



Vesna Bokan-Mirković

**DIJAGNOZA
I PREVENCIJA
KOMPLIKACIJA
DIJABETESNOG
STOPALA**

Prof. dr Vesna Bokan-Mirković
DIJAGNOZA I PREVENCIJA KOMPLIKACIJA
DIJABETESNOG STOPALA

Prvo izdanje

Izdavač

Univerzitet Crne Gore
Cetinjska br. 2, Podgorica
www.ucg.ac.me

Za izdavača

Prof. dr Vladimir Božović, rektor

Glavni i odgovorni urednik

Prof. dr Stevo Popović

Urednik izdanja

Prof. dr Ljiljana Vučković

Recenzije

Prof. dr Snežana Vujošević
Docent dr Predrag Gajin
Prof. dr Snežana Tomašević Todorović

Lektura

Tatjana Boljević

Slog

Docent mr Adela Zejnilović

Tehnički urednik

Ivan Živković

Objavlјivanje ove univerzitetske publikacije odobrio je Senat Univerziteta Crne Gore
odlukom br. 03-2101/1 od 28. decembra 2021. godine.

© Univerzitet Crne Gore, 2022.

Sva prava zadržana. Zabranjeno je svako neovlašćeno umnožavanje, fotokopiranje
ili reprodukovanje publikacije, odnosno njenog dijela, bilo kojim sredstvom
ili na bilo koji način.

CIP - Каталогизација у публикацији
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-7664-230-4
COBISS.CG-ID 24419332



Vesna Bokan-Mirković

**DIJAGNOZA I PREVENCIJA KOMPLIKACIJA
DIJABETESNOG STOPALA**

Podgorica, 2022.

SADRŽAJ

1. DIJABETESNO STOPALO	7
1.1. Faktori rizika za razvoj dijabetesnog stopalac	8
1.1.1. Dijabetesna neuropatija	8
1.1.2. Periferna vaskularna bolest	18
1.1.3. Deformiteti stopala	24
2. LIJEČENJE FAKTORA RIZIKA DIJABETESNOG STOPALA	43
2.1. Prevencija i liječenje dijabetesne periferne neuropatije	43
2.1.1. Farmakološka terapija dijabetesne neuropatije	47
2.1.2. Fizikalna terapija dijabetesne neuropatije	49
2.1.3. Neuropatski skorovi za praćenje efekata terapije	54
2.2. Prevencija i liječenje periferne vaskularne bolesti	56
2.3. Tretmani biomehaničkih promjena stopala	59
2.3.1. Tretmani biomehaničkih promjena stopala – rasteretna sredstva	66
3. KLASIFIKACIJA DIJABETESNOG STOPALA	75
3.1. Stopalo sa rizikom za razvoj ulceracije (0-3)	77
3.2. Stopalo sa preulceroznim znacima	80
3.3. Stopala visokog rizika – ulceracija	81
4. MULTIDISCIPLINARNOST U LIJEČENJU DIJABETESNOG STOPALA	85
4.1. Organizacija struktura i multidisciplinarni tim	88
5. INOVACIJE	89
6. BIO-PSIHO-SOCIJALNI MODEL I DIJABETESNO STOPALO	93
7. ZAKLJUČAK I BUDUĆI PRAVCI	97
SAŽETAK	99

ABSTRACT	101
BIBLIOGRAFIJA	103
INDEX POJMOVA	117

1. DIJABETESNO STOPALO

Bolest dijabetesnog stopala se danas tretira kao globalni problem zbog dramatičnog porasta broja oboljelih od dijabetesa u svijetu u posljednje tri dekade, kao i činjenice, da u razvijenim zemljama početkom 21. vijeka, bolest dijabetesnog stopala predstavlja najčešći uzrok hospitalizacije (1). Dijabetesno stopalo (eng.,diabetic foot - DF) se definiše kao grupa sindroma koji uključuju neuropatiju, ishemiju i infekciju, koji mogu dovesti do razvoja ulceracije stopala i rezultirati amputacijom. Svaka patologija stopala uzrokovana dugotrajnim dijabetesom može se smatrati sindromom dijabetesnog stopala. Ulceracija stopala uzrokovana dijabetesom je povezana sa visokim nivom mortaliteta i morbiditeta. Kod ove grupe bolesnika, pored ulceracije stopala često je prisutna i neka od drugih komplikacija dijabetesa koja pogoršava status bolesnika , pa tako bolesnici sa ulkusom i hroničnom bubrežnom insuficijencijom koji su na dijalizi imaju smrtnost 75 % za period od dvije godine. Incidenca ulceracije stopala je 19-34% sa godišnjom stopom incidence od 2%. Zarastanje rane dijabetesnog stopala je dugotrajno i kod 60% bolesnika traje oko jedne godine. Sve to praćeno je visokim troškovima liječenja i dodatnim socijalnim problemima. Podaci iz SAD od prije 12 godina kazuju da je na liječenje dijabetesnog ulkusa potrošeno 18 biliona dolara a na liječenje amputacija donjih ekstremiteta 11 biliona dolara (1). U zemljama sa niskim prihodima, troškovi liječenja složenih dijabetesnih ulkusa mogu biti jednaki godišnjoj zaradi tokom 5,7 godina (2).

„Svakih 20 sekundi negdje u svijetu izvrši se amputacija donjeg ekstremiteta zbog komplikacija dijabetesa“ jedan je od najčešće korišćenih citata da bi se apostrofirao značaj problema razvoja dijabetesnog stopala (3). Značaj prevencije razvoja dijabetesnog stopala i pojave ulceracije koja je kritični događaj u kaskadi problema, je u smanjenju broja amputacija, recidiviranju ulceracije i smanjenju ekonomskih troškova društva. Često se naglašava da nisu sve osobe sa dijabetesom u riziku za razvoj ulceracije. Ključni faktori rizika su: izostanak protektivnog senzibiliteta stopala, periferna vaskularna bolest i deformiteti stopala. Međunarodna radna grupa za dijabetesno stopalo (eng. The International Working Group on the Diabetic Foot – IWGDF) je 2019. ažurirala preporuke za prevenciju i liječenje dijabetesnog stopala koje su zasnovane na

dokazima iz preglednih članaka i međunarodno su prihvaćene (3). Smjernice predstavljaju prijedlog prevencije i liječenja dijabetesnog stopala i podložne su izmjenama, u zavisnosti od novih saznanja i dostupnosti terapije.

1.1. Faktori rizika za razvoj dijabetesnog stopala

Iako se prevalenca i spektar komplikacija na stopalu razlikuju u regionima svijeta, razvoj ulkusa je vjerovatno vrlo sličan kod većine bolesnika i nastaje udruženim djelovanjem dva ili više faktora rizika. Danas je osnovni princip prevencije kod osoba oboljelih od dijabetesa, identifikacija stopala koje je u riziku. Odsustvo simptoma kod oboljelih od dijabetesa ne isključuje promjene na stopalima. Ovakvi pacijenti mogu imati asimptomatsku neuropatiju, perifernu arterijsku bolest, preulkusne znake ili čak ulkus. U velikom broju retrospektivnih i prospektivnih studija korišćeni su različiti sistemi grupisanja i identifikacije faktora rizika za razvoj ulceracije stopala. Generalno je prihvaćeno da se radi o udruženim faktorima, odnosno o više patoloških promjena na stopalu. Aktuelne preporuke su identifikovale i značajno naglasile prisustvo sledećih faktora rizika: periferna neuropatija, deformiteti stopala, periferna arterijska bolest, ranija ulceracija i ranija amputacija na donjim ekstremitetima (4). U poslednjih 20 godina postignut je napredak u razumijevanju patogeneze DF, formirane su studijske i stručne grupe za liječenje i prevenciju razvoja DF što je sve rezultiralo većim brojem publikacija u referentnim medicinskim časopisima. Ohrabruje podatak, da je broj publikacija iz ove oblasti u poslednjih šest godina porastao za 2,6% (5).

1.2. Dijabetesna neuropatija

Povezanost neuropatije i razvoja ulceracije kod osoba sa dijabetesom je odavno poznata (5,6). Dijabetesna periferna neuropatija (DPN) pogađa 50 – 70% populacije sa dijabetesom, najčešće je komplikacija dijabetesa tipa 2, nakon 5 godina bolesti razvija se i kod dijabetesa tipa 1, a može se otkriti i na samom postavljanju dijagnoze dijabetesa kod pacijenata koji su imali „idiopatski neuropatski bol“. Faktori koji utiču na razvoj DPN su metabolički (povišen nivo glukoze u krvi, nedostatak insulina, dugo trajanje dijabetesa), neurovaskularni (dovode do oštećenje krvnih sudova koji ishranjuju nerv), autoimuni (uzrokuju inflamaciju nerva), mehanički (povrede nerva) i način života (pušenje, alkohol). Gradacija razvoja DPN se može pratiti kroz stadijume:

No - nisu prisutni znaci i simptomi neuropatije

N1 - asimptomatski stadijum, prisutni znaci neuropatije

N2 - simptomatska neuropatija

N3 – neuropatija koja izaziva onesposobljenost

Dijabetesna neuropatija generalno se prihvata kao konsekvencija insulinske deficijencije i/ili hiperglikemije (Američko Neurološko Udruženje 1986.)(6). Dijabetesna neuropatija obuhvata nekoliko posebnih sindroma sa različitim anatomskim rasporedom, kliničkim tokom i vjerovatno različitim patogenetskim mehanizmom. Internacionalnim konsenzusom je prihvaćena jednostavna definicija koja je od značaja za kliničku praksu, da je DPN „prisustvo simptoma i/ili znakova periferne nervne disfunkcije kod osoba sa dijabetesom ako su drugi uzroci isključeni“. Smatra se da je potrebno poboljšanje klasifikacije dijabetesne neuropatije koje bi imalo značaja za tumačenje patogenetskog mehanizma nastanka i time bi se dao doprinos u terapijskim izborima. U odnosu na veliki broj simptoma značajna je primjenljivost široke klasifikacije (7):

- 1) Brzo reverzibilna neuropatija ili hiperglikemijska neuropatija. Akutni oblik ove senzorne polineuropatije se manifestuje intezivnim i teškim neuropatskim simptomima i obično se simptomi smanjuju nakon stabilne glikemijske kontrole.
- 2) Trajne simetrične polineuropatije: a) distalne somato - senzorne / motoričke polineuropatije (DSPN) koje uključuju pretežno velika vlakna; b) autonomne neuropatije (APN); c) neuropatije malih vlakana.
- 3) Fokalne / multifokalne neuropatije: a) kranijalne neuropatije; b) torakoabdominalne radikulopatije; c) fokalne neuropatije ekstremiteta; d) proksimalne neuropatije; e) kompresivne neuropatije.

Hronična ili trajna simetrična polineuropatija je najčešća forma, ponekad se otkriva pri postavljanju dijagnoze dijabetesa a kod 50% osoba sa dijabetesom može da bude asimptomatska. Hronična senzorna polineuropatija je praćena autonomnom disfunkcijom a kasnije komplikacije mogu da budu ulceracije i neuroatrofija. Simetrična neuropatija malih senzitivnih vlakana, tankih mijelinskih A δ i C nemijelinskih vlakana (povezani sa termalnom percepcijom, bolom i autonomnom disfunkcijom) jedan je od najranijih znakova dijabetesne neuropatije i manifestuje se bolom tipa žarenja, peckanja, osjećajem hladnoće, osjećajem električnih šokova, bockanja i trnjenja, osjećajem tvrdoće stopala. Oštećenje vegetativnih vlakana na ekstremitetima daje simptome pojačano vlažne ili suve kože, promjenu boje i toplote kože. Neuropatski simptomi fluktuiraju i mogu se opisivati kao površni, duboki, povremeni, stalni, intezivni ili u epizodama. Obično su tegobe intezivnije noću. Elektrofiziološka testiranja ne pokazuje znake oštećenja malih vlakana ali izostaje percepcija toplotne draži i smanjuje se osjećaj laganog dodira i uboda igle. Sa napredovanjem bolesti bivaju zahvaćena velika vlakna (povezana sa dodirrom, vibracijom, propiocepcijom i mišićnom kontrolom) i nastaje sve izraženiji gubitak senzibiliteta u oba stopala, od kojih je najkarakterističniji gubitak vibracionog senzibiliteta, pri čemu, takođe, postepeno nastaju i motorni

poremećaji. Od motornih poremećaja prvo su zahvaćeni dorzalni mišići stopala, čime se smanjuje pokretljivost skočnih zglobova i javlja slabost u izvođenju dorzifleksije prstiju stopala, što se posebno odnosi na nožni palac. U ređim slučajevima proces prvo počinje u vidu slabosti stopala, bez senzornih simptoma.

Znaci autonomne neuropatije se mogu javiti veoma rano u vidu simptoma od strane kardiovaskularnog, genitourinarnog i gastrointestinalnog sistema.

Nekoliko je važnih razloga ranog otkrivanja i terapije DPN: a) otkrivanje prisustva neuropatije koja nije uzrokovana dijabetesom, b) postoji veliki broj opcija tretmana simptoma c) detekcija asimptomatske DPN d) otkrivanje autonomne neuropatije koja može biti uzrok morbiditeta i mortaliteta ako zahvati druge sisteme (kardiovaskularni). Klinička slika može biti prilično varijabilna i danas postoji veliki broj specifičnih dizajniranih upitnika kao i dijagnostičkih ispitivanja za procjenu simptoma neuropatije kod osoba sa dijabetesom. Većina njih služi za procjenu senzitivnih, motornih i autonomnih oštećenja (8,9,10).

Rani simptomi dijabetesne neuropatije su postepeni gubitak senzibiliteta i bol. Gubitak protektivnog senzibiliteta stopala predstavlja visok rizik za pojavu ulceracije stopala i u cilju prevencije kod osoba sa dijabetesom ako je prisutna periferna neuropatija, obavezno je evidentirati prisustvo drugih rizika: istoriju ulceracije ili amputacije na stopalu, perifernu vaskularnu bolest i deformitet stopala.

Klinička mjerenja su od suštinske važnosti za epidemioške studije i studije koje prate terapijske efekte. Danas postoje razvijeni sistemi skorovanja simptoma dijabetesne neuropatije koji se preporučuju za svakodnevnu kliničku praksu (11, 12,13). Primjeri raznovrsnosti skorovanje prikazani su u revijalnom članku Cochrane biblioteke (9):

CNE	Clinical Neurological Examination
DNE	Diabetic Neuropathy Examination
DNS	Diabetic Neuropathy Symptom Score
MNSI	Michigan Neuropathy Screening Instrument
NDS	Neuropathy Disability Score
NIS	Neuropathy Impairment Score
NIS-LL	Neuropathy Impairment Score in the Lower Limbs
NSP	Neuropathy Symptom Profile
NSS	Neuropathy Symptom Score
TCSS	Toronto Clinical Scoring System

Iako su dostupni različiti pristupi za procjenu somatosenzorne disfunkcije, snažne su preporuke za primjenu specifičnih ispitivanja kojima se otkrivaju negativni simptomi

neuropatije tipa hipoestezije, anestezije, hipoalgezije i analgezije a isto tako mogu se detektovati i funkcionalna oštećenja. Jedan od najčešće korišćenih testova za rano otkrivanje DPN je modifikovani Neuropathy dysability score (Tabela 1.) koji obuhvata ispitivanje vibracije, temperature, oštrog dodira i refleksne aktivnosti na oba stopala, a rezultat veći od 6 bodova pokazuje prisustvo neuropatije.

Tabela 1. Test ranog otkrivanja neuropatskih simptoma

Vibracioni senzibilitet 128 hz, normalan osjećaj vibracije, nema vibracije	Normalan = 0 Odgovor koji odstupa = 1
Temperatura dorzuma stopala, osjetljivost na toplo-hladno	
Dodir, razlikovanje oštrog i blagog dodira (ubod iglom)	
Achilov refleks	Prisutan = 0 Snižen = 1 Odsutan = 2
	NDS veći od 10 = totalno odstupanje

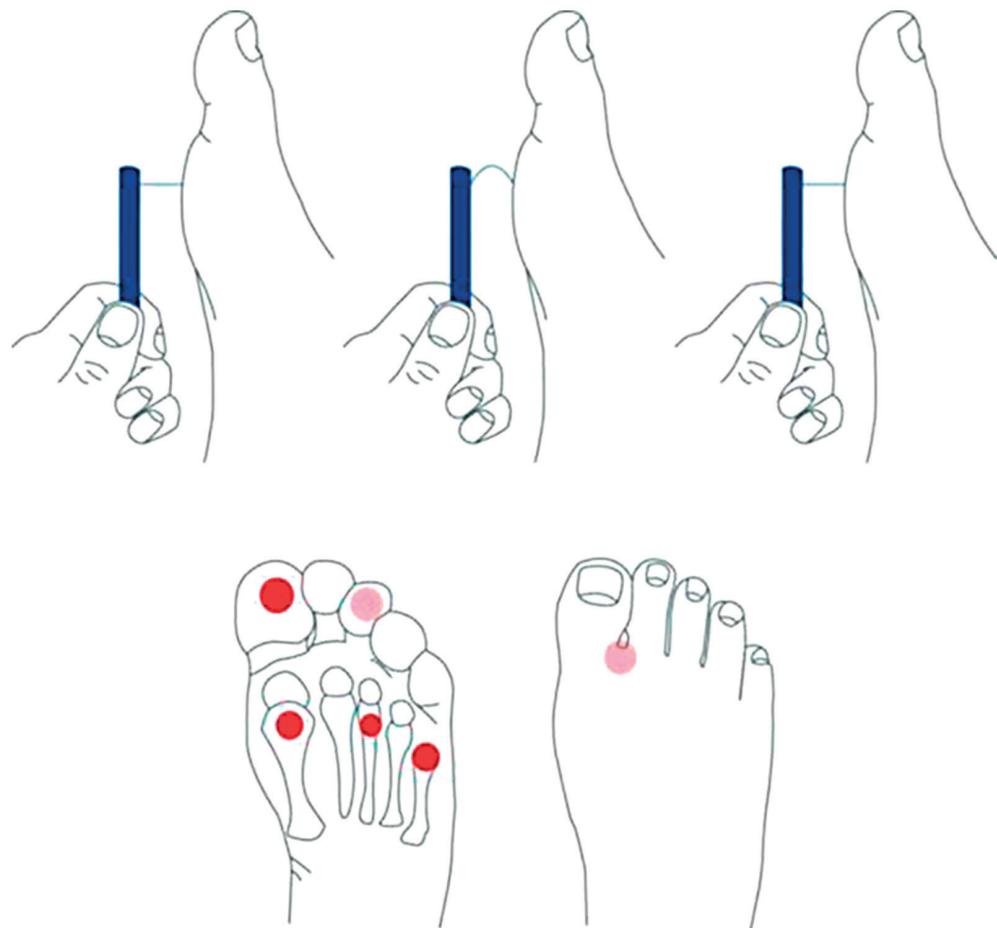
U prevenciji razvoja komplikacija na stopalu, identifikovanje svake promjene na stopalu je prvi korak. Unazad 10 godina, kako u studijama tako i u preporukama za dobru kliničku praksu, velika pažnja poklanjana je ranom detektovanju neuropatije. Neuropatska procjena obuhvata neinvazivna ispitivanja, funkcionalna elektrofiziološka ispitivanja i ostala dijagnostička testiranja. Svaka od ovih metoda procjene ima svoj značaj u ciklusu praćenja razvoja dijabetesnog stopala.

A. Neinvazivna neuropatska ispitivanja

Iako se smatra da je elektrodijagnostika zlatni standard u dobijanju informacije o stanju nerva kod osoba sa dijabetesom, postoje izvjesna ograničenja tipa svakodnevne - rutinske primjene u kliničkoj praksi, kao i nemogućnost detektovanja oštećenja malih vlakana. Za rutinsku praksu predlažu se testiranja: senzacija pritiska i/ili vibracije, temperatura kože stopala, ubod igle (pin-prick) i refleksna aktivnost. Internacionalna Federacija za dijabetes (eng. International Diabetes Federation – IDF) i Svjetska zdravstvena organizacija preporučuju upotrebu Semmes-Weinstein monofilamenata, radi rane detekcije senzorne neuropatije (14).

Osjećaj bockanja prenosi se A δ i C vlaknima (kao i temperaturni podražaj) i prvi je modalitet senzibiliteta koji je standardizovanim nadražajem ispitivan kod zdravih ljudi. Ta istraživanja je sproveo fiziolog Maximillian von Frey (1852-1932) krajem devetnaestog vijeka, upotrebom konjske dlake različite debljine. Danas se von Freyevi filamenti koriste u ispitivanju senzibiliteta bockanja i prepoznavanja dodira pri čemu je stepen savijanja filameta mjera jačine pritiska, a različiti nadražaji se proizvode upotrebom filamenata različitog prečnika i elastičnosti.

Sistem Semmes-Weinstein monofilamenata (SW-M) je jednostavan za upotrebu, brz, jeftin i pouzdan instrument za otkrivanje izostanka protektivnog senzibiliteta na stopalu. Metoda nije invazivna i opšti konzesus upotrebe je da ispitanik ne osjeti pritisak 5,07/10 g monofilamenta u testiranoj tački. Broj je izveden iz logaritma primijenjene sile i čvrstoće izvijanja monofilamenta. Test se izvodi tako što se pacijentu naloži da zatvori oči, dodirnom monofilamenta na čelo ili sternum objasni kakav je doživljaj pritiska, a zatim se monofilament aplikuje na 10 areala na stopalu tako što se koža dodirne filamentom koji je savijen jedan sekund a zatim se odigne. Stimulus se izvrši četiri puta aritmično. Ako pacijent može detektovati 6 od 10 dodira nalaz se smatra normalnim (13) Fotografija 1.



Fotografija 1. Testiranje monofilamentima i markiranje tačaka neosjetljivosti

Boulton AJM, Armstrong DG, Albert SF, et al. Comprehensive foot examination and risk assessment: a report of the Task Force of the Foot Care Interest Group of the American Diabetes Association, with endorsement by the American Association of Clinical Endocrinologists. *Diabetes Care*. 2008;31:1679-1685. DOI: 10.2337/dc08-9021. Available online at: <http://care.diabetesjournals.org>

Analiza senzitivnosti i specifičnosti SF-M testa, udruženo sa primjenom ispitivanja bola i vibracije, pokazala je da ova tri testa značajno koreliraju sa elektrodijagnostičkim testovima. Snaga značajnosti je bila veća kod rezultata gdje je težina neuropatije bila veća. Sama specifičnost testa za detektovanje neosjetljivosti na tačkama je visoka (I i III prst, I, II i III glava metatarzalne kosti) oko 90%, ali senzitivnost testa može da varira od 44 - 71% . Ako postoji neosjetljivost 3 do 4 tačke/5 logično je da je i senzitivnost i specifičnost visoka, 80-86% (15). Različite metodologije mogu dovesti do različitosti zaključaka u rasponu od 3,4 do 29,3%. Preporučuje se, da se na svakom stopalu testiraju četiri mjesta (I, III i V površina metatarzalnih glava i plantarna površina distalnih površina palca (Slika 1). Pregledni članak Feng et al. (14) analizirao je dokaze u literaturi o primjeni SF-M testa u dijagnostici dijabetesne neuropatije. Od 764 studije selektovano je 30 radova koji su obuhvatili 8365 ispitanika. Zajednička karakteristika studija su varijacije u metodološkom pristupu primjene SW-M testa. Rukovodeći se literaturom da je neurofiziološko ispitivanje zlatni standard, četiri studije su direktno upoređivale nalaz elektrodijagnostike i SW-M testa, ukupno je ispitano 1065 pacijenta sa, i 52 pacijenta bez dijabetesa. Ukupna senzitivnost je varirala od 57% do 93% dok je specifičnost pokazala bolje rangiranje od 75% do 100%. Pozitivna prognostička vrijednost testa bila je od 84% do 100%. Test je pokazao visoku senzitivnost pri evidentiranju neosjetljivosti na plantarnoj površini palca, površini glave III i V metatarzalne kosti na oba stopala, tako da je značaj ove analize upravo preporuka za dalju upotrebu ove metode u kliničkoj praksi uz ujednačen metodološki pristup ispitivanja. Preventivna uloga SW-M testa je u ranoj detekciji neuropatije i primjeni preventivnih intervencija, u cilju smanjenja mogućnosti razvoja ulceracije i amputacije.

Jedno od dokumentovanih istraživanja je studija sprovedena u Centru za Fizikalnu Medicinu i Rehabilitaciju Kliničkog centra Crne Gore u periodu od 12 mjeseci (septembar 2008/septembar 2009). Testiranje 10-g monofilamenta korišćeno je kod pacijenata sa DPN koji su bili na ambulantnoj fizikalnoj terapiji (16). Ispitivane su senzitivne tačke pritiskom monofilamenta na predilekciona mjesta za nastanak ulceracije: plantarna površina palca, glave metatarzalnih kostiju (MT): MT I, MT II, MT III i MT V i površina pete. Ispitivanjem navedenih senzitivnih tačaka, izostanak protektivnog senzibiliteta bio je u regiji palca, glave MT I, MT II i MT III kosti. Površina peta u ispitivanjima nije pokazala senzitivnost radi prisutnog zadebljanja kože. U ovoj studiji ispitivana je

povezanost izostanka protektivnog senzibiliteta sa prisutnim povećanim plantarnim pritiscima. Upoređujući mjesta povećanog plantarnog pritiska sa rezultatima oštećenja senzibiliteta, kod 87,5% bolesnika postoji udruženost u regiji palca, 75,0% u regiji glave MT i 100 % u regiji glave MT III kosti.

Drugo ispitivanje težine neuropatije putem Semmes-Weinstein monofilamenata u Centru za Fizikalnu Medicinu i Rehabilitaciju Kliničkog centra Crne Gore, sprovedeno je 2016. i publikovano 2017. (17). Ispitivano je deset tačaka na stopalu, korišćen je metodološki pristup Armstrong et al. (12) a rezultat od 4 neosjetljive tačke se smatrao patološkim. Cilj istraživanje je bio analiza posturalne stabilnosti, brzine hoda i straha od pada radi determinacije prediktora pada kod pacijenata sa DPN. Kod ispitanika u ovoj studiji, trajanje dijabetesa i DPN bilo je značajno duže kod grupe istitanika sa istorijom pada. Rezultati ispitivanja kod ispitanika sa istorijom pada i ispitanika koji u svojoj istoriji nemaju pad prikazani su u Tabeli 2 i Tabeli 3.

Tabela 2. Karakteristike grupe sa istorijom pada i grupe bez istorije pada

	Faller (n=28)				Non-faller				P
	N	Mean±SD	Median	Min-max	N	Mean±SD	Median	Min-max	
Female	12				11				0.406
Male	16				9				
Age (yrs)			63.5	37-70			65	57-70	0.612
BMI		25.53±2.92				26.82±3.07			0.148
Duration of diabetes (yrs)			11	5-27			7.5	2-15	0.0024*

-* p<0,05

Tabela 3. Kliničke karakteristike grupe sa istorijom pada i grupe bez istorije pada

	Faller (n=28)			Non-faller			P
	Mean±SD	Median	Min-max	Mean±SD	Median	Min-max	
Duration of confirmed DPN (yrs)		6	1-15		3	1-15	0.0487*
HbA1c %	6.52±0.72			6.70±0.67			0.3873
MNSI		8	4-11		6.5	3-13	0.1099
Tinetti FES		23	12-51		18	10-51	0.0638
SW-ME		4.5	0-10		1.5	1-8	0.0101*
10MWT (m/s)		0.950	0.58-1.49		1.185	0.65-1.85	0.0238*
FRT (cm)	25.38±8.13			25.10±6.14			0.8965

- HbA1c glikozilirani hemoglobin, MNSI Michigan Neuropathy Screening Instrument, FES Falls Efficacy Scale, 10 MWT 10 Meter Walk Test, FRT Functional Reach Test

- * p<0,05

Rezultat testiranja SW-M bio je patološki kod grupe ispitanika sa historijom pada (Tabela 3). U studiji je pokazana značajna korelacija između trajanja DPN i odsustva protektivnog senzibiliteta i sugerisano je da se ova dva faktora mogu smatrati prediktorima pada.

Oštećenje velikih senzornih vlakana pored smanjenog osjećaja za dodir dovode do poremećaja osjetljivosti na vibraciju i pacijenti najčešće taj osjećaj opisuju kao da nose po tipu „čarape i rukavice“. Testiranje na neuropatiju velikih vlakana vrši se upotrebom vibracione viljuške od 128Hz kojom se procjenjuje percepcija osjećaja vibracije. Kao i kod prethodnog testiranja, pacijent treba da bude upoznat sa osjećajem koji treba da doživi. Ispitivanje se vrši na dorzumu palca iza noktiju na istaknutu koštanu promienciju. Pacijent treba da navede kada je prestao da osjeća vibraciju. Ispitivanje treba sprovesti i na drugim prstima, na medijalnom i lateralnom maleolu (18).

Percepcija vibracije može se objektivno kvantifikovati i procijeniti biotenzimetrom. Ovo je instrument koji koristi različite stepene vibracioni snage pri određenom naponu i određivanje praga percepcije se definiše kao nivo napona. Percepcija snage vibracije do 15 mV smatra se normalnim nalazom, ako je umjerena neuropatija onda je nivo napona za percepciju vibracije 25 mV, a kod teže neuropatije onda je snimak iznad jačine napona 40 mV (19,20).

Kada su oštećena debela mijelinska vlakna pored oštećenja za dodir, pritisak i vibraciju, prisutno je oštećenje refleksa Achilove i patelarne tetive. Refleksna aktivnost se rutinski ispituje neurološkim čekićem. Razvojem motorne neuropatije miotatski (vlastiti) refleksi postupno slabe, sve dok konačno ne iščeznu (ponajprije refleks m. triceps surae, a potom refleks m. quadriceps femoris). Postepeno se razvija i hipotrofija s posljedičnom slabošću malih mišića stopala, potom potkoljenica i šaka (21).

Za procjenu oštećenja percepcije termo draži koriste se kvantitativna senzorna testiranja i to primjenom tople/hladne draži na lateralnoj strani stopala. Za određivanje senzornih pragova najčešće se primjenjuju dvije metode: „metod ograničenja“ i „metod nivoa“ i kod termotestiranja preporučuje se „metod ograničenja“, odnosno prati se prvo mjesto gdje se senzacija pojavljuje do mjesta gdje se gubi. Sa napretkom tehnologije razvijene su dijagnostičke metode na bazi infracrvene termografije kojima se otkrivaju i male promjene distribucije temperature na koži stopala. Napredak u ovoj oblasti dijagnostike ima značaj u ranom otkrivanju neuropatskih i vaskularnih promjena na stopalu, što doprinosi prevenciji razvoja dijabetesnog stopala.

B. Funkcionalna neurofiziološka testiranja

Klinička elektromioneurografija (EMNG) je dijagnostička metoda kojom se objektiviziraju neka oštećenja perifernog nervnog sistema i neizostavan je dio dijagnostičke

obrade osoba sa dijabetesom sa simptomima neuropatije. Ispitivanje brzine provodljivosti nerva smatra se zlatnim standardom u postavljanju dijagnoze neuropatije. Brzina provodljivosti je smanjena kod patoloških promjena mijelinske ovojnice, dok je kod oštećenja aksona normalna, ali je amplituda potencijala niska. Poznato je, da je kod DPN prisutna primarna aksonalna degeneracija, a sekundarno segmentna demijelinizaciona degeneracija. Kod klinički manifestne DPN postoji usporena brzina provođenja u nervnim vlaknima, posebno u nogama, gdje su nervna vlakna najduža. S obzirom da su senzitivna vlakna češće zahvaćena, produžena je distalna senzitivna latenca, kao najraniji elektrofiziološki znak, a zbog aksonske degeneracije prisutna je denervaciona aktivnost, inervacioni uzorak je proređen tj. neuropatski, F talas i H refleks su produženog trajanja ili odsutni. Promjene u brzini provođenja su obično povezane s trajanjem dijabetesa, težinom neuropatije i vrijednostima hiperglikemije.

Kod neuropatija tankih vlakana iako su klinički simptomi akutni, EMNG nalaz je najčešće uredan i brzine provođenja su malo snižene. Tipični elektrofiziološki nalazi kod DPN su smanjene amplitude akcionih potencijala mišića, smanjene brzine provodljivosti u motornim i senzornim nervnim vlaknima, produžen F-talas i odsustvo Hoffman refleksa.

Elektrofiziološko ispitivanje pruža informaciju o oštećenju debelih nervnih vlakana (dodir, vibracije, balans) ali je deficitarno u procjeni oštećenja kad su u pitanju tanka nervna vlakna odgovorna za prenos informacija toplotne draži, bola, povrede, pritiska na stopalo. Poremećaj pragovne draži za toplotu može da bude prisutan kod normalnog nalaza elektrofiziološkog ispitivanja, kod asimptomatskih dijabetesnih pacijenata što ukazuje da se oštećenja tankih vlakana događaju veoma rano (22,23). Pored navedenog, nedostatak elektrofizioloških ispitivanja je i nedostatak standardizovanih mjerenja (24, 25, 26).

C. Ostala dijagnostička ispitivanja

Pomoćna dijagnostička testiranja imaju značaj kada dijagnoza nije potpuno jasna a najčešće se primjenjuju kada je u pitanju oštećenje tankih somatskih mijelinskih vlakana i nemijelinskih vlakana.

Kvantitativno senzorno testiranje se koristi za određivanje praga osjetljivosti za bol i praga osjetljivosti za termalnu draž i pri tom se dobija informacija o oštećenju vrste nervnih vlakana i modalitetu senzibiliteta. Pomoću kompjuterizovanog sistema aplikuje se niz odgovarajućih kvantifikovanih nadražaja. Na osnovu ispitanikovih odgovora, koristeći niz algoritama, dobija se prag nadražaja za testiranu vrstu senzibiliteta. Bol uzrokovan toplotom i hladnoćom ima sličan doživljaj i prenosi se istim nervnim vlaknima C i A δ , dok se osjetljivost na toplo koja ne izaziva bol prenosi C a na hladno

Až vlaknima. Termalnom stimulacijom može se aplicirati standardizovani topli i hladni nadražaj i odrediti prag boli za toplu i hladnu draž.

Analiza intraepidermalnih nervnih vlakana je histopatološka metoda kojom se analizira gustina tankih nervnih vlakana u epidermisu kože i ovom metodom se dobija informacija o oštećenju nociceptivnih vlakana (27,28).

Kvantitativni vazomotorni test za refleks aksona (engl. quantitative sudomotor axon reflex test, QSART) je test za procjenu integriteta postganglijskog simpatičkog vazomotornog sistema duž aksonskog refleksa da bi se ispitala funkcija znojenja.

1.1.2. Periferna vaskularna bolest

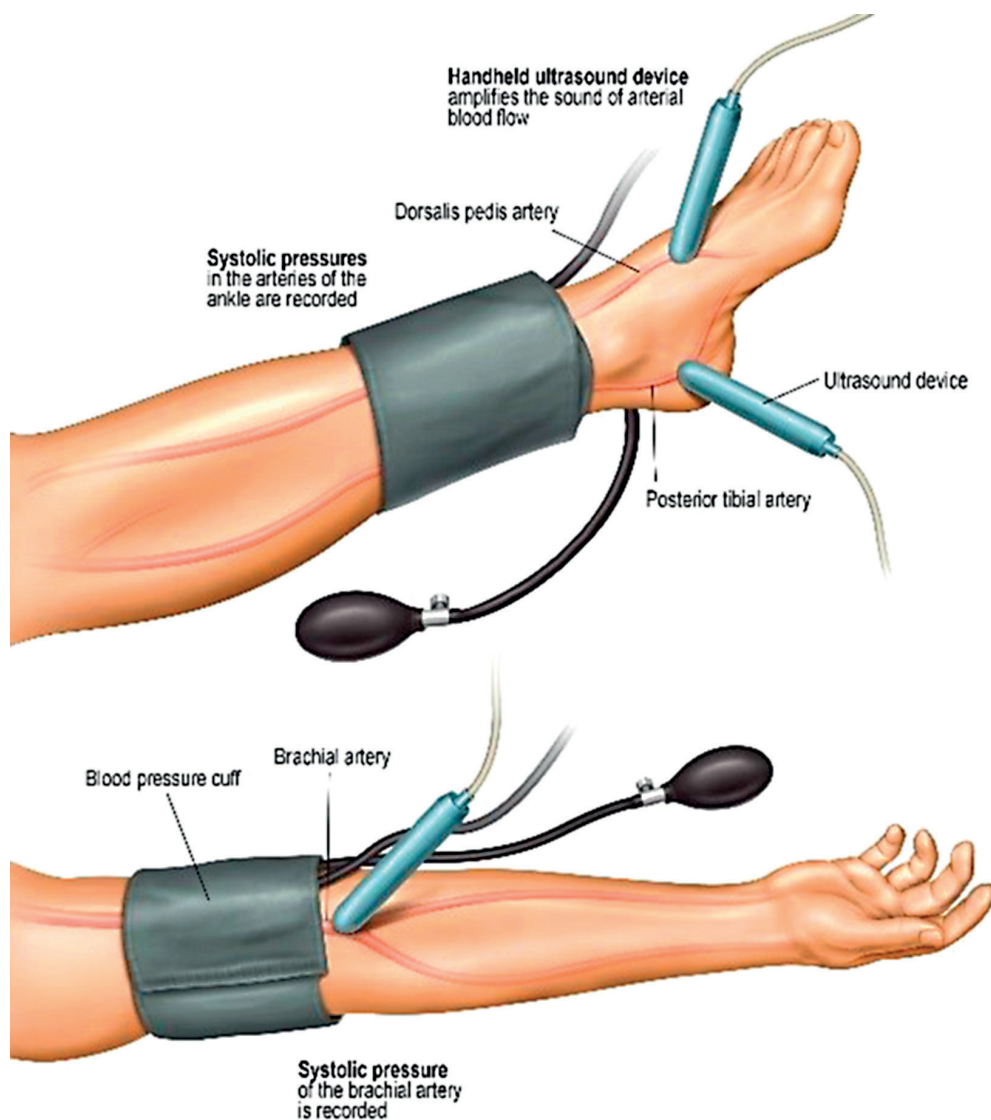
Ateroskleroza perifernih arterija je hronično, sporo progredirajuće stanje koje dovodi do suženja arterija. Ateroskleroza je složen proces multifaktorijalne etiologije, čije su najteže pojavne forme (ishemijska bolest srca, ishemija moždane cirkulacije i periferna arterijska bolest) i najčešći je uzrok oboljevanja i umiranja u razvijenim zemljama svijeta. U zavisnosti od stepena suženja svakog vaskularnog mjesta, mogu se pojaviti različiti simptomi (29).

