline in osteoarthritis of the hip or knee. *Curr Opin Rheumatol.* 2009;21(5):520-4.
153. Dunlop DD, Song J, Semanik PA, Sharma L, Chang RW. Physical activity levels and functional performance in the osteoarthritis initiative: a graded relationship. *Arthritis Rheum.* 2011;63(1):127-36.
154. Vrieling AH, van Keeken HG, Schoppen T, Otten E, Hof AL, Halbertsma JP, et al. Balance control on a moving platform in unilateral lower limb amputees. *Gait Posture.* 2008;28(2):222-8.
155. Barnett CT, Vanicek N, Polman RC. Postural responses during volitional and perturbed dynamic balance tasks in new lower limb amputees: a longitudinal study. *Gait Posture.* 2013;37(3):319-25.
156. Bickley LS, Szilagyi PG. The Nervous System In: Bickley. Editor. *Bate's Guide to Physical Examination and History Taking.* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2009, 656-736.
157. Groll D, To T, Bombardier C, Wright J. The development of a comorbidity index with physical function as the outcome. *J Clin Epidemiol.* 2005;58(6):595-602.
158. Fan E, Gifford JM, Chandolu S, Colantuoni E, Pronovost PJ, Needham DM. The functional comorbidity index had high inter-rater reliability in patients with acute lung injury. *BMC Anesthesiol.* 2012;12:21.
159. Knezevic A, Devecerski G, Boskovic K, Mikulic Gutman S, Novakovic B, Krajnov J. Učestalost pratećih oboljenja kod osoba sa amputacijom donjih ekstremiteta In: *Drugi*

- kongres fizijatara Crne Gore. Mihajlović. Editor. 2010. Udruženje fizijatara Crne Gore: Igalo, Montenegro.
160. de Laat FA, Rosbergen W. Comorbidity in a cohort lower limb amputees with a prosthesis. in Poster VRA annual congress. 2007.
 161. de Laat FA, Rommers GM, Dijkstra PU, Geertzen JH, Roorda LD. Climbing stairs after outpatient rehabilitation for a lower-limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013;94(8):1573-9.
 162. Kalbaugh CA, Taylor SM, Kalbaugh BA, Halliday M, Daniel G, Cass AL, et al. Does obesity predict functional outcome in the dysvascular amputee? *Am Surg.* 2006;72(8):707-12; discussion 12-3.
 163. Rossignol S, Dubuc R, Gossard JP. Dynamic sensorimotor interactions in locomotion. *Physiol Rev.* 2006;86(1):89-154.
 164. Beyaert C, Grumillier C, Martinet N, Paysant J, Andre JM. Compensatory mechanism involving the knee joint of the intact limb during gait in unilateral below-knee amputees. *Gait Posture.* 2008;28(2):278-84.
 165. Rueda FM, Diego IM, Sanchez AM, Tejada MC, Montero FM, Page JC. Knee and hip internal moments and upper-body kinematics in the frontal plane in unilateral transtibial amputees. *Gait Posture.* 2013;37(3):436-9.
 166. Wentink EC, Prinsen EC, Rietman JS, Veltink PH. Comparison of muscle activity patterns of transfemoral amputees and control subjects during walking. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10:87.
 167. Munin MC, Espejo-De Guzman MC, Boninger ML, Fitzgerald SG, Penrod LE, Singh J. Predictive factors for successful early prosthetic ambulation among lower-limb amputees. *J Rehabil Res Dev.* 2001;38(4):379-84.
 168. Arwert HJ, van Doorn-Loogman MH, Koning J, Terburg M, Rol M, Roebroek ME. Residual-limb quality and functional mobility 1 year after transtibial amputation caused by vascular insufficiency. *J Rehabil Res Dev.* 2007;44(5):717-22.
 169. Kark L, Vickers D, McIntosh A, Simmons A. Use of gait summary measures with lower limb amputees. *Gait Posture.* 2012;35(2):238-43.
 170. Quai T, Brauer S, Nitz J. Somatosensation, circulation and stance balance in elderly dysvascular transtibial amputees. *Clin Rehabil.* 2005;19(6):668-76.
 171. van Deursen RW, Simoneau GG. Foot and ankle sensory neuropathy, proprioception, and postural stability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(12):718-26.
 172. Curtze C, Hof AL, Postema K, Otten B. The relative contributions of the prosthetic and sound limb to balance control in unilateral transtibial amputees. *Gait Posture.* 2012;36(2):276-81.
 173. Houdijk H, Fickert R, van Velzen J, van Bennekom C. The energy cost for balance control during upright standing. *Gait Posture.* 2009;30(2):150-4.
 174. Vrieling AH, van Keeken HG, Schoppen T, Otten E, Halbertsma JP, Hof AL, et al. Gait termination in lower limb amputees. *Gait Posture.* 2008;27(1):82-90.
 175. Curtze C, Hof AL, Otten B, Postema K. Balance recovery after an evoked forward fall in unilateral transtibial amputees. *Gait Posture.* 2010;32(3):336-41.
 176. Eijk MS, van der Linde H, Buijck BI, Zuidema SU, Koopmans RT. Geriatric rehabilitation of lower limb amputees: a multicenter study. *Disabil Rehabil.* 2012;34(2):145-50.

177. Kristensen MT, Nielsen AO, Topp UM, Jakobsen B, Nielsen KJ, Juul-Larsen HG, et al. Number of test trials needed for performance stability and interrater reliability of the one leg stand test in patients with a major non-traumatic lower limb amputation. *Gait Posture*. 2014;39(1):424-9.
178. Springer BK, Pincivero DM. The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait Posture*. 2009;30(1):50-4.
179. Gallagher P, Desmond D, Maclachlan M. *Psychoprosthetics*: Springer; 2008.
180. Coffey L, O'Keeffe F, Gallagher P, Desmond D, Lombard-Vance R. Cognitive functioning in persons with lower limb amputations: a review. *Disabil Rehabil*. 2012;34(23):1950-64.
181. Schuch V, Moysidis T, Weiland D, Santosa F, Kroger K. Dementia and amputation. *Interv Med Appl Sci*. 2012;4(4):175-80.
182. O'Neill BF, Evans JJ. Memory and executive function predict mobility rehabilitation outcome after lower-limb amputation. *Disabil Rehabil*. 2009;31(13):1083-91.
183. Met R, Janssen LI, Wille J, Langezaal AE, van de Mortel RW, van de Pavoordt ED, et al. Functional results after through-knee and above-knee amputations: does more length mean better outcome? *Vasc Endovascular Surg*. 2008;42(5):456-61.
184. Gooday HM, Hunter J. Preventing falls and stump injuries in lower limb amputees during inpatient rehabilitation: completion of the audit cycle. *Clin Rehabil*. 2004;18(4):379-90.
185. Rommers GM, Ryall NH, Kap A, De Laat F, Van der Linde H. The mobility scale for lower limb amputees: the SIGAM/WAP mobility scale. *Disabil Rehabil*. 2008;30(15):1106-15.
186. Singh R, Ripley D, Pentland B, Todd I, Hunter J, Hutton L, et al. Depression and anxiety symptoms after lower limb amputation: the rise and fall. *Clin Rehabil*. 2009;23(3):281-6.
187. Djoković M. Doživljaj slike tela, kvaliteta života i depresivnost kod osoba sa amputiranim donjim ekstremitetom in Departman za psihologiju. 2013. Univerzitet u Nišu: Niš.
188. Atherton R, Robertson N. Psychological adjustment to lower limb amputation amongst prosthesis users. *Disabil Rehabil*. 2006;28(19):1201-9.
189. Larner S, van Ross E, Hale C. Do psychological measures predict the ability of lower limb amputees to learn to use a prosthesis? *Clin Rehabil*. 2003;17(5):493-8.
190. Singh R, Hunter J, Philip A. The rapid resolution of depression and anxiety symptoms after lower limb amputation. *Clin Rehabil*. 2007;21(8):754-9.
191. Williams RM, Ehde DM, Smith DG, Czerniecki JM, Hoffman AJ, Robinson LR. A two-year longitudinal study of social support following amputation. *Disabil Rehabil*. 2004;26(14-15):862-74.
192. Pochet NL, Suykens JA. Support vector machines versus logistic regression: improving prospective performance in clinical decision-making. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2006;27(6):607-8.

8. PRILOZI

PRILOG 1

The functional comorbidity index

- 1 Arthritis (rheumatoid and osteoarthritis)
 - 2 Osteoporosis
 - 3 Asthma
 - 4 Chronic obstructive pulmonary disease (COPD), acquired respiratory distress syndrome (ARDS), or emphysema
 - 5 Angina
 - 6 Congestive heart failure (or heart disease)
 - 7 Heart attack (myocardial infarct)
 - 8 Neurological disease (such as multiple sclerosis or Parkinson's)
 - 9 Stroke or TIA
 - 10 Peripheral vascular disease
 - 11 Diabetes types I and II
 - 12 Upper gastrointestinal disease (ulcer, hernia, reflux).
 - 13 Depression
 - 14 Anxiety or panic disorders
 - 15 Visual impairment (such as cataracts, glaucoma, macular degeneration)
 - 16 Hearing impairment (very hard of hearing, even with hearing aids)
 - 17 Degenerative disc disease (back disease, spinal stenosis, or severe chronic back pain)
 - 18 Obesity and/or body mass index >30 (weight in kg/height in meters²)
height _____ (cm or inches?)
weight _____ (kg or lbs?) BMI =
-

Abbreviations: TIA, transient ischemic attack.



PRILOG 3

MINI MENTAL STATE

Datum:

Ime bolesnika:

- | | | |
|------|---|-----------|
| Skor | <u>Orientacija</u> | |
| () | Koji je datum, dan u nedelji, mesec, godina, godišnje doba | (5 poena) |
| () | Gde se nalazimo, sprat, grad, republika, država | (5 poena) |
| | <u>Pamćenje</u> | |
| () | Dobijanje saglasnosti pacijenta za ispitivanje pamćenja | (3 poena) |
| | Kažu se imena tri nesrodna predmeta jasno i sporo, pa se traži od ispitanika da ih ponovi | |
| | Ukoliko ni posle 6 pokušaja ne može da ponovi tri reči ne može da se ispituje odloženo pamćenje (prisećanje) | |
| | <u>Pažnja i razumevanje</u> | |
| () | Serijsko oduzimanje 100-7. 1 poen za svaki tačan odgovor. Traži se pet uzastopnih odgovora (93, 86, 79, 72, 65). Alternativno se daje da se navedu obrnutim redom slova reči npr. vrata (broje se uzastopni tačni odgovori do prve greške npr. atrav=2poena, skoruje se broj slova u tačnom redosledu). | (5 poena) |
| | <u>Prisećanje</u> | |
| () | Traži se od pacijenta da kaže tri upamće reči iz prethodnog zadatka. 1 poen za svaku tačnu reč | (3 poena) |
| | <u>Govorni testovi</u> | |
| () | Imenovanje: Olovka sat | (2 poena) |
| () | ponavljanje "prvo srpsko parobrodsko društvo" | (1 poen) |
| () | Izvršavanje trostrukog naloga: "uzmite papir desnom rukom savijte ga na pola i stavite na pod" | (3 poena) |
| | <u>Pročitajte i uradite sledeće:</u> | |
| () | ZATVORITE OČI | (1 poen) |
| () | Napišite rečenicu po svom izboru (a da nije ime i prezime) | (1 poen) |
| () | Precrtajte donju sliku | (1 poen) |

UKUPNO

- () Maksimalan skor 30 poena

PRILOG 4

BDI/ U svakoj grupi su date po četiri tvrdnje. Zaokružite broj ispred tvrdnje koja u toj grupi najbolje opisuje Vaše sadašnje stanje

0- nisam tužan

1- tužan sam

2- stalno sam tužan, ali to mogu da savladam kad hoću

3- toliko sam tužan ili nesrećan da to više ne mogu da podnesem

0- nisam naročito obeshrabren budućnošću

1- obeshrabren sam svojom budućnošću

2- čini mi se da nemam čemu da se nadam

3- smatram da je budućnost beznadežna i da se stvari neće popraviti

0- ne osećam se kao gubitnik

1- smatram da imam više promašaja od prosečne osobe

2- kad razmišljam o dosadašnjem životu, sve što vidim su brojni porazi

3- smatram da sam potpuno promašena osoba

0- stvari mi pričinjavaju zadovoljstvo sada kao i ranije

1- ne uživam više kao što sam to nekad činio

2- ništa mi više ne pričinjava zadovoljstvo kao ranije

3- sve mi je dosadno ili me ne zadovoljava

0- ne osećam se naročito krivim ni za šta

1- ponekad osećam krivicu

2- skoro stalno osećam krivicu

3- stalno osećam krivicu

0- ne smatram da me neko kažnjava

1- čini mi se da me neko možda kažnjava

2- očekujem da budem kažnjen

3- čini mi se da me neko kažnjava

0- nisam razočarao samog sebe

1- razočaran sam samim sobom

2- smučio sam se sam sebi

3- mrzim sebe

0- ne smatram da sam lošiji od drugih

1- kritičan sam prema svojim slabostima i greškama

2- stalno sebe krivim zbog svojih nedostataka

3- sebe krivim za sve loše što se dogodi

0- ne padaju mi na pamet misli da se ubijem

1- pomišljam da se ubijem, ali ne bih to sproveo u delo

2- rado bih se ubio

3- da imam prilike ubio bih se

0- ne plačem više nego inače

1- sada plačem više nego ranije

2- sada stalno plačem

3- nekada sam mogao da plačem, ali sada ne mogu ni kad hoću

- 0- ne nerviram se više nego inače
- 1- nešto sam nervozniji nego inače
- 2- nervozan sam ili iznerviran dobar deo vremena
- 3- sada se stalno osećam nervozan

- 0- nisam izgubio zanimanje za druge ljude
- 1- drugi ljudi me zanimaju manje nego ranije
- 2- drugi ljudi me skoro uopšte ne zanimaju
- 3- drugi ljudi me uopšte ne zanimaju

- 0- donosim odluke onoliko dobro koliko sam to oduvek činio
- 1- odlažem donošenje odluka češće nego ranije
- 2- imam više teškoća u donošenju odluka nego ranije
- 3- uopšte više ne mogu da donosim odluke

- 0- ne smatram da izgledam išta gore nego ranije
- 1- brinem se zato što izgledam starije i neprivlačno
- 2- čini mi se da je došlo do trajnih promena u mom izgledu koji me čine neprivlačnim
- 3- verujem da sam ružan

- 0- mogu da radim jednako dobro kao i ranije
- 1- potreban mi je dodatni napor da počnem nešto da radim
- 2- moram sebe jako da prisiljavam kako bih išta uradio
- 3- uopšte više ne mogu da radim

- 0- spavam jednako dobro kao i uvek
- 1- ne spavam dobro kao što sam nekad spavao
- 2- probudim se sat-dva ranije od uobičajenog vremena i teško mi je da ponovo zaspim
- 3- probudim se nekoliko sati ranije od uobičajenog vremena i teško mi je da ponovo zaspim

- 0- ne zamaram se više nego ranije
- 1- lakše se umorim nego ranije
- 2- umorim se kad bilo šta radim
- 3- suviše sam umoran da bilo šta radim

- 0- apetit mi nije lošiji nego ranije
- 1- apetit mi nije tako dobar kao što je nekad bio
- 2- apetit mi je mnogo gori sada
- 3- više uopšte nemam apetita

- 0- u zadnje vreme nisam izgubio na težini
- 1- nisam izmršavio više od 2,5 kg
- 2- omršavio sam više od 5 kg
- 3- omršavio sam više od 7,5 kg

- 0- moje zdravlje me ne brine više nego inače
- 1- brinu me telesni problemi kao što su bolovi ili stomačne tegobe
- 2- veoma me brinu telesni problemi i teško mi je da mislim na bilo šta drugo
- 3- toliko me brinu telesni problemi da ne mogu ni na šta drugo da mislim

- 0- nisam zapazio nikakvu promenu u mom interesovanju za seks
- 1- seks me manje interesuje nego ranije
- 2- seks me mnogo manje interesuje nego ranije
- 3- seks me uopšte više ne interesuje