

NAŠE PRVE IZKUŠNJE Z RAZLIČNIMI PROTEZAMI ZA PALEC

OUR FIRST EXPERIENCES WITH DIFFERENT THUMB PROSTHESES

prof. dr. Helena Burger^{1,2}, dr. med., Tonja Robida¹, dipl. del. ter., Špela Eržen¹, dipl. ing. ort. in