Dijabetes predstavlja jedan od faktora rizika i posebno je važan za razvoj periferne arterijske bolesti (PAD – peripheral artery disease) na donjim ekstremitetima. Povezanost sa dijabetesom može se uporediti sa onom za koronarnu bolest. Periferna arterijska bolest ima značajnu ulogu u razvoju komplikacija na stopalu, posebno gangrene i ulceracije, ali i za pojavu intermitentne klaudikacije. Podaci o povezanosti dijabetesa sa perifernom arterijskom bolešću ukazuju da trajanje i težina dijabetesa pogoršavaju rizik od nastanka PAD. Osobe sa dijabetesom imaju 2 do 4 puta veću incidenciju periferne vaskularne bolesti. Prosječno 202 miliona ljudi u svijetu boluje od PAD, a u Evropi oko 40 miliona. U prosjeku 20-30% oboljelih čine osobe sa dijabetesom. Prevalenca PAD među osobama sa dijabetesom u zadnjih trideset godina raste i procjenjuje se da je prisutna kod oko 60% bolesnika sa dijabetesnim stopalom. Učestalost periferne vaskularne bolesti povećava se s godinama, trajanjem dijabetesa i perifernom neuropatijom. Oslabljena cirkulacija u nozi (stopalu), zbog dijabetesne mikrovaskularne i makrovaskularne bolesti, najčešći je netraumatski uzrok za amputaciju na donjim ekstremitetima. Periferna arterijska bolest je marker opšte ateroskleroze i bolesnici sa simptomatskom i asimptomatskom perifernom vaskularnom bolešću često imaju i koronarnu i/ili cerebrovaskularnu bolest (30,31).

Najtipičnija prezentacija PAD su intermitentne klaudikacije, karakterišu se bolom u listovima koji se pojačava pri hodaњу; bol obično nestaje u miru. U slučaju proksi-

malnijeg nivoa arterijske opstrukcije pacijenti se mogu žaliti na širenje bola u butine i sjedalni region.

Ovaj bol treba razlikovati od bola vezanog za oboljenje vena koji se obično javlja u miru, pojačava se noću, često nestaje sa mišićnom aktivnošću. Klaudikacioni bol treba razlikovati i od bola koji je uzrokovan osteoartritisom i propagira sa kuka ili koljena, javlja se pri hodu ali ne nestaje pri odmoru i od bola kod periferne neuropatije kojeg karakteriše nestabilnost pri hodu i bol ne prolazi pri odmoru.



Fotografija 2. Ankle brachial index

Ankle-brachial index <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/ankle-brachial-index/about/pac-20392934?p=1>

Prevenција razvoja PAD podrazumijeva kontrolu nivoa glukoze u krvi i drugih faktora rizika koji su zastupljeni kod kardiovaskularnih bolesti. Povišene vrijednosti šećera u krvi povećavaju oksidativni stres koji dovodi do poremećaja vaskularne funkcije utičući na funkciju endotela. Funkcionalan endotel je strukturno intaktan, modulira vaskularni odgovor i održava ravnotežu endotelnih faktora koji imaju ulogu u vazokonstrikciji i vazodilataciji, sprečava adheziju cirkulišućih krvnih elemenata. Disfunkcija endotela dovodi do stvaranja uslova za razvoj arterioskleroze. Kod osoba sa dijabetesom, više faktora dovodi do disfunkcije endotela. Metabolički poremećaj i hiperglikemija utiču na ravnotežu između oksidativnih i antioksidativnih supstanci pri čemu je povećan proces oksidacije, stvaranja slobodnih radikala i produkata ne-enzimske glikozilacije (32). Glikozilacija ili glikacija (vezivanje molekula proteina za molekul šećera) dovodi do stvaranja slobodnih radikala. Zbog deficita antioksidanasa u krvi, procesi modifikacije čestica se kod dijabetesa dešavaju u krvi i završni proizvodi neenzimskog glikoziliranja (engl. advanced glycation endproducts, AGE) pokreću reakcije koje dovode do oštećenja endotela. Poremećaj funkcije endotela ispoljavava se u smanjenoj produkciji vazodilatarnih supstanci (NO, prostaciklin). Oštećeni endotel pokrivaju trombociti, stimulirana produkcija endotelnih faktora rasta dovodi do proliferacije glatkih mišićnih ćelija. Ovim procesom dolazi do strukturnih transformacija zida krvnog suda (32).

U dijabetesu postoji aterogeno dejstvo malih, gustih LDL čestica (LDL sadrži u velikom procentu holesterol koji podleže oksidaciji). Holesterol iz ovih LDL paketića se lijepi za zidove krvnih sudova. Ovo može pokrenuti aterosklerozu ili dovesti do povećane migracije i apoptoze vaskularnih ćelija glatkih mišića kod postojećih aterosklerotskih lezija. Njihovo pojavljivanje uzrokuje visoke nivoe oksidisanog LDL u plazmi, čime je i rizik nastanka aterosleroze povišen. Kod dijabetesa, sem u endotelijumu, oksidativna modifikacija LDL čestica se odigrava i u cirkulaciji zbog smanjenog antioksidativnog kapaciteta plazme u uslovima poremećene glikoregulacije.

Klinički pregled periferne cirkulacije kod osobe sa dijabetesom je veoma važan, imajući u vidu da je periferna arterijska bolest jedan od ključnih faktora u razvoju dijabetičnog stopala.

Inspekcijom stopala može se postaviti sumnja na perifernu arterijsku bolest. Koža stopala kod periferne arterijske bolesti je glatka, sjajna, atrofična sa smanjenjem dlakavosti. Na dodir je hladnija, vene su slabije punjene, prisutni su zadebljani nokti, postoji redukcija potkožnog masnog tkiva.

Klinička prezentacija se može klasifikovati prema Fontaine ili Rutherford klasifikaciji, Tabela 4.

Tabela 4. Fontaine i Rutherford klasifikacija

Stadijum	Fontaine klasifikacija		Rutherford klasifikacija	
		Stepen	Kategorija	
I.	Asimptomatski	0	0	Asimptomatski
II.a	Blaga klaudikacija >200m	I	1	Blaga klaudikacija
II.b	Umjereno do teška <200m	I	2 3	Umjerena, ozbiljna
III.	Bol u mirovanju	II	4	Bol u mirovanju
IV.	Trofička ulceracija, gangrene	III	5 6	Manja nekroza, veća nekroza

Ono što je važno, da čak i sa sličnom rasprostranjenošću i nivoom progresije bolesti, simptomi i njihova ozbiljnost mogu varirati od jednog do drugog pacijenta. U svakom kliničkom pregledu dijabetesnog stopala obavezna je palpacija pulseva donjeg ekstremiteta, od pulzacije a. femoralis u ingvinalnom predelu, preko a. poplitealis u zatkoljenoj regiji, do palpacije pulseva arterija stopala, a. dorsalis pedis na dorzumu stopala i a. tibialis posterior u medijalnoj retromaleolarnoj regiji. Sumnja na stenozu ili okluziju arterija se postavlja ako postoji smanjenje, odnosno odsutnost pulzacija navedenih arterija.

Test po Ratschowu ili test reaktivne hiperemije je jednostavan, a dosta pouzdan test za procjenu težine PAD i funkcionalne sposobnosti kolateralnog krvotoka. Nakon elevacije ekstremiteta, pacijent tokom 1 minute izvodi naizmjenično dorzalnu i plantarnu fleksiju stopala. U slučaju arterijske insuficijencije pojavljuje se bljedilo stopala. Nakon toga slijedi spuštanje ekstremiteta i praćenje povratka crvenila dorzuma kože zbog reaktivne hiperemije (33). Vrijeme potrebno za pojavu reaktivne hiperemije i punjenje vena pokazuje stepen stenozu i funkcionalnu sposobnost kolateralnog protoka.

Povratak reaktivne hiperemije nakon 15-25 sekundi ukazuje na umjerenu ishemiju, 25-40 sekundi za težu ishemiju, a zadržavanje bljedila kože i nakon 40 sekundi upućuje na vrlo tešku ishemiju stopala. U skriningu dijabetesnog stopala i kategorisanju prema riziku za razvoj ulceracije, potrebno je poznavanje dijagnostičkih metoda koje se mogu primjenivati u multidisciplinarnom timu i dio su protokola za rano otkrivanje komplikacija na stopalu kod osoba sa dijabetesom.

A. Neinvazivne dijagnostičke metode

Dijagnostika krvnih sudova donjih ekstremiteta zasnovana je na primjeni Doplerovog efekta i ultrazvučnih talasa. Ultrasonografija u dijagnostici oboljenja krvnih sudova podrazumijeva primjenu različitih modaliteta, a sa ciljem procjene morfoloških karakteristika krvnog suda i protoka kroz njega (34). Danas je ova dijagnostička metoda „zlatni standard” u primarnoj dijagnostici, skriningu i praćenju vaskularnih bolesti. Dopler indeksi su numerička mjera periferne arterijske insuficijencije, vrijednosti segmentnih arterijskih pritisaka.

a) Ankle brachial index – ABI (poznat kao anke arm pressure index, anke systolic pressure index, pedobrahijalni indeks) je neinvazivni dijagnostički test za procjenu hemodinamskih poremećaja arterija karlice i nogu, a predstavlja odnos sistolnog pritiska potkoljenih i nadlaktanih arterije (Fotografija 2). Pritisak iznad članka se mijenja sa centralnim aortnim pritiskom i to je poželjno poređenje pri svakom mjerenju tog pritiska. Mjeri se na klasičan način, pomoću manžetne koja se naduvava do suprasistolnih vrednosti, a kao detektor pojave protoka služi dopler ultrazvučni instrument (sonda) frekvencije od 8 MHz. Normalne vrijednosti kreću se u opsegu od 0,90 – 1,10. Test ABI je test izbora za praćenje hronično stenozantno -okluzivnih promjena na arterijama karlice i nogu, kao i pokazatelj uspješnosti hirurške revaskularizacije (by pass procedure), trombektomija i/ili stentiranja. Porast ABI za više od 0,15 ukazuje na značajno poboljšanje, dok sniženje ABI za više od 0,15 ukazuje na značajno pogoršanje. Vrijednosti ABI 0,75–0,90 pokazuju laku arterijsku insuficijenciju; 0,50–0,75 funkcionalnu nesposobnost; 0,35–0,50 tešku arterijsku insuficijenciju; bol u miru 0,25–0,35 i vrijednost ABI < 0,25 ukazuje na prijetecu gangrenu. Istraživanja pokazuju da ABI ima manju senzitivnost kod osoba sa dijabetesom. Udružena PAD sa dijabetesom često pogađa a.tibialis posterior, a.dorsalis pedis i tibioperonealne arterije. Takođe, postoji povezanost sa kalcifikacijom zida krvnog suda (tunica media) što rezultira smanjenom elastičnošću zida krvnog suda (35,36). Rana dijagnoza PAD kod dijabetesa je veoma važna radi asimptomatskog perioda a i radi maskiranja simptoma od strane pridružene neuropatije. Ateroskleroza povezana s dijabetesom i kalcifikacija zida krvnog suda mogu da rezultiraju lažnim rezultatima ABI. Bolesnici s dijabetesom sa značajnim stepenom periferne arterijske stenoze mogu da imaju normalne ili čak visoke vrijednosti u ABI mjerenjima

(36,37). U slučaju kalcifikacije arterija, vrijednost ABI kao osjetljivog parametra arterijske insuficijencije gubi na osjetljivosti, jer pritisci mogu biti lažno visoki i s $ABI > 1,4$ (nekompresibilni tip kalcifikacije), odnosno lažno niski (kompresibilni tip kalcifikacije).

b) Indeks pritiska nožnog palca (TBI – Toe - Brachial Indeks) je pouzdanija metoda od ABI i u slučaju nekompresibilne kalcifikacije medije (mediokalcinoze) potkoljenih arterija i arterija stopala s lažnim $ABI > 1,4$; TBI je metoda određivanja indeksa pritiska palca stopala, jer su digitalne arterije značajno rjeđe zahvaćene kalcifikacijama. Vrijednosti $TBI < 0,64$ ukazuju na prisustvo hemodinamski značajne stenozе.

c) Transkutana oksimetrija ($TCpO_2$) je metoda kojom se određuje stanje mikrocirkulacije stopala i može da ukaže na prisustvo kritične ishemije. Transkutano mjerenje parcijalnog pritiska kiseonika u tkivu, koristi se za mjerenje količine kiseonika dopremljene u tkivo i zavisi od količine kiseonika koju preuzme respiratorni sistem iz vazduha, kapaciteta krvi da taj kiseonik prenese do tkiva i stanja sistema za cirkulaciju. Radi usklađivanja raznih parametara, konsenzus oko interpretacije rezultata predlaže:

- Normalne vrijednosti $TCpO_2$ na ekstremitetima > 40 mm Hg uredan je nalaz.
- Vrijednost između 10 - 30 mm Hg govori za hroničnu ishemiju, a
- Vrijednosti $TCpO_2 < 10$ mmHg nalaze se u ishemijskim dijabetesnim ulkusima sa kritičnom ishemijom i minimalnom mogućnosti izlječenja bez adekvatne revaskularizacije tkiva (38,39).

d) Test opterećenja (treadmill exercise test) Jedna od metoda ispitivanja funkcionalnog kapaciteta arterijskih krvnih sudova a koja se može koristiti i u praćenju efekata vježbi je test opterećenja. Test je koristan u procjeni razvoja kolateralnog krvotoka kao i razlikovanju pravih klaudikacija od pseudoklaudikacija. Indikacije za izvođenje testa opterećenja su:

- pacijenti koji se žale na bol u nogama tokom hoda
- niže vrednosti ABI (naročito 0,50–0,90)
- kontrola stepena progresije bolesti
- kontrola postoperativnih rezultata

Tokom testa se analizira vrijeme hodanja bez tegoba, maksimalna klaudikaciona distanca, karakter i lokalizacija bola, promjena sistolnog pritiska iznad članka, vrijeme oporavka i vraćanja na nivo prije opterećenja. Normalan odgovor na napor je neznatno povećanje i bez promjene vrijednosti sistolnog pritiska iznad članka u odnosu na vrijednosti prije opterećenja.

1.1.3. Deformiteti stopala

Jedna od kritična trijada koja se najčešće viđa kod osoba sa razvijenim dijabetesnim ulkusom su neuropatija, deformitet stopala i trauma. Nekoliko je udruženih faktora koji dovode do stvaranja uslova da se razvije ulceracija. Svaka deformacija stopala udružena sa neuropatijom povećava rizik za pojavu ulceracije stopala. Smatra se da motorna neuropatija dovodi do slabosti unutarnjih mišića stopala, što narušava osjetljivu ravnotežu između fleksora i ekstenzora nožnih prstiju.

Širok je spektar muskuloskeletnih faktora povezanih sa stopalom koji se mogu povezivati sa predilekcionim mjestima za ulceraciju: od tipova stopala (morfološki tip) do strukturalnih promjena (deformiteti) (42). Opšta pođela obuhvata: primarne (idiopatske) deformitete i sekundarne deformitete.

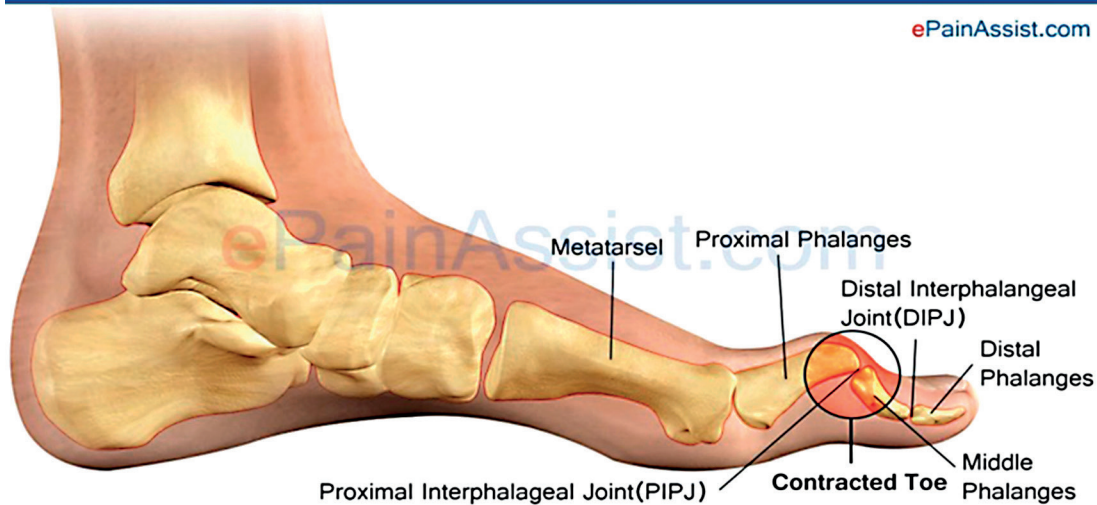
Uobičajeni deformiteti koji doprinose razvoju ulceracije uključuju čekićaste prste, istaknute metatarzalne glave, hallux limitus, gastrocnemius-soleus equinus, Charcotovo stopalo i djelimične amputacije stopala. Deformiteti tipa halux valgus-a i čekićasti prsti su česti kod osoba sa dijabetesom ali i u nedijabetesnoj populaciji. Kod osoba sa dijabetesom ova dva deformiteta ne dovode do značajnih kliničkih manifestacija ako nisu udruženi sa neuropatijom (43). Atrofija malih mišića odgovornih za metatarsofalangealnu (MTF) plantarnu fleksiju za posledicu ima pojavu čekićastih i kandžastih prstiju (Fotografija 3), prominenciju glava metatarzalnih kostiju i visokog uzdužnog plantarnog luka (pes cavus) (43,44).

Deformiteti stopala:

- Deformitet gastrocnemius-soleus equinus uzrokovan je kontrakturom mišićnog kompleksa gastrocnemius-soleus i Ahilove tetive, često se nalazi kod bolesnika s dijabetesom i povezan je s visokim plantarnim pritiskom prednjeg stopala. Gastrocnemius i soleus pripadaju zadnjoj površinskoj grupi potkoljenih mišića i imaju ulogu u približavanju tibije dorzumu stopala i smanjivanju dorzifleksije kao i odizanju pete u hodu nakon stabilizacije.
- Deformiteti tipa fleksionih kontraktura u proksimalnim interfalangealnim zglobovima, najčešće drugi i treći prst, nazivaju se i čekićasti prst (hammer toe) i nastaju usled hipotrofije mišića stopala. Usled inbalansa mišićne aktivnosti fleksora i ekstenzora stopala često se razvija fleksiona kontraktura distalnih interfalangealnih zglobova i deformitet je poznat kao „claw toes“ i predstavlja skvrčene prste.

Hammer Toe

ePainAssist.com



Fotografija 3. Čekićasti prst

Kerker P. What is Hammer Toe or Contracted Toe? Pain Assist.

<https://www.anatomynote.com/disease-anatomy/orthopedic-disease-anatomy/hammer-toe-anatomy/>

Od ukupno 24 mišića koje obuhvata stopalo, 12 je ekstrinzičnih (površinskih), a 12 intrinzičnih (dubokih) mišića. Plantarna i dorzalna grupa intrinzičnih mišića stopala obuhvata:

- Abductor hallucis
- Flexor digitorum brevis
- Abductor digiti minimi
- Quadratus plantae
- Lumbricalis
- Flexor digiti minimi
- Adductor hallucis oblique and transverse
- Flexor hallucis brevis
- Plantar interossei
- Dorsal interossei
- Extensor digitorum brevis

Brojna ispitivanja stanja mišića kod DPN pokazala su opštu hipotrofiju mišića stopala i u mjerenjima ultrazvučnom dijagnostikom kao i mjerenjem nuklearnom magnetnom rezonancom (NMR). Kada su unutrašnji mišići stopala slabi, vjeruje se da dugotrajno nesmetano delovanje mišića ekstenzora izaziva deformaciju nožnih prstiju. Pogoršanje trofike intrinzičke grupe mišića smatra se faktorom razvoja hiperekstenzije MTF zglobova usled nedostatka sile fleksije intrinzičke grupe mišića kao antagonista ek-

stenzije MTF zglobova. Mnogi autori sugerišu potrebu daljeg istraživanja i kvantitativnu analizu mišića (41,42).

- Valgus palca stopala najčešća je deformacija na stopalu. Radi se o iskrivljenju palca u stranu i stvaranjem bolne koštane izbočine na unutrašnjoj strani korijena palca. Valgus palca kod dijabetesa postaje problem ako je udružen sa nestabilnim zglobom palca ili ako je prisutan bol.
- Parcijalne amputacije stopala dovode do biomehaničkih promjena, preraspođele opterećenja na površine stopala koje uobičajeno nisu mjesta najvećeg oslonca i za posledicu se razvija povećanje plantarnog pritiska u ciklusu hoda. Amputacija palca doprinosi razvoju deformiteta drugog i trećeg prsta i manjih MTF zglobova i stvaranju novih ulceracija kod pacijenata sa dijabetesom. Kada su prisutni deformiteti, drugi i treći prst, i glave metatarzalnih kostiju su izloženi povećanom plantarnom pritisku. Najčešća lokalizacija ulkusa stopala upravo je koštana prominencija ili površina deformiteta. Pri povećanim plantarnim pritiscima koža ovih površina reaguje stvarajući hipertrofične klavuse. Rizik za pojavu ulkusa u slučaju udruženosti deformiteta i izostanka protektivnog senzibiliteta se povećava 1,7 puta. Uobičajeno ulkus se stvara na mjestu maksimalnog pritiska (45,46).



Fotografija 4. Pes cavus – podignut uzdužni svod stopala

Foot and Ankle Conditions. Orthofix Medical Inc.

<https://limbhealing.com/limb-deformities/foot-and-ankle-conditions/>

Smatra se da motorna neuropatija dovodi do slabosti mišića potkoljenice i stopala, što dovodi do slabosti dorzalne i plantarne fleksije stopala i narušava osjetljivu ravnotežu između fleksora i ekstenzora nožnih prstiju. Razvoj slabosti potkoljene muskulature i muskulature stopala mjerena Manuelnim mišićnim testom, u mnogim kliničkim istraživanjima do sada, izdvaja se kao poseban predilekcionni faktor u nastanku ulceracija stopala (47).

Iako je poznata povezanost deformiteta stopala sa ulceracijom stopala kod osoba sa dijabetesom, sama etiologija deformiteta stopala nije poznata. Već su navedeni mehanizmi i povezanost motorne neuropatije sa mišićnom slabošću. Mišićna atrofija može da bude prisutna i prije postavljanja dijagnoze neuropatije iako je najčešće povezana sa težinom neuropatije (48). U studiji koja se bavila ispitivanjem odnosa između mišićne slabosti i drugih komplikacija dijabetesne polineuropatije koja je sprovedena u Kliničkom centru Crne Gore i publikovana 2011. pretpostavljeno je, da mišićna slabost i trajanje dijabetesa mogu dovesti do povećanja broja komplikacija na stopalu, kao riziko-faktora za razvoj ulceracije stopala (48). U ovoj studiji mišićna snaga je ocijenjena kao sposobnost mišića za stvaranje aktivnog pokreta protiv otpora ispitivača. Mišićna snaga mjerena je korišćenjem semi-kvantitativnog sistema ocjenjivanja i korišćen je sistem bodovanja koji se koristi u Michigan Diabetic Neuropathy Score. U svrhu analize, mišićna snaga je ocijenjivana kao normalna i umjereno slabija, ispitanici sa ovakvim nalazom su činili jednu grupu (MS 1) a ispitanici koji su imali tešku i veoma tešku slabost sačinjavali su drugu grupu (MS 2). Rezultati studije pokazali su da je grupa dijabetesnih ispitanika sa težom i veoma teškom mišićnom slabošću stopala, imala dijabetes trajanja više od 10 godina, neuropatiju, i veću učestalost različitih vrsta deformiteta stopala (Tabela 5). Ova studija je kategorisana kao studija visokog kvaliteta u revijalnom članku koji je imao za cilj razumijevanje razvoja deformiteta stopala kod osoba sa dijabetesom i objašnjenje njihovih biomehaničkih efekata (50). U ovom revijalnom članku od ukupno 525 artikala izdvojeno je 17 koji su zadovoljili uključujuće kriterijume i kvalitet. Devet studija su ocijenjene kao visoko kvalitetne. Rezultati visoko kvalitetnih studija pokazuju:

- smanjene brzine provodljivosti u nervima nije direktno povezano sa razvojem deformiteta stopala, ali može se smatrati prediktivnim faktorom
- volumen intrinzičke grupe mišića stopala je manji kod ispitivanih grupa sa deformitetima stopala i prisutnom DPN u odnosu na kontrolnu grupu osoba sa dijabetesom i zdrave ispitanike, evidentirano je i prisustvo masnog tkiva u intrinzičnoj grupi mišića
- pokazana je povezanost između težine neuropatije i volumena intrinzične grupe mišića

- zbog nedostatka povezanosti atrofije mišića i deformiteta stopala unutar grupe dijabetičkih ispitanika sama procjena debljine intrinzičke grupe mišića ne djeluje korisno

Samo 4 rada u sistematskom revijalnom su evaluirala mišićnu slabost i naznačeno je da „Na osnovu rada Bokan, povezanost između mišićne slabosti i deformiteta stopala može biti korisno kliničko sredstvo u otkrivanju rizika od razvoja deformiteta stopala“.

Tabela 5. Zastupljeni deformiteti stopala kod grupe dijabetičkih ispitanika (Tabela je u originalu iz rada, referenca broj 48)

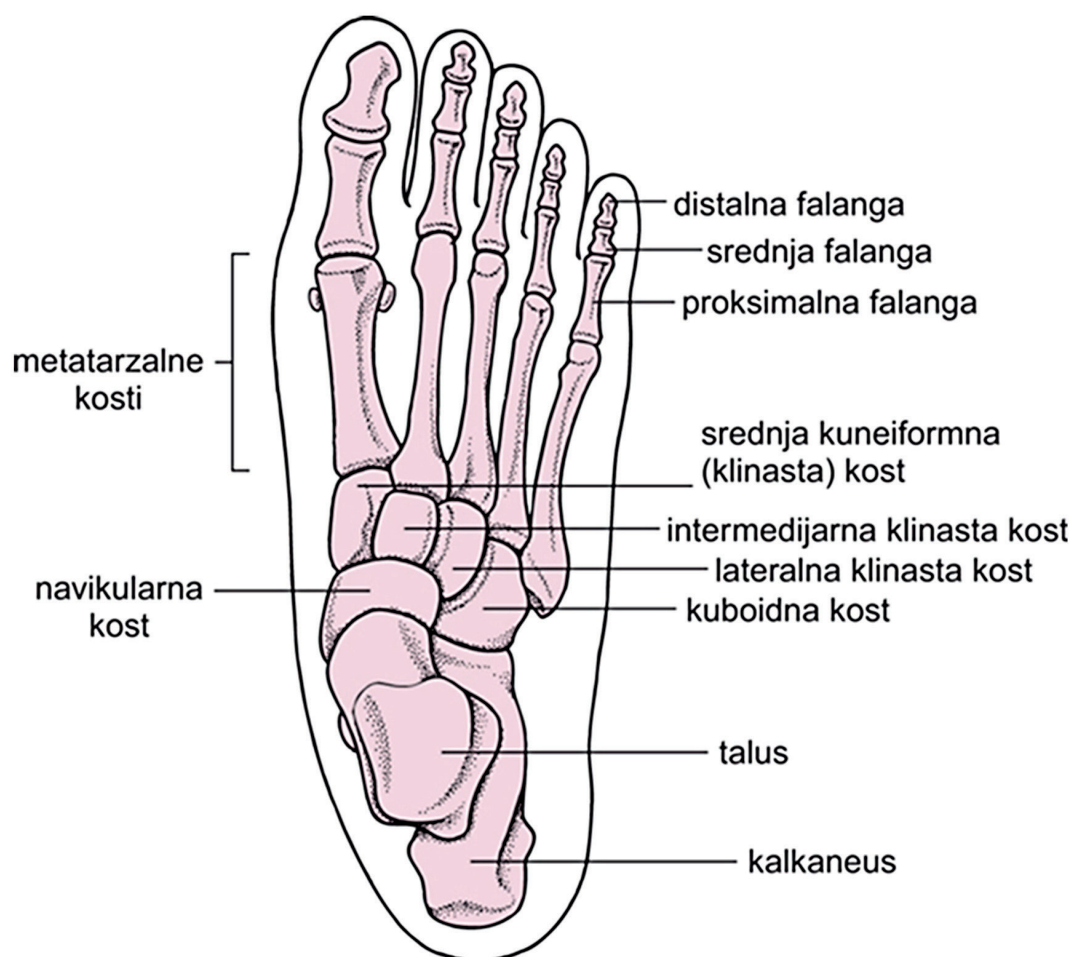
	MS 1 (n=44)		MS 2 (n=27)	
	N	%	N	%
Čekićasti prst	9	52.9%	8	47.1%
Lateralna devijacija palca	10	71.4%	4	28.6%
Varus stopala	3	50.0%	3	50.0%
Valgus stopala	5	50.0%	5	50.0%
Podignut uzdužni svod stopala	1	20.0%	4	80.0%
Bez deformiteta	16	84.2%	3	15.8%
Ukupno	44	100.0%	27	100.0%

Deformiteti stopala su povezani sa drugim biomehaničkim i kinetičkim problemima. Posebno su značajne povezanosti sa obimom pokreta, plantarnim pritiscima na stopalu, balansom i hodom.

A. Deformiteti stopala i ograničen obim pokreta

Stopalo je u funkcionalnom smislu višestruko značajno, omogućava stabilnost i pokretljivost donjih ekstremiteta obezbjeđujući čvrstu podlogu i amortizaciju stresa. Stopalo sadrži 33 zglobova od kojih je 20 pokretno. Samo tri zglobova odgovorna su za najveći dio pokretljivosti stopala, to su talokruralni (dorzalna i plantarna fleksija), subtalarni ili talocalcanealni (everzija i inverzija) i transverzalni tarzalni zglob (pronacija i supinacija). Transferzalni tarzalni zglob (Chopartov zglob) je zglob u čiji sastav ulaze proksimalno calcaneus i talus, a distalno kuboidna kost i navikularna kost. Ovaj zglob predstavlja i amputacionu liniju pri hirurškim intervencijama (51).

Da bi se olakšao opis i razumijevanje kompleksa skočni zglob / stopalo, kosti stopala tradicionalno su podijeljene u tri funkcionalna segmenta. Funkcionalni segmenti stopala su: zadnje stopalo ili zadnji dio sastavljen od kalkaneusa, talusa i potkoljenice; srednje stopalo (srednji segment), sastavljen od navikularne, kuboidne i tri kuneiformne kosti; i prednje stopalo (prednji segment), sastavljen od metatarzalnih kostiju i falangi. Ovi izrazi se obično koriste u opisima disfunkcije ili deformiteta kompleksa skočni zglob / stopalo i na sličan način su korisni u razumijevanju normalne funkcije stopala.



Dorzalni pogled (odozgo) na desno stopalo

Fotografija 5. Kostii zadnjeg, srednjeg i prednjeg segmenta stopala

Ivančević Ž. MSD priručnik dijagnostike i terapije. Korisna knjiga; Internet knjižara; 2010
<http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/bolesti-misica-kostiju-i-vezivnog-tkiva/bolesti-stopala-i-gleznja>

Ograničen obim pokreta zglobova stopala kod osoba sa dijabetesom spada u musku-loskeletalne poremećaje i literatura opisuje još nekoliko muskuoloskeletalnih poremećaja koji su češći kod dijabetesa u odnosu na zdravu populaciju: Dupuytren-ova kontrak-tura, plantarni fascitis, trigger finger, „smrznuto“ rame, patološke promjene Achill-ove tetive. Ograničen obim pokreta u zglobovima stopala manje je opisivani i naglašen poremećaj, upravo iz razloga naglašavanja značaja mikro i makrovaskularnih kompli-kacija koje za posledicu imaju veliki procenat morbiditeta i mortaliteta (52). Prevalen-ca ukočenosti zglobova kod dijabetesa varira od 8 - 58%, u zavisnosti od godina, tipa dijabetesa, različitosti definicija, dok kod zdrave populacije prevalenca se kreće od 4% do 26%. Značaj ograničenog obima pokreta se može primjenjivati i kao prediktor u raznim oblastima medicine, pa tako „znak molitve“ (prayer sign, engl.) je test koji se primjenjuje u preoperativnoj evaluaciji dijabetesnih pacijentata. Test se izvodi tako što se bolesniku naloži da sakupi ruke kao za molitvu, tj. da pritisne palmarne površine obje ruke jednu na drugu. Ukoliko ukočenost interfalangealnih zglobova onemoguću-je da se dlanovi približe (a pogotovu da se prsti ukrste), to je pozitivan „znak molitve“ i prediktor otežane intubacije (53). Prediktivni značaj ograničenog obima pokreta je i ako se javi kao jedini simptom na stopalu, i tada predstavlja znak upozorenja za prisu-stvo drugih komplikacija na stopalu, kod osoba sa dijabetesom.

Generalno, ukočenost zglobova povezana je sa trajanjem dijabetesa, godinama i ste-penom kontrole glikemije. Dobra kontrola glikemije sprečava nagomilavanje intrace-lularne glukoze i stvaranje uznapredovalih krajnjih proizvoda glikacije (AGEs) koji mogu uticati na pokretanje kaskadne upalne reakcije i oštećenje ćelije citokinima. Smatra se da gliko -oksidacija dovodi do postepenog propadanja u strukturi i funkciji tkivnih proteina i doprinosi patofiziologiji normalnog starenja. Ova post - translaciona modifikacija proteina i drugih makromolekula sa amino grupama ubrzana je hipergli-kemijama kod dijabetesa, hiperlipidemijama kod ateroskleroze i oksidativnim stresom kod drugih hroničnih bolesti, uključujući Alzheimerovu i Parkinsonovu bolest. U si-tuaciji poremećenog kinetičkog balansa stvaranja i razgrađe AGEs, ovi ubrzani formi-rani AGE takođe formiraju umreženost sa proteinima dugog života, kao što su kožni kolagen, tetive i ligamenti, mijenjajući njihovu biološku strukturu i funkciju.

U prospektivnoj studiji koja je sprovedena u Kliničkom centru Crne Gore u periodu 2008/2009. ispitivan je obim pokreta u zglobovima stopala na 72 ispitanika (54). Pro-sječna životna dob svih ispitanika bila je 60,81 (SD 8,78), sa intervalom varijacije od 32 do 70 godina. U odnosu na tip diabetesa, kod ispitanika je dominirao tip 2 dijabe-tesa u odnosu na tip 1 dijabetesa (84,5% : 15,5%). Prosječno trajanje osnovne bolesti bilo je 11,73 godine (SD 6,07) sa intervalom trajanja od 2 godine do 30 godina. Ispiti-vanje pokretljivosti zglobova je izvedeno u skočnom zglobu i prvom metatarzofalan-gealnom zglobu (MTPH 1). Pregled pokretljivosti zglobova je jednostavan, jeftin i brz

i izvodi se, tako što, u položaju supinacije pri ispitivanju skočnog zgloba, vertikalna linija markirana na koži pacijenta, nalazi se na sredini zadnje strane potkoljenice do pete, a pri ispitivanju MTPH 1 zgloba horizontalna linija markirana na koži se kreće od palca do pete. Regstruje se maksimalni pasivni pokret fleksije i ekstenzije. Ispitivanje pruža informaciju ne samo o pokretljivosti segmenta već i opštoj pokretljivosti pacijenta. Skorovanje:

- 1 - normalan obim pokreta u zglobu
- 2 - smanjen obim pokreta
- 3 - ograničen pokret u zglobu

Rezultati su pokazali smanjen obim pokreta u skočnom zglobu kod 40,8% ispitanika, a kod 46,5% ispitanika je bio smanjen obim pokreta u MTPH 1. Ograničen pokret je bio nešto prisutniji kod MTPH 1 (11,3%), Tabela 6.

Tabela 6. Obim pokreta u zglobovima

	normalan fr %	smanjen fr %	ograničen fr %	ukupno fr %
Skočni zglob	39 54,9	29 40,8	3 4,2	71100
MTPH 1	30 42,3	33 46,5	8 11,3	71100

- MTPH 1 – Prvi metatarzofalangealni zglob

- Podaci su predstavljeni kao n i %

U istoj studiji su deformiteti stopala ispitivani kao funkcionalno obilježje u logičkom redosledu sa mišićnom snagom i karakteristikama hoda. Evidentiran je tip deformiteta i njegova zastupljenost kod ispitanika. Od ukupnog broja pacijenata 19 nije imalo deformitet stopala, deformitet tipa kandžastog stopala je evidentiran kod 17 pacijenata, valgus deformitet kod 14 pacijenata. U Tabeli 7, prikazana je frekvencija i procentualna zastupljenost svih evidentiranih tipova deformiteta.

Tabela 7. Tipovi deformiteta stopala i zastupljenost

	Frekvencija	Procenat	Kumulativni procenat
NEMA	19	26,8	26,8
ČEKIĆASTO ISKRIVLJENI PRSTI ILI KANDŽASTO STOPALO	17	23,9	50,7
HALUX VALGUS	14	19,7	70,4
PES VARUS	6	8,5	78,9
PES VALGUS	10	14,1	93,0
PES CAVUS	5	7,0	100,0
UKUPNO	71	100,0	

Značaj normalnog obima pokreta u ovim zglobovima, kad je u pitanju dijabetesno stopalo, detaljno opisuje van Schie (40,41), navodeći da je smanjen obim pokreta u skočnom zglobu i MTPH zglobovima u korelaciji sa nastankom ulceracije stopala. Jedina mogućnost ovakve vrste istraživanja je retrospektivna studija.

B. Deformiteti stopala i negativni plantarni pritisci stopala

Kako je više puta naznačeno, stopalo je kompleksna funkcionalna cjelina, svojom površinom oslonca apsorbira težinu tijela, obezbjeđuje kretanja, i takvu ulogu mu omogućava vrlo složena građa koja se sastoji od 26 kostiju, uz dvije sezamske kosti, povezanih čvrstim vezama, a potpora i funkcija je obezbijedena dugim i kratkim potkoljenim odnosno stopalnim mišićima. Stopalo ima tri tačke neposrednog koštanog oslonca: zadnja tačka oslonca koju čini petna kost, prednja medijalna tačka oslonca koju čini glavica prve metatarzalne kosti i prednja lateralna tačka oslonca koju čini glavica pete metatarzalne kosti. Te tri tačke spojene su lukovima koji formiraju tri svoda: unutrašnji uzdužni svod, spoljašnji uzdužni svod i poprečni svod. Značaj svodova stopala je u prilagođavanju stopala podlozi i održavanju elastičnosti stopala pri funkciji. Svodovi stopala se sastoje od masnih jastučića i svojom anatomskom građom

imaju značajnu ulogu u funkciji lokomotornog aparata, jer djeluju kao amortizeri. Osim kostiju, zglobova i ligamenata u pasivnom održavanju svodova učestvuju mišići, tetive i fascije. Da bi se razumjela kinetika stopala, ciklus hoda i uobičajeno opterećenje stopala u toku hoda, potrebno je poznavanje distribucije mišića kao i njihove aktivnosti u toku ciklusa hoda.

Mišići potkoljenice su podijeljeni u tri grupe:

- Mišići prednje grupe koji su odgovorni za usporavanje prilikom kontakta pete stopala sa podlogom (anterior tibialis, extensor hallucis, extensor digitorum longus, peroneus tertius).
- Mišići zadnje grupe, smanjuju dorzifleksiju pomicanjem tibije preko stopala i povećavaju supinaciju u fazi odizanje pete od podloge. Mišići zadnje grupe potkoljenice raspoređeni su u dva sloja. U površinskom sloju se nalazi m. triceps surae, dok duboki sloj čine m. popliteus, m. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus i m. flexor hallucis longus.
- Mišiće spoljašnje grupe potkoljenice grade dva mišića m. peroneus longus et brevis. Oba mišića izvode pokret everzije stopala (udruženi pokret plantarne fleksije, abdukcije i pronacije stopala), dok m. peroneus longus učestvuje i u samom pokretu plantarne fleksije stopala.
- Mišići stopala su podijeljeni na dvije grupe gornju (dorzalna) i na donju (plantarna) grupu. Na gornjoj dorzalnoj strani stopala nalaze se dva mišića, a na donjoj plantarnoj strani stopala nalaze se mišići raspoređeni u tri grupe: unutrašnju namijenjenu pokretanju palca, srednju namenjenu pokretanju II, III, i IV i spoljašnju, namijenjenu pokretanju malog prsta. Plantarna i dorzalna grupa intrinzičnih mišića stopala obuhvata: abductor hallucis, flexor digitorum brevis, abductor digiti minimi, quadratus plantae, lumbricals, flexor digiti minimi, adductor hallucis oblique and transverse, flexor hallucis brevis, plantar interossei, dorsal interossei, extensor digitorum brevis. Poznavanje ovih grupa mišića bitno doprinosi razumijevanju kinetike stopala i promjenama u procesu hoda.

Glavna uloga svodova stopala je prenos mehaničke sile uzrokovane težinom tijela, pokretima i inercijom, na podlogu. Relativna distribucija sila na te tri tačke je takva da 50% ide na petu, 33% na prednju medijalnu tačku i 17% na prednju lateralnu tačku. Plantarni pritisak se stvara između stopala i podloge pri stajanju i hodu i kada je povećan nastaju kliničke posledice (55).

Poznato je da su dva glavna uzroka razvoja ulceracije neuropatske i vaskularne prirode, ali i da su povezani sa spoljnom i unutrašnjom traumom mekih tkiva stopala. S jedne strane glikozilacija kolagenih struktura bogatih kolagenom I, uzrokuje kontrakture najčešće skočnog zgloba i prvog metatarzofalangealnog zgloba, a sa druge strane motorna neuropatija dovodi do hipotrofije mišića sa koštanim prominencijama i deformitetima stopala. Poremećaj ravnoteže aktivnosti mišića uzrokuje negativne pritiske na pojedinim tačkama stopala.

U prvim stadijumima povećanog pritiska ili negativnog pritiska promjene su na koži koja je zadebljala i ima smanjenu elastičnosti, izgleda kao „žulj“ (lat.callus). Pritisak ima progresivni karakter i u sledećoj fazi manja prokrvljenost nastaje i u potkožnom tkivu. U ovoj fazi na pojedinim tačkama koža može biti istanjena i dolazi do pucanja i početne ulceracije i infekcije. U daljoj fazi razvija se infekcija i zahvaćene su i druge mekotkivne strukture (tetive, zglobne veze i plantarne fascije). U progresiji bolesti nastaju promjene na kostima. Izgled ulkusa je nekrotična zona (sa ili bez zapaljenja), sa jasnom demarkacijom ili zapaljenjskom zonom (56,57).

Analize hoda pokazuju da osobe sa dijabetesom imaju širu bazu oslonca i kraći korak, a prisustvo neuropatije utiče na pojavu nestabilnosti u hodu. Distribucija plantarnih pritisaka može da bude uslovljena oštećenjem statičke i dinamičke stabilnosti, bilo da je uzrokovana komplikacijama zbog izmijenjenog proprioceptivnog feedback-om, smetnjama sa vidom, mišićnom slabošću ili je uzrokovana komorbiditetima (58). Osobe sa DPN petnaest puta češće padaju a učestalost padova je više zabilježena u gerijatrijskoj populaciji sa DPN. Kod prisutne DPN prisutno je oštećenje somatosenzornog inputa koji je proprioceptivni (nosi informacije iz zglobova, tetiva i mišića) kao i taktilni (prenosi informacije sa kože), i motornog outputa koji je odgovor o vremenu reakcije i snage mišića da bi se održala posturalna stabilnost. Jasno je da kod DPN, postoji slabija kontrola tijela u prostoru u cilju održavanja ravnoteže (59).

U radu Bokan – Mirković i saradnika, „Diabetic polyneuropathy and risk of falls: fear of falling and other factors“ bio je cilj analiza posturalne stabilnosti, brzine hoda i straha od pada kod pacijenata sa dijabetesnom polineuropatijom (DPN) kako bi se utvrdili faktori rizika za pad, kao i efekat karakteristika polineuropatije kao dodatnih faktora (16). Analiza statičke i dinamičke stabilnosti sprovedena je testovima: Funkcionalni test dohvatanja - Functional reach test (FRT), Upitnik koji nizom pitanja evidentira strah od pada u različitim svakodnevnim funkcionalnim aktivnostima - Tinetti Falls Efficacy Scale (Tinetti FES) i Test brzine hoda 10-Meter Walk Test (10MWT). Nađeno je da grupa ispitanika koji su u svojoj istoriji imali pad ima sporiji hod i problem sa statičkom stabilnošću, kao i povećan strah od pada. Iako je u studijama koje su se bavile ispitivanjem balansa kod bolesnika sa DPN, nađena slabost mišića potkoljenice i stopala (uglavnom manifestna

kao umjerena ili blaga), sugeriraju se da promjene u hodu mogu biti posljedica i poremećenog balansa, intenzivnih senzornih simptoma, a ne treba isključiti ni tjelesnu težinu, pol i starost pacijenta. Da bi se jasno definisao uticaj snage mišića na stabilnost, ispitivanja putem instrumenata su značajna, a prednost se daje izometričkom dinamometru. Za procjenu stabilnosti može se koristiti kompjuterizovana dinamička posturografija. Ovom metodom se ispituje senzorna informacija o položaju našeg tijela koja pristiže iz mišića i zglobova, tzv propriocepcija (duboki senzibilitet). Tokom ovog testa pacijent stoji na platformi i gleda u predefinisano vidno polje. Platforma i vizualno polje se pomjeraju, a platforma detektuje preraspoređivanje težine tijela tokom uspostavljanja ravnoteže.

Kao što je već navedeno, razumijevanje biomehanike stopala je važna komponenta u procjeni razvoja dijabetičkog stopala. Tehnologija mjerenja pritiska na stopalu evidentira podatke o raspodjeli i trajanju plantarnog pritiska i putanji srednje sile za vrijeme trajanja hoda. Pedobarografija ili baropodografija se bavi proučavanjem polja pritiska kao rezultat dejstva noseće površine stopala i površine na koju se oslanja stopalo (60). Mogućnost mjerenja pritiska kvantifikuje nalaz opterećenja stopala i time objašnjava značaj deformiteta, slabosti mišića stopala i drugih promjena koje utiču na razvoj dijabetičkog stopala. Značaj primjene ove dijagnostičke metode kod osoba sa dijabetesom je u ranom otkrivanju negativnih plantarnih pritiska i u ranoj prevenciji razvijanja dijabetičkog stopala. Ova metoda se primjenjuje i u sportskoj medicini, gerijatrijskoj i pedijatrijskoj rehabilitaciji, i dr.

Generalno, sistemi se mogu podijeliti na dvije grupe: sistemi platforme i sistemi koji koriste elektronske senzore ugrađene u obuću. Sistemi platforme predstavljaju različite podloge za hodanje u koje se ugrađuju elektronski senzori a platforma je povezana sa kompjuterskim sistemom programiranim za dvodimenzionalnu ili trodimenzionalnu analizu funkcije stopala pri hodu i stajanju. Prilikom analize slike ili grafičkog prikaza opterećenja stopala softverski sistem automatski koristi podjelu stopala na regije. U praksi ova podjela se naziva „maska“ i predstavlja pravougaonu površinu od 1,5-3,5 cm² namijenjenu za identifikovanje područja ograničenog broja senzora. Ova metoda omogućava visok stepen fleksibilnosti koji može biti važan kada se ocjenjuju različite vrste deformiteta stopala.

Pedobarografija pruža veliki broj informacija o kinetici i kinematici segmenata donjih ekstremiteta. Za razumijevanje kinetike i tumačenje nalaza pedobarografije pored poznavanja same metode potrebno je poznavanje uloge i funkcije pojedinih regiona u ciklusu normalnog hoda:

- Kuk ima ulogu da pri osloncu mišićima učestvuje u stabilizaciji trupa, a u njihanju ima cilj da kontroliše ekstremitet

- Koljeno u toku oslonca je osnova za stabilnost ekstremiteta, a u njihovom pokretljivost koljena je glavni faktor u odvajanju donjeg ekstremiteta od podlog
- Skočni zglob za vrijeme oslonca nema veliki obim pokreta, ali je ključan za pomjeranje i amortizaciju šoka, u njihovom pokretljivost skočnog zgloba doprinosi podizanju ekstremiteta

Analizom hoda dobijaju se informacije o prostornim i vremenskim parametrima hoda.

Prostorni parametri:

- Dužina koraka – udaljenost tokom jednog koraka, mjerena od inicijalnog kontakta jedne noge do inicijalnog kontakta druge noge
- Dužina dvokoraka - udaljenost mjerena od inicijalnog kontakta jedne noge do ponovnog inicijalnog kontakta iste noge, 1,4 – 1,7m
- Širina koraka – udaljenost između dva stopala (u frontalnoj ravni), 8-12cm

Vremenski parametri:

- Vrijeme koraka – vrijeme mjereno od inicijalnog kontakta jedne noge do inicijalnog kontakta druge noge
- Vrijeme dvokoraka - vrijeme mjereno od inicijalnog kontakta jedne noge do ponovnog inicijalnog kontakta iste noge
- Brzina hoda – prosječna brzina kretanja subjekta prema naprijed, 1-1.8 m/s;

U kinetičkoj analizi (mjerenje snage mišića uključenih u pokret) stopala, prilikom kontakta ispitanika stopalom na platformu postavljenu na čvrstoj podlozi, registruje se sila pritiska koja predstavlja silu kojom osoba opterećuje stopalo a obuhvata težinu tijela, brzinu hoda i uslove obuće. Plantarni pritisak ima nekoliko varijabli koje su bile predmet naučnog istraživanja: maksimalni plantarni pritisak, gradijent plantarnog pritiska, integral vremena pritiska, prosječni plantarni pritisak (61,62,63). Naučna evaluacija ovih varijabli dala je doprinos kliničkoj evaluaciji plantarnih pritisaka i odabiru adekvatnih tretmana.

Maksimalni plantarni pritisak „peak plantar pressure“(PPP) je karakteristika koja je najviše ispitivana u literaturi kada je u pitanju razvoj ulceracije stopala kod osoba sa DPN. Smatra se da pritisak od 400 N/cm² može direktno da ošteti kožu, evidentirana su i oštećenja kože pod pritiskom od 70 N/cm² ili 150 N/cm² , tako da ne može se reći koji je to prag pritiska koji sa sigurnošću predviđa oštećenja kože stopala. On se razlikuje kod pojedinaca tako da se svakako moraju uzeti u obzir i druge karakteristike dijabetesnog stopala.

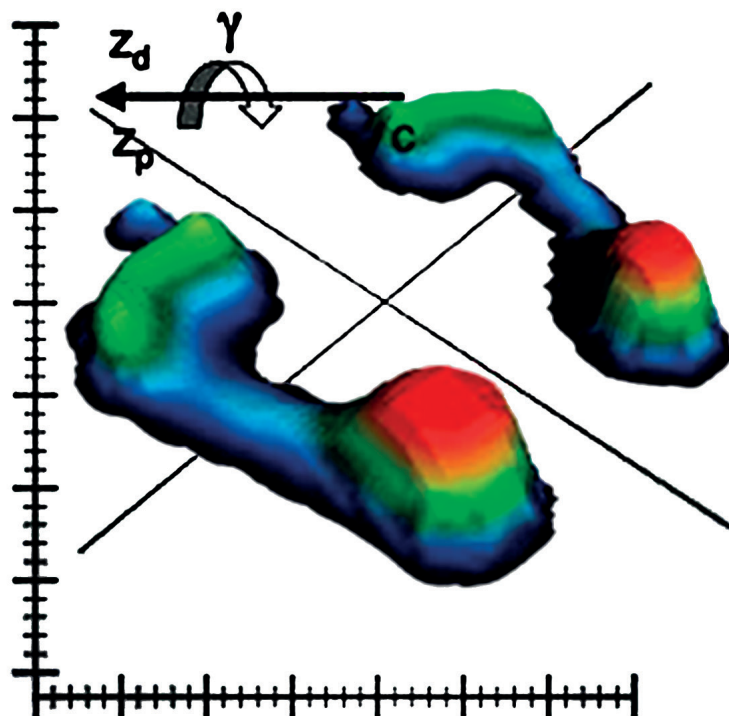
Pored razmatranja tačke koja trpi najveći pritisak (PPP), smatra se da je veoma značajno razmatranje gradijenta vršnog plantarnog pritiska (PPG). Ovaj gradijent definišemo

kao prostornu promjenu plantarnog pritiska oko PPP lokacije ili najveći nagib plantarnog pritiska, smatrajući da pritisci koji se bitno mijenjaju u susjednim oblastima imaju gradijent visokog pritiska i štetno djeluju na plantarna meka tkiva (64). Ove informacije imaju značaj u određivanju površine koja je u riziku za razvoj ulceracije.

Integral vremena pritiska opisuje kumulativni efekat pritiska tokom vremena u određenom području stopala i na taj način pruža vrijednost za ukupno izlaganje opterećenju plantarnog područja stopala tokom jednog koraka.

Danas je pedobarografija zastupljena kao klinička dijagnostika koja pruža značajne informacije o stanju stopala, ali detaljna analiza parametara i njihove međusobne povezanosti su još uvijek predmet brojnih istraživanja i preglednih članaka.

Statička pedobarografija koju je pacijentima i medicinskom osoblju lakše primijeniti nego dinamičku, daje nam važne i dovoljne podatke o strukturi i funkciji stopala (65). U takvim slučajevima, slike sa statičke pedobarografije mogu biti korisne za otkrivanje nenormalne raspodele plantarnog pritiska koja je rezultat nevidljive deformacije strukture stopala. Na ovaj način, može postati jednostavan alat u svakodnevnoj praksi dijagnostikovanja pacijenata sa dijabetesom. Intenzitet boje za štampanje, prema softveru uređaja, bez vrijednosti pritiska, statičkom pedobarografskom analizom pokazuje nam odstupanja od normalne raspodele opterećenja na tabanima koja mogu predisponi-



Fotografija 6. User Manual and Step-by-Step Guide FreeStep Standard Version 2

<https://www.sensormedica.com/en/freemed-platforms/>

rati za razvoj ulceracije, posebno zbog gubitka debljine plantarne ploče na tim mjestima. Regioni visokog pritiska su obilježeni „toplim“ bojama (crvena ili žuta), a oblasti niskog pritiska su označene „hladnim“ bojama (plava ili zelena), Fotografija 6 (66). Ovo jednostavno olakšava identifikaciju mjesta nenormalne raspodjele plantarnog opterećenja koja se može ispraviti uloškom ili operativnim zahvatima. Ostale patologije unutar stopala takođe su više povezane sa raspodelom plantarnog pritiska nego sa apsolutnim vrijednostima pritiska, npr. bol u prednjem stopalu.

U radu Bokan-Mirković i saradnika „Does diabetes affect stability to people with unilateral transtibial amputation?“ analizirani su plantarni pritisci zdravog ekstremiteta mjereni pedobarografom, u cilju ispitivanja da li dijabetes utiče na stabilnost kod osoba sa jednostranom transtibijalnom amputacijom (67). Nalazi su upoređivani sa plantarnim pritiscima kod traumatskih potkoljenih amputacija. Rezultati prikaza slučajeva su pokazali da u fazi oslonca postoji duže zadržavanje kod dijabetesnih pacijenata. Ovo ispitivanje je ukazalo na značaj dinamičke pedobarografije pri tumačenju nalaza plantarnih pritisaka u fazama hoda (67).

Ulceracije se češće javljaju u prednjem dijelu stopala. Zbog prisutne motorne neuropatije i atrofije mišića stopala dolazi do pomjeranja masnog jastučeta koje je smješteno ispod glava metatarzalnih kostiju. Nestabilnost metarzo-falangealnih zglobova i pomjeranje masnog jastučeta čini ovu lokaciju vulnerabilnijom pri ponavljanim traumama u hodu (68).

C. Deformiteti stopala - Charcot neuroartropatija

Charcot (CH) neuroartropatija nije klinički entitet isključivo vezan za dijabetes iako se najčešće viđa kod slabo kontrolisanih dugotrajnih dijabetesa (69). Rijetka je komplikacija i karakteriše se progresivnom destrukcijom kostiju stopala. Prvi opis neuroartropatije koja se javlja kod dijabetes melitusa objavljen je 1936. godine. Sama patogeneza Charcot stopala se objašnjava na dva načina ili pomoću dvije teorije, neurotraumatska i neurovaskularna. Po neurotraumatskoj teoriji glavni uzrok CH neuroartropatije je ponavljana mehanička trauma stopala u okolnostima prisutne boli i izostanka propriocepcije. Neurovaskularna teorija sugerše da je destrukcija zglobova sekundarna, u odnosu na autonomno stimulisani vaskularni refleks koji izaziva hiperemiju i periartikularnu osteopeniju. Oko 50 osoba sa dijabetesom i CH stopalom ima događaj manje povrede, uganuće zgloba ili raniju ulceraciju (70). Do 7,5% osoba sa dijabetesom koji imaju neuropatiju, razvije CH stopalo. Kod većine osoba sa CH stopalom, prisutan je slabo regulisan dijabetes. Najčešća lokalizacija koštane destrukcije je u tarzometatarzalnim zglobovima, češće u srednjem dijelu stopala (70%) u odnosu na prednji ili zadnji segment stopala (15%).



Fotografija 7. Artropatija srednjeg segmenta stopala

Schubert R. Charcot foot. Radiopaedia 2021 - Virtual Conference (July 19-23)

<https://radiopaedia.org/cases/charcot-foot>

Neprimijećene povrede od strane pacijenta često dovode do mikrofraktura koje pokreću razvoj Charcot stopala. Promjene na stopalu nastaju progresijom motorne neuropatije koja je obično udružena sa izostankom protektivnog senzibiliteta, sa izraženim promjenama na kostima i zglobovima i posledičnim deformitetima stopala. Deformitet je posledica izravnavanje poprečnog i uzdužnog svoda stopala i neravnomjernog biomehaničkog opterećenja tačaka na stopalu. Bilo da je u pitanju neurotrofička, neurotraumatska teorija ili teorija prekomjernog odgovora na povredu, na kostima i zglobovima dolazi do mikrofraktura, subluksacija ili dislokacija (70). Rana dijagnoza i tretman su kritični za ishod. Prepoznavanje simptoma je jedan od glavnih koraka u ranoj dijagnozi CH stopala: svaki pacijent sa dijabetesom i promjenama na stopalu tipa otoka, crvenilo i bol u trajanju od 4 do 6 nedelja, evidentirana fraktura, povećanje temperature stopala za 2°C u odnosu na kontralateralno stopalo.

Ne postoje ujednačeni kriterijumi za dijagnostiku i liječenje tako da su preporuke da se termini „akutni“ i „hronični“ ne koriste, prednost se daje terminima „aktivni“ i „neaktivni“ koji obuhvataju zapaljensku fazu i stabilnu fazu bez jasnog razgraničenja akutne i hronične faze (71,72).

Charcot artropatija se razvija u četiri faze ali sam razvoj sindroma ima tri kliničke faze:

- Prva faza ima svoj početni akutni stadijuma ili nulti stadijum praćen zapaljenskim simptomima kao što su crvenilo, otok, bol, stopalo je toplo u poređenju sa zdravim stopalom. Progresijom simptoma u prvoj fazi, dolazi do otoka mekih tkiva i sitnih fraktura kostiju. Opterećenje stopala uzrokuje progresiju simptoma. U samom izgledu stopala, primjetno je izravnavanje uzdužnog i poprečnog svoda, koštane prominencije sa teškom deformacijom stopala s vidljivim modifikacijama na pojedinim segmentima. Ova faza može potrajati i do godinu dana ako se ne liječi. Prepoznavanje nultog stadijum je imperativ za uspješno liječenje. Izostanak protektivnog senzibiliteta dovodi do izostanka signala bola što pacijentu dozvoljava dalje opterećenje i razvoj dekalcinacije i sitnih fraktura.
- Drugu fazu karakteriše smanjenje inflamacije i usporavanje destrukcije kostiju i zglobova stopala.
- Treća faza sadrži period zarastanja bez daljih oštećenja ali zaostaje deformisani i nestabilni segment koji je u riziku za razvoj ulceracije i infekcije, dalje nekroze kostiju i širenjem procesa može dovesti do amputacije.

Iako je epidemiologija ovog sindroma poznata, klasifikacija stadijuma bolesti dostupna, izostaje rano otkrivanje koje ima uticaj na sam tok liječenja i posledice.

D. Dijabetesno stopalo - balans i hod

Poremećaj stabilnosti je veoma zastupljen kod starijih osoba sa dijabetesom tipa 2, uzrokuje padove, smanjenu aktivnost i promjene u kvalitetu života. Godišnja incidenca padova kod osoba sa dijabetesom starijih od 65 godina je 39%, veća zastupljenost je kod dijabetesnih osoba sa loše regulisanom glikemijom. Nekoliko faktora rizika je povezano sa poremećajem balansa a tome doprinosi i činjenica da je balans složena funkcija koja zahtijeva integraciju više sensorimotornih i kognitivnih procesa. Periferna neuropatija (DPN) je jedan od glavnih faktora koji su povezani sa poremećajem ravnoteže i ima uticaj na povećani rizik od pada kod starijih odraslih osoba sa dijabetesom tipa 2.

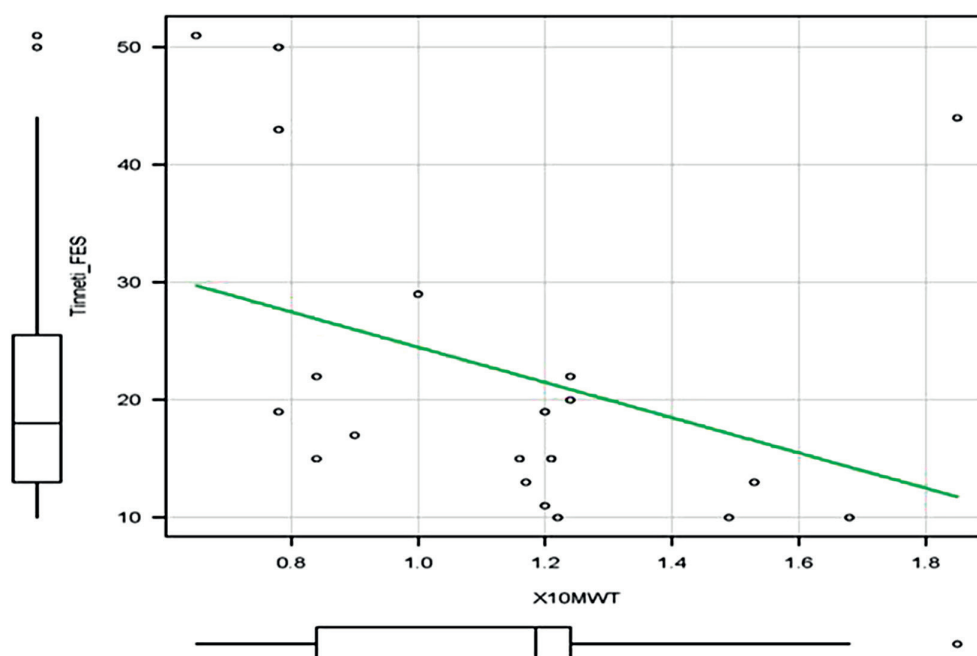
Dugotrajna hiperglikemija može dovesti do progresivnog propadanja senzornih nervnih vlakana u somatosenzornom sistemu, i to debelih mijelinskih vlakana koja imaju najbržu provodljivost koja uključuju 1a vlakna iz mišićnog vretena i 1b vlakna iz Golđžijevih tetivnih organa i vlakna kožnih mehanoreceptora. Mišićna vretena daju brze

informacije o promjenama u dužini mišića, a Goldžijeva tjelašca osjećaju promjene u napetosti mišića. Kožni mehanoreceptori pružaju informacije o vibracijama i osjećajima pritiska. U zdravom somatosenzornom sistemu proprioceptivna aktivnost daje informaciju o položaju zglobova i promjenama položaja zglobova i ugla zgloba, dužini i tonusu mišića, dok je taktilni osjećaj povezan sa osjećajima dodira, pritiska i vibracije. Svaki senzorni stimulus daje jedinstven doprinos kontroli stabilnosti (73). Smanjenje somatosenzornih informacija kod DPN mijenja i veličinu posturalnog odgovora.

Pored vizuelne i vestibularne kontrole stabilnosti, važnu ulogu ima i motorni odgovor kojim se postiže kordinacija između pokreta i održavanje stabilnosti, održavanje strategije kretanja, orijentacije. Osoba je najstabilnija kada se centar njene mase nalazi direktno iznad centra pritiska (center of pressure, COP) kao što je u slučaju stajanja. Bilo kakvo razdvajanje centra mase od centra pritiska traži angažovanje mehanizama regulacije stabilnosti. Manji su zahtjevi kod stajanja i relativno rijetki su rizici od pada kod osoba sa dijabetesom pri stajanju. Ispitivanje statičke ravnoteže uključuje mjerenje položaja jedne noge, tandem položaja i centralnog pritiska (COP) posturalnog pomjeranja, dok se za upotrebu dinamičke ravnoteže koriste Test ustani i kreni (Time up and go test, TUG), koji je ujedno i procjena mobilnosti i funkcionalnosti. Pacijenti sa dijabetesnom perifernom neuropatijom pokazuju promjene u parametrima ravnoteže u hodu, a 39% ispitanika sa perifernom neuropatijom više od 10 sekundi ima trajanje testa stajanja na jednoj nozi. Prisustvo neuropatije povezano je sa povećanim njihanjem tijela (74), većom brzinom kretanja i većom disperzijom njihanja tokom bilateralnog stava sa otvorenim očima. Istraživanja u oblasti analize dinamičke stabilnosti kod osoba sa dijabetesom, pokazuju da se kod pacijenata sa DPN smanjuje maksimalna dužina koraka i da je nalaz u korelaciji sa ravnotežom i pokretljivošću (75). Takođe, veća medio-lateralna odvojenost centra mase od centra pritiska predstavlja veći izazov za uspostavljanje ravnoteže i nalaz ove vrste nestabilnosti je zastupljeniji kod osoba sa DPN u odnosu na dijabetesne osobe bez komplikacija. Osobe sa DPN imaju veće mišićne zahtjeve da se kontroliše uspravno držanje i ovo može doprinijeti objašnjavanju zašto pacijenti sa DPN vjerovatnije padaju, pri čemu veće odvojenosti predstavljaju veći rizik od bočnog pada (75).

U studiji koja je rađena u Kliničkom centru Crne Gore iz koje su već prikazani podaci (Tabela 2 i Tabela 3) ispitan je rizik od pada (17) i faktori koji utiču na stabilnost kod 48 ispitanika sa DPN. Kriterijumi za isključenje bili su starosna dob > 70, slabo regulisana kontrola šećera u krvi, amputacija stopala, mišićno-koštana bolest, povreda koja može uticati na funkcionalnost, neurološka i kardiovaskularna bolest i upotreba lijekova koji potencijalno mogu uticati na svakodnevne aktivnosti. Ispitivanje stabilnosti je sprovedeno pomoću Testa dosezanja - Functional Reach Test (FRT), Tinetti skale - Tinetti Falls Efficacy Scale (Tinetti FES) i 10-minutne brzine hoda - 10-Meter Walk

Test (10MWT) (tabela 3). Tinetti FES je pokazao veće vrijednosti u grupi ispitanika koji su imali istoriju pada, ali nije bilo korelacije sa drugim ispitivanim varijablama. Kod pacijenata koji nisu imali iskustva sa padom, strah od pada bio je povezan sa smanjenom brzinom hoda. U istoj grupi, povećanje straha od pada povezano je s višim rezultatom neuropatskih simptoma, što sugerise da je izraz straha od pada značajan problem kod pacijenata sa DPN-om.



Fotografija 8. Povezanost straha od pada sa brzinom hoda

Uloga mišića u održavanju stabilnosti je narušena usled mehaničkih i metaboličkih promjena uzrokovanih smanjenom fosforilacijom i transportom glukoze kao i nagomilavanjem slobodnih masnih kiselina i triglicerida u mišićima. Gubitak mišićne mase i snage značajno utiče na svakodnevne aktivnosti osoba sa dijabetesom i povećava rizik od pada (76).

Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO, 2007) navode se četiri kategorije faktora rizika od pada: biološka, bihevioralna, ekološka i socioekonomska. Diabetes tipa 2, oštećenje balansa i hoda i mišićna slabost spadali bi u unutrašnje, biološke faktore.

2. LIJEČENJE FAKTORA RIZIKA DIJABETESNOG STOPALA

Ulceracija stopala nije neizbježna posledica kod osoba sa dijabetesom već se razvija kao rezultat usled interakcije patoloških faktora prisutnih na donjem ekstremitetu i uticaja spoljašnje sredine. U sprovođenju prevencije važno je identifikovati mehanizme razvoja dijabetesnog stopala, sprovođiti regularni skrining kojim se prate osobe sa dijabetesom, na osnovu skrininga kategorisati stopala prema riziku i praviti strategije tretmana. Strategije koje uključuju elemente prevencije, multidisciplinarni tretman, edukaciju pacijenta i osoblja koje pruža uslugu i pažljivo praćenje pacijenta, smanjuju posledice razvoja dijabetesnog stopala. Iako se prevalenca i spektar bolesti dijabetesnog stopala razlikuju u različitim regionima svijeta, putevi do ulceracije su slični kod većine pacijenata. Ulceracije su često posledica istovremenog delovanja dva ili više faktora rizika od kojih centralno mjesto zauzima dijabetesna periferna neuropatija, bolest perifernih arterija i deformiteti stopala.

2.1. Prevencija i liječenje dijabetesne periferne neuropatije

Terapija DPN obuhvata, sa jedne strane preventivnu terapiju bolesnika oboljelih od dijabetesa, a sa druge strane terapiju već razvijene bolesti. Preventivna terapija obuhvata čitav niz mjera i postupaka usmjerenih na sprečavanje razvoja dijabetesne neuropatije. U osnovne mjere prevencije razvoja neuropatije i drugih komplikacija je redovna kontrola i praćenje vrijednosti šećera u krvi, higijensko-dijetetski režim, medikamentozna terapija i fizička aktivnost. Kontrola vrijednosti šećera u krvi može da sprečava dodatna oštećenja nerva ako su prisutni simptomi koji ukazuju da se radi o mogućoj neuropatiji. U Cochrane Database Syst Rev iz 2012 godine (77), identifikovano je 17 randomizovanih studija koje su se bavile pitanjem da li pojačana kontrola glukoze sprečava razvoj neuropatije. Sedam od ovih studija sprovedeno je na osobama sa dijabetesom tipa 1, osam sa dijabetesom tipa 2 i dvije sa oba tipa dijabetesa. Meta-analiza dvije studije koje su prijavile primarni ishod (učestalost kliničke neuropatije) sa ukupno 1228 učesnika sa dijabetesom tipa 1, otkrila je značajno smanjen rizik od razvoja kliničke neuropatije kod onih sa pojačanom kontrolom glukoze, godišnja razlika u riziku od - 1,84% (95% interval poverenja (CI) -1,11 do -2,56). U sličnoj analizi četiri studije

koje su prijavile primarni ishod, uključujući 6669 učesnika sa dijabetesom tipa 2, godišnja razlika u riziku razvoja kliničke neuropatije iznosila je - 0,58% (95% CI 0,01 do -1,17). Većina sekundarnih ishoda bila je značajna u korist intenzivnog liječenja u obije populacije. Međutim, oba tipa dijabetesa takođe su imala značajan porast ozbiljnih neželjenih događaja, uključujući hipoglikemijske događaje. Prema visokokvalitetnim dokazima, pojačana kontrola glukoze značajno sprečava razvoj kliničke neuropatije i popravlja sniženu brzinu provodljivosti kao i prag vibracija kod dijabetes melitusa tipa 1. Kod dijabetes melitusa tipa 2, pojačana kontrola glukoze smanjuje incidencu kliničke neuropatije, iako to formalno nije bilo statistički značajno ($P = 0,06$). Međutim, poboljšana kontrola glukoze značajno utiče na poboljšanje smanjene provodljivosti nerva i abnormalnosti praga vibracija.

Poseban značaj pokreta ili kretanje u funkciju liječenja (kineziterapija) dokazan je kod tipa 2 dijabetesa, gdje je potvrđeno da terapija pokretom snižava nivo šećera u krvi, smanjuje eventualnu insulin rezistenciju, smanjuje rizik od tromboze i redukuje tjelesnu težinu. Kod tipa 1 dijabetesa, efekat fizičke aktivnosti je sličan kao kod tipa 2, ali postoje dvije vrlo značajne razlike: ako se zna da nema endogenog insulina, primjena fizičkog napora u uslovima hiperglikemije, može dovesti do kontraregulatornog hormonskog odgovora, što favorizuje pojavu ketoacidoze, i drugo, fizička aktivnost poboljšava lokalnu prokrvljenost na ekstremitetima i dovodi do apsorpcije insulina sa mjesta davanja, što može dovesti do hipoglikemijske epizode. Generalno, kod dijabetesnih osoba, vježbe imaju i preventivnu ulogu u sprečavanju razvoja komplikacija. Prije vježbanja treba isključiti koronarnu bolest. Kroz testove opterećenja (EKG-test opterećenja) teški koronarni bolesnici se isključuju iz programa vježbi. Kod starijih osoba sa dijabetesom važi pravilo $160 - \text{godine starosti} = \text{maksimalno dozvoljena frekvencija srca za vrijeme opterećenja}$. Mlađe osobe sa dijabetesom bez komplikacija, smiju trenirati do 70% maksimalnog opterećenja i ova grupa može se kod opterećenja upoređivati sa zdravim osobama (78).

Gruba orijentacija za maksimalnu opterećenost je puls, frekvencija od oko 210 - 220 minus godine života, a kao efektivno opterećenje je 180 minus godine života. Kod osoba starijih od 45 godina maksimalno opterećenje se daje do granice pulsa od 130, a kod mlađih do 150-160. Trening treba obavljati tri puta nedeljno, u trajanju od 15-30 minuta. Vježbe kod DPN se određuju prema cilju.

Programi obuhvataju različite tipove vježbi.

Aerobne vježbe povećavaju gustinu mitohondrija, osjetljivost na insulin, oksidativne enzime, komplijansu krvnih sudova, plućnu funkciju, imunološku funkciju i minutni volumen srca (79). Prema intezitetu, aerobne vježbe srednjeg i većeg inteziteta pove-

zane su sa manjim kardiovaskularnim rizicima od smrtnosti, kod dijabetesnih osoba. Dijabetes tipa 2 se smatra šestim uzrokom smrtnosti u svijetu, do 70% smrtnosti se pripisuje kardiovaskularnim bolestima a od tog procenta 50% je ishemijska bolest srca (80). Kod dijabetesa tipa 1, aerobni trening povećava kardiorespiratornu sposobnost, smanjuje rezistenciju na insulin i poboljšava nivo lipida i funkciju endotela. Kod osoba sa dijabetesom tipa 2, redovni trening smanjuje procenat glikoziliranog hemoglobina (HbA1C), trigliceride, krvni pritisak i rezistenciju na insulin. Kad su u pitanju aerobne vježbe visokog intenziteta, alternativno se mogu koristiti intervalni treninzi koji dovode do brzog poboljšanja oksidativnog kapaciteta skeletnih mišića, povećanja osjetljivosti na insulin, a utiču i na kontrolu glikemije kod odraslih sa dijabetesom tipa 2.

Vježbe sa otporom se primjenjuju radi poboljšanja mišićne mase, tjelesne građe, snage, fizičke funkcije, mentalnog zdravlja, mineralne gustine kostiju, osjetljivosti na insulin, krvnog pritiska, lipidnih profila i kardiovaskularnog zdravlja (81). Ako je poznato da je dijabetes nezavistan faktor rizika za smanjenje trofike mišića i mišićne snage kao i uzrok smanjene funkcionalnosti, efekat vježbanja sa otporom u kombinaciji sa aerobnim vježbama ima benefite u prevenciji razvoja komplikacija kod dijabetesa (82).

Vježbe fleksibilnosti i vježbe balansa se češće primjenjuju kod starijih osoba sa dijabetesom tipa 2 i korisne su u povećanju obima pokreta i prevenciji pada. Intervencije u grupnim vežbama (trening otpora i ravnoteže, časovi tai chi-ja) mogu smanjiti padove za 28% - 29% (83). Blagodeti alternativnog treninga kao što su joga i tai chi su manje uspostavljene, iako joga može da promoviše poboljšanje glikemijske kontrole, nivoa lipida i telesne kompozicije kod odraslih sa dijabetesom tipa 2 (84). Tai chi trening može poboljšati glikemijsku kontrolu, ravnotežu, neuropatske simptome i neke dimenzije kvaliteta života kod odraslih osoba sa dijabetesom i neuropatijom, mada nedostaju visokokvalitetne studije o primjeni ovih intervencija.

Kod dijabetesa tipa 2 aerobne vježbe povećavaju unos glukoze u mišićima do pet puta pomoću mehanizama nezavisnih od insulina. Poslije vježbanja, unos glukoze ostaje povišen mehanizmima nezavisnim od insulina (~ 2 sata) i insulinom zavisnim mehanizmima i do 48 sati, ako se vježbanje produži, što je povezano sa punjenjem glikogena u mišićima. Poboljšanja djelovanja insulina mogu trajati 24 sata nakon kraćih aktivnosti (~ 20 min) ako je intenzitet povremeno povišen na skoro maksimalan napor. Čak i aerobna vježba niskog intenziteta u trajanju od ≥ 60 min pojačava djelovanje insulina kod gojaznih odraslih osoba otpornih na insulin najmanje 24 sata. Ako je pojačano djelovanje insulina primarni cilj, tada je vjerovatno optimalno svakodnevno vježbanje umjerenog ili visokog intenziteta.

Prilikom preparisanja programa vježbi potrebno je voditi računa da, stariji ljudi sa dijabetesom tipa 2 mogu da imaju muskuloskeletne smetnje uzrokovane osteoartritisom,

prisutnu gojaznost, autonomnu neuropatiju, tako da aktivnost u trajanju od 30 minuta u jednoj sesiji može da bude neostvarljiva i tada se predlažu kraći i češći programi. U Tabeli 8, prikazani su modaliteti vježbanja prema preporukama (80) koji obuhvataju kardiorespiratorni trening 150 min u nedelji umjerenog inteziteta i/ili 90 minuta u nedelji većeg inteziteta. Vježbe sa otporom treba primjenjivati tri puta nedeljno.

Tabela 8. Rezime preskripcije vježbanja za pacijente sa dijabetesom tipa 2

Vrste vježbanja	Frekvencija dani/nedelja	Intezitet	Trajanje	Klasa i nivo dokaza
Kardiorespiratorne (aktivnost velikih mišića)	3 – 7 d/n	Umjeren intezitet ILI	150 min/n	I (A)
Kardiorespiratorne (aktivnost velikih mišića)	3 d/n	Snažan intenzitet I PODSTICANJE	90 min/n	I (A)
Vježbe sa otporom (grupa velikih mišića, više-zglobne vježbe)	3 d/n	Umjerenog do visokog intenziteta: 2–4 seta od 8–10 ponavljanja sa tegom koji se ne može podići > 8–10 puta, sa 1-2 minuta odmora između setova		I (A)

Rizik od većeg srčanog događaja tokom vježbanja je mali ali se preporučuje da se pacijenti sa dijabetesom prethodno procjene na kardiovaskularni rizik, posebno zbog evidentiranih „nijemih“ infarkta miokarda kod osoba sa dijabetesom. Pored evidentiranja kardiovaskularnih kontraindikacija potrebno je imati uvid u kontrolu glikemije. Hipoglikemija se javlja ređe kod dijabetesa tipa 2 liječenog insulinom nego kod dijabetesa tipa 1, mada > 70% ispitanika prijavljuje epizodu hipoglikemije, sa incidencom od 0,28 epizoda po pacijentu godišnje (80). Teška hipoglikemija u toku vježbanja se može javiti ako su učestale niske vrijednosti glukoze u krvi (npr. <3,5 mmol / L), što je donekle povezano sa akutnim efektom vježbanja na smanjenje glukoze u krvi. U riziku za hipoglikemiju tokom vježbanja su osobe sa varijabilnim vrijednostima glikemije, dužim trajanjem dijabetesa, osoba sa dijabetesom tipa 2 na insulinu, niskim BMI (body mass index).

2.1.1. Farmakološka terapija dijabetesne neuropatije

Farmakološka terapija razvijene DPN ima za cilj djelovanje u dva pravca. Prvi način djelovanje je usmjeren na smanjenje simptoma. Mehanizmi uključeni u neuropatski bol su kompleksni i uključuju periferne i centralne patofiziološke mehanizme. Neuropatski bol je uzrokovan aberantnom obradom signala u perifernom i centralnom nervnom sistemu. Hronično bolno stanje nastaje onda kad patofiziološke promjene neuropatskog bola počnu da se odvijaju nezavisno od inicijalnog događaja koji je uzrokovao bol. U nastanku ovog procesa važnu ulogu ima senzitivizacija koja predstavlja spontanu aktivnost nerva, snižen prag za bol i povećani odgovor na stimulus, a uzrokovana je oštećenjem nerva. Primjeri periferne senzitivizacije su povećanje frekvencije izbijanja nocioptora i novi adrenergični receptori C-vlakana, kao i senzitivnost koja može razviti simpatički bol. Uopšteno, simptomi mogu biti negativni (ukočenost ili mrtvilo ekstremiteta) i pacijent ih opisuje kao da nose čarape i rukavice, i pozitivni (osjećaj peckanja, žarenja, senzacije „električnog šoka“ ili bolne osjetljivosti na dodir). Motorni simptomi su slabost mišića, otežana promjena položaja ili hod uz stepenice (27,28). Dijabetesni periferni neuropatski bol ometa kvalitet spavanja, raspoloženje i nivo aktivnosti. Može se koristiti jednostavan vodič za bol: Dizestezija (žarenje, mravijanje, alodinija – bolna senzacija pri kontaktu koji uobičajeno nije neprijatan); Hiperalgizija (prenaglašen odgovor na bolni nadražaj); Parestezija (osjećaj bockanja, osjećaj udara elektriciteta, osjećaj bolne umrtvljenosti, tuposti, bol tipa rezanja, osjećaj hladnoće stopala, lancinatni bol); Mišićni bol (tupi bol, noćni grčevi – krampi, osjećaj zategnutosti, osjećaj čupanja, duboki bol, spazam).

Danas je tipično da su lijekovi za smanjenje neuropatskog bola ograničene efikasnosti. Poznato je da pacijenti smanjenje bola za oko 30% ili za 2 broja na VAS skali, doživljavaju kao značajno poboljšanje. Objavljeni vodiči preporučuju primjenu tricikličnih antidepressiva (Amitriptilin, Desipramin, Imipramin) čija primjena sugerira da postoji poremećaj ravnoteže neurotransmitera serotonina i noradrenalina i lijekova koji su inhibitori ponovnog preuzimanja serotonina i noradrenalina (Duloxetin, Venlafaxin). Primjena je ograničena zbog neželjenih dejstava u vidu pospanosti, poremećaja srčanog ritma i hipotenzije. Lijekovi koji su analogi gama - aminobuterne kiseline (pregabalin i gabapentin) sa prethodne dvije grupe lijekova su prvi terapijski izbor, dok je primjena opioidnih analgetika i topikalnih lijekova uglavnom druga terapijska opcija.

Uobičajeni terapijski tretmani za periferni neuropatski bol uključuju kremu kapsaicin i 5% flastere lidokain (Lidoderm). Kapsaicin stimuliše C vlakna na oslobađanje i posle toga iscrpljuju supstancu P. Mnogi pacijenti koji koriste kapsaicin osjećaju peckanje tokom prve nedelje liječenja, koje se smanjuje sa nastavkom liječenja. U meta-analizi (84) iz 2004. godine koja je obuhvatila šest ispitivanja na 656 pacijenata, kapsaicin

je smanjio rezultate neuropatskih skorova za bol za 50%, tokom četiri i osam nedelja terapije.

Opioidni analgetici su agonisti na presinaptičkim i postsinaptičkim opioidnim receptorima. Terapijska efikasnost opoida je zabilježena u nekoliko randomizovanih kontrolisanih ispitivanja o upotrebi opoida kod različitih perifernih i centralnih neuropatskih bolnih senzacija.

Terapija usmjerena na patogenetski proces osnovne bolesti obuhvata dobru regulaciju glikemije koja je u isto vrijeme i simptomatska i kauzalna terapija, i postizanje optimalne kontrole glikemije predstavlja jedinu široko prihvaćenu terapijsku opciju liječenja dijabetesne neuropatije. Postoje pojedini dokazi da primjena alfa-lipoiinske kiseline, inhibitora aldozo- reduktaze i liposolubilnih B - vitamina može imati povoljan efekat po pitanju razvoja mikroangiopatije kod oboljelih od dijabetesa (85).

Terapijski potencijal alfalipoiinske kiseline u tretmanu DPN, povezan je sa patogenetskim mehanizmom. Alfalipoiinska kiselina ima snažna antioksidantna dejstva i njena primjena je opravdana teorijom da se oksidacioni stres smatra kao jedan od glavnih patofizioloških mehanizama nastanka endotelijalne disfunkcije i oštećenja endotela krvnih sudova kod pacijenata sa dijabetesom. Alfa - lipoiinska kiselina pokazuje još neke pozitivne efekte: ubrzava metabolizam glukoze, time pozitivno utiče na regulaciju nivoa šećera u krvi; povećava nivoe drugih antioksidanasa u organizmu (vitamin E, vitamin C, glutation).

Kad se govori o dejstvu inhibitora aldozo – reduktaze onda se njihovo dejstvo povezuje sa metaboličkom hipotezom razvoja neuropatije. Hiperglikemija dovodi do skoka intracelularne glukoze u nervima, umjesto glikolitičkog puta taj višak glukoze se šantuje u poliolski put i konvertuje do sorbitola i fruktoze, preko enzima aldozo - reduktaze i sorbitol - dehidrogenaze. Povećanje sorbitola i fruktoze dovodi do redukcije nervnog mioinozitola. Smanjenje aktivnosti Na, K, ATPaze ometa aksonalni transport i dovodi do strukturalnih promjena nerava, što rezultuje usporavanje brzine nervne provodljivosti. U Tabeli 9, prikazane su preporuke za farmakološko liječenje neuropatskog bola od strane evropskog i internacionalnih udruženja (85,86,87).

Tabela 9. Preporuke za farmakološko liječenje dijabetesne neuropatije

Preporuke	Prva linija preporuka	Druga linija preporuka
Evropska federacija neuroloških društava (EFNS)	Pregabalin, gabapentin, TCAs triciklični antidepresivi, duloxetin, venlafaxin (produženo oslobađanje)	Tramadol, opiodi, capsaicin
Međunaradne Asocijacije za bol (IASP)	Pregabalin, gabapentin, TCAs, duloxetin, venlafaxin, lidocain (topikalno)	Tramadol, opiodi
Kanadsko udruženje za bol (CPS)	Pregabalin, TCAs, gabapentin	Inhibitori ponovnog preuzimanja serotonina i noradrenalina, lidocain (topikalno)

- Recommended treatments for PDN: Summary of key international guidelines 41 1. Attal N et al. Eur J Neurol 2010;17:1113-e88. 2. Dworkin RH et al. Mayo Clin Proc 2010;85(3Suppl):S3-14. 3. Moulin DE et al. Pain Res Manag 2007;12:13-21.

1.1.2. Fizikalna terapija dijabetesne neuropatije

Rukovodeći se opštim konceptom djelovanja fizikalnih agenasa, gdje terapijsko djelovanje zavisi od specifičnih svojstava fizikalnih agenasa, kvantuma i rasporeda njihove energije u vremenu i prostoru, fizičkih svojstava tkiva i njihove prijemčivosti za pojedine modalitete energije i reaktivnosti organizma, u liječenju neuropatije se primjenjuju grupe fizikalnih agenasa sa sinergističkim dejstvom. Fizikalnim liječenjem se djeluje na simptome bolesti. U liječenju neuropatskog bola, fizikalna terapija se uglavnom primjenjuje kao kombinovana terapija uz medikamentoznu terapiju (88).

Magnetno polje u medicini se koristi već nekoliko hiljada godina. Moderna era magnetne terapije počinje sa radovima Japanaca Jasude i Fukade (1957) i Amerikanca Baseta (1962).

Električne i magnetne pojave međusobno su povezane i uslovljene i predstavljaju viši oblik kretanja materije. Kada se govori o magnetoterapiji u fizikalnoj medicini, danas se uglavnom misli na pulsno magnetno polje, pulsed electromagnetic field (PEMF). Magnetno polje djeluje na one procese koji zavise od prostorne orijentacije jona i molekula, prvenstveno na procese difuzije i aktivnog transporta kroz membranu, kao i na procese koji pomoću specifične veze dovode do formiranja kompleksa receptor - transmitter, receptor - hormon, ili čak antigen - antitijelo. Mijenjanjem orijentacije elementarnih magnetnih dipola - jona i molekula, povećava se mogućnost njihovog slobodnijeg prolaza kroz membranu.

Magnetno polje povećava parcijalni pritisak kiseonika, olakšava njegovu difuziju i utilizaciju u ćeliju, poboljšava energetske bilans ćelije, povećava resintezu adenozin – trifosfata iz adenozin – difosfata. Takođe, aktivira enzimske sisteme i sintezu enzima, mijenja ugao hemijskih veza u molekulima i djeluje na biohemijske procese. Magnetno polje djeluje regulatorno na membranski potencijal i na taj način poboljšava energetske bilans ćelije, budući da se 50% ćelijske energije troši na održavanje membranskog potencijala na potrebnom nivou. Magnetno polje izaziva dilataciju arteriola i kapilara, smanjuje viskoznost i koagulabilnost krvi, poboljšava protok arterijske i venske krvi, poboljšava oksigenaciju i metabolizam tkiva.

Na simptom bola djeluje analgetski. Analgetski efekat se objašnjava hiperpolarizacijom ćelijske membrane, povećanom produkcijom endorfina i normalizacijom cirkulacije krvi i limfe i pH krvi. U DPN-u bol može nastati iz različitih razloga, poput povećanja različitih signala iz degenerativnih nociceptivnih aferentnih vlakana, depolarizacije zbog poremećaja regulacije normalnih aktivnosti natrijumovih, kalcijumovih i kalijumovih kanala. Dobro je poznato da kada je biološki sistem izložen fizičkom podražaju (PEMF) u stanju je da otkrije i modifikuje sopstvenu biološku aktivnost u zavisnosti od karakteristika primenjenog stimulusa, poput mehaničkog, električnog ili magnetnog. Posebno je pokazano da statička i vremenski različita magnetna polja mijenjaju životinjsko i ljudsko ponašanje poput percepcije boli i to na način da magnetna polja utiču na percepciju boli direktnim efektima u vidu „pucanja“ neurona, kretanja jona kalcijuma, nivoa endorfina, akupunkturane akcije i regeneracije nerava. Stimulacijom vlakana A δ proizvodi se inhibitorni antinociceptivni efekat na C vlakna koji je kompatibilan sa hipotezom Melzak – Vall jer bol nastaje usled povećane aktivnosti povrijeđenih vlakana sa malim prečnikom, koja „pucaju“ brzo i kod nenormalno niskih pragova. PEMF utiče na ćelijsku membranu kožnih nociceptora, izazivajući tako promjene u ćelijskom i pericelularnom mikrookruženju (89,90,91,92,93).

U studiji „Non-pharmacological treatment of diabetic polyneuropathy by pulse electromagnetic field“ Bokan Mirkovic i saradnika, ispitivano je dejstvo različitih fre-

kvenci (10 Hz, 25 Hz) magnetnog polja na neuropatske simptome kod 71 ispitanika (94). Studija je pokazala da oba modaliteta frekvencije značajno utiču na smanjenje neuropatskog bola ali značajna prednost se daje frekvencama od 10 Hz. Ispitanici su imali trajanje dijabetesa više od 10 godina, neuropatske skorove koji su pokazivali da se radi o pacijentima sa rizikom za razvoj ulceracije. Značaj ispitivanja je doprinos u protokolu primjene magnetoterapija kao dodatne terapije u liječenju DPN. U studijama Američkog Nacionalnog instituta za zdravlje, uglavnom je korišćeno pulsno magnetno polje (PEMF), frekvencija ispod 20 Hz. Ovako niske frekvencije, a posebno frekvencija od 10 Hz stimuliše stvaranje ATP. U testiranjima NASA-Gudvin 2003. frekvencije od 10 Hz izazivaju regeneraciju nerava. Isto testiranje nastavlja kasnije Dejvid Hud i rezultat je da ove frekvenije stimulišu stvaranje mitohondrijalnog ATP, potrebnog energetski za regeneraciju nerava.

Pored magnetnog polja, od drugih fizikalnih agenasa u terapiji neuropatskog bola koristi se laser male snage.

Definicija lasera sazdana je u samom njegovom nazivu, koji predstavlja skraćenicu za Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, što u prevodu znači: pojačanje svjetla pomoću stimulisane emisije zračenja. Prvi rubinski laser konstruisao je T.H.Maiman 1960. godine, a prvi gasni laser u kojem je aktivni materijal bila smjesa helijuma i neona konstrusali su 1961. godine A. Javan i saradnici. Lasersko zračenje je talasni fenomen elektromagnetske prirode (95). Medicinska primjena lasera obuhvata termalnu destrukciju, koristi se za dijagnostičku fluorescentnu spektroskopiju, za fotodinamsku terapiju i za biomodulaciju (laser male snage i srednje snage). Laser male snage ima biomodulatorni efekat, atermički efekat i ne izaziva morfološke promjene obasjanog tkiva. Efekti dejstva lasera zavise od osobina zračenja i osobina tkiva koje se zrači. Osobine zračenja su: talasna dužina, frekvencija i gustina energije a osobine tkiva stanje prokrvljenosti, pigmentacija i molekularna struktura. Smatra se da djelovanjem zračenja lasera na tkivo dolazi do stimulacije biohemijskih reakcija, a aktivne supstance koje se pri tom stvaraju djeluju na sve sisteme organizma. Tipovi lasera u odnosu na talasnu dužinu i dubinu prodora su: HeNe i poluprovodnički tipa InGaAl (630 i 670nm) sa dubinom prodora 5-7mm; GaAlAs poluprovodnički (780 i 820nm) sa dubinom prodora oko 3cm i GaAs poluprovodnički (904nm) sa dubinom prodora oko 5 cm. Biološki efekti lasera su stimulatívni, neuromodulatorni i antiinflamatorni efekat.

a) Stimulatívni efekat lasera dovodi do regeneracije tkiva kroz procese povećane produkcije oksidaciono - redukcionih materija, izmjene enzimske aktivnosti, porast ćelijske koncentracije jona Ca^{++} , promjene na nivou translacije i transkripcije proteinske sintetaze i povećanje mikrocirkulacije.

- b) Neuromodulatorni biološki efekat lasera na kome je zasnovano analgetsko dejstvo je u facilitaciji i inhibiciji neuralne ekscitabilnosti i u indirektnom povećavanju produkcije serotonina i enkefalina.
- c) Antiinflamatorni efekat lasera je inhibitorni efekat, a objašnjava se u smanjenjem produkcije PGE2 i TNF.

U primarne efekte lasera spadaju: biohemijско, bioelektrično i bioenergetsko dejstvo. Apsorbovana energija može da deluje dovodeći do stimulacije oslobađanja aktivnih supstanci, histamina, serotonina i bradikina, koji u mnogim tkivima mogu da ostvare farmakološke efekte. Biohemijски efekat lasera je u povećanoj ATP produkciji, ubravanju ćelijskog metabolizma i procesa mitoze. Kad se govori o bioelektričnom dejstvu misli se na normalizaciju ćelijske membrane. Laser direktno utiče na pokretljivost jona, tako što blokira penetraciju Na^+ i indirektno povećava ATP produkciju. Hidroliza ATP oslobađa energiju koju koristi Na^+K^+ pumpa, na taj način se blokira prenošenje bola do viših centara (96).

Bioenergetskim dejstvom se obezbeđuju tkiva i organi validnom formom energije, koja je potrebna da se stimuliše razmjena materije na svim nivoima. U sekundarne efekte lasera spadaju stimulacija mikrocirkulacije i stimulacija ćelijskog metabolizma. Laser ima indirektno globalno parališuće dejstvo na prekapilarni sfinkter.

Indirektna dejstva lasera male snage dovode do njegovih opštih terapijskih efekata i to: analgetski, antizapaljenski, antiedematozni i biostimulativni. Analgetski efekat lasera je na principu »teorije kapije«, jer se aktiviraju debela mijelinska vlakna, koja inhibiraju transmittersku ćeliju i ne dozvoljavaju transmisiju bolnih senzacija ka višim delovima CNS-a.

Teoriju kontrole ulaza bola postavili su Melcak i Vol (Melzack and Wall, 1965.) i njena suština se sastoji od modulacije impulsa za bol na nivou kičmene moždine (97).

Receptori za bol su slobodni završeci aferentnih A-delta i C-vlakana. Ova vlakna su aksoni senzornog neurona prvog reda; njihove ćelije se nalaze u spinalnom ganglionu, a preko zadnjih korjena svojim proksimalnim krajem dospijevaju do zadnjih rogova kičmene moždine. A-delta vlakna su tanka mijelinska vlakna, promjera 2 do 5 mikrometara, brzina prenosa 12 do 15 m/s. C-vlakna su tanka nemijelinska vlakna, promjera 0,4 do 1,2 mikrometara, brzina prenosa 2 m/s. U funkcionalnoj vezi sa A-delta i C-vlaknima su A-beta vlakna, koja prenose osjećaj dodira i pritiska. Pod uticajem nociceptivnih draži iz slobodnih nervnih završetaka oslobađa se supstancija P, koja se nalazi u njihovim vezikulama. Supstancija P izaziva degranulaciju mastocita, iz kojih se oslobađa histamin i serotonin, a iz ćelija vaskularnog porijekla oslobađaju se bradikinin,

azotni oksid, vazoaktivni intestinalni peptid. U oštećenom tkivu nastaju prostaglandini i leukotrijeni. Algogeno najače djeluje bradikinin. Pod uticajem algogenih supstanci povećava se propustljivost membrane nervnih završetaka za jone i akcioni potencijal koji nastane, predstavlja signal bola.

Po teoriji kontrole ulaza bola, pretpostavlja se da se ulaz impulsa nalazi u zadnjim rogovima kičmene moždine, gdje su sinapse senzornog neurona prvog reda sa neuronom drugog reda i da transmisija kroz sinapse zavisi od odnosa u kompeticiji između A-delta i C-vlakana, s jedne strane i A-beta vlakana s druge strane. Kada se nadraže debela mijelinska A-beta vlakna ekscitiraju se inhibitorni interneuroni i signal za bol se ne prenosi; ulaz se zatvara. Suprotno je kada se nadraže tanka A-delta i C-vlakna, koja inaktiviraju inhibitorne interneurone, signal za bol se prenosi u thalamus i moždanu koru; ulaz se otvara. Ekscitatorni posrednici u transmisiji bola u zadnjim rogovima kičmene moždine su glutamat i supstancija P.

Za neuromodulaciju bola posebno su značajni endogeni opoidi, koji čine sistem za ublažavanje bola, i oslobađaju se kada bolni signali stignu do moždanog stabla i talamusa (endorfin, enkefalin).

Pored, do sada, navedenih mehanizama smanjenja bola, bitan je uticaj lasera na smanjenje ili stabilizaciju nervne ćelijske membrane. Utvrđena je mogućnost obostrane modifikacije jonskog gradijenta kada se obasja laserom, pri čemu se penetracija Na⁺ jona u unutrašnjosti ćelije blokira. Pregledom kroz literaturu, kada se govori o primjeni lasera u fizikalnoj medicini, misli se na Laser Male Snage ili Low-Intensity Laser Therapy (LILT). Od 1960. LILT se koristi u kliničkoj praksi u preko 87 centara u 37 zemalja. Mnoge studije o LILT objavljene su u regionalnim i nacionalnim publikacijama u različitim zemljama., ali nisu indeksirane u Medline ili sličnim bazama (97,98). Prednosti LILT su brojne. Nema štetnih efekata, brzo dejstvo, laka i bezbolna aplikacija. Ukupna količina energije koja se preda na bolnu tačku zavisi od talasne dužine, inteziteta i frekvencije rada lasera (99).

Transkutana električna nervna stimulacija (TENS) je nefarmakološka intervencija koja se koristi u liječenju akutnih i hroničnih stanja bola. Ovi uređaji sa baterijom napajaju naizmeničnu struju preko kožnih elektroda postavljenih u blizini bolnog područja. Parametri frekvencije pulsa i intenziteta pulsa su podesivi i povezani sa efikasnošću TENS-a. TENS aktivira složenu neuronsku mrežu u cilju smanjenja bola. Na frekvencijama i intenzitetima koji se koriste klinički, TENS aktivira aferentna vlakna velikog prečnika. Ovaj aferentni ulaz šalje se centralnom nervnom sistemu da aktivira silazni inhibitorni sistem za smanjenje hiperalgezije. Konkretno, blokada aktivnosti neurona u sivoj masi, rostralna ventromedijalna medula (RVM) i kičmena moždina inhibiraju analgetske efekte TENS-a, pokazujući da se TENS analgezija održava tim putevima.

Paralelno sa tim, studije kod ljudi sa fibromijalgijom pokazuju da TENS može obnoviti centralnu modulaciju bola, mjeru centralne inhibicije.

Prilikom postavljanja elektroda predlaže se alternativni put postavljanja elektroda na lumbalni region radi terapijske stimulacije kroz neoštećena nervna vlakna. Alternativni tip je prihvatljiv iz više razloga: a) kod DPN mijelinska vlakna velikog prečnika mogu biti oštećena a vjeruje se, da upravo analgetski mehanizam visokofrekventnog TENS-a je kroz ovaj tip vlakana, tako da postavljanjem elektroda na ovaj region obezbjeđuje se prenos impulsa kroz neoštećena vlakna; b) drugi razlog za aplikaciju elektroda na alternativni region je izbjegavanje kožnih, vaskularnih i mekotičnih promjena na donjim ekstremitetima koje mogu da budu prisutne kod DPN, kao i c) izbjegavanje iritacije, hiperpatije, alodinije i izostanka protektivnog senzibiliteta na donjim ekstremitetima (100,101).

Pored navedenih fizikalnih agenasa kao dodata terapija u liječenju DPN koristi se kinetoterapija koja predstavlja jednu od vrsta fizikalne terapije a i jednu od metoda rehabilitacije.

2.1.3 Neuropatski skorovi za praćenje efekata terapije

Liječenje neuropatskog bola zahtijeva i prepoznavanje komponente bola i za razliku od liječenja nociceptivnog bola, složenije je i ima ograničen uspjeh u optimalnoj kontroli bola. Generalno, neuropatski bol se smatra hroničnim, ili kontinuirano traje ili se manifestuje ponavljajućim bolnim epizodama, i obično nije ograničen prirodnim procesom zarastanja ili liječenja osnovne bolesti. Danas su u upotrebi brojni testovi i uputnici čija je uloga da na što jednostavniji način evidentiraju karakteristike bola a da je njihova reprodukcija zasnovana na naučnoj literaturi. Prisutni su i prošireni testovi koji procjenjuju ozbiljnost bolnog stanja i obuhvataju onesposobljenost pacijenta, uznemirenost kao i uticaj psiholoških i socijalnih karakteristika.

Tabela 10. Testovi ispitivanja neuropatskog bola

Ime testa	Opis	Senzitivnost	Specifičnost	Autor I godina
LANSS	5 neuropatskih pitanja 2 klinički ispitana neuropatska znaka	82 - 91%	80 - 94%	Bennett 2001

NPQ	10 senzorno povezanih pitanja 2 posledica na funkciju	66%	74%	Krause 2003
DN4	7 neuropatkih pitanja 3 klinički ispitana znaka	83%	90%	Bouhassira 2005
painDETECT	7 senzornih pitanja 5 prostornih karakteristika bola	85%	80	Freynhagen 2006
ID-Pain	5 senzornih pitanja 1 lokacija bola	Nije registrovan	Nije registrovan	Portenoy 2006

- LANSS The Leeds Assessment of Neuropathic Symptoms and Signs
- NPQ Neuropathic Pain Questionnaire
- DN4 Neuropathic Diagnostic Questionnaire
- painDETECT questionnaire
- ID- Pain IDentification Pain questionnaire

Kako su prisutni različiti farmakološki i nefarmakološki oblici tretmana u liječenju bola kod DPN, imperativ je klasifikacija bola i korišćenje jednostavnih validnih testiranja. Testovi u Tabeli 10. ispituju karakteristike bola, i mogu se koristiti u kliničkoj praksi kao i u epidemiološkim studijama.

Ispitivanja koja sadrže neuropatski testovi su (102,103,104):

I Negativni simptomi

a) Hipoestezije koja se ispituje dodirrom pomoću pamuka, slikarskom četkom ili sl.

koji predstavlja ne-bolni nadražaj, a očekivani patološki odgovor je smanjena percepcija, utrnulost

b) Smanjen vibracioni senzibilitet se ispituje vibracionom viljuškom koja se postavlja na zglob a patološki odgovor je izostanak percepcije

c) Hipoalgezija je smanjena osjetljivost na oštar dodir putem igle ili sl. a očekivani patološki odgovor je smanjena percepcija ili neosjetljivost

d) Termalna hipoestezija je smanjen osećaj na hladnoću ili topli nadražaj a ispituje se preko kontakta kože sa predmetima od 10 ° C (metalni valjak, čaša sa vodom, rashladne tečnosti kao što je aceton) ili dodiruje se koža predmetima 45 ° C (metalni valjak, čaša sa vodom). Očekivani patološki odgovor je smanjena percepcija.

II Spontane senzacije bola

a) Parestezije su ne - bolna senzacija kontinuiranog osjećaja „puzanja“ po koži čiji intenzitet ima gradaciju od 1-10 na površini u cm².

b) Paroksizmalni bol je pucanje električnih napada u sekundi, određuje se broj u određenom vremenskom intervalu i intenzitet stepena je od 0–10; određuje se prag za evokaciju.

c) Površni bol je bolan osjećaj, često peckanje, žarenje koji se gradi u intenzitetu stepena (0–10) na površini u cm².

III Provocirani bol

a) Alodinija je bol izazvan ne-bolnim nadražajem a manifestuje se u oštrim bolom i osjećajem žarenja u primarnoj zoni, odnosno u zoni dodira, i širi se na okolno područje i to je sekundarna zona širenja bola

b) Hiperalgezija je dubok bol koji nastaje nakon pritiska na kožu i neadekvatan je očekivanom odgovoru na intenzitet pritiska.

2.2. Prevencija i liječenje periferne vaskularne bolesti

Programi vježbanja kao dio prevencije PAD, a u kombinaciji sa liječenjem faktora rizika, imaju višestruki značaj. Glavni ciljevi su: smanjenje bola u donjim ekstremitetima, poboljšanje kapaciteta za vježbanje i povećana aktivnost čime se utiče na smanjenje onesposobljenost osoba sa PAD, i smanjenje rizika za kardiovaskularni događaj.

Prvi dokazi o efikasnosti vježbanja kod PAD datiraju iz 1966. i u narednom periodu pa do danas veliki je broj randomizovanih studija koje podržavaju efekte vježbanja na funkcionalni status i kvalitet života (105). Optimalno dizajnirani programi vježbi predstavljaju obaveznu terapijsku mjeru u protokolu liječenja vaskularnih bolesnika (106). Tradicionalni pristupi podrazumijevaju primjenu dinamičke kontrakcije u toku aktivnih aerobnih vježbi i treninga hoda kod periferne arterijske bolesti. Program se

pravi individualno i prilagođava opštem zdravstvenom stanju, vodeći računa da opterećenje ne ugrozi i pogorša kardiopulmonalni status. Aktivni kineziterapijski trening se primjenjuje u I i II ishemijskom stadijumu arterijske bolesti, sa 2/3 maksimalnog opterećenja koji izaziva klaudikacioni bol. Primjenjuju se vježbe koje aktiviraju muskulaturu distalno od mjesta okluzije. Aktivnim kineziterapijskim postupcima dolazi do povećanja protoka krvi koji omogućava povećan dovod i poboljšano korišćenje kiseonika u tkivima, porast glikolitičko-oksidativnih procesa, smanjeno nagomilavanje štetnih materija (107). Povećana fizička aktivnost iziskuje povećan zahtjev za krvlju, te dolazi do razvoja kolateralnog krvotoka. Povećava se funkcionalna sposobnost donjih ekstremiteta, duži hod uz manji napor.

Kod hroničnog venskog zastoja, sinergičnim kontrakcijama mišićnih grupa pojedinih segmenata, aktivacijom plantarne, potkoljene i natkoljeno-bedrene mišićne pumpe, putem aktivnih vježbi i korišćenje dinamičkih uređaja (ergobicikl, funkcionalne mašine), povećavanjem pritiska unutar fascijalnih omotača, pospješuje se kretanje venske krvi ka srcu i pražnjenje inter i intramuskularnih vena (108).

Efekti vježbi na arterijsku insuficijenciju:

- poboljšanje trofike kože, kolorita i temperature
- značajno je povećanje vrijednosti ASPI (Ankle Systolic Pressure Index), veće od 0,15
- klaudikacioni interval produžen za više od 50%
- smanjenje subjektivnih tegoba

Efekti kineziterapije na vensku insuficijenciju:

- smanjenje edema i poboljšanje trofike kože
- smanjenje subjektivnih tegobe

U toku vježbanja postoji povećana potreba mišića za kiseonikom i hranljivim materijama koje se obezbjeđuju protokom krvi. Kod periferne vaskularne bolesti usled strukturalnih ili funkcionalnih prepreka smanjuje se obezbjeđivanje metaboličkih potreba mišića lista potkoljenice i time se smanjuje i kontraktilnost mišićnih vlakana. Ovaj smanjen protok krvi utiče na dodatna pogoršanja endotela krvnih sudova. U ispitivanjima pomoću kompjuterizovane tomografije, navodi se veći procenat masnog tkiva u mišićima lista u odnosu na mišićno tkivo i ove su promjene direktno povezane sa stepenom ishemije (108).

Izvođenje Tredmil vježbi sa graduiranim ili konstantnim opterećenjem jedna je od često primjenjivanih metoda provjere izdržljivosti mišića u toku hoda kod osoba sa PAD. Testiranje je prije i poslije intervencija i procjenjuje se klaudikaciona distanca. Prednost u procjeni se daje promjeni opterećenja u toku hoda. Pored testova hoda na

traci, može se koristiti i 6-minutni test hoda koji simulira hod u svakodnevnom životu. Test kvaliteta života, Health-related quality of life (HRQoL), pokazuje sposobnost osoba sa PAD da funkcionišu u dnevnim aktivnostima.

U sistematskim pregledima Cochrane grupe, zaključuje se da kontrolisano vježbanje u tretmanu klaudikacija u odnosu na uobičajeni tretman, daje benefite: povećava se klaudikaciona distanca za više od 100 m i produžava se vrijeme pješaćenja za 5 minuta (109). Varijabilnosti u efektima liječenja uočene su kod promjena inteziteta vježbanja ili odstupanja od zadatog programa vježbi.

Tabela 11. Potencijalni mehanizmi djelovanja programa vježbi

Patofiziološki process	Funkcionalne posledice	Efekat vježbanja
Arterijska obstrukcija	Smanjen protok krvi	Minimalno povećanje kolateralne cirkulacije
Endotelialna disfunkcija	Smanjena vazodilatacija Smanjena elastičnost arterija Poremećaj hiperemije kao odgovor Poremećaj remodeliranja arterije	Poboljšanje vazodilatacije zavisne od azot-oksida
Mitohondrijalna disfunkcija	Smanjena produkcija energije Smanjena utilizacija kiseonika Povećanje slobodnih radikala kiseonika Smanjenje sadržaja skeletnih mišića	Povećanje energije u mitohondrijama Povećanje mitohondrijalne biogeneze (na životinjskim modelima)
Aktivacija inflamacije	Neželjeno remodelovanje mišića Pojačana arterosklerotska progresija	Smanjeni markeri sistemske upale

- Tabela preuzeta iz : Hamburg NM, Balady GJ. Exercise Rehabilitation in Peripheral Artery Disease: Functional Impact and Mechanisms of Benefits. *Circulation*. 2011 4; 123(1): 87–97 (110).

Pacijent hoda na zadatoj radnoj traci (dužina u m) na kojoj ima iskustvo klaudikacije; nastavlja sa hodom do pojave simptoma ishemije, odnosno bola u listu ocijenjenog od blagog do umjerenog (ocjena 3-5); tada se prestaje sa hodom sve dok se bol potpuno ne povuče; proces vježbe / odmor, treba ponoviti. Progresija ove vrste vježbi se nastavlja dok pacijent ne postigne hod 8 minuta trajanja bez pojave simptoma bola. Ukupno vrijeme trajanja programa je 50 minuta uključujući i odmor.

Važno je napomenuti da je PAD rasprostranjeniji kod pacijenata sa šećernom bolešću i povezana je sa lošijom prognozom nego kod nedijabetesnih osoba, tako da je dijabetesnim osobama potreban intenzivniji tretman da bi se smanjio kardiovaskularni rizik, jer se dijabetes smatra nezavisnim faktorom rizika za aterotrombozu.

Stil života je jedan od važnih faktora koji ima ulogu u prevenciji vaskularnih komplikacija i preporuke se uglavnom fokusiraju na nekoliko oblasti: unos hrane, kontrola nivoa glukoze u krvi, kontrola nivoa lipida u krvi, regulisan krvni pritisak i aktivnost.

2.3. Tretmani biomehaničkih promjena stopala

Razumijevanje uzroka biomehaničkih i kinetičkih promjena koje su posledica komplikacija dijabetesa je polazni osnov za plan intervencija. Strategije planiranja intervencija moraju da obuhvate strukturalne i funkcionalne promjene koje se uzimaju u obzir kao faktori koji mogu determinisati razvoj dijabetesnog stopala. Deficiti u mišićnoj masi i jačini na donjim ekstremitetima uzrokujuće smanjenje funkcionalnog kapaciteta, promjene u hodu, slabiju ravnotežu i česte padove. Učestalost pada kod osoba sa dijabetesom bila je predmet brojnih istraživanja. U studiji kohorte Wallace et al. (112) prijavljena je incidenca 1,25 po osobi sa dijabetesom na godišnjem nivou a balans i hod su se pokazali kao značajne i nezavisne varijable koje utiču na učestalost pada. Pored mišićnih deficita, čest nalaz kod dijabetesnih osoba sa i bez neuropatijom je ograničena pokretljivost zglobova i ona je svakako veoma značajan faktor koji utiče na deformitet stopala i druge komplikacije na stopalu. Uzroci su uglavnom promjene periartikularnih struktura kao što su ligamenti, tetive, zglobna kapsula i mišići. Značajna iskustva su da se nakon nekoliko nedelja terapije vježbama mogu evidentirati poboljšanja. Jedna od najčešćih promjena je skraćenje Achillov-ove tetive i kao posledica te promjene javlja se ograničenje dorzifleksije u skočnom zglobu (113).

Jedna od ključnih intervencija koja ima neposredne a i dugoročne benefite kod osoba u riziku za razvoj DF su vježbe. U strategiji plana intervencije, ako se primjenjuju vježbe, važno je odlučiti da li je potrebno primijeniti strukturirane programe vježbi pod nadzorom ili su to opšti programi vježbi koji se mogu primijeniti bez nadzora. Postoje važni dokazi o efikasnosti redovne fizičke aktivnosti kao metode u primarnoj i sekundarnoj prevenciji dijabetesa i dijabetesnog stopala. Već je pomenuto da redovna fizička aktivnost kod osoba sa dijabetesom smanjuje tjelesnu težinu, poboljšava kontrolu glukoze u krvi i osjetljivost na insulin, što sve zajedno dovodi do smanjenog rizika od razvoja neuropatije (114) a, takođe, vježbe imaju pozitivne efekte na mikrovaskularnu funkciju i oksidaciju masti, smanjenje oksidativnog stresa i povećanje neurotrofnih faktora. Ako bi se primjenjivala neka od pođela vrste vježbi, generalno bi se razmatrale vježbe usmjerene na problem.

Jedan od problema je svakako mišićna slabost. Vježbe za mišićnu disfunkciju se primjenjuju kod mišićne slabosti i atrofije. U toku stajanja i hodanja mogu se evidentirati promjene u aktivnosti mišića kod osoba sa DPN. Nekoliko studija pokazuju promjene u kontrakcijama mišića agonista i antagonista a kao posledica izmijenjene aktivnosti je evidentirana ranija aktivacija rektus femorisa pri kontaktu pete o tlo, u fazi stajanja kašnjenje aktivnosti gastrocnemiusa, kašnjenje rectus femorisa i glutealne muskulature u terminalnom zamahu. Ove izmenjene mišićne aktivnosti se mogu povezati sa usvajanjem sigurnijeg i stabilnijeg hoda i takva odstupanja kod dijabetesnih bolesnika uzrokuju druge alteracije na stopalu koje se pogoršavaju izostankom protektivnog senzibiliteta stopala. Manji kapacitet mišića da se zaustavi njihanje tijela neposredno nakon udara pete, dovode do produženog povećanja PP prednjeg dijela stopala. Protokoli za vježbanje uključuju određivanje vrste vježbi, intezitet i učestalost na nedeljnom nivou uz pravljenje optimalnih kombinacija. Predložene vrste vježbi obuhvataju: vježbe obima pokreta, vježbe jačanja mišića, vježbe balansa i hoda i aerobne opšte vježbe. Posebna populaciona grupa sa aspekta vježbanja su stariji sa dijabetesom tipa 2 kod kojih je DPN zastupljena preko 50%. U revijalnom članku Cadore et al. (115) razmatrane su preporuke strategije treninga koji poboljšavaju funkcionalni kapacitet tjelesno slabih starijih odraslih, koje su izvedene iz pregleda naučne literature. Poseban fokus revijalnog članka su programi vježbanja pod nadzorom čiji efekti su se ticali poboljšanja snage mišića, smanjenja rizika od pada, poboljšanje ravnoteže i sposobnosti hoda. Programi vježbanja prilagođeni ovoj populaciji pokazali su se efikasnim. Ove intervencije, poput treninga otpora, treninga ravnoteže, treninga izdržljivosti, treninga koordinacije, više-komponentne vježbe (simultani trening snage, izdržljivosti i ravnoteže) i Tai Chi, dale su blagotvorne efekte na određene funkcionalne parametre kod slabih starijih osoba. Pretpostavlja se da više-komponentni programi vježbanja koji uključuju trening otpora rezultiraju većim ukupnim poboljšanjima, jer ova vrsta intervencije stimuliše nekoliko komponenata fizičkog zdravlja, poput snage, kardio-

respiratorne kondicije i ravnoteže. Testiranja za prećenje vježbi koja se preporučuju su: 6-minutni test hoda, Test ustani i kreni, Romberg skala ravnoteže, Test stajanja na jednoj nozi, testovi snage pomoću izokinetičkih i izometrijskih dinamometara.

Jedan od kombinovanih kontrolisanih setova vježbanja za poboljšanje mišićne snage i balansa, predstavljen je u studiji Richardson et al. (116) u cilju ispitivanja efekata i rizika programa vježbi, trajao je tri nedelje i izvođen je svakodnevno. Plan tretmana je obuhvatao:

- I. Zagrijavanje (aktivne vježbe otvorenog lanca u skočnom zglobu); ispitanici su svakom nogom pisali abecedu u vazduhu pomjerajući zglob.
- II. Podizanje na prste i podizanje na pete (podizanje prednjeg dijela stopala kao ravnoteža na peti). Ispitanici su to radili što je brže moguće, koristeći podršku po potrebi. Ispitanici su započeli jednim setom od 10 vježbi i povećavali za 1 set na svakih 5 sesija vježbanja, ukupno 3 seta.
- III. Bipedalna inverzija i everzija. U ovoj vježbi, centar mase ispitanika je pomjeren bočno, vježbe su u cilju jačanja invertore i evertore stopala kroz vježbe zatvorenog lanca. Cilj je da se vježba uradi bez upotrebe gornjih ekstremiteta, ali po potrebi se koristi podrška. Ispitanici su započeli 10 ponavljanja u svakom smjeru i povećali na 2 seta od 10 ponavljanja.
- IV. Unipedalno podizanje na pete i prste. Potrebno je da ispitanici pokušaju da izvedu probu brzo - čak i ako to nije bilo moguće. Ispitanici su započeli sa 5 ponavljanja svake vježbe i povećali se na 10 ponavljanja nakon 5 sesija, a zatim na 2 seta od 10 posle 10 sesija.
- V. Unipedalna inverzija i everzija. Ispitanici su stopala okrenuli i prevrnuli stojeći na njemu da bi izazvali ravnotežu i stvorili vježbu zatvorenih lanaca invertora i evertora. Očekivalo se da će većina ispitanika ovaj zadatak smatrati izazovnim, pa su po potrebi koristili ruke za ravnotežu. Ispitanici su započeli sa 1 setom od 5 ponavljanja u svakom smjeru i povećali se na 10 ponavljanja nakon 5 sesija.
- VI. Oslanjanje o zid. Ispitanici su započeli dvonožnim klizačima sa fleksijom koljena maksimalno oko 45 °. Izveli su 3 seta od 10. Posle 5 vježbi prvi set je izveden na svakoj nozi.
- VII. Provjera jednostrane ravnoteže u vremenu. Tri pokušaja na svakoj nozi.

Program vježbi za jačanje mišića potkoljenice i stopala dao je rezultat poboljšanja balansa uz veoma mali rizik. Vježbe za ravnotežu kao intervencija su korisne i ako se koriste kao pojedinačne a i kad se koriste u kombinaciji sa drugim vrstama vježbi. Cilj intervencija je da se postigne statička i dinamička ravnoteža odnosno da se izbjegnu antero-posteriorna njihanja kao i medio-lateralna nestabilnost.

Postoje preporuke da vježbe sa opterećenjem kod osoba sa dijabetesom i sa neuropatijom mogu povećati rizik za razvoj dijabetičnog stopala. U tu svrhu jedno od značajnih ispitivanja je u "Feet First" randomizovanoj kontrolisanoj studiji (117) u kojoj je ispitan program vježbi pod nadzorom i program vježbi u kućnim uslovima. Program je bio bezbjedan a studija je pokazala da su manji rezultati postignuti u vježbanju bez nadzora.

Nivo 1

Stajanje na jednoj nozi, obje ruke potpora oslonca
Rotacija kukova 30 stepeni
Rotacija ramena 30 stepeni
Koljena podignuta, sjedenje, ruke sa strana
Sjedenje na lopti na naduvavanje, hvatanje bačene lopte
Podizanje na prste 10 puta

Nivo 2

Stajanje na jednoj nozi, jedna ruka potpora oslonca
Hodanje sa opruženim rukama, u sali
Korak bočno, obje šake podrška oslonca, 10 koraka 4 ponavljanja
Marš dok sjedi
Koljena podignuta, sjedenje, ruke preko grudi
Stajanje na petama, potpora jednom rukom
Hod u obliku osmice, dva puta, podrška jednom rukom
Hod unazad, podrška jednom rukom
Inverzija i everzija stopala podrška uz obje ruke set 20, 2 seta

Nivo 3

Stajanje na jednoj nozi, bez ruku
Hodanje sa presavijenim rukama
Korak postrance, jedna ruka, 10 koraka, 4 puta
Pri stajanju ukrstiti noge preko članaka
Pri stajanju savijanje u nogama prema horizontali
Stajanje na petama
Tandem hod, jedna ruka, 10 koraka, 4 puta
Hod u obliku osmice, bez ruku
Hod preko neravne površine
Stajanje na prstima na jednom stopalu, jedna ruka

Nivo 4

Marš pri stajanju
Hod sa skretanjem

Tandem hod bez ruku, 10 koraka, 4 puta
Hod na petama i prstima, 10 koraka, 4 puta
Bočni hod, bez ruku, 10 koraka, 4 puta
Hod unazad bez ruku
Stavka 12. Berg Balans Skala bez ruku
Inverzija i everzija stopala, sa jednom rukom uvijek, na jednoj nozi 1 set
Balans na jednoj nozi 10 s, 3 puta u 1s

Ova studija ima preporuke kako se sprovode vježbe kroz niveoe. U prvoj fazi postepeno povećavanje aktivnosti dovodi do adaptacije mekih tkiva stopala na stres; sprovođenje individualnog programa vježbi za jačanje mišića donjih ekstremiteta i poboljšanje balansa, uz nadzor 1 do 3 mjeseca, po 8 sesija mjesečno. U drugoj fazi, nakon uspješno sprovedenih 8 sesija, potrebno je da se napravi plan hoda u skladu sa fizičkim, društvenim i ekološkim ograničenjima, uz dodavanje minimalno 100 koraka na dvije nedelje dnevne aktivnosti, od 14-12 mjeseci nastavlja se plan hoda uz javljanje centru radi uključivanja programa savladavanja prepreka. U "Feet First" studijama se sugerije da je kompletno sprovođenje programa vježbanja u kućnim uslovima bez nadzora bezbjedno, ali se pokazalo da su rezultati slabiji u odnosu na sprovođenje programa uz stručni nadzor. Rezultati ovih studija su uticali na korekciju smjernica od strane ADA i ACSM 2010. (118).

Sugestije brojnih studija koje su ispitivale uticaj vježbi na ograničen obim pokreta u zglobovima, devijacije u hodu i povećani plantarni pritisak, su da programi vježbi po strukturiranom obrascu mogu da imaju izuzetan klinički značaj za poboljšanje i održavanje biomehanike stopala u obnavljanju fiziološkog obrasca. Rezultati vježbanja mogu smanjiti maksimalni PP tokom svakodnevnih životnih aktivnosti i time se značajno utiče na smanjenje rizika za razvoj ulceracije na stopalu. Poznato je, da se ravnoteža i propriocepcija kod osoba sa dijabetesom, mogu poboljšati za samo nekoliko nedelja sprovođenja vježbi (119). Tri nedelje vježbanja kod osoba sa DPN daje dobre rezultate u poboljšanju mišićne snage donjih ekstremiteta i stabilnosti (116), a kod starijih osoba ta poboljanja su mjerljiva nakon šest nedelja terapije vježbama.

Drugi problem koji zahtijevu analizu i vježbe kod osoba sa rizikom za razvoj dijabetesnog stopala je poremećaj hoda. Do sada su opisane razne promjene u hodu kod osoba sa dijabetesom i DPN, kao što su smanjena brzina hoda, varijabilnost u dužini koraka, duže trajanje faze oslonca, kao i promjene parametara u kinetičkim analizama (reakcija podloge, pomjeranje centra pritiska i dr.). Malo je poznato, koje su to strategije u liječenju korisne u poboljšanju dinamičkog balansa i hoda. Strategije primjene programa vježbi za prevenciju pada, kod starijih osoba pokazale su pad stope padova za 4%. Smatra se prihvatljivim primjena ovih programa vježbi kod osoba sa dijabe-

tesom i DPN, vodeći se time da stariji ljudi pokazuju slične simptome kao i starije osobe sa DPN (dekondicioniranost, ograničen obim pokreta u zglobovima, mišićna slabost). Studija Alert et al. (119) je u svom ispitivanju koristile intervencije tipa vježbi orjentisanih na funkcionalni zadatak. U randomizovanom kontrolisanom ispitivanju intervencija se sastojala od fizioterapeuskog grupnog treninga, uključujući vježbe hoda i ravnoteže sa funkcionalno orijentisanim jačanjem (dva puta nedeljno tokom 12 nedelja). Kontrolna grupa nije bila u programu vježbanja. Hod, ravnoteža, strah od padova, mišićna snaga i pokretljivost zgloba mjereni su na početku, nakon intervencije i tokom 6-mjesečnog praćenja. Trening se održavao dva puta nedeljno po 60 minuta tokom 12 nedelja. Ovaj intenzitet je odabran na osnovu prethodno razvijenih uspješnih intervencija kod starijih osoba (120). Svaka sesija je održavana u grupama (pet do osam učesnika) u cilju promocije dugoročnog učešća, program su nadzirali i vodili fizioterapeut i asistent. Četiri različita fizioterapeuta i četiri asistenta bili su obučeni za vođenje sesija kako bi se garantovao kontinuitet. Sesija se sastojala od zagrijavanja (5 min), nakon čega je sledio kružni trening (40 min) koji uključuje vježbe hoda i ravnoteže. Svaka sesija bila je sastavljena od seta od deset zadataka. Zadaci za ravnotežu i hodanje (stav na peti / nožnim prstima, tandemski stav, stav jedne noge, različite vrste hodanja) smjenjivali su se sa vježbama funkcionalne snage i izdržljivosti (sjedenje u stojećem položaju, hodanje uz i niz strmu ravan, penjanje stepenicama i mini poskoci). Svaki zadatak se izvodio dva puta po 1 minut, a složenost zadatka se mogla progresivno povećavati, npr. prelazak sa stabilnih na nestabilne površine (klimava ploča), povećavajući visinu koraka. Sesije su upotpunjene interaktivnim igrama (npr. Badminton, trka sa preprekama u timovima) (10 min) i kratkom sesijom povratnih informacija sa predlozima za pojedinačne kućne vježbe (5 min). Kako se trenutno pacijentima sa dijabetesom ne nudi poseban program hoda i ravnoteže, kontrolna grupa nije dobila ni tretman ni specifične savjete. I interventnoj grupi i kontrolnoj grupi bilo je dozvoljeno da nastave sa uobičajenim slobodnim aktivnostima.

Značaj ovog ispitivanja je da su rezultati potvrdili da se hod i ravnoteža kod ovih pacijenata mogu istovremeno poboljšati ciljanom intervencijom. Pacijenti iz interventne grupe povećali su brzinu hoda, ravnotežu, snagu mišića i pokretljivost zglobova i smanjili strah od pada. Kinetička analiza hoda na neravnim površinama pokazala je promjene u dužini hoda i u daljoj analizi ove problematike rezultati su pokazali da ovaj program vježbi ima pozitivne efekte na parametre hoda po neravnim površinama što je značajno za ovu populacionu grupu u cilju prevencije pada u svakodnevnim aktivnostima.

Jedne od bitnih vrsta vježbi koje imaju uticaja na poboljšanje hoda su vježbe za jačanje mišića donjih ekstremiteta. Kod pacijenata sa dijabetesom i DPN, pregledni članak koji su objavili White et al. (121) ističe da nema dovoljno dokaza koji podržavaju

efekte jačanja donjih ekstremiteta i uticaja ove intervencije na poboljšanje njihovog kvaliteta života. Međutim, svi rehabilitacioni protokoli ovog pregleda postigli su generalizovano jačanje mišića, bez specifičnosti odabira najugroženijih grupa mišića kao što su unutrašnji mišići potkoljenice i stopala. Poseban program jačanja za ove mišićne grupe (unutrašnji i spoljašnji mišići stopala), povezan sa poboljšanjem obima pokreta i funkcionalnim treningom stopala tokom hoda, još nije proučavan. Pojedine studije su proučavale upravo strategije hoda: u studiji Pataky et al.(121), 13 pacijenata sa DPN obučeno je da smanji plantarni pritisak tokom hodanja sa jastučima sa instrumentima koji mjere plantarni pritisak. Trebalo je da uđu u novu samo-strategiju kako bi izveli najmanje sedam kompletnih koraka, postigavši cilj od 40-80% smanjenja maksimalnog plantarnog pritiska, na određenim plantarnim područjima za koja se smatra da imaju rizik od ulceracije. Period treninga bio je oko jedan sat dnevno. Značajno smanjenje vršnog pritiska primijećeno je u periodima zadržavanja (posle 30 minuta, nakon jednog dana, pet dana i deset dana), iako je maksimalni pritisak porastao na kraju desetog dana. Međutim, pacijenti koji su prošli obuku nisu imali ozbiljnu neuropatiju, sa deformacijama stopala ili ograničenim pokretima u zglobovima, faktorima za koje je dobro poznato da mogu da uzrokuju ulceracije stopala. Još jedno ograničenje ove studije bilo je to što nije postojala kontrolna grupa. Slično ispitivanje sprovedeno je u studiji York et al.(122) u kojoj su ispitanici sa DPN učili novu šemu hoda pod vizuelnom kontrolom a u cilju smanjenja plantarnog pritiska na rizičnim tačkama. Motorno učenje se baziralo na pojačanoj aktivnosti mišića natkoljenice i pokretima kuka u pripremi faze njihanja u hodu, na taj način bi se smanjio pritisak na stopalu prilikom odizanja pete i prstiju, pretpostavljajući da pojačana aktivnost mišića zadnje strane potkoljenice uzrokuje i povećani plantarni pritisak u ovoj fazi hoda. Rezultati su pokazali da, upotreba strategije hoda kuka da bi se minimalizovao pritisak ispod prednjeg dijela stopala, nije smanjila maksimalni pritisak u predelu stopala, čak i uz pomoć instrumentalnih uložaka. Autori su ukazali na neka ograničenja ove studije, kratak period obuke i moguće uključivanje ne-neuropatskih pacijenata u interventnu grupu.

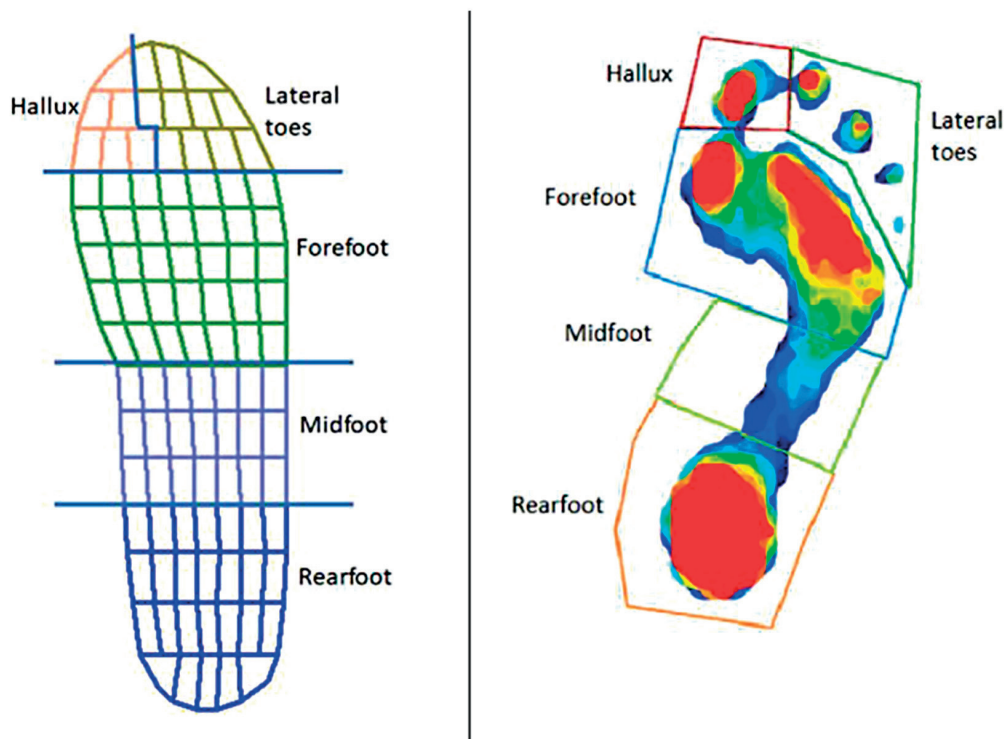
Ažuriranjem literature, treći problem prema kojem se usmjeravaju programi vježbi, je obim pokreta u zglobovima stopala, i pokazano je da vježbe obima pokreta u zglobovima stopala poboljšavaju stabilnost i smanjuju strah od pada, i time posredno utiču na bolju raspodjelu plantarnog pritiska. Još uvijek nije dovoljno istraženo koji od tretmana je značajan u predikciji ulceracije stopala a samim tim i prevenciji na duži period. Ako se pogledaju intervencije koje se primjenjuju na ovu populaciju, u preporukama su prisutne opšte vježbe donjih ekstremiteta za zglobove koljena i kuka, bez treninga malih zglobova stopala, koji igraju važnu ulogu u pokretima pro i supinacije stopala, pokretima inverzije i everzije stopala. Doprinos u ispitivanju efektivnog a bezbjednog programa vježbi, zabilježen je u studiji Sartor et al. (123) u kojoj su autori postavili hipotezu: a) predloženi specifični trening mogao bi poboljšati funkciju mišića i obim

pokreta u zglobovima stopala b) trening bi mogao da utiče na pokrete stopala tokom hoda, poboljšavajući raspodelu plantarnog pritiska i kinematiku donjih ekstremiteta. Iz ovako postavljene hipoteze, cilj je bio da se istraži efekat intervencije vježbanja na pokrete stopala tokom hoda, na obim pokreta u zglobovima stopala, efekat vježbi na mišićnu snagu i funkciju stopala i zglobni kompleks. Jedan od ciljeva je bio i da se ispita efekat vježbi na ravnotežu prilikom izvršavanja zadataka u hodu.

Terapijske sesije su se izvodile u četiri bloka vježbi, i sadržaji ovih blokova su bile vježbe prema cilju ili vježbe sa posebnim ciljevima: a) postizanje punog obima pokreta stopala i skočnog zgloba, b) jačanje mišića stopala i skočnog zgloba c) benefiti kroz funkcionalne vježbe stopala i d) trening hoda i trening pokreta stopala. Svaka sesija se sastojala od nekih vježbi iz ove četiri grupe. Program vježbi je imao graduiranu progresiju, pacijentu se prezentovala postepena progresija uz poštovanje svakog ograničenja zbog bola i / ili smanjenja sposobnosti izvođenja. Pored toga, u svakoj sesiji vježbe su se izvodile po redosledu koji započinje pasivnim vežbama, napreduje do aktivnih, a završava hodanjem i funkcionalnim vještinama (detaljan set vježbi je opisan u Additional file 1: Table S1 u referenci 123). Ovaj pristup intervencijama pokazuje da može da se postigne oporavak bar nekih od specifičnih deficita izazvanih DPN a ima svrhu u unapređenju motoričke integracije kroz pokrete stopala tokom hoda i preraspodelu plantarnih pritisaka prema postavljenom zadatku. Benefit studije je da se primjenom ovako dizajniranih vježbi pokažu rezultati koji utiču na smanjenje plantarnog pritiska na kontaktne površine i time preventivno delovati na razvoj ulceracije na stopalu.

2.3.1. Tretmani biomehaničkih promjena stopala – rasteretna sredstva

Neuropatski ulkusi na dijabetesnom stopalu javljaju se uglavnom na plantarnom prednjem dijelu stopala i odgovaraju područjima maksimalnog (vršnog) plantarnog pritiska. Caselli et al. (124) pokazali su da većina područja sa vršnim pritiskom, nalazi se u prednjim delovima stopala, kod težih formi dijabetesne neuropatie. Ograničeni obim pokreta u zglobovima prednjeg dijela stopala takođe će vjerovatno doprinijeti najvišim plantarnim pritiscima u tačkama prednjeg stopala. Iz tog razloga, plantarno mapiranje pritiska koristi se za vođenje izrade obuće i uložaka i procjenu njihove efikasnosti. Mapiranje se vrši elektronskim putem, korišćenjem softvera za obradu tako što se svaki elektronski otisak predstavi kao mapa podijeljena na deset lokacija. Lokacije uključuju plantarne površine haluksa i prstiju na nogama od drugog do petog prsta, metatarzalne glave od prve do pete kosti, sredinu stopala, bočno zadnje stopalo i medijalno zadnje stopalo. U pojedinim istraživanjima koriste se pritisci analizirani pomoću softvera u pet različitim lokacija stopala na osnovu funkcionalnih regiona i područja podložnih lokalnoj deformaciji: peta, srednji dio stopala, prednji dio stopala (metatarsus), peti prst i palac (125).



Fotografija 9. Mapiranje plantarne strane stopala

Searle MOsteo A, Spink MJ, Chuter VH. Validation of a weight bearing ankle equinus value in older adults with diabetes. J Foot Ankle Res 11. 2018; 62 <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0306-x>

Uobičajeni načini rasterećenja stopala su ortopedski prilagođeni ulošci i obuća. Rasterećenje u prilagođenoj obući često nije dalo dovoljno efikasne rezultate kod visoko rizičnih dijabetesnih stopala sa deformacijama. Najveće stope uspjeha u rasterećenju zabilježene su na poznatim lokacijama sa visokim rizikom, kao što su prethodne lokacije ulkusa i Charcot stopalo, najniže stope uspjeha su evidentirane pri rasterećenjima deformacija prednjeg dijela stopala. Velika promjenljivost ishoda rasterećenja pritisaka, naglašava potrebu za postupcima propisivanja i procjene zasnovanim na dokazima kako bi se osiguralo adekvatno rasterećenje. Poznato je da biomehanički faktori igraju važnu ulogu u razvoju dijabetesnog stopala i osobe sa dijabetesom i izostankom protektivnog senzibiliteta sa povišenim PP tri do četiri puta su u većem riziku za razvoj ulceracije u odnosu na osobe kod kojih nisu nađene lokacije na stopalu sa povišenim PP. Kapacitet rasterećenja poznat je kod već manifestnih ulceracija i varira u rasponu od 20-80%. Bus (126) apostrofira nekoliko nedoumica kada su u pitanju tretmani opterećenjem: značaj opterećenja u poređenju sa drugim faktorima koji doprinose etiologiji i liječenju ulkusa na dijabetesnom stopalu nije jasan; drugo, upotreba modaliteta rasterećenja u kliničkoj praksi je raznolika i često se ne slaže sa smjernicama zasnovanim na dokazima i treće, efikasnost i uloga rasterećenja u zarastanju komplikovanih neplantarnih ulkusa na sto-

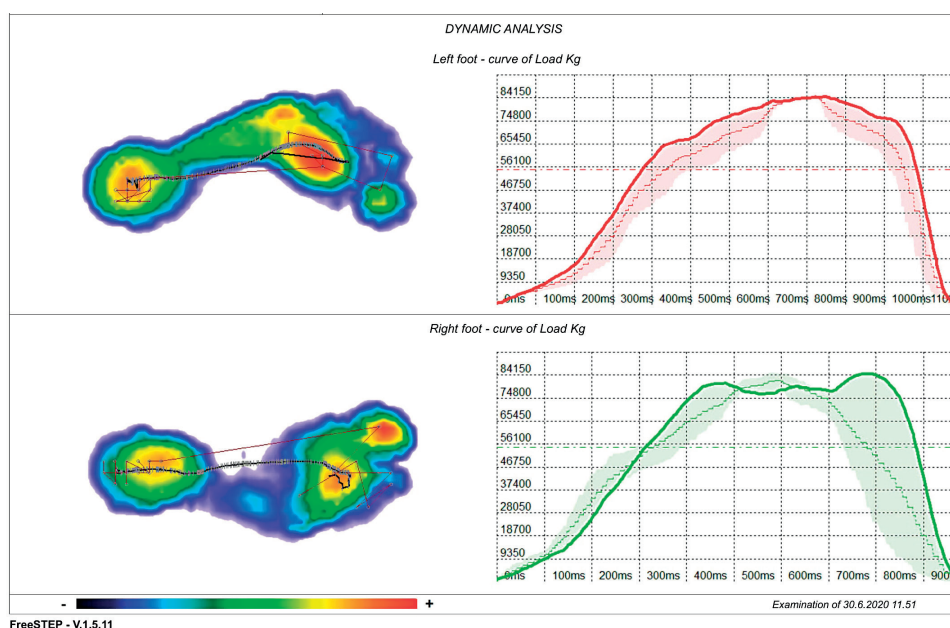
palima nisu jasno definisani. Kao bitan zaključak izdvaja se, da je u trenutno dostupnoj literaturi prevencija ulkusa nedovoljno istraživana u poređenju sa liječenjem ulkusa. Navedeni zaključci zahtijevaju učešće kliničara i naučna istraživanja.

Jedna od preporuka u tretmanu ulošcima ili ortopedskom obućom je kontinuirano nošenje. Vrijednost kontinuiranog, neprekidnog rasterećenja pritiska može se procijeniti u studijama koje pokazuju efikasnije zarastanje ulkusa na stopalima kada se koriste stalna rasteretna pomagala.

Opšti ili individualni kritični prag pritiska za ulceraciju malo je vjerovatno da se može odrediti, da bi se postigao prediktivni prag trebalo bi da postoje konsenzusi zasnovani na zajedničkoj procjeni parametara ponašanja u vezi sa bolestima i biomehaničkim promjenama. Za primarnu prevenciju, ne postoje na dokazima zasnovane preporuke za rasterećenje. Visoke stope recidiva ulkusa i dalje se javljaju kod osoba sa dijabetesom i pokazuju da postoji neefikasnost u održavanju rasterećenja. Različiti razlozi mogu objasniti zašto je toliko teško sprečiti recidiv ulkusa. Nekoliko razloga se tiče uloge propisane terapijske obuće. Iako je upotreba terapijske obuće za prevenciju recidiva ulkusa dobro prihvaćena u kliničkoj praksi, raspoloživi dokazi još uvijek nisu uvjerljivi. Ovo je vjerovatno povezano sa činjenicom da ne postoje smjernice zasnovane na dokazima ili standardizovani protokoli za propisivanje obuće za dijabetesno stopalo. Neki konsenzusni protokoli na ovu temu su objavljeni, ali njihova klinička efikasnost nije poznata. Posljedica je široka raznolikost metoda, materijala i dizajna koji se koriste na receptima za obuću, a koji ne poboljšavaju dosljednost u ishodu. Dizajn i ocjena obuće i dalje uglavnom zavise od kliničke ekspertize i vještina tima za dijabetesno stopalo. Kvantitativniji pristup, međutim, može dovesti do poboljšanja rasterećenja što može smanjiti rizik od ulceracije. Na primjer, prilagođeni ulošci koji su dizajnirani i proizvedeni pomoću analize pritiska bosih nogu, trodimenzionalnog mjerenja oblika stopala i računarski potpomognutih metoda mogu smanjiti maksimalne PP za 30% u poređenju sa tradicionalno dizajniranim i proizvedenim ulošcima po mjeri (127).

Deursen (128) u svom radu raspravlja o različitim aspektima mehaničkog opterećenja stopala i načinima smanjenja mehaničkog opterećenja u biomehaničkom smislu. Kao polazno pitanje i aspekt postavlja biomehaniku zdravog stopala tokom osnovnih svakodnevnih aktivnosti i veličinu mehaničkog opterećenja koje stopala moraju da podnesu. Drugo pitanje od važnosti su promjene u dijabetesnom stopalu koje dovode do povećanja mehaničkog opterećenja u poređenju sa normalnim stopalom i treće, razmatranje raznih intervencije koje se koriste za sprečavanje i liječenje ulkusa na plantarnoj strani stopala sa ciljem djelovanja na biomehaničku komponentu. Posmatrajući silu gravitacije pri stajanju, mišićna aktivnost joj se suprostavlja i po efikasnosti je jednaka. Pri stajanju, na tijelo deluje gravitaciona sila i projekcija težišta (gravitaciona

linija) ide ispred osovine skočnog zgloba (ispred centra površine oslonca) i nastaje rotatorni efekat gravitacije – ova sila teži da cijelo tijelo savije prema napred i u skočnom zglobu (teži da izvede pokret dorzalne fleksije). To se sprečava kontrakcijom mišića plantarnog fleksora – m.triceps surae. Na taj način se sprečava pad i tijelo se održava u ravnoteži. U stojećem stavu ovaj mišić je uvijek aktivan jer je projekcija težišta uvek ispred skočnog zgloba. Pri započinjanju hoda tijelo ide naprijed, površina oslonca se povećava, težina se prenosi na oslanjajuću nogu, težište se premješta naprijed. Kada gravitaciona linija bude tačno iznad skočnog zgloba, završava se inicijalna faza da bi se u fazi propulzije (odvajajući period) težište tijela i dalje kretalo naprijed i prelazi van granica oslonca (stopala). Izgubila bi se ravnoteža da druga noga tada ne dopre do podloge. Uzimajući u obzir da je u toku hoda tijelo samo 22% ciklusa u dodiru sa podlogom sa oba stopala, Deursen smatra da je hod značajan stresogeni faktor kod osoba sa dijabetesom i DPN. Skočni zglob i zglobovi stopala su angažovani u ciklusu hoda i različiti dijelovi stopala stupaju u kontakt sa podlogom tokom različitih faza ciklusa hoda. Kao rezultat, pritisak plantarne površina se mijenja u veličini i položaju dok sila reakcije podloge napreduju naprijed od pete do haluksa. Peta je u kontaktu sa podlogom tokom prvih ~64% faze stajanja. Prednje stopala i prsti su u kontaktu sa podlogom tokom poslednjih 59% faze stajanja. Prema tome, period kada su i peta i prednje stopalo u kontaktu sa podlogom (stopalo ravno), javlja se samo tokom srednjih 23% faze stajanja. Treće, sila reakcije podloge se razlikuju po veličini. Komponentu vertikalne sile karakteriše kriva dvostruke grbe (Fotografija 10); prvi vrh je povezan sa osloncem na petu, a drugi vrh je odbacivanje prednjim stopalom na kraju faze oslonca, Fotografija



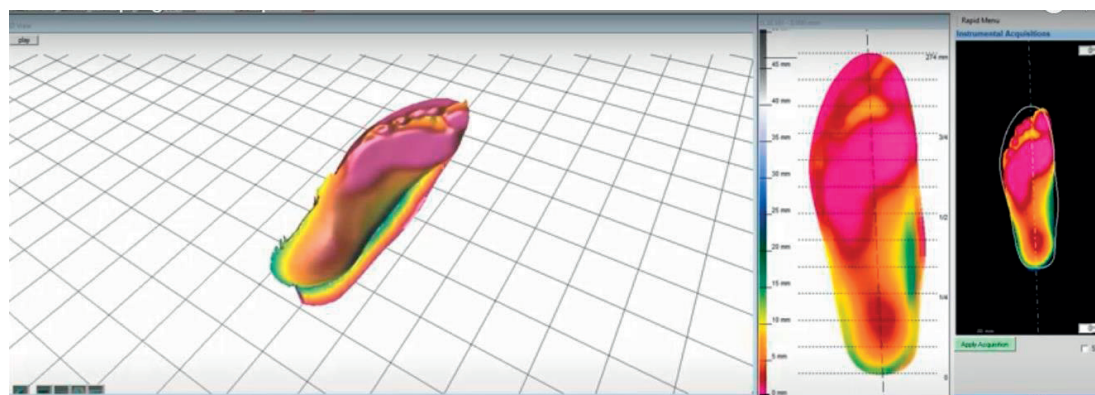
Fotografija 10. Sila reakcije podloge u fazi oslonca ciklusa hoda

User Manual and Step-by-Step Guide FreeStep Standard Version 2

<https://www.sensormedica.com/en/freemed-platforms/>

10 pokazuje odstupanje lijevog stopala i povećane plantarne pritiske u lokacijama I i II MT regije. Pri samoizabranoj brzini hodanja, ovi vertikalni vrhovi su ~1,2 puta veći od tjelesne težine, ali se to povećava brzim hodanjem do 1,5 puta tako da peta i prednji dio stopala imaju mnogo veći vršni pritisak od srednjeg dijela stopala. Najviši vršni pritisci obično se javljaju nad medijalnom metatarsofalangealnom regijom i palcem stopala.

Do sada se navedene brojne muskuloskeletne i neurološke promjene koje su u korelaciji sa razvojem dijabetesnog stopala. Jedna od njih je i smanjena apsorpcija udara u tkivima stopala što rezultira povećanim vršnim pritiscima u dinamičkim uslovima, kao što su udar pete u inicijalno fazi i odizanje prstiju u završnoj fazi oslonca u ciklusu hoda. Pokazalo se da se smanjena debljina plantarnog tkiva odnosi na povećani vršni plantarni pritisak. Nakupljanje zadebljale kože ispod prednjeg dijela stopala takođe je povezano sa povećanim plantarnim pritiscima u i povećanom riziku od ulceracije. Tehničke karakteristike je moguće preciznije odrediti uz pomoć pedobarografije na osnovu koje se konstruiše vrsta uložaka, i podaci dobijeni 3 D tehnikom dalje elektronski prosleđuju CAD/CAM tehnologiji izrade uložka, Fotografija 11.



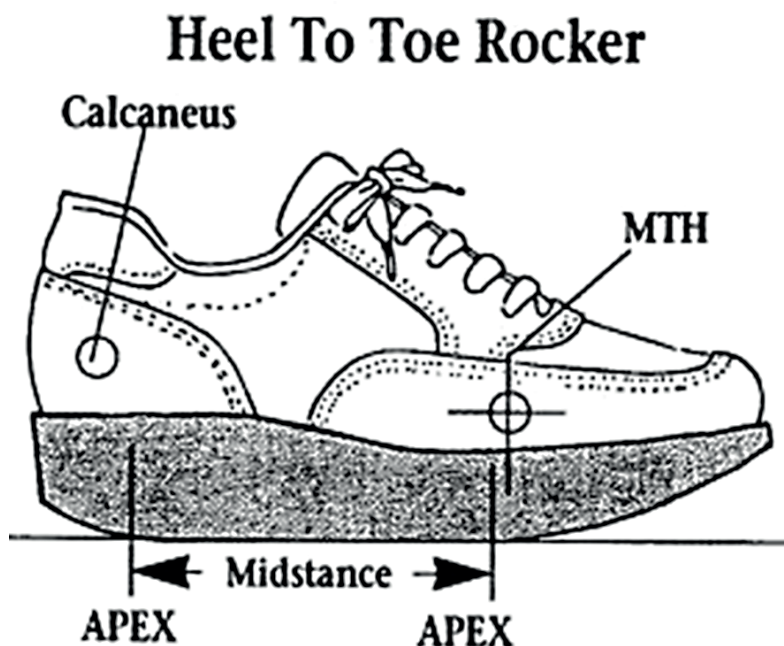
Fotografija 11. Elektronska analiza podataka za izradu uložka

User Manual and Step-by-Step Guide FreeStep Standard Version 2

<https://www.sensormedica.com/en/freemed-platforms/>

Dostupni su brojni mehanizmi za rasterećenje, ali očigledno nisu svi praktični. Potpuni odmor u krevetu i vezivanje za invalidska kolica se može primjenjivati u određenim težim slučajevima, ali je previše restriktivno za većinu pacijenata. U slučaju gojaznosti, smanjenje telesne težine bi bilo prikladno, ali pošto je za to potrebno vrijeme, realno se može koristiti samo za prevenciju, a ne za liječenje ulceracija u akutnoj fazi. Efekti pomagala koji se primenjuju pri hodanju u cilju da smanje sile reakcije podloge na stopala, nisu detaljno istraženi. Iako je pretpostavka da korišćenje štapa može da utiču na rasterećenje, nije se evidentirao njegov uticaj na smanjenje PP. Pacijenti bi mogli imati koristi od štaka, ali bi im bila potrebna dovoljna snaga gornjeg dijela tijela da bi njima

upravljali i morali bi da podnesu neprijatnosti koje ova pomagala za hodanje nameću. Primjena tvrdih uložaka je jedna od preporuka i ovim tipom uložaka postiže se ograničavanje dorzifleksije haluksa i nožnih prstiju. Cipele sa ovom vrsta uložaka obezbjeđuju da se izbjegne ravna osnova duž proksimalno-distalne ose stopala.



Fotografija 12. Ortopedska cipela sa ravnom tvrdom potplatom

Preporuke Australijskog Udruženja za Dijabetesno Stopalo (Australian Diabetes Foot Network) (129) promovišu terminologiju pomagala i multidisciplinarnost.

Preporuke naglašavaju udobnost, zaštitu i prilagođenost obuće:

- Unutrašnja dužina obuće treba da bude 1–2 cm duža od dužine stope mjereno od pete do najdužeg prsta kada osoba stoji. Potrebno je potvrditi odgovarajuću dužinu kada ljudi nose težinu dok nose obuću.
- Dubina bi se trebala prilagoditi nožnim prstima da se slobodno kreću bez izazivanja pritiska na medijalnoj, bočnoj ili dorzalnoj strani.
- Širina treba da bude jednaka širini svih dijelova stopala. Širina je dobra kada se gornji dio može malo povezati. Odnos između prednjeg i zadnjeg stopala je važan, jer smještaj širokog prednjeg dijela stopala može dovesti do preširoke pete.
- Visina obuće može biti niska, do članka ili visoka. Visoka obuća pruža veću čvrstoću, stabilnost i smanjuje kretanje zglobova. Osovina visoke obuće takođe doprinosi smanjenju pritiska na prednje stopalo.
- Uložak može da se ukloni, i takav uložak je potrebno po mjeri unaprijed proizvesti i prilagoditi. Primarna funkcija uložka je preraspodela pritiska. To se postiže princi-

pom povećanja kontaktne površine između stopala i uložka i dodavanjem korektivnih elemenata u uložak. Treba koristiti amortizujuće, mekane, ali dovoljno elastične i neklizajuće materijale.

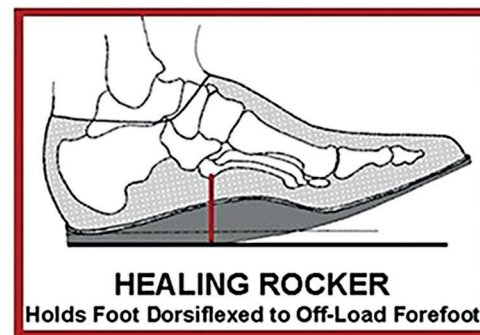
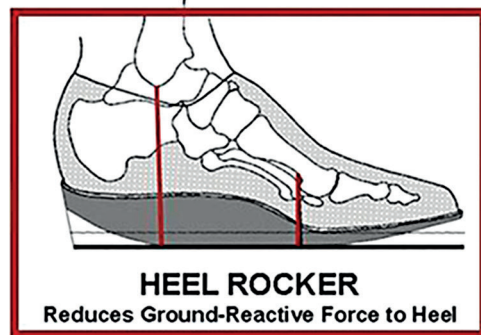
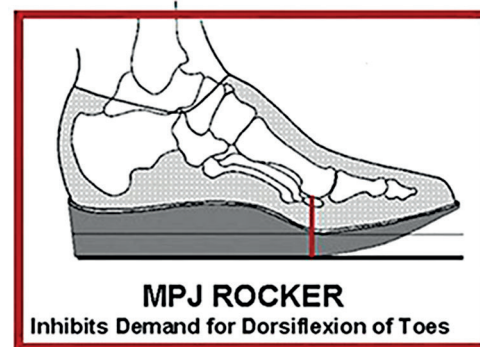
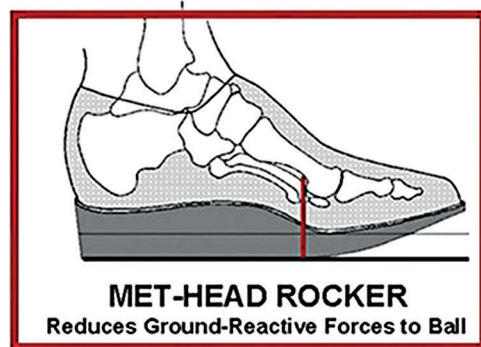
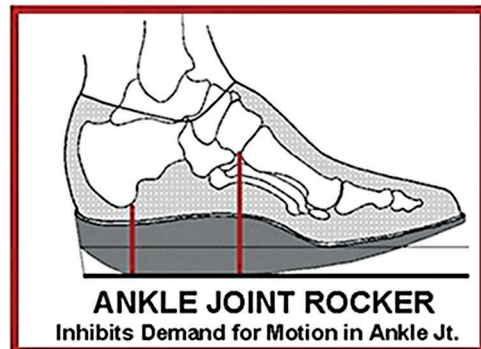
- Potplata je od gume, plastike i kože, smatra se da su gumene potplate superiornije. Potplate mogu biti gipke, ojačane ili krute. Cipelama ne smije biti elastičnija od stopala, jer će se tokom prebacivanja razviti trenje između stopala i cipele.
- „Rocker“ profili imaju dokazanu efikasnost u smanjenju plantarnih pritisaka, posebno prednjeg dijela stopala. Odabrani profil „klackalice“ zavisi od pogođenih zglobova i određuje se položajem vrha (tačka okretanja) i uglom od tačke okretanja do vrha nožnog prsta. Za smanjenje plantarnog pritiska u metatarsofalangealnim zglobovima, tačka okretanja mora biti proksimalno od ovih zglobova.
- Profil klackalice takođe utiče na ravnotežu; što su proksimalnije postavljeni, to je veći poremećaj ravnoteže. Zbog toga uvek treba uzeti u obzir ravnotežu osobe prilikom odlučivanja o rokerskom profilu.
- Preporučuje se adekvatno uklopljena i zatvorena potpetica
- Podizanje pete (ili razlika pete i prednjeg dijela stopala ili nagib) treba da bude obično 1,5–2 cm i ne bi trebalo da prelazi 3 cm
- Gornji dio treba da bude prozračan i izdržljiv i da ima sposobnost gipkosti na deformacije stopala bez rezultiranja pritiskom na područja stopala.
- Pored ovih preporuka uzimaju se u obzir i specifični zahtjevi koji se diferenciraju prilikom rešavanja deformiteta: podignuti uzdužni svod, valgus palca, čekićasti prsti, amputacija prstiju i drugi.

Da bi se primijenile ove tehničke karakteristike i postigao cilj u rasterećenju pritisaka, razvijeno je nekoliko koncepata dizajniranja obuće ili uložaka izrađenih po mjeri, na osnovu dobijenih podataka. Najviše korišćena analiza pritisaka na plantarnoj strani stopala je koncept koji koristi mjerenja ciklusa hoda u cipelama da bi se provjerile modifikacije po mjeri izrađenih cipela i / ili uložaka radi poboljšanja rasterećenja pritiska. Dokazi u studijama pokazali su da ovaj pristup efikasno smanjuje vršni pritisak u regionima visokog pritiska i takvo poboljšanje pritiska značajno smanjuje rizik od recidiva ulkusa kada se obuća adekvatno nosi, u poređenju sa obućom po mjeri koja nije bila podvrgnuta takvom poboljšanju. Drugi koncept koristi 3D oblik stopala i podatke o pritisku bosonogih stopala kao ulaz u algoritam dizajna iz kojeg se kroz računarski potpomognuto projektovanje i proizvodnju (CAD - CAM) kreira uložak po mjeri, Fotografija 11. Ovi ulošci značajno ublažavaju vršni pritisak za približno 30%, a randomizovano kontrolisano ispitivanje pokazalo je da smanjuju učestalost ponovnog ulkusa na glavi plantarne metatarzalne kosti u poređenju sa tradicionalnim dizajnom uložaka izrađenim po mjeri (127). Treći koncept kombinuje upotrebu podataka o pritisku na oba načina koji su prethodno navedeni. Dokazi o principu i kliničkoj efikasnosti ovog koncepta uložka još uvek nisu prijavljeni.

Jedan od dokumenata koji je dao doprinos u naučnom i kliničkom radu je članak Dahmen et al. (130) koji je imao cilj je da opiše odnos između medicinskih zahtjeva i tehničkih mogućnosti. Autori su razvili algoritam, neke od komponenti se zasnivaju na dokazima, ali većina se zasniva na mišljenjima kliničara ili eksperata u ovoj oblasti. Autori smatraju da ispitivanje efekata terapijske obuće nije moguće bez jasnih smjernica.

Algoritam se odnosi na svaki od faktora koji uzrokuju razvoj dijabetesnog stopala i predloženi tretman rasterećenja:

1. Senzorna disfunkcija: u ovoj situaciji je prikladna cipela koja nije ni uska ni previše prostrana i prilagođena je bilo kojim drugim karakteristikama stopala, npr. ulceracija ili deformacija.
2. Ograničena pokretljivost zglobova zahtijeva cipelu sa apsorpcijom udara kroz petu, ojačani prednji dio potplate, potplata tipa „rocker bottom“ i uložak koji ravnomjerno raspoređuje pritisak
3. Deformiteti: Čekićasti prsti se mogu rasteretiti cipelom sa maksimalnom raspodelom pritiska pomoću uložka sa potpunim kontaktima, ojačanom potplatom i apsorpcijom udara kroz petu. U niskoj cipeli noga nije dovoljno dobro fiksirana. Valgus deformitet sa fleksibilnim ravnim stopalom zahtijeva uložak sa jakim medijalnom potporom, dok rigidno ravno stopalo zahtijeva jaču medijalnu potporu i apsorpciju udara kroz petu.
4. Charcot stopalo zahtijeva više opcija tretmana, u početnoj fazi je potrebna imobilizacija dok se stanje ne stabilizuje a cipela u pripremi treba da obezbijedi dalju progresiju dekalcalcije. Visoka, čvrsta cipela koja ima uložak sa punim kontaktima i potplatu sa ranom tačkom okretanja i apsorpcijom udara kroz petu.
5. Parcijalne amputacije stopala. Kod amputacije palca preporučuje se cipela sa ranom tačkom okretanja, uložak sa totalnim kontaktom. Amputacije prednjeg dijela stopala zahtijevaju visoku cipelu koja ublažava pritisak na distalnu površinu stopala. To se postiže izradom potplata sa klackalicom sa ranom tačkom zaokretanja. Maksimalno fiksiranje stopala u cipeli postiže se korišćenjem principa u tri tačke: sile se prenose preko ukočenog đona, noge i mjesta zatvaranja cipele („jezik“). Apsorpcija udara se odvija kroz petu.
6. Ulceracija stopala ima dinamiku liječenja kroz rasterećenje i zavisi od stadijuma procesa. U upotrebi su totalni kontakti kroz plastičnu imobilizaciju i ortopedske cipele koje kombinuju gore navedena rasterećenja u zavisnosti od lokalizacije ulceracije.



Fotografija 13. Obezbjeđivanje „klackalice“ kroz različite dizajne potplate i rasterećenje

Gargiulo G. Rocker-bottom footwear: effects on balance, gait. Sports Performance Science. 2017; <https://lermagazine.com/article/rocker-bottom-footwear-effects-on-balance-gait>

3. KLASIFIKACIJA DIJABETESNOG STOPALA

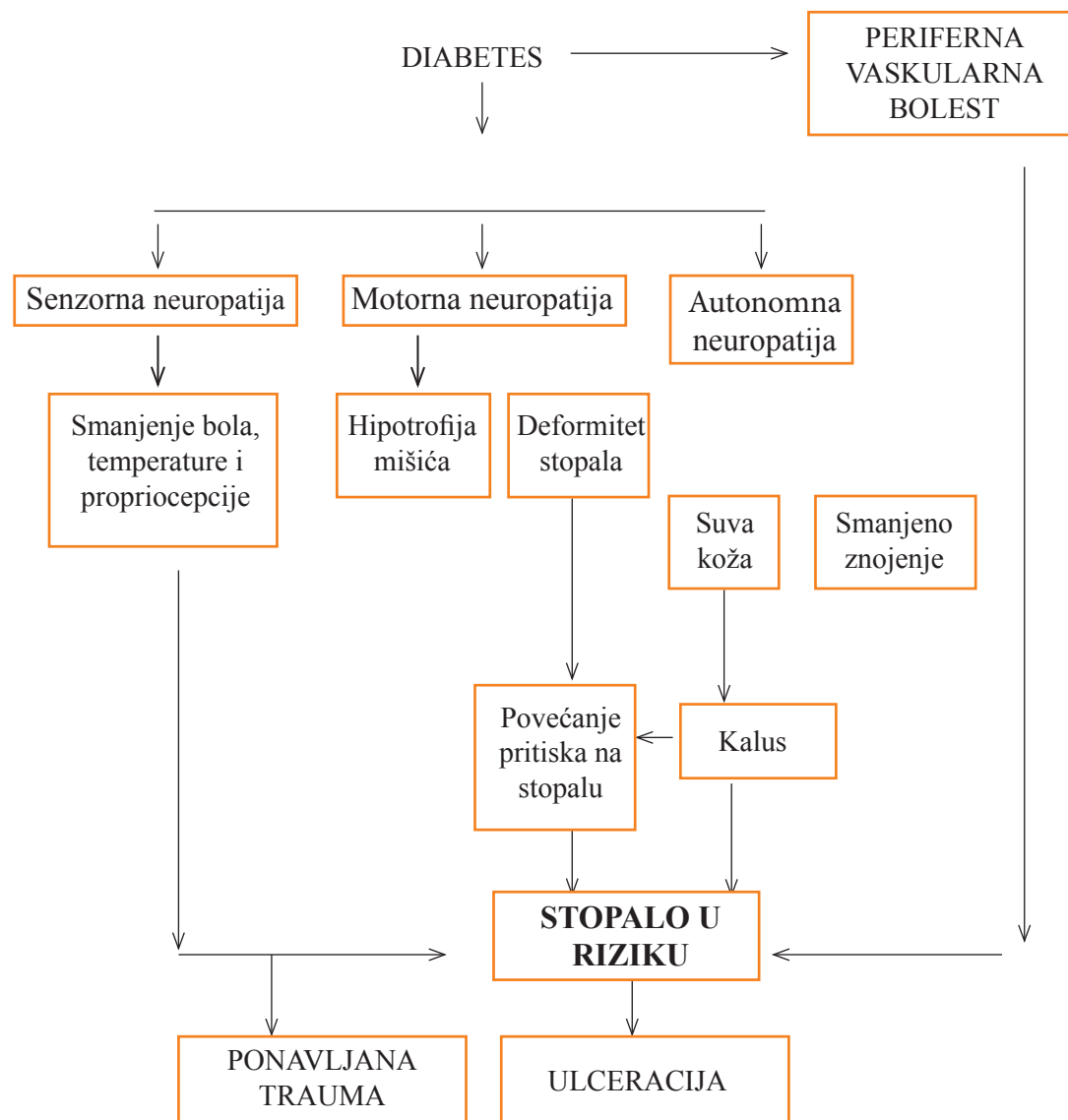
U cilju bolje prognoze, prevencije i kliničkog liječenja razvijene su sistemi klasifikacije i sistemi skorovanja dijabetesnog stopala. Da bi klasifikacije bile primjenljive važno je terminološki razdvojiti sindrome dijabetesnog stopala. Dijabetesno stopalo je termin za stopalo pacijenta koji boluje od dijabetesa s potencijalnim rizikom od niza patoloških posljedica, uključujući infekciju, ulceraciju i/ili destrukciju dubokih tkiva povezanu s neurološkim abnormalnostima, različitim stepenima periferne vaskularne bolesti i/ili metaboličkim komplikacijama dijabetesa u donjem ekstremitetu. Dijabetični ulkus je kritični i centralni događaj kaskade sindroma dijabetesnog stopala.

Jasno je, da je glavni događaj dijabetesnog stopala ulceracija koja može uzrokovati amputaciju. Iz tog razloga razvijaju se preporuke za prevenciju razvoja kritičnog događaja na stopalu, odnosno ulceracije, koje obuhvataju ne samo identifikaciju promjena na stopalu već i njihovo zbrinjavanje. Preporuke su razvijene od strane nezavisnih multidisciplinarnih internacionalnih udruženja i bazirane su na metodologiji koja je strukturirana na pitanjima u formatu: pacijent – intervencija – komparacija - ishod. Na osnovu ovih preporuka postoji gradacija rizika i klasifikacija stopala u riziku.

Poseban segment klasifikacije je stopalo koje pripada visokom riziku kod kojeg postoji manifestno oštećenje tkiva i zahtijeva stepenovanje oštećenja tkiva (težina rane), težinu ishemije i težinu infekcije.

Temeljno razumijevanje etiopatogene razvoja dijabetesnog stopala doprinijelo je i razvoju kategorizacije, klasifikacije i skorovanja DF. Ulceracija na stopalu se razvija interakcijom faktora koji su posledica komplikacija dijabetesa i uticaja spoljašnje sredine. U šematskom prikazu prikazana je povezanost neuroloških, muskuloskeletnih i vaskularnih faktora i faktora spoljašnje sredine koji uzrokuju ulceraciju stopala. Na osnovu razumijevanja ove šeme razvili su se multidisciplinarni pristupi i organizacija struktura zdravstvenog sistema u praćenju i liječenju dijabetesnog stopala.

Šematski prikaz 1. Povezanost faktora rizika za razvoj ulceracije stopala



Šematski prikazana etiopatogeneza razvoja dijabetesnog stopala

Definisane kategorije stopala u riziku za razvoj dijabetesnog stopala su: stopalo sa veoma malim rizikom, stopalo sa malim rizikom, stopalo sa umjerenim rizikom i sa visokim rizikom. Modifikacija ovih kategorija od strane The American Diabetes Association (ADA) sastoji se u tome, da na postojeće kategorije se dodaje i kategorija URGENT koja obuhvata: otvorena rana ili ulcerozno područje, sa ili bez znakova infekcije, novi neuropatski bol ili bol u mirovanju, znaci aktivne Charcot deformacije (znaci inflamacije srednjeg stopala ili skočnog zgloba) i vaskularni znaci (iznenada odsutne pulzacije arterija stopala ili pojava gangrene) (130).

Slična kategorizacija je od strane IDF Clinical Practice Recommendations on the Diabetic Foot 2017 (2) u prva dva nivoa gdje se prvi nivo kategoriše kao mali rizik a drugi nivo kao umjeren. Treći nivo je visoki rizik, a četvrti veoma visoki rizik.

Potreba za kategorizacijom se nametnula radi sveobuhvatnosti upravljanja ovim sindromom. Smjernicama i stratifikacijom stopala u riziku, obezbjeđuje se sistematičan i standardizovan pristup.

3.1. Stopalo sa rizikom za razvoj ulceracije (0-3)

Odsustvo simptoma kod osobe sa dijabetesom ne isključuje prisustvo komplikacije stopala u vidu asimptomatske neuropatije, bolesti perifernih arterija, pre-ulcerativnih znaka ili čak ulceracije. Potrebno je pregledati osobe sa dijabetesom sa vrlo malim rizikom od ulceracije stopala (rizik 0) jednom u 12 mjeseci radi evidentiranja znakova ili simptoma.

Ispitivanje obuhvata: evidentiranje da je ranije bilo amputacije ili ulceracije na donjim ekstremitetima, evidentiranje klaudikacija.

- Vaskularni status: palpacija pulsa na krvnim sudovima stopala
- Gubitak zaštitnog osjećaja (LOPS): procijeniti pomoću jedne od sledećih tehnika
Percepcija pritiska: Semmes-Weinstein monofilament od 10 grama
Percepcija vibracija: vibraciona viljuška od 128 Hz
Kada monofilament ili viljuška nisu dostupni, može se koristiti taktilni osećaj.
Kod osobe sa dijabetesom sa gubitkom zaštitnog osjećaja ili bolešću perifernih arterija (rizik 1-3) potrebno je da se obavi širi pregled koji uključuje sledeće:
- Informacije o prethodnoj amputaciji ili ulceraciji na donjim ekstremitetima, terminalnoj fazi bubrežne bolesti, prethodnoj edukaciji o njezi stopala, socijalnoj izolaciji, loš pristup zdravstvenoj zaštiti i finansijska ograničenja, bolovi u stopalima (u hodu ili u mirovanju) ili utrnulost, klaudikacija
- Vaskularni status: palpacija pulsa na stopalu

- Koža: procjena boje kože, temperature, prisustvo zadebljanja kože ili edema, pre-ulcerativni znaci
- Kostii / zglobovi: provjeriti da li postoje deformacije (npr. čekićasti ili skvrčeni prsti), velike koštane prominencije ili ograničena pokretljivost zgloba. Ispitivanje je potrebno sprovesti u oba stava: stajanje, ležanje
- Procjena gubitka zaštitnog osjećaja (LOPS), ako je na prethodnom pregledu zaštitna senzacija bila očuvana
- Obuća: neprikladna, neadekvatna ili nedostatak obuće.
- Loša higijena i njega stopala, infekcije
- Fizička ograničenja koja mogu ometati samonjegu stopala (npr. oštrina vida, gojaznost)
- Znanje o njezi stopala

Nakon pregleda po cjelinama kako je gore navedeno, potrebno je stratifikovati stopalo prema riziku od 1 do 3 i postupiti u skladu sa preporukama.

Rizik 0 – bez LOPS i PAD /potrebno je pacijenta edukovati o njezi stopala, predložiti aerobne aktivnosti i preventivnu ortopedsku obuću unutar 1 – 3 mjeseca, a kontrola jednom u 12 mjeseci.

Rizik 1- LOPS ili PAD, bez deformiteta. Kod ovih pacijenata se predlaže prilagođena ortopedska obuća. Pregled svakih 3 do 6 mjeseci.

Rizik 2 - PAD ± LOPS, smanjene pulzacije a.dorsalis pedis i a.tibialis posterior, prisustvo edema ili znojenje. Prisustvo deformiteta. Pregled na 2 - 3 mjeseca.

Rizik 3 – Prisustvo promjena iz prethodne rizične grupe, prisustvo dijabetesa sa prethodnom istorijom ulceracije ili amputacije donjih ekstremiteta. Osobe sa dijabetesom iz ove grupe imaju hroničnu arterijsku insuficijenciju (promjena boje kože ili temperaturna razlika). Predlažu se pregledi jednom u mjesec dana.

URGENT ili HITNO - Otvorena rana ili ulcerozno područje, sa ili bez znakova infekcije

- Novi neuropatski bol ili bol u mirovanju
- Znaci aktivne Charcot deformacije (crvena, vruća, otečena regija srednjeg stopala i skočnog zgloba)
- Iznenada odsutne pulzacije ili gangrena

Status rizika osobe može se promijeniti tokom vremena, što zahtijeva stalno praćenje. Učestalosti skrininga pomažu u vođenju takvog nadzora. Ako nalazi dovedu do pro-

mjene statusa rizika, učestalost skrininga treba prilagoditi u skladu s tim. Kako dijabetes napreduje, viši nivo je najvjerojatnija promjena. Status smanjenja rizika može se desiti nakon (hirurških) intervencija koje normalizuju strukturu stopala ili poboljšavaju protok krvi donjih ekstremiteta. Dalje, kod pacijenata sa dugotrajnim LOPS-om nije potrebno ponavljati procjenu LOPS-a na svakom skriningu.

Smatra se da edukacija, organizovana, strukturirana, igra važnu ulogu u prevenciji ulceracije na dijabetesnom stopalu. Cilj je poboljšati samo-pomoć pacijentu u njezi stopala, znanje o samo-zaštitnom ponašanju, poboljšati motivaciju i savladati vještine koje olakšaju pridržavanje ovog ponašanja. Osobe sa dijabetesom, posebno oni sa rizikom od 1 ili više, trebalo bi da nauče kako da prepoznaju ulceraciju na stopalima i pre-ulcerativne znake i kako dalje reagovati.

Član zdravstvenog tima treba da pruži strukturirano obrazovanje pojedinačno ili u malim grupama ljudi kroz razne oblike, kao što je verbalni - jedan na jedan edukacija, motivaciono intervjuisanje, sesije edukativnih grupa, video obrazovanje, brošure, softver, kvizovi i slikovno obrazovanje putem animiranog crtanja ili opisnih slika.

Edukacija podrazumijeva:

- Utvrditi da li je osoba u stanju da izvrši pregled stopala. Ako nije, onda osoba koja može da pomogne u ovom zadatku. Osobe koje imaju značajno oštećenje vida ili fizičku nemogućnost vizuelizacije noge ne mogu adekvatno da izvrše inspekciju
- Objasniti potrebu za svakodnevnim pregledom stopala na cijeloj površini obje noge, uključujući i područja između prstiju
- Uvjerite se da pacijent zna kako da obavijesti odgovarajućeg zdravstvenog radnika ako je povećana temperatura stopala pri redovnom mjerenju ili ako se razvila promjena tipa vezikule, posjekotina, ogrebotina ili ulceracija
- Savjeti: Izbjegavanje hodanja bosih nogu, u čarapama bez obuće ili u papučama sa tankom potplatom, bilo kod kuće ili spolja, ne nositi uske cipele i čarape, nositi / čarape bez šavova ili sa šavovima iznutra/; ne nositi kompresivne čarape, ne upotrebljavati hemijska sredstva ili flastere za uklanjanje kurjih očiju i žuljeva;
- Temperatura vode uvijek ispod 37 ° C

U prethodnom poglavlju opisane su preporuke i rezultati brojnih studija koji su povezani sa rasteretnim modelima tretmana dijabetesnog stopala. Od strane Internacio-

nalne Radne Grupe za Dijabetesno Stopalo - The International Working Group on the Diabetic Foot, predlaže se da se rasteretni tretman primjenjuje kod stopala sa rizikom graduiranim kao umjereni ili visoki rizik od ulceracije (grupe 2 i 3). U ovim kategorijama pacijenti imaju oštećenje senzibiliteta, često su prisutni deformiteti i neadekvatna distribucija plantarnih pritisaka. Budući da postoji povećan rizik od ulceracije, važno je da je obuća prilagođena, da bi se ispunili biomehanički zahtjevi.

Kod osoba koje pripadaju kategoriji rizika 3, preporuka je jasna, da se prepisuje obuća sa rasterećenjem mjesta prethodne ulceracije a na mjestima u kojima je evidentiran povećani plantarni pritisak potrebno je ublažavanje plantarnog pritiska za $\geq 30\%$ tokom hodanja ili vršni pritisak $< 200\text{kPa}$ (ako se mjeri validiranim i kalibrisanim sistemom za mjerenje pritiska sa veličinom senzora od 2cm^2).

3.2. Stopalo sa preulceroznim znacima

Snažni prediktori ulceracije na stopalu su plikovi, fisure na koži ili krvarenja.



Fotografija 14. Preulcerozni znaci

Wilke M. How to spot diabetic foot complications early. Health 24

<https://www.news24.com/health24/medical/diabetes/living-with-diabetes/how-to-spot-diabetic-foot-complications-early-20180125>

Ovi znaci dijabetesa su indikacija za hitno hirurškog rešavanje.

Kod osobe sa dijabetesom i velikim žuljem ili ulkusom na vrhu ili distalnom dijelu deformisanog čekićastog prsta koji nije zaliječen nehirurškim putem, može se procijeniti mogućnost tenotomije tetiva fleksora prstiju (131) iako je mali broj kontrolisanih studija koje su ispitivale prednosti ove metode. Preporučuje se da se preventivna hirurgija razmatra tek nakon iscrpnog nehirurškog liječenja. Preporuke za hiruško liječenje su slabe, u malom broju studija je praćena patologija dijabetesnog stopala koja utiče na mogućnosti slabijeg zarastanja rane.

Pored navedene tenotomije, poznata je primjena i drugih hirurških intervencija kao što su produženje Ahilove tetive, artroplastika zglobova, pojedinačna resekcija metatarzalne glave, artroplastika metatarsofalangealnog zgloba ili osteotomija, kako bi se spriječilo ponavljanje ulceracije na prednjem dijelu stopala nakon zarastanja aktivnog ulcera. Iako su efekti ovih intervencija često veliki i značajni za pacijente, vrlo malo dobro dizajniranih kontrolisanih studija pokazuje efikasnost ovih intervencija (132).

Preporuke su slabe, ali ako su primjenljive, one se odnose na pacijente koji:

- a) imaju ulcer na plantarnoj strani stopala koji ne reaguje na nehirurški tretman, zasnovan na dokazima;
- b) imaju visok rizik od recidiva ulkusa i ako struktura stopala nije promijenjena;
- c) imaju povišene plantarne pritiske na prednjem dijelu stopala i
- d) u slučaju produženja Ahilove tetive, ograničen obim pokreta skočnog zgloba koji nije pasivno korektibilan.

Moguće komplikacije i neželjeni efekti ovih hirurških tehnika rasterećenja uključuju postoperativnu infekciju, nove deformitete, probleme u hodu i ulceracije na drugoj lokaciji. Ako se uzmu u obzir dva parametra kao što su vrednovanje intervencije od strane pacijenata i troškovi liječenja, onda se nameće zaključak da pacijenti visoko pozitivno ocjenjuju intervenciju ako se zaliječi ulkus ili spriječi novi u periodu evaluacije, a troškovi liječenja su uglavnom veći upoređujući sa nehirurškim liječenjem.

Jedna od važnih preporuka vezanih za hiruške intervencije jeste da se ne primjenjuju intervencije tipa dekompresije nerva u cilju smanjenja bola kod stopala sa rizikom 2 i 3.

3.3. Stopala visokog rizika – ulceracija

Istorija razvoja patologije dijabetesnog stopala, poput ulceracije, amputacije ili Charcot stopala, faktor je rizika za buduće ulceracije i to 36 puta je vjerovatnije da će

se nova ulceracija razviti kod stopala sa prethodnom patologijom. Prethodna velika amputacija povećava rizik od ulceracije i gubitka kontralateralne noge. Kod osoba sa dijabetesom sa amputacijom donjeg ekstremiteta, vjerovatnoća za amputaciju na kontralateralnom ekstremitetu je 50%.

Skala koja pruža mogućnost za praćenje težine ulceracije i skorovanje prognoze je Saint Elian Score System, koja sadrži 10 subkategorija rane, graduiranu težinu rane i skorovanje prognoze (133).

Tabela 12. Saint Elian Score System

Faktori	Blaga rana	Umjerena rana	Teška rana	Skor
Primarna zona – lokacija	Falange	Metatarsus	Tarsus	
Topografski aspect – lokacija	Dorzalno ili plantarno	Lateralno ili medijalno	Dvije ili vise lokacija	
Broj zona	Jedna	Dvije	Tri	
Ishemija	Pulsevi palpabilni, sniženi ABI (0,89-0,7) TBI (0,74-0,60)	Jedva opipljivi pulsevi ABI (0,69-0,5) TBI (0,59-0,30)	Pulsevi se ne palpiraju ABI (<0.5) TBI (<0.30)	
Infekcija	Eritem < 2 cm Gnojna sekrecija, koža topla, meka	Eritem > 2 cm Mišići, tetive ili kosti ili zglobovi u infektu	Sistemska inflamatorni odgovor, sekundarna hipo ili hiperglikemija	
Edem	Oko rane	Jedno stopalo ili noga	Obostrano sekundarno uz komorbiditete	
Neuropatija	Oštećenje protektivnog senzibiliteta	Gubitak protektivnog senzibiliteta	Charcot-ovo stopalo	

Areal	Mali: < 10 cm ²	Srednji: 11-40 cm ²	Veliki: > 40 cm ²	
Dubina	Površinska (koža)	Tetive, fascije, mišići	Duboka (kosti,zglobovi)	
Faza zarastanja rane	Epitelizacija	Granlacija	Inflamacija	

- ABI ankle - brachial index, TBI toe - brachial index

- Skor 0 odsustvo ishemije, neuropatije, edema i infekcije

Nakon određivanja ukupnog skora može se kategorisati rana kako je prikazano u Tabeli 12.

Tabela 13. Skorovanje, kategorizacija rane i prognoza

Ukupni skor	Težina rane – graduirane	Prognoza
< 10	I Lakša (blaga)	Vjerovatno uspješno zarastanje rane, nizak rizik za amputaciju
11-20	II Umjerena	Stopalo je djelimično ugroženo, najsavremeniji tretman – biološki odgovor dobar, ishod dobar, rizik od amputacije < 30%
21-30	III Teška	Ugroženo stopalo i ekstremitet, ishod tretmana loš, biološki odgovor loš, rizik od amputacije > 70 %

Redosledom postupaka koji su tabelarno prikazani (Tabela 11 i 12) pomaže se kliničarima u postupom procesu liječenja ulceracije na stopalu.

Ako je prisutna infekcija rane na dijabetesnom stopalu (po definiciji: manifestacije infektivnog procesa u mekom tkivu ili kosti bilo gdje ispod maleola kosti potkoljenice kod osobe sa dijabetesom) po graduiranom sistemu vrši se procjena i primjenjuju se adekvatni načini liječenja. Klinička procjena obuhvata lokalne i sistemske znake

i simptome, mikrobiološke i dijagnostičke preglede. Pacijenti sa visokim rizikom za amputaciju uključuju: velike, opsežne i / ili duboke ulceracije, ulceracije iznad koštanih prominencija, odloženo zarastanje, izložena kost, ponovljene infekcije mekih tkiva, radiografski potvrđena destrukcija kostiju.

Hitne hirurške intervencije su obično neophodne u slučajevima dubokih abscesa, kompartment sindroma i praktično svih nekrotizujućih infekcije mekih tkiva. Hirurška intervencija je obično preporučljiva u slučajevima osteomijelitisa koji je praćen širenjem infekcije mekog tkiva, progresivnom destrukcijom kostiju ili protruzijom kostiju kroz ranu.

4. MULTIDISCIPLINARNOST U LIJEČENJU DIJABETESNOG STOPALA

Prevenција, dijagnostika i tretman dijabetesnog stopala zahtijeva učešće većeg broja specijalista u različitim oblastima, pa se navodi da je potreban multiprofesionalni pristup u upravljanju dijabetesnim stopalom. Prednosti multidisciplinarnog timskog pristupa su evidentirane u studijama koje su pratile incidencu amputacija na donjim ekstremitetima (133,134). U studiji Krishnan et al. (134) podaci su prospektivno sakupljeni a incidenca je praćena na 10 000 osoba sa dijabetesom i na 100 000 opšte populacije. Incidenca ukupnih, velikih i manjih amputacija na donjim ekstremitetima na 10.000 osoba je smanjena multidisciplinarnim lijećenjem. Sugeriše se da ovaj smanjen broj nije posledica pojedinaćnog faktora. Multidisciplinarni rad je obuhvatio sistematićnost u vaskularnim, radiološkim i mikrobiološkim domenima. Takođe uticaj na smanjenu stopu smrtnosti ima i veća svijest kod osoba sa dijabetesom o riziko faktorima za razvoj ulcercije.

Procenjuje se, da će do 2035., globalna prevalenca dijabetesa porasti na skoro 600 miliona, a oko 80% ovih ljudi će živjeti u zemljama u razvoju. Potrebu multiprofesionalnog pristupa i objedinjavanje rezultata iz razlićitih oblasti medicine prepoznala je Internacionalna radna grupa za dijabetesno stopalo (IWGDF) koja je osnovana 1996. Grupu saćinjavaju stručnjaci iz raznih oblasti medicine i smjernice u radu su više puta ažurirane. U mnogim segmentima smjernice zasnovane na naućnim dokazima nedostaju, primjena preporuka je zasnovana na klinićkim iskustvima i mišljenima eksperata, resursi i mogućnosti primjene se razlikuju u različitim ćelovima svijeta, podrška zdravstvenih sistema je takođe varijabilna a zakljućci jedne specijalnosti su često diskutabilni od strane drugih specijalnosti. U ključnim taćkama rada izdvojilu su se pet oblasti za koje je bilo potrebno definisati posebne preporuke (135):

- Prevenција rizika od ulceracije kod osoba sa dijabetesom
- Primjena rasterećenja i ortopedske obuće radi prevencije pojave ulkusa i kod zarastanja ulkusa
- Dijagnoza, prognoza i zbrinjavanje periferne arterijske bolesti kod dijabetesnih osoba sa ulkusom na stopalu

- Dijagnoza i zbrinjavanje infekcije kod ulkusa stopala kod osoba sa dijabetesom
- Intervencije za poboljšanje zarastanja hroničnih ulkusa stopala kod dijabetesa

Međunarodne smjernice preporučuju najmanje 3 nivoa organizacije u prevenciji i liječenju dijabetičnog stopala na osnovu kategorizacije rizika stopala, a podijatri (specijalisti koji se bave stopalom) su uključeni u svaki nivo (135,136). Mnoga istraživanja o multidisciplinarnim zdravstvenim centrima u Evropi i SAD, izvijestila su da je ovaj pristup pomogao smanjenju stope amputacije 36 do 86%. Međutim, struktura i rad multidisciplinarnih timova razlikuju se u zavisnosti od zemlje. Predlaže se pristup da podijatri posluže kao „čuvari vrata“ za prevenciju i liječenje komplikacija stopala povezanih sa dijabetesom. Podijatrijsko liječenje rizičnog dijabetičnog stopala ima osnovni fokus na preventivnom skriningu, edukaciji, rasterećenju i njezi stopala. Kad se pogledaju naučni dokazi, pregledni članak Blanchette et al. (135) zaključuje da nema dovoljno dokaza koji podržavaju da ovim pristupom (podijatar kao glavni član tima) se smanjuje stopa amputacija na donjim ekstremitetima. Razlozi koji se izdvajaju na osnovu analiziranih studija su da ne postoje konzistentni podaci o vrsti i ishodu intervencija, heterogenost multidisciplinarnih timova, nedostatak visoko kvalitetnih studija.

Mnogo profesionalnih ličnosti, dijabetolog, hirur (opšti, vaskularni i ortoped), interventni radiolog, dermatolog, specijalizovana medicinska sestra, podijatar, ortotičar, članovi su multidisciplinarnog tima. Ako su organizovani u centru namijenjenom za rad sa pacijentima sa patologijom stopala, omogućiće se tačna i brza dijagnoza, upotreba savremenih instrumenata u ambulantnom radu ili hospitalizacija radi rešavanja komplikacija ili neophodnih tretmana, najčešće u hitnim slučajevima kada su potrebne hirurške intervencije. U izvještaju Batista et al. (136) predstavljena je implementacija multidisciplinarnog tima kojeg čine ortopedi specijalisti za operacije dijabetičnog stopala i zglobova, medicinske sestre, ortotičari i / ili protetičari, fizioterapeuti, kardiolozi, nefrolozi, specijalisti za zarazne bolesti i internisti. Ovaj tim blisko saraduje i primjenjuje protokole za liječenje DF. U ovako organizovanom timu prvu procjenu obavlja tim ortopeda na osnovu mišićno-skeletnog, neurološkog, vaskularnog i dermatološkog statusa pacijenta. Ovo ispitivanje obuhvata biomehaničko testiranje u laboratorijskim uslovima, ili odgovajuća druga ispitavanja putem instrumenata. Procjenjuje se potreba za uključivanjem drugih članova tima. Autori su evidentirali da su svi pacijenti bili upućeni iz zdravstvenog sistema, minimalno edukovani o njezi i bez znanja o posledicama razvoja rizičnog stopala. Evidentirane su i druge komplikacije dijabetesa tipa oštećenja vida i nefropatija. U okviru ovog tima hirurške intervencije se obavljaju hitno od strane specijaliste koji je edukovan u ovoj vrsti intervencija i na raspolaganju je ortotičar kao član tima radi daljeg tretmana. U radu je zaključak, da je ovaj tip multidisciplinarnog timskog pristupa bio veoma koristan za cjelokupan javni zdravstveni sistem u Sao Paulu, smanjena je stopa amputacija i ulceracija kao i produženih hos-

pitalizacija. Države u kojima se sprovodi tretman dijabetesnog stopala po konceptu multidisciplinarnog tima i primjene smernica, bilježe slične rezultate.

Članovi tima su uglavnom isti ili slični u raznim regionima svijeta. U zavisnosti od faze razvoja DF ili gradacije rizika prednost se daje pojedinim članovima. Zajedničko mišljenje je da je ovaj proces uspješan samo ako su članovi tima upoznati sa patološkim putem koji koji dovodi do razvoja DF. Naidoo et al. (138) apostrofiraju radiologa radi brojnih dijagnostičkih intervencije kroz sve kategorije razvoja DF. U radu su grupisane promjene prema anatomskim strukturama a ne prema patologiji i prikazane su adekvatne radiološke pretrage za patologiju struktura. Jedan od primjera je infekcija tipa cellulitisa, infekcija mekog tkiva, koja može da bude posledica iz susjednog ulkusa. Obična radiografija i CT mogu pokazati oticanje, gubitak fascijalnih ravni i povremeno gasove u mekim tkivima. MRI karakteristike celulitisa uključuju zadebljalu kožu, potkožni edem, pojačanu retikulaciju masti i promjenu normalnog masnog signala. Upravo razlikovanje pravog cellulitisa od edema koji je često prisutan kod DF, postiže se ovom dijagnostičkom metodom. Jedna od dijagnostičkih poteškoće je osteomijelitis koji se razvija na već postojeće Charcot stopalo. Simptomatologija i znaci na MRI nalazu su superponirani, subhondralne ciste i intraartikularna labava tijela ako su prisutna favorizuju dijagnozu utvrđenog Charcot stopala. Dijagnoza ostemijelitisa se postavlja, po opisu radiologa, kao prisutan „znak duhova“ (u slučaju utvrđene infekcije, povećani sadržaj vode u srži - edem povezan sa infekcijom dovodi do toga da zahvaćene kosti postanu tamne i na taj način se slabo vide u pozadini). Ovaj „fenomen duhova“ nije primijećen na MRI u aseptičnom neuropatskom stopalu.

Iz gore navedenih primjera veoma je važno da član tima ima saznanja o dijabetesnom stopalu i da blisko saraduje sa ostalim članovima tima. U članku Yesil et al. (139) opisano je postavljanje multidisciplinarnog tima 2002. u Turskoj, u Univerzitetskom kliničkom centru (Dokuz Eylul) koji se sastojao od endokrinologa, ortopeda, plastičnih i vaskularnih hirurga, specijalista za zarazne bolesti, specijalista za rehabilitaciju, radiologa, edukatora o dijabetesu i medicinske sestre za njegu rana i tehničara za obuču. Organizacija tima obuhvata sastajanje jednom nedeljno, koordinira strategije pristupa i izvodljivosti. U prezentaciji stope amputacija, evidentirano je smanjenje stope visokih amputacija na donjim ekstremitetima ali nije bilo značajnog napretka u smanjenju stope amputacija na nižim segmentima ili na stopalu. Analizom rada tima značajan broj pacijenata se prvi put javio timu sa već manifestnom ulceracijom stopala. Implementacijom intezivnijih preventivnih strategija kroz sistem, smatra se, da bi se doprinijelo u smanjenju ukupne stope amputacija.

U razvijenim zemljama multidisciplinarni timovi su organizovani na različite načine, uglavnom se njihov rad realizuje u klinikama posvećenim prevenciji i liječenju dijabe-

tesnog stopala stvarajući mrežu na cijeloj teritoriji. U zemljama u razvoju nije razvijen ovaj pristup problemu i uglavnom su rezultati rada vezani za entuzijazme pojedinaca ili grupa u zdravstvenom sistemu koji su upućeni u značajnost ovog medicinskog problema.

4.1. Organizacija struktura i multidisciplinarni tim

Poznato je da su se najpoznatije svjetske klinike za prevenciju i liječenje dijabetičnog stopala formirale „korak po korak“ počevši od osnovnog modela do razvijanja centra izvrsnosti.

Prvi korak predstavlja minimalni model koji obuhvata:

- Pregled stopala i detekcija patologije
- Skrining i kategorizacija rizika
- Tretman problema
- Preventivna njega sa naglaskom na edukaciji o njezi stopala, obući i prevenciji traume.

Ovaj tim je povezan za većim centrom radi upućivanja pacijenata kojima je potreban specijalizovani tretman.

Drugi korak predstavlja intermedijalni model u kojem se broj članova povećava. Jedan član tima ispunjava ulogu koordinatora i odgovoran je za privlačenje novih i dobro motivisanih kolega, uključujući dijabetologa (ili drugog ljekara sa posebnim interesovanjem za dijabetes), hirurga (opšteg, vaskularnog, ortopedskog ili plastičnog), medicinska sestra i / ili podiatar i / ili ortotičar / proizvođač cipela. Model rada obuhvata:

- Skrining i kategorizacija rizika
- Tretman problema
- Preventivna njega sa naglaskom na edukaciji o njezi stopala, obući i prevenciji traume.
- Liječenje svih vrsta rana i infekcija i edukacija o samopomoći

Ovaj model može da se organizuje u okviru bolnica ili u drugom većem ambulantnom centru, ima ulogu da razmjenjuje iskustva sa drugim centrima, da pruži podršku u radu izabranim doktorima, da prati pacijente koji se liječe od ulkusa u bolničkim uslovima. Treći korak bi predstavljao Centar izvrsnosti koji ima ne samo nacionalni, već i regionalni karakter. Članovi tima su eksperti u svojim oblastima. Centar treba da omogući i edukaciju i profesionalno usavršavanje. Opšti cilj maksimalnog modela je minimiziranje stope amputacije čak i kod naprednih i složenih problema sa stopalima. Sastav Centra čine: dijabetolog, hirurg, (ortopedski i / ili vaskularni i / ili opšti, i / ili plastični), interventni radiolog, podiatri, specijalista fizikalne medicine i rehabilitacije, fizioterapeut, mikrobiolog, dermatolog, psihijatar, medicinske sestre, edukator, ortotičar.

5. INOVACIJE

Generalno, korišćenje tehnologije u medicinske svrhe poboljšava praćenje pacijenata od strane zdravstvenih radnika i smanjuje zahtjeve za zdravstvenim ustanovama. Američka dijabetesna asocijacija uložila je napore da bi poboljšala zdravstveni sistem, koji bi pružio dobar model njege kod hroničnih nezaraznih bolesti (140). Određeni broj studija sa pacijentima sa dijabetesom, sproveden je korišćenjem tehnologija e-zdravlja koje omogućavaju ljudima da se bave aktivnostima u svom preferiranom okruženju, oduzimajući tako manje vremena zdravstvenom radniku i smanjujući zahtjeve u domovima zdravlja.

Do sada su tehnologije e-zdravlja koje se koriste za dijabetes, bile fokusirane na opšte vježbe (opšti preventivni programi kod osoba sa dijabetesom opisani u poglavlju 2.), ili su imale druge svrhe, kao što je monitoring vrijednosti šećera u krvi. Softver za određene vježbe za stopala i zglobove nije dostupan i uglavnom ovi programi nisu uspjeli da prilagode napredovanje vježbi prateći individualne fizičke kapacitete korisnika. U tom kontekstu, studija Ferreira JSSP et al. (141) imala je za cilj da razvije i potvrdi besplatni web softver kojim se može pristupiti preko računara ili pametnih telefona, a ciljna grupa su osobe sa dijabetesom i osobe sa DPN slabe ili umjerene težine. Ovaj pristup doprinosi samo-edukaciji i ujedno razvijanju svijesti o značaju vježbi kao dijelu prevencije za komplikacije na stopalu.

Postojale su izvjesne informatičke karakteristike, ali da bi se koristila ova verziju web softvera, nije potrebna instalacija već korisnik mora samo da unese adresu web stranice. Da bi pokrenuo aplikaciju, korisnik treba da ima Android 4.3 ili noviji i da aplikaciju preuzme sa istog linka, u odeljku „preuzmi našu aplikaciju“. Nije postavljen nijedan operativni sistem. U oba slučaja, korisnicima je potreban pristup Internetu. Softver je dostupan na engleskom i portugalskom, ali se može prevesti na bilo koji jezik. Softver je stvoren sa namjerom da ga osoba sa dijabetesom koristi samostalno, u sopstvenoj udobnosti, ali takođe ima potencijal da bude alat koji olakšava primarne i sekundarne zdravstvene usluge širom svijeta.

Autori su koristili jednostavne upitnike za samo-procjenju neuropatskih simptoma, straha od pada i kvalitet života. Pregled stopala je podrazumijevao da osoba sa dijabetesom, inspekcijom registruje promjene u integritetu kože, boju kože, deformitet, žulj, ulceraciju. Ovaj sistem omogućava bolji kontakt sa medicinskim centrom i u slučaju sumnje na teži oblik neuropatije, blagovremeno usmjeravanje pacijenta na dalju procjenu. Program vježbi se prilagođava skali napora. Bezbjednost je regulisana tako što pacijent ne može da „otključa“ program vježbanja dok ne ispuni prethodne zadatke koji su prikazani na Fotografiji 15 (A,B,C).



Fotografija 15. Verzija na mobilnom telefonu: A podaci o dijabetesu i neuropatiji, B samo-procjena o problemima na stopalu, C profil korisnika, D vježbe i skala subjektivnog napora

Ferreira JSSP, Sacco ICN, Siqueira AA, Almeida MHM, Sartor CD (2019) Rehabilitation technology for self-care: Customised foot and ankle exercise software for people with diabetes. PLoS ONE 14(6): e0218560.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218560.g002>

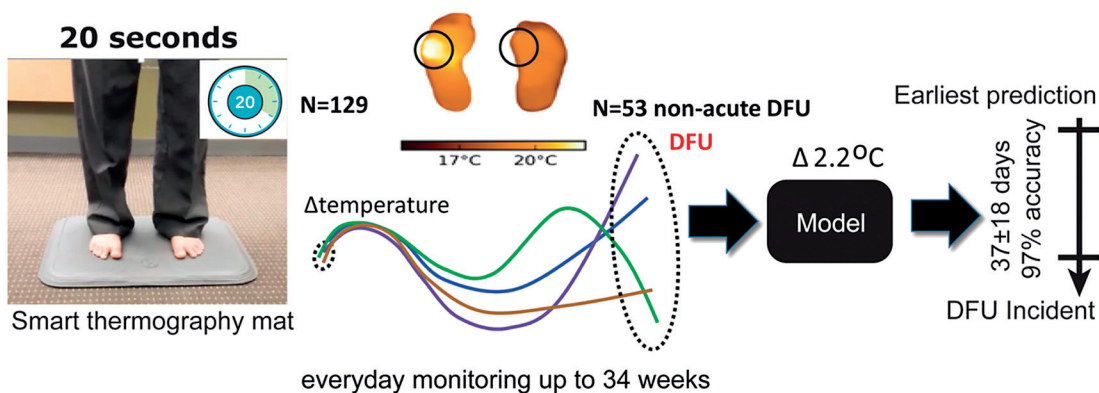
Program vježbi je individualan, vježbe su jednostavne, većina programa je opisana u poglavlju 2. Korišćena je Vizuelna analogna skala kojom se pratila tolerancija i procjena o prelasku na sledeći nivo. Ovaj program je razvijen i validiran visokim stepenom saglasnosti između specijalista za dijabetes i osoba sa dijabetesom, na 100%, odnosno 97%.

Pored navedenog, jedna od inovativnih metoda je upotreba „inteligentnih“ uložaka (142) koji su dizajnirani tako da kontinuirano mjere plantarne pritiske tokom svakodnevnog života tokom mnogih mjeseci, pružajući povratne informacije. Sistem je inovativan, mjeri se kumulativno pritisak primijenjen tokom vremena, za razliku od

dosadašnjih istraživanja koja su bila orijentisana na detekciju trenutnih maksimalnih plantarnih pritisaka. Sama intervencija uključuje lanac događaja: pojavljuje se audiovizuelno upozorenje na „pametnom“ satu, kada je prag pritiska veći od 35 mm Hg tokom vremena, upozorenje tada prihvata pacijent, i rasterećuje stopala.

Fleksibilni umetci za osjetljivost pritiska bili su postavljeni ispod ortoze ili uložaka pacijenta. Zajedno su senzor i umetak za osjetljivost na pritisak težili približno 45 g. Svaki umetak sastojao se od osam senzora pritiska, smještenih duž plantarnih površina stopala bilježeći plantarni pritisak na brzinu uzorkovanja od 8 Hz. Sistem uložaka je detektovao plantarni pritisak koji premašuje kapilarni perfuzijski pritisak (> 35 mm Hg) i vremenom integrisao te podatke o pritisku. Za svaki minut nošenja, uređaj je analizirao očitane pritiske tokom prethodnih 15 minuta i kategorisao ih kao visoke (95–100% očitavanja ≥ 35 mm Hg), srednje (35–94% očitavanja ≥ 35 mm Hg), ili nizak (0–34% očitavanja ≥ 35 mm Hg) integrisane pritiske.

Jedna od ispitivanih promjena na dijabetesnom stopalu u kontekstu novih digitalnih tehnologija je termografija. Poznato je da je klinički značajna samo razlika između dvije identične tačke lijeve i desne noge preko približno 2°C , tako da se procjenjuje da može doći do pogrešne realizacije uputstva i procjene ako se koriste bilo aplikacija ili ručni termografski uređaj. Jedan od modela koji eliminiše subjektivnu procjenu predložen je od strane Frykberg et al. (143) je „pametna“ podloga, po konceptu telemedicine, Fotografija 16. Korišćenjem ugrađene ćelijske komponente prikupljeni podaci se preusmjeravaju, pa nema potrebe za WiFi-om ili „pametnim“ telefonima, koji možda nisu dostupni u kući pacijenta. Korišćenjem alata za obradu slike, integrisani program upoređuje temperaturni profil između stopala. U svojoj studiji su pokazali da granična razlika od $\geq 2,22^{\circ}\text{C}$ između odgovarajućih mjesta na suprotnim stopalima, tačno predviđa 97% DF ulceracija.



Fotografija 16. Podloga za detektovanje temperature (Smart mat)

Tehnologije sledeće generacije trebalo bi da se usmjere na dugoročno praćenje ljudi sa gubitkom tkiva i nakon zarastanja u remisiji. Ovo će se vjerovatno sastojati od mnoštva epidermalnih, nosivih i implantabilnih senzora. Stvaranje jedinstvenih metoda komuniciranja i procjene ovih tehnologija koje prevazilaze vlasničku prirodu pojedinačnih uređaja biće presudno za dugoročni uspjeh u realizaciji strategija prevencije.

6. BIO-PSIHO-SOCIJALNI MODEL I DIJABETESNO STOPALO

Godine 2001. Svjetska zdravstvena organizacija promovisala je ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health), novu klasifikaciju funkcionalnih oštećenja, nesposobnosti (invalidnosti) i zdravlja, koja u prvi plan umjesto hendikepa (trajnog oštećenja) stavlja zdravlje. ICF predstavlja reviziju Međunarodne klasifikacije oštećenja, nesposobnosti i invalidnosti i hendikepa (ICIDH), koja je prvi put objavljena od strane Svjetske zdravstvene organizacije u svrhu studija, 1980.godine.

Kreirana nakon sistematičnih studija na terenu i međunarodnih konsultacija, ICF je prihvaćena za međunarodnu upotrebu 2001.godine, od strane Pedeset-četvrte Svjetske zdravstvene skupštine. ICF, ima za cilj da obezbijedi uniformni i standardni jezik i okvir za opis zdravstvenih stanja i bazira se na dimenzijama funkcionisanja različitih kategorija u različitim oblastima, kao što su:

- tjelesne funkcije i strukture,
- aktivnosti na individualnom nivou,
- učešće u društvu (participacija)

ICF predstavlja bio-psiho-socijalni model, koji pokriva sve moguće zdravstvene oblasti, na organskom, individualnom i društvenom nivou (primjer: šta osoba može da uradi kada ima određeno zdravstveno stanje), dajući time pravo mjesto fizikalnoj medicini i rehabilitaciji u životu savremenog čovjeka.

Strukturu klasifikacije čine 4 komponente (1424 kategorija):

b – označava tjelesne funkcije

s – označava tjelesne strukture

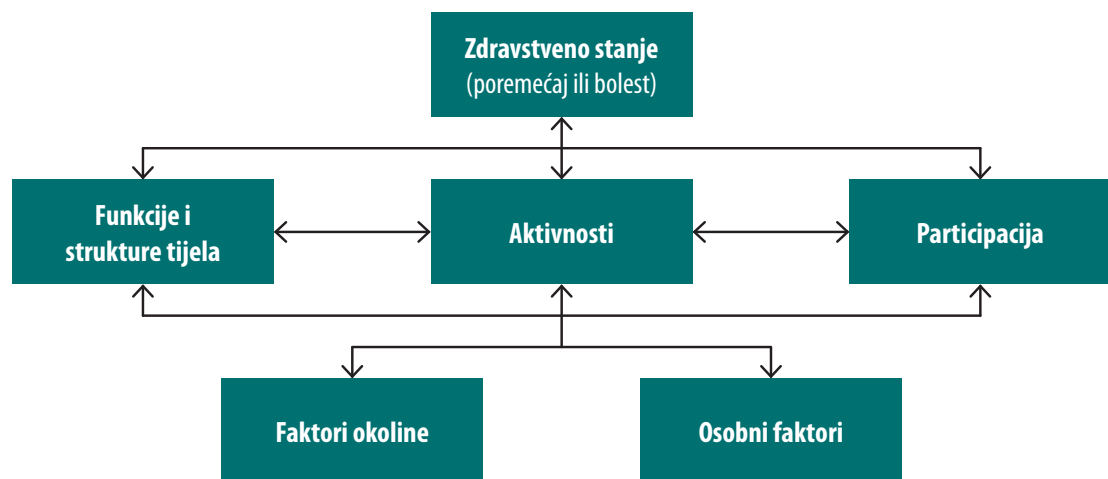
d – označava aktivnosti i participaciju

e – označava faktore okoline

b – Tjelesne funkcije:

Tjelesne funkcije su fiziološke funkcije tjelesnih sistema (uključujući i psihološke funkcije)

1. Mentalne funkcije
2. Senzorne funkcije i bol
3. Glasovne i govorne funkcije
4. Funkcije kardiovaskularnog, hematološkog, imunološkog i respiratornog sistema
5. Funkcije digestivnog metaboličkog i endokrinog sistema
6. Funkcije genitoruinarog i reproduktivnog sistema
7. Neuromuskuloskeletne i funkcije vezane uz kretanje
8. Funkcije kože i srodnih struktura



Fotografija 17. Struktura ICF modela

Guttenbruner C, Ward AB, Chamberlain MA. Bijela knjiga fiz.i rehabil. Med u Evropi. Fiz.rehabil.med. 2007;27 (Suppl 1): 1-78

s-Tjelesne strukture:

Tjelesne strukture su anatomski delovi tijela kao što su organi, ekstremiteti i njihove komponente

1. Strukture nervnog sistema
2. Oko, uvo i povezane strukture
3. Strukture vezane za glas i govor
4. Strukture kardiovaskularnog, imunološkog i respiratornog sistema
5. Strukture digestivnog, metaboličkog i endokrinog sistema
6. Strukture genitourinarnog i reproduktivnog sistema

7. Strukture vezane uz kretanje
8. Koža i povezane strukture

d-Aktivnosti i participacija

Aktivnost je izvršenje zadatka ili radnje od strane pojedinca.

Participacije ili učestvovanje je uključenost u životne situacije.

1. Učenje i korišćenje znanja
2. Opšti zadaci
3. Komunikacija
4. Mobilnost
5. Briga o sebi
6. Život u porodici
7. Interakcije
8. Velika (značajna) životna polja
9. Zajednica socijalni život

e-Faktori okoline

Faktori okruženja čine fizička, socijalna i okruženja stavova u kojima ljudi žive i vode svoje živote.

1. Tehnološki produkti
(ljekovi, produkti za dnevni život, za transport, za komunikaciju)
2. Prirodna okolina (fizička geografija, vazduh, svetlo, resursi)
3. Okolina porodica, profesionalna i socijalna okolina
4. Stavovi (očekivanja)
5. Servisi

Primjena ICF okvira u prevenciji i tretmanu dijabetesnog stopala obuhvata sledeće setove:

1. U pogledu tjelesne građe i funkcije
 - B 750-789 Funkcije kretanja
 - B 260-279 Senzorne funkcije
 - B 730-749 Funkcije mišića
 - B 710-729 Funkcija zglobova i kostiju
 - B 280-289 Bol
 - S 750 Struktura donjeg ekstremiteta
 - S8104 Koža donjeg ekstremiteta

B410-429 Funkcije kardiovaskularnog sistema
S410 Struktura kardiovaskularnog sistema

2. U pogledu aktivnosti i participacije

D160-179 Primjena znanja

D410-429 Promjena i održavanje položaja tela

D450-469 Hodanje i kretanje

D5-9 Artikli koji se tiču učešća

Značaj ICF je da ustanovljava “kritične strukture i funkcije” u istom oštećenju u procesu rehabilitacije (liste setova povezuju se sa bolestima) i bolje razumijevanje determinanti zdravlja i bolesti.

Pored navedenog ICF, uspostavlja opšti jezik u nauci i praksi što olakšava komunikaciju. Na ovaj način omogućava se poređenje i bolje praćenje toka i ishoda liječenja, praćenje mjera prevencije i stvaranje systemske baze koda za informacione sisteme.

6. ZAKLJUČAK I BUDUĆI PRAVCI

Dijagnostika i liječenje dijabetesnog stopala je složen proces. Podaci govore da su komplikacije dijabetesnog stopala kao što su ulceracije i amputacije na donjim ekstremitetima veoma rasprostranjene. Kombinacijom podataka zasnovanim na dokazima i iskustvu iz kliničke prakse, date su smjernice kojima je koncipirano postupno sprovođenje prevencije i liječenja dijabetesnog stopala.

Jedan od prvih koraka u prevenciji amputacija je dijagnostika u ranoj fazi koja podrazumijeva identifikaciju faktora rizika za razvoj dijabetesnog stopala putem dostupnih instrumenata. Nisu sve osobe sa dijabetesom u riziku za razvoj ulceracije i amputaciju i zato se naglašava da je skrining stopala esencijalan u praćenju ove populacione grupe. Etiopatologija dijabetesnog stopala je multifaktorska, kao ključni faktori za komplikacije na dijabetesnom stopalu identifikovani su neuropatija, periferna arterijska bolest i deformiteti stopala. Ovi faktori su povezani sa povećanim plantarnim pritiskom, ograničenim obimom pokreta zglobova stopala, mišićnom slabošću, poremećajem balansa, alteracijama u hodu kao i smanjenom funkcionalnošću i promjenama kvaliteta života kod osoba sa dijabetesom. Svi ovi činioci sinergističkim dejstvom mogu dovesti do ulceracije i amputacije. Na prvom pregledu potrebno je osobe sa dijabetesom kategorisati u određenu grupu rizika za razvoj dijabetesnog stopala. Smatra se da je stratifikacija rizika i frekvencija skrininga stopala prema kategoriji rizika, najbolji put prevencije i liječenja bilo koje patologije stopala koja se javlja kod osoba sa dijabetesom.

Opcije tretmana obuhvataju preventivne postupke i liječenje. Preventivni postupci se sastoje u sprečavanju razvoja i napredovanja komplikacija na stopalu, sprečavanju prelaska stopala iz nižih kategorija rizika u više, a ostvaruju se nizom intervencija: edukacija, njega stopala, tretman neuropatije i njenih posledica, liječenje periferne vaskularne bolesti, rešavanje deformiteta stopala i njihovih posledica, rasteretna sredstva, uklanjanje pre-ulcerativnih znaka. Stopalo sa visokim rizikom je stopalo sa ulceracijom i povezano je sa rizikom od hospitalizacije, amputacije i mortalitetom. Liječenje ulceracije stopala je multiprofesionalno, dugotrajno, i predstavlja finansijsko

opterećenje jednog zdravstvenog sistema. Danas su razvijene posebne preporuke o klasifikaciji ulceracije koje omogućavaju prognozu i procjenu o najboljem izboru liječenja.

Multidisciplinarni tim u razvijenim zemljama je postavljen kao okvir rada u kome su jasno označene kompetencije i oblast rada članova tima, sa mogućnostima sistemske evaluacije urađenog, naučno-istraživački rad, edukacija kadrova i širenje mreže povezivanjem sa istim ili sličnim profesionalcima van nacionalnog okvira. Benefiti za pacijente su pored dobrog ishoda liječenja i razvijanje povjerenja, samo-edukacija i razvijanja svijesti o posledicama.

Iako postoje podaci o primjeni smjernica u prevenciji i tretmanu, postoji potreba za daljnjim studijama koje bi jasno pokazale ishode u intervencijama naročito u zemljama u kojima nije u zdravstvenu strukturu implementiran sistematičan rad sa ovom grupom pacijenata.

Postoji potreba za širenjem znanja u ovoj oblasti, potreba za sistematizovanjem podataka kao i rad na retrospektivnim studijama radi praćenja stope amputacija na donjim ekstremitetima kod osoba sa dijabetesom.

SAŽETAK

Odavno je poznata povezanost različite patologije stopala kod osoba sa dijabetesom, sa razvojem ulceracije. Oko 85% amputacija na donjim ekstremitetima je uzrokovano ulceracijom stopala. Značaj prevencije razvoja dijabetesnog stopala i pojave ulceracije koja je kritični događaj u kaskadi problema, je u smanjenju broja amputacija, recidiviranju ulceracije i smanjenju ekonomskih troškova društva. Etiopatogeneza razvoja dijabetesnog stopala je multifaktorska i poznato je da najmanje dva faktora udruženim dejstvom uzrokuju komplikacije na stopalu. Periferna neuropatija, deformiteti stopala, periferna arterijska bolest, ranija ulceracija i ranija amputacija na donjim ekstremitetima, prepoznati su kao glavni faktori rizika za ulceraciju stopala i amputaciju na donjim ekstremitetima. Simetrična neuropatija malih senzitivnih vlakana, jedan je od najranijih znakova dijabetesne neuropatije, sa napredovanjem bolesti bivaju zahvaćena velika vlakna. Smatra se da motorna neuropatija dovodi do slabosti unutrašnjih mišića stopala, što narušava osjetljivu ravnotežu između fleksora i ekstenzora nožnih prstiju. Uobičajeni deformiteti koji doprinose razvoju ulceracije uključuju čekićaste prste, istaknute metatarzalne glave, hallux limitus, gastrocnemius-soleus equinus, Charcot stopalo i djelimične amputacije stopala. U sprovođenju prevencije važno je identifikovati mehanizme razvoja dijabetesnog stopala, sprovoditi regularni skrining kojim se prate osobe sa dijabetesom, na osnovu skrininga kategorisati stopala prema riziku i praviti strategije tretmana. Strategije liječenja uključuju elemente prevencije, multidisciplinarni tretman, edukaciju pacijenta i osoblja koje pruža uslugu i pažljivo praćenje pacijenta prema kategoriji rizika. U osnovne mjere prevencije razvoja neuropatije i drugih komplikacija je redovna kontrola i praćenje vrijednosti šećera u krvi, higijensko-dijetetski režim, medikamentozna terapija i fizička aktivnost. Farmakološka terapija razvijene dijabetesne neuropatije usmjerena je na smanjenje simptoma bola. Mehanizmi uključeni u neuropatski bol su kompleksni i uključuju periferne i centralne patofiziološke mehanizme. U liječenju neuropatskog bola, fizikalna terapija se uglavnom primjenjuje kao kombinovana terapija uz medikamentoznu terapiju. Postoje važni dokazi o efikasnosti redovne fizičke aktivnosti koja ima ulogu u primarnoj i sekundarnoj prevenciji dijabetesa i dijabetesnog stopala. Deficiti u mišićnoj masi i jačini na donjim ekstremitetima uzrokovace smanjenje funkcionalnog kapaciteta, promjene

u hod, slabiju ravnotežu i česte padove. Učestalost pada kod osoba sa dijabetesom bila je predmet brojnih istraživanja. Poznato je da biomehanički faktori igraju važnu ulogu u razvoju dijabetesnog stopala i osobe sa dijabetesom i izostankom protektivnog senzibiliteta sa povišenim plantarnim pritiscima tri do četiri puta su u većem riziku za razvoj ulceracije. Jedan od najvažnijih tretmana mišićne slabosti, ograničenog pokreta u zglobovima, smanjene statičke i dinamičke stabilnosti je strukturirani program vježbi pod nadzorom. Uobičajeni načini rasterećenja stopala i smanjenja plantarnih pritisaka su ortopedski prilagođeni ulošci i obuća. Danas postoje mogućnosti plantarnog mapiranja pritiska koji se koristi za vođenje izrade obuće i uložaka i procjenu njihove efikasnosti. Mapiranje se vrši elektronskim putem, korišćenjem softvera za obradu. Najveće stope uspjeha u rasterećenju zabilježene su na poznatim lokacijama sa visokim rizikom, kao što su prethodne lokacije ulkusa i Charcot stopalo, najniže stope uspjeha su evidentirane pri rasterećenjima deformacija prednjeg dijela stopala. U cilju bolje prognoze, prevencije i kliničkog liječenja, od strane multidisciplinarnih grupa razvijene su sistemi klasifikacije i sistemi skorovanja dijabetesnog stopala. Prednosti multidisciplinarnog timskog pristupa su evidentirane u studijama koje su pratile incidencu amputacija na donjim ekstremitetima. Definisane kategorije stopala u riziku za razvoj dijabetesnog stopala su: stopalo sa veoma malim rizikom, stopalo sa malim rizikom, stopalo sa umjerenim rizikom i sa visokim rizikom. Po definiciji, dijabetični ulkus na stopalu je manifestacija infektivnog procesa u mekom tkivu ili kosti, bilo gdje ispod maleola kosti potkoljenice, kod osobe sa dijabetesom. Liječenje ulceracije stopala je multiprofesionalno, dugotrajno, i predstavlja finansijsko opterećenje jednog zdravstvenog sistema. Danas su razvijene posebne preporuke o klasifikaciji ulceracije koje omogućavaju prognozu i procjenu o najboljem izboru liječenja. U razvijenim zemljama, multidisciplinarni tim je postavljen kao okvir rada u kome su jasno označene kompetencije i oblast rada članova tima, sa mogućnostima systemske evaluacije urađenog, naučno-istraživački rad, edukacija kadrova i širenje mreže povezivanjem sa istim ili sličnim profesionalcima van nacionalnog okvira. Benefiti za pacijente su pored dobrog ishoda liječenja i razvijanje povjerenja, samo-edukacija i razvijanja svijesti o posledicama.

Ključne riječi: dijabetesno stopalo, prevencija, neuropatija, deformitet stopala, plantarni pritisak, ulceracija, amputacija

ABSTRACT

Different foot pathologies has long been related to people with diabetes, with the development of ulcers. About 85% of amputations in the lower extremities are caused by foot ulcers. The importance of preventing the development of diabetic foot and the occurrence of ulceration, which is a critical event in the set of problems, is in reducing the number of amputations, recurrence of ulceration and decrease the economic costs of society. The etiopathogenesis of the development of diabetic foot is multifactorial and it is known that at least two factors combined to cause complications in the foot. Peripheral neuropathy, foot deformities, peripheral arterial disease, history of ulceration and amputation of the lower extremity have been identified as major risk factors for foot ulceration and amputation of the lower extremity. Symmetrical neuropathy of small sensitive fibers is one of the earliest signs of diabetic neuropathy, with the progression of the disease, large fibers are affected. Motor neuropathy is believed to lead to the weakness of internal foot muscles, which disrupts the delicate balance between the flexors and extensors of the toes. Common deformities that contribute to the development of ulcers include hammer-toes, prominent metatarsal heads, hallux limitus, gastrocnemius-soleus equinus, Charcot foot and partial foot amputation. In the implementation of prevention, it is important to identify the mechanisms of development of diabetic foot, to provide regular screening that monitors people with diabetes, to categorize feet according to risk based on screening and to develop treatment strategies. The treatment strategies include elements of prevention, multidisciplinary treatment, education of the patient and staff providing the service, and careful monitoring of the patient according to the risk category. The basic measures for the prevention of the development of neuropathy and other complications are regular control and monitoring of blood sugar values, hygienic-dietary regime, drug therapy and physical activity. Pharmacological therapy in the developed diabetic neuropathy is focused on relief of symptoms of pain. The mechanisms involved in neuropathic pain are complex and include peripheral and central pathophysiological mechanisms. In the treatment of neuropathic pain, physical therapy is mainly used as a combination therapy with drug therapy. There is an important evidence of the effectiveness of regular physical activity that plays a role in the primary and secondary prevention of diabetes and diabetic foot.

Deficits in muscle mass and strength in the lower extremities will cause a decrease in functional capacity, changes in gait, poor balance and frequent falls. The frequency of falls to people with diabetes has been the subject of numerous studies. It is known that biomechanical factors play an important role in the development of diabetic foot and the persons with diabetes and the absence of protective sensitivity with elevated plantar pressure three to four times are at a higher risk for developing ulcers. One of the most important treatments for muscle weakness, limited joint movement, reduced static and dynamic stability is a structured exercise programme under the supervision. Routine foot offloading and reducing plantar pressures were adjusted to orthopedic insoles and shoes. Currently, there are opportunities to implement plantar map pressure to the foot and thus obtain instructions for the production of footwear and insoles as well as an assessment of their effectiveness. The mapping is done electronically, using processing software. The highest success rates in offloading were recorded at well-known high-risk locations, such as previous ulcer sites and Charcot foot, the lowest success rates were recorded in relief of anterior foot deformities. In order to achieve better prognosis, prevention and clinical treatment, the multidisciplinary groups have developed classification systems and diabetic foot scoring systems. The advantages of a multidisciplinary team approach have been recorded in studies that followed the incidence of the lower limb amputations. The defined categories of feet at risk are: foot with very low risk, foot with low risk, foot with moderate risk and with a high risk. By definition, a diabetic foot ulcer is a manifestation of an infectious process in the soft tissue or bone, anywhere below the lower leg bone malleolus, to a person with diabetes. The treatment of foot ulcers is multiprofessional, long-lasting, and represents a financial burden to a health system. Today, special recommendations have been developed for the classification of ulceration that allow prognosis and assessment of the best treatment choice. In developed countries a multidisciplinary has been implemented as a framework in which the competence and the fieldwork are clearly established with possibilities of a systematic evaluation. The multidisciplinary team initiates the scientific research, professional education of the employees and spreading the network by connecting with the same or similar professional workers all over the world. Apart from good outcome of the treatment the patient benefits are confidence development, self-education and the awareness of possible diabetes consequences.

Key words: diabetic foot, prevention, neuropathy, plantar pressure, foot deformity, ulceration, amputation

BIBLIOGRAFIJA

1. Boulton AJM, Whitehouse RW. The Diabetic Foot. [Updated 2020 Mar 15]. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., editors. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK409609/>
2. International Diabetes Federation. Clinical Practice Recommendation on the Diabetic Foot: A guide for health care professionals: International Diabetes Federation, 2017. ISBN: 978-2-930229-86-7
3. Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, Bus SA, Hinchliffe RJ, Lipsky BA, IWGDF Editorial Board. Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36(S1):e3266 doi: 10.1002/dmrr.3266.
4. Van Netten JJ, Price PE, Lavery LA, et al . Prevention of foot ulcers in the at-risk patient with diabetes: a systematic review. *Diabetes/Metabolism Research & Reviews.* 2016; 32: S1: 84-98 <https://doi.org/10.1002/dmrr.2701>
5. Boulton, A.J.M. The diabetic foot: from art to science. The 18th Camillo Golgi lecture. *Diabetologia.* 2004; 47:1343–1353 <https://doi.org/10.1007/s00125-004-1463-y>
6. Boulton AJ, Malik RA, Arezzo JC, Sosenko JM. Diabetic somatic neuropathies. *Diabetes Care* 2004;27:1458-86. DOI: 10.2337/diacare.27.6.1458
7. A.A. F. Sima et al.: Diabetic neuropathies. *Diabetologia.* 1997;40 Suppl 3:B74-7. doi: 10.1007/BF03168192
8. Tesfaye S, Boulton AJ, Dyck PJ, et al. Diabetic neuropathies: update on definitions, diagnostic criteria, estimation of severity, and treatments [published correction appears in *Diabetes Care.* 2010 Dec;33(12):2725]. *Diabetes Care.* 2010;33(10):2285–2293. doi:10.2337/dc10-1303 ISSN Print: 0149-5992

9. Yang Z, Chen R, Zhang Y, Huang Y, Hong T, Sun F, Ji L, Zhan S. Scoring systems to screen for diabetic peripheral neuropathy. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014, Issue 3. Art. No.: CD010974. DOI: 10.1002/14651858.CD010974
10. Meijer JW, Bosma E, Lefrandt JD, Links TP, Smit AJ, Stewart RE, et al. Clinical diagnosis of diabetic polyneuropathy with the diabetic neuropathy symptom and diabetic neuropathy examination scores. *Diabetes Care* 2003;26(3):697-701. DOI: 10.2337/diacare.26.3.697 ISSN Print: 0149-5992
11. Report and Recommendations of the San Antonio Conference on Diabetic Neuropathy American Diabetes Association, American Academy of Neurology *Diabetes Care* Jul 1988, 11 (7) 592-597; DOI: 10.2337/diacare.11.7.592
12. Armstrong DG, Lavery LA, Vela SA, Quebedeaux TL, Fleischli JG: Choosing a practical screening instrument to identify patients at risk for diabetic foot ulceration. *Arch Int Med.* 1998; 158:289–292,
13. Kapoor N, David K, Saravanan B. Approach to diabetic neuropathy. *Curr Med Issues* 2017;15:189-99 DOI: 10.4103/cmi.cmi_38_17
14. Feng Y, Schlösser FJ, Sumpio BE. The Semmes Weinstein monofilament examination as a screening tool for diabetic peripheral neuropathy. *Journal of Vascular Surgery.* 2009; 50 (3): 675-682.e1 <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.05.017>
15. Olaleye D,. Perkins B.A, Bril V. Evaluation of three screening tests and a risk assessment model for diagnosing peripheral neuropathy in the diabetes clinic. *Diabetes Res Clin Pract.* 2001; 54: 115-128
16. Bokan V (2010) Risk Factors For Diabetic Foot Ulceration-Foot Deformity And Neuropathy. *Acta Medica Medianae* 49: 19–22. ISSN 0365-4478
17. Bokan-Mirković V, Škarić-Karanikić Ž, Nejkov S, Vuković M, Ćirović D. Diabetic polyneuropathy and risk of falls: fear of falling and other factors. *Acta Clin Croat.* 2017; 56:721–7. doi: 10.20471/acc.2017.56.04.20
18. Canadian Diabetes Association. Clinical Practice Guidelines. Available from: <http://www.guidelines.diabetes.ca/Browse/Appendices/Appendix8>. [Last accessed on 2016 Jun 10]
19. Young MJ, Veves A, Breddy JL, et al. The prediction of diabetic neuropathic foot ulceration using vibration perception thresholds: prospective study. *Diabetes Care* 1994;17:557–60
20. Baraz S, Zarea K, Shahbazian HB, Latifi SM. Comparison of the accuracy of monofilament testing at various points of feet in peripheral diabetic neuropathy screening. *J Diabetes Metab Disord.* 2014 Jan 28;13(1):19. doi: 10.1186/2251-6581-13-19

21. Žvorc M.. Dijagnostički postupci kod promjena na stopalu. *Acta Med Croatica*, 64 (Supl. 1) (2010) 15-25
22. Loseth S, Stalberg E, Jorde R, Mellgren SI. Early diabetic neuropathy: thermal thresholds and intraepidermal nerve fibre density in patients with normal nerve conduction studies. *JNeurol* 2008;255:1197-202
23. Dyck PJ, Albers JW, Wolfe J, Bolton CF, Walsh N, Klein CJ, Zafft AJ, Russell JW, Thomas K, Davies JL, Carter RE, Melton LJ 3rd, Litchy WJ; Clinical vs. Neurop-hysiology Trial 3 Investigators. A trial of proficiency of nerve conduction: greater standardization still needed. *Muscle Nerve* 2013;48:369-74
24. Baron R, Binder A, Wasner G. Neuropathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatment. *Lancet Neurol* 2010;9:807-19.
25. Bennett MI, Attal N, Backonja MM, et al. Using screening tools to identify neuro-pathic pain. *Pain* 2007; 127: 199–203 doi:10.1016/j.pain.2006.10.034
26. Terzić B. Tretman bolne dijabetesne polineuropatije. *SJAIT*. 2017; 1-2 : 99-108 doi:10.5937/sjait1702051M
27. Spallone V. Management of painful diabetic neuropathy: guideline guidance or jun-gle? *Curr Diab Rep*. 2012; 12(4):403-413 doi: 10.1007/s11892-012-0287-2.
28. Ziegler D, Fonseca V. From guideline to patient: a review of recent recommendati-ons for pharmacotherapy of painful diabetic neuropathy. *J Diabetes Complications*. 2015; 29(1):146-56 DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2014.08.008
29. Tendera M, Aboyans V, Bartelink ML, Baumgartner I, Clement D, Collet JP, Cre-monesi A, De Carlo M, Erbel R, Fowkes FG, Heras M, Kownator S, Minar E, Ostergren J, Poldermans D, Rimbau V, Roffi M, Rother J, Sievert H, van Sambeek M, Zeller T. ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral artery diseases: Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries: the Task Force on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Artery Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) *European Heart Journal* (2011) 32, 2851–2906 doi:10.1093/eurheartj/ehr211
30. Boras J, Ljubičić A. Makrovaskularne komplikacije šećerne bolesti. *MEDIX*. 2009; 80/81: 136-42
31. Hiramoto JS, Katz R, Weisman S, Conte M. Gender-specific risk factors for perip-heral artery disease in a voluntary screening population. *J Am Heart Assoc* 2014; 13;3(2):e000651. doi: 10.1161/JAHA.113.000651

32. Čeperković Z, Pejčić A. Endotelna disfunkcija i ateroskleroza. *Timočki medicinski glasnik*. 2007; 32(4): 170-175 ISSN 0350-2899
33. Žvorc M. Dijagnostički postupci kod promjena na stopalu. *Acta Med Croatica*. 2010; 64 (Supl. 1): 15-25
34. Vasić D, Marković D, Stojadinović M. Dopler dijagnostika vaskularnog sistema. *SJAIT* 2019/5-6 doi:10.5937/sjait1906133V
35. Abouhamda A, Alturkstani M, Janet Y. Lower sensitivity of ankle-brachial index measurements among people suffering with diabetes-associated vascular disorders: A systematic review. *SAGE Open Medicine*. 2019; 7: 1–5 DOI: 10.1177/2050312119835038
36. Alnaeb ME, Crabtree VP, Boutin A, et al. Prospective assessment of lower-extremity peripheral arterial disease in diabetic patients using a novel automated optical device. *Angiology*. 2007; 58(5): 579–585
37. Aerden D1, Massaad D, von Kemp K, van Tussenbroek F, Debing E, Keymeulen B, Van den Brande P. The ankle--brachial index and the diabetic foot: a troublesome marriage. *Ann Vasc Surg*. 2011; 25(6):770-7. doi: 10.1016/j.avsg.2010.12.025. Epub 2011 Apr 21
38. Žulec M. Transkutana oksimetrija (TCP02) – između teorije i prakse. *Acta medica Croatica*. 2014; 68 (Supplement 1), 59-61. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/128722>
39. Blake DF, Young DA, Brown LH. Transcutaneous oximetry: variability in normal values for the upper and lower limb. *Diving Hyperb Med*. 2018 Mar 31;48(1):2-9. doi: 0.28920/dhm48.1.2-9.
40. van Schie CH, Vermigli C, Carrington AL, Boulton A: Muscle weakness and foot deformities in diabetes: relationship to neuropathy and foot ulceration in Caucasian diabetic men. *Diabetes Care* 2004; 27:1668 –1673 <https://doi.org/10.2337/diaca-re.27.7.1668>
41. van Schie CH: A review of the biomechanics of the diabetic foot. *Int J Low Extrem Wounds*. 2005; 4:160 –170
42. Ledoux W R, et al. Relationship between foot type, foot deformity, and ulcer occurrence in the high-risk diabetic foot. *Journal of Rehabilitation Research and development*. 2005; 42 (5): 665-72 DOI : 10.1682/JRRD.2004.11.0144
43. Frykberg RG, Bevilacqua NJ, Habershaw G. Surgical off-loading of the diabetic foot. 2010; *Journal of Vascular Surgery*; 52 (3 SUPPL.) : 44-58 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.06.008>

44. Lavery LA, Armstrong DG, Boulton AJ; Diabetex Research Group. Ankle equinus deformity and its relationship to high plantar pressure in a large population with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002 Oct;92(9):479-82. <https://doi.org/10.7547/87507315-92-9-479>
45. Pham H, Armstrong DG, Harvey C, Harkless LB, Giurini JM, Veves A: Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration: a prospective multicenter trial. *Diabetes Care.* 2000; 23:606–611
46. Allan J, Munro W, Figgins E. Foot deformities within the diabetic foot and their influence on biomechanics: A review of the literature. *Prosthet Orthot Int.* 2016;40(2):182-92. doi: 10.1177/0309364615592705
47. Andersen H. Motor dysfunction in diabetes. *Diabetes Metab Res Rev.* 2012;28(Suppl. 1):89–92pmid:22271730
48. Francia P, Gulisano M, Anichini R, Seghieri G. Diabetic Foot and Exercise Therapy: Step by Step The Role of Rigid Posture and Biomechanics Treatment. *Current Diabetes Reviews.* 2014; 10: 86-99 1875-6417/14
49. Bokan V. Muscle weakness and other late complications of diabetic polyneuropathy. *Acta clinica Croatica.* 2011; 50: 351-355
50. Allan J, Munro W, Figgins E. Foot deformities within the diabetic foot and their influence on biomechanics: A review of the literature. *Prosthet Orthot Int.* 2016;40(2):182-192. doi:10.1177/0309364615592705
51. Pamela K. Levangie, Cynthia C. Norkin. *Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis, 5e.* Chapter 12: The Ankle and Foot Complex.
52. Gerrits EG, Landman GW, Nijenhuis-Rosien L, Bilo HJ. Limited joint mobility syndrome in diabetes mellitus: A minireview. *World J Diabetes.* 2015;6(9):1108-1112. doi:10.4239/wjd.v6.i9.1108
53. Kalezić N, Sabljak V, Stojanović M, Unić- Stojanović D, Stevanović K, Malenković V. Anesteziološka evaluacija bolesnika sa dijabetesom melitusom. *SJAIT.* 2014/7-8 doi 616-089.5:616.379- 008.64-056.24
54. Bokan-Mirković V. Efekti kombinovane fizikalne terapije u liječenju dijabetične polineuropatije : doktorska disertacija. Podgorica 2012; Univ. Crne Gore, Medicinski fak., Podgorica. 616.833:616.379-008.64 COBISS.CG-ID 512009457
55. Wrobel JS, Najafi B. Diabetic foot biomechanics and gait dysfunction. *Journal of Diabetes Science and Technology.* 2010; 4(4): 833–845. <https://doi.org/10.1177/193229681000400411>

56. Martínez JLL, Sánchez AFJ, Montesinos BJV, Jurado GMA, Morales GE, Hernández. DM. Foot biomechanics in patients with diabetes mellitus: doubts regarding the relationship between neuropathy, foot motion, and deformities. *Journal of American Podiatrics Medical Association*. 2011;101(3):208–214.
57. Pendsey SP. Understanding diabetic foot. *Int J Diabetes Dev Ctries*. 2010 Apr;30(2):75-9. doi: 10.4103/0973-3930.62596.
58. Walley M, Anderson E, Phippen MW, Maitland G. Dizziness and Loss of Balance in Individuals With Diabetes: Relative Contribution of Vestibular Versus Somatosensory Dysfunction. *Clin Diabetes*. 2014;32(2):76-77. doi:10.2337/diac-lin.32.2.76
59. Mustapa A, Justine M, Mohd Mustafah N, Jamil N, Manaf H. Postural Control and Gait Performance in the Diabetic Peripheral Neuropathy: A Systematic Review. *Biomed Res Int*. 2016;2016:9305025. doi:10.1155/2016/9305025
60. Forghany S, Bonanno DR, Menz HB, Landorf KB. An anatomically-based masking protocol for the assessment of in-shoe plantar pressure measurement of the forefoot. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2018; 11:31 <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0271-4>
61. Melai T, Ijzerman TH et al. Calculation of plantar pressure time integral, an alternative approach. *Gait & Posture* . 2011; 34: 379–384 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.06.005>
62. Lazzarini PA, Crews RT, van Netten JJ, Bus SA, Fernando ME, Chadwick PJ, Najaf B. Measuring Plantar Tissue Stress in People With Diabetic Peripheral Neuropathy: A Critical Concept in Diabetic Foot Management. *J Diabetes Sci Technol*. 2019; 13(5): 869–880. doi: 10.1177/1932296819849092
63. Deschamps K, Birch I, Mc Innes J, Desloovere K, Matricali GA. Inter- and intra-observer reliability of masking in plantar pressure measurement analysis. *Gait & Posture*. 2009; 30: 379–382 doi:10.1016/j.gaitpost.2009.06.015
64. Mueller MJ1, Zou D, Lott D. “Pressure gradient” as an indicator of plantar skin injury. *Diabetes Care*. 2005 ;28(12):2908-12. DOI: 10.2337/diacare.28.12.2908
65. Sutkowska E, Sutkowski K, Sokołowski M, Franek E , Szymon D. Distribution of the Highest Plantar Pressure Regions in Patients with Diabetes and Its Association with Peripheral Neuropathy, Gender, Age, and BMI: One Centre Study. *Journal of Diabetes Research*. Volume 2019, Article ID 7395769, 11 pages <https://doi.org/10.1155/2019/7395769>

66. Boghossian JA, Miller JD, Armstrong DG. Offloading the diabetic foot: toward healing wounds and extending ulcer-free days in remission. *Chronic Wound Care Management and Research*. 2017; 4:83-8
67. Bokan-Mirković V, Dašić Ž, Nejkov S, Banjac L, Nikolić E. Da li dijabetes utiče na stabilnost kod osoba sa jednostranom transtibijalnom amputacijom? *Srp Arh Celok Lek*. 2018; 11-12: 689-693 DOI: <https://doi.org/10.2298/SARH171121010B>
68. Bursac SN, Jandric S, Talic G. Influence of Diabetic Distal Symmetric Polyneuropathy on the Performance of the Musculoskeletal System of Lower Leg and Foot. *Med Arch*. 2019;73(4):262-267. doi:10.5455/medarh.2019.73.262-267
69. Sommer TC, Lee TH. Charcot foot: the diagnostic. *Am Fam Physician*. 2001;64(9):1591-1598.
70. Jeffcoate W, Game F, Cavanagh PR. The role of proinflammatory cytokines in the cause of neuropathic osteoarthropathy (acute Charcot foot) in diabetes. *Lancet* 2005; 366: 2058-61 doi: 10.1016/S0140-6736(05)67029-8.
71. Yousaf S, Dawe EJC, Saleh A, Gill RI, Wee A. The acute Charcot foot in diabetics. *EFORT Open Rev*. 2018; 3(10): 568–573. doi:10.1302/2058-5241.3.180003
72. Rogers LC, Frykberg RG, Armstrong DG, Boulton AJ, Edmonds M, Van GH, Hartemann A, Game F, Jeffcoate W, Jirkovska A, Jude E, Morbach S, Morrison WB, Pinzur M, Pitocco D, Sanders L, Wukich DK, Uccioli L. The Charcot Foot in Diabetes. *Diabetes Care*. 2011; 34(9):2123-9. <https://doi.org/10.2337/dc11-0844>
73. Ahmad I, Hussain E, Singla D, Verma S, Ali K (2017) Balance Training in Diabetic Peripheral Neuropathy: A Narrative Review. *JSM Diabetol Manag*, 2017; 2(1): 1002.
74. Uccioli L, Giacomini PG, Monticone G, Magrini A, Durola L, Bruno E, Parisi L, Di Girolamo S, Menzinger G. Body sway in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 1995 Mar;18(3):339-44. doi: 10.2337/diacare.18.3.339.
75. Brown SJ, Handsaker JC, Bowling FL, Boulton AJ, Reeves ND. Diabetic peripheral neuropathy compromises balance during daily activities. *Diabetes Care*. 2015;38(6):1116-1122. doi:10.2337/dc14-1982
76. Hewston P, Deshpande N. Falls and balance impairments in older adults with type 2 diabetes: thinking beyond diabetic peripheral neuropathy. *Can J Diabetes*. 2016;1:6-9, doi: 10.1016/j.jcjd.2015.08.005. Epub 2016 Jan 6.
77. Callaghan BC, Little AA, Feldman EL, Hughes RA. Enhanced glucose control for preventing and treating diabetic neuropathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;6(6):CD007543. Published 2012 Jun 13. doi:10.1002/14651858.CD007543. pub 2

78. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, Horton ES, Castorino K, Tate DF. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* Nov 2016, 39 (11) 2065-2079; DOI: 10.2337/dc16-1728
79. Sheri R. Colberg, Ronald J. Sigal, Jane E. Yardley, Michael C. Riddell, David W. Dunstan, Paddy C. Dempsey, Edward S. Horton, Kristin Castorino, Deborah F. Tate. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* Nov 2016, 39 (11) 2065-2079; DOI: 10.2337/dc16-1728
80. Marwick TH, Hordern MD, Miller T, Chyun DA, Bertoni AG, et al. Exercise Training for Type 2 Diabetes Mellitus Impact on Cardiovascular Risk: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2009; 119 (25): 3244–3262 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192521>
81. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al.; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1334–1359 doi: 10.1249/MSS.0b013e318213fefb.
82. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al. Effects of performing resistance exercise before versus after aerobic exercise on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2012;35:669–675 <https://doi.org/10.2337/dc11-1844>
83. Magkos F, Tsekouras Y, Kavouras SA, Mittendorfer B, Sidossis LS. Improved insulin sensitivity after a single bout of exercise is curvilinearly related to exercise energy expenditure. *Clin Sci (Lond)*. 2008 Jan;114(1):59-64. doi: 10.1042/CS20070134. PMID: 17635103
84. Mason L, Moore RA, Derry S, Edwards JE, McQuay HJ. Systematic review of topical capsaicin for the treatment of chronic pain. *BMJ*. 2004;328(7446):991 doi: 10.1136/bmj.38042.506748.EE. Epub 2004 Mar 19.
85. Attal N et al. EFNS guidelines on the pharmacological treatment of neuropathic pain: 2010revision. *Eur J Neurol* 2010;17:1113-e88 DOI: 10.1111/j.1468-1331.2010.02999.x
86. Dworkin RH et al. Recommendations for the Pharmacological Management of Neuropathic Pain: An Overview and Literature Update. *Mayo Clin Proc* 2010;85(3Suppl) S3-14 doi: 10.4065/mcp.2009.0649
87. Moulin DE et al. Pharmacological management of chronic neuropathic pain - consensus statement and guidelines from the Canadian Pain Society *Pain Res Manag* 2007;12:13-21doi: 10.1155/2007/730785

88. Schreiber AK, Nones CFM, Reis RC, Chichorro JG, Cunha JM. Diabetic neuropathic pain: Physiopathology and treatment. *World J Diabetes*. 2015; 6(3): 432-444
DOI: <http://dx.doi.org/10.4239/wjd.v6.i3.432>
89. Flerx WM, Hall MR. A Combined Treatment Protocol for Patients With Diabetic Peripheral Neuropathy. *Fed Pract*. 2015; 32(9): 68–73.
90. Lee PB, Kim YC, Lim YJ, Lee CJ, Choi SS, Park SH, Lee JG, Lee SC. Efficacy of pulsed electromagnetic therapy for chronic lower back pain: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *J Int Med Res*. 2006 ; 34(2):160-7.
91. Itegin M, Günay I, Loğoğlu G, Isbir T. Effects of static magnetic field on specific adenosine-5'- triphosphatase activities and bioelectrical and biomechanical properties in the rat diaphragm muscle. *Bioelectromagnetics*. 1995; 16(3):147-51
92. Graak V, Chaudhary S, Bal BS, Sandhu JS. Evaluation of the efficacy of pulsed electromagnetic field in the management of patients with diabetic polyneuropathy. *Int J Diabetes Dev Ctries*. 2009; 29(2): 56–61. doi: 10.4103/0973-3930.53121
93. Lei T, Jing D, Xie K, Jiang M, Li F, et al. Therapeutic Effects of 15 Hz Pulsed Electromagnetic Field on Diabetic Peripheral Neuropathy in Streptozotocin-Treated Rats. *PLoS ONE*. 2013; 8(4): e61414. doi:10.1371/journal.pone.0061414
94. Bokan Mirkovic V, Banjac L, Dasic Ž, Dapcevic M. Non-Pharmacological Treatment Of Diabetic Polyneuropathy By Pulse Electromagnetic Field. *HealthMED*. 2012; 6: 1291-95
95. Mihajlović V, ed. *Physical therapy*. 3 rd ed. Obodsko slovo. Rijeka Crnojevića; 2002
96. Bjordal JM, Couppe C, Chow RT, Tuner J, Ljunggren EA. A sistematic review of low level laser therapy with location - specific therapy doses for pain from cronic joint disorders. *Aust J Physioter*. 2003; 49: 107-116
97. Brosseau L, Robinson V, Wells G, Debie R, Gam A, Harman K, Morin M, Shea B, Tugwell P. WITHDRAWN: Low level laser therapy (Classes III) for treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2007; 18(1): CD002046
98. Huang Y-Y, Chen CH A, Carroll JD, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response*. 2009; 7(4): 358-383
99. Perić Z, Cvetković B. Electrophysiological evaluation of low – intensity laser therapy in patients with diabetic polyneuropathy. *Facta Universitatis: Medicine and Biology*. 2006; 13(1): 11-14

100. Garrison DW, Foreman RD. Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain*. 1994; 58:309–315.
101. Somers DL, Somers MF. Treatment of neuropathic pain in a patient with diabetic neuropathy using transcutaneous electrical nerve stimulation applied to the skin of the lumbar region. *Physical Therapy*. 1999; 79: 767–775, <https://doi.org/10.1093/ptj/79.8.767>
102. Chesi G, Scanelli G, Gilioli F, Scalabrini E, Giumelli C, Franco F. Prevalence of neuropathic component of pain in a cohort of patients admitted to an Internal Medicine Department for chronic pain. *Italian Journal of Medicine*. 2015; 9:57-60 DOI: 10.4081/itjm.2015.441
103. Bennett M. The LANSS Pain Scale: the Leeds assessment of neuropathic symptoms and signs. *Pain*. 2001 May;92(1-2):147-57. doi: 10.1016/s0304-3959(00)00482-6
104. Cruccu G, Sommer C, Anand P, et al. EFNS guidelines on neuropathic pain assessment: revised 2009. *Eur J Neurol* 2010; published online March 8. DOI:10.1111/j.1468-1331.2010.02969
105. Treat-Jacobson et al. Exercise Programs for Patients With PAD. *Circulation*. 2019;139:e10–e33. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000623
106. Jevtić Milorad: Kineziterapija kod Diabetes Mellitus-a. *Timočki Medicinski Glasnik*. 2002; 27(4)
107. Cade TW. Diabetes-related microvascular and macrovascular diseases in the physical therapy settings. *Physical Therapy*. 2008; 88(11): 1222-1225
108. McDermott MM, Ferrucci L, Guralnik J, Tian L, Liu K, Hoff F, Liao Y, Criqui MH. Pathophysiological changes in calf muscle predict mobility loss at 2-year follow-up in men and women with peripheral arterial disease. *Circulation*. 2009;120:1048–1055. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.842328
109. Watson L, Ellis B, Leng GC. Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008; 8 (4):CD000990. doi:10.1002/14651858.CD000990.pub2
110. Hamburg NM, Balady GJ. Exercise Rehabilitation in Peripheral Artery Disease: Functional Impact and Mechanisms of Benefits. *Circulation*. 2011 4; 123(1): 87–97. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.881888
111. Bronas UG, Hirsch AT, Murphy T, et al. Design of the multicenter standardized supervised exercise training intervention for the claudication: exercise vs endoluminal revascularization (CLEVER) study. *Vasc Med*. 2009;14(4):313-321. doi:10.1177/1358863X09102295

112. Wallace C, Reiber GE, LeMaster J, et al. Incidence of falls, risk factors for falls, and fall-related fractures in individuals with diabetes and a prior foot ulcer. *Diabetes Care*.2002;25:1983-1986 doi: 10.2337/diacare.25.11.1983.
113. Otterman NM, van Schie CH, van der Schaaf M, van Bon AC, Busch-Westbroek TE, Nollet F. An exercise programme for patients with diabetic complications: a study on feasibility and preliminary effectiveness. *Diabet Med* 2011; 28: 212-7 doi: 10.1111/j.1464-5491.2010.03128.x
114. Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di Biase N, Calandriello E, Leonetti F, Fallucca F. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications*. 2006 Jul-Aug; 20(4):216-23. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2005.07.005
115. Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res*. 2013;16(2):105-114. doi:10.1089/rej.2012.1397
116. Richardson JK, Sandman D, Vela S. A focused exercise regimen improves clinical measures of balance in patients with peripheral neuropathy. *Archives of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2001; 82(2): 205-9 DOI:https://doi.org/10.1053/apmr.2001.19742
117. Robin L. Kruse, Joseph W. LeMaster, Richard W. Madsen, Fall and Balance Outcomes After an Intervention to Promote Leg Strength, Balance, and Walking in People With Diabetic Peripheral Neuropathy: “Feet First” Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*. 2010; 90 (11):1568–1579 https://doi.org/10.2522/ptj.20090362
118. Bokan V. Dijabetična polineuropatija- klasifikacija, komplikacije i protokoli liječenja. *Drugi Kongres fizijatara Crne Gore 17-21. 02. 2010. Igalo. Zbornik radova; S96*
119. Allet L, Armand S, de Bie RA, Golay A, Monnin D, Aminian K, Staal JB, de Bruin ED. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. *Diabetologia* 2010; 53: 458-466 https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.04.013
120. Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003; (4):CD000340. doi: 10.1002/14651858.CD000340.
121. White CM, Pritchard J, Turner-Stokes L. Exercise for people with peripheral neuropathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004 Oct 18;(4):CD003904. doi: 10.1002/14651858.CD003904.pub2. PMID: 15495069.

122. York RM, Perell-Gerson KL, Barr M, Durham J, Roper JM: Motor learning of a gait pattern to reduce forefoot plantar pressures in individuals with diabetic peripheral neuropathy. *PM R* 2009, 1(5):434-441
123. Sartor CD, Hasue RH, Cacciari LP, Butugan MK, Watari R, Pássaro AC, Giacomozzi C, Sacco IC. Effects of strengthening, stretching and functional training on foot function in patients with diabetic neuropathy: results of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014 Apr 27;15:137. doi: 10.1186/1471-2474-15-137. PMID: 24767584; PMCID: PMC4031603.
124. Caselli A, Pham H, Giurini JM, Armstrong DG, Veves A. The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. *Diabetes Care.* 2002;25(6):1066-71. doi: 10.2337/diacare.25.6.1066. PMID: 1203211
125. Barn R, Waaijman R, Nollet F, Woodburn J, Bus SA. Predictors of Barefoot Plantar Pressure during Walking in Patients with Diabetes, Peripheral Neuropathy and a History of Ulceration. *PLoS ONE* .2015; 10(2): e0117443. doi:10.1371/journal.pone.0117443
126. Bus AS. Priorities in offloading the diabetic foot. *Diabetes Metab Res Rev* 2012; 28(Suppl 1): 54–59. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/dmrr.2240
127. Owings TM, Woerner JL, Frampton JD, Cavanagh PR, Botek G. Custom therapeutic insoles based on both foot shape and plantar pressure measurement provide enhanced pressure relief. *Diabetes Care* 2008; 31: 839–844. doi: 10.2337/dc07-2288. Epub 2008 Feb 5.
128. van Deursen R. Mechanical Loading and Off-Loading of the Plantar Surface of the Diabetic Foot. *Clinical Infectious Diseases.* 2004;. 39 (S2): S87–S91, <https://doi.org/10.1086/383268>
129. van Netten JJ, Lazzarini PA, Armstrong DG, Bus SA, Fitridge R, Harding K, Kinnear E, Malone M, Menz HB, Perrin BM, Postema K, Prentice J, Schott KH, Wraight PR. Diabetic Foot Australia guideline on footwear for people with diabetes. *J Foot Ankle Res.* 2018;11:2. doi: 10.1186/s13047-017-0244-z. PMID: 29371890; PMCID: PMC5769299.
130. Boulton AJM, Armstrong DG, Kirsner RS, et al. Diagnosis and Management of Diabetic Foot Complications. Arlington (VA): American Diabetes Association; 2018 Oct. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538977/> doi: 10.2337/db20182-1

131. Rasmussen, A, Bjerre-Christensen, U, Almdal, TP & Holstein, P. Percutaneous flexor tenotomy for preventing and treating toe ulcers in people with diabetes mellitus. *Journal of Tissue Viability*. 2013;. 22 (3): 68-73 <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2013.04.001>
132. Colen LB, Kim CJ, Grant WP, Yeh JT, Hind B. Achilles tendon lengthening: friend or foe in the diabetic foot? *Plast Reconstr Surg*. 2013;131(1):37e-43e. DOI: 10.1097/prs.0b013e3182729e0b
133. Martínez-Gómez DA, Moreno-Carrillo MA, Campillo-Soto A, Carrillo-García A, Aguayo-Albasini JL. Reduction in diabetic amputations over 15 years in a defined Spain population. Benefits of a critical pathway approach and multidisciplinary team work. *Rev Esp Quimioter*. 2014;27(3):170-9. PMID: 25229372.
134. Krishnan S, Nash F, Baker N, Fowler D, Rayman G. Reduction in Diabetic Amputations Over 11 Years in a Defined U.K. Population. *Diabetes Care*. 2008; 31 (1): 99-101; DOI: 10.2337/dc07-1178
135. Blanchette, V., Brousseau-Foley, M. & Cloutier, L. Effect of contact with podiatry in a team approach context on diabetic foot ulcer and lower extremity amputation: systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*.2020; 13: 15. <https://doi.org/10.1186/s13047-020-0380-8>
136. Bakker K, et al. The 2015 IWGDF guidance documents on prevention and management of foot problems in diabetes: development of an evidencebased global consensus. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32:2–6 doi: 10.1002/dmrr.2694
137. Batista F, Augusto Magalhães A, Gamba M, Nery C, Cardoso C. Ten years of a multidisciplinary diabetic foot team approach in Sao Paulo, Brazil. *Diabet Foot Ankle*. 2010;1:10.3402/dfa.v1i0.5203. doi:10.3402/dfa.v1i0.5203
138. Naidoo P, Liu VJ, Mautone M, Bergin S. Lower limb complications of diabetes mellitus: a comprehensive review with clinicopathological insights from a dedicated high-risk diabetic foot multidisciplinary team. *Br J Radiol*. 2015;88(1053):20150135. doi:10.1259/bjr.20150135
139. Yesil S, Akinci B, Bayraktar F, Havitcioglu H, Karabay O, Yapar N, Demirdover C, Yener S, Yalcin M, Comlekci A, Eraslan S. Reduction of major amputations after starting a multidisciplinary diabetic foot care team: single centre experience from Turkey. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2009;117(7):345-9. doi: 10.1055/s-0028-1112149. Epub 2009 Feb 18. PMID: 19226478.
140. 1. Strategies for Improving Care. American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2016; 39 (Supplement 1): S6-S12; DOI: 10.2337/dc16-S004

141. Ferreira JSSP, Sacco ICN, Siqueira AA, Almeida MHM, Sartor CD (2019) Rehabilitation technology for self-care: Customised foot and ankle exercise software for people with diabetes. PLoS ONE 14(6): e0218560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218560>
142. Abbott CA, Chatwin KE et al. Innovative intelligent insole system reduces diabetic foot ulcer recurrence at plantar sites: a prospective, randomised, proof-of-concept study. *The Lancet Digital Health*. 2019; 1(6): e308-e318 [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30128-1](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30128-1)
143. Frykberg RG, Gordon IL, Reyzelman AM, et al. Feasibility and efficacy of a smart mat Technology to predict development of diabetic plantar ulcers. *Diabetes Care*. 2017;40(7):973-980.

INDEX POJMOVA

“Feet First”, 62, 63
„Rocker“ profili, 72

A

amputacija, 7, 8, 26, 34, 41, 72, 82, 85, 86, 87, 97
Ankle brachial index, 19

C

center of pressure, COP, 41
Charcotova neuroartropatija, 38
Charcotovo stopalo, 24
čekićaste prste, 24

D

deformiteti stopala, 8, 24, 28, 32, 38
Dijabetesna periferna neuropatija, 8, 43
Dijabetesno stopalo, 7, 40, 93
dorzalna i plantarna fleksija, 28

E

edukacija, 79, 88, 97
Elektrofiziološka testiranja, 9
endotel, 20
fizička aktivnost, 43, 44, 57, 60

F

Fizikalna terapija, 49

G

gangrena, 18, 78

glikozilirani hemoglobin, 15
glikozilacija, 20,34
grupa intrinzičnih mišića, 25, 33

I

istaknute metatarzalne glave, 24

L

laser, 51

M

Magnetno polje, 51
Maksimalni plantarni pritisak, 36
Michigan Diabetic Neuropathy Score 27
monofilament, 12, 77
motorni poremećaji, 12
MTPH, 30, 31, 31
Multidisciplinarni tim, 88
multidisciplinarni tretman, 43

N

negativni simptomi, 10, 55
nestabilnosti u hodu, 34
neuroatrofija, 9
neuropatija tankih vlakana, 17
neuropatski bol, 47, 77, 78

O

opterećenje stopala, 33, 40
ortopedska obuća, 78

P

PAD, 18, 20, 21, 22, 56, 57, 58, 59, 78
palpacija pulseva, 21
parcijalne amputacije stopala, 26, 73
pedobarografija, 35
plantarni pritisci stopala, 32
prednje stopalo, 29, 69, 71
prevencija, 20, 43, 56, 68, 85
propriocepcija, 35, 61

R

rasterećenje stopala, 67
rizik od pada, 40, 41, 42,

S

senzitivne tačke, 13
skrining, 22, 43, 78, 79
skrining i kategorizacija rizika, 88
slabost mišića potkoljenice i stopala, 34
stopala visokog rizika, 81
stopalo sa malim rizikom, 77

T

TENS, 53
Test ustani i kreni, 41, 61
Transkutana oksimetrija, 23

U

ulceracija, 24, 26, 27, 43, 67, 70, 73, 75, 76, 79, 81, 86, 91

V

Valgus palca, 26
vježbe, 44, 46, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 89, 90

ISBN 978-86-7664-230-4



9 788676 642304 >

Vesna Bokan-Mirković

**DIJAGNOZA I PREVENCIJA KOMPLIKACIJA
DIJABETESNOG STOPALA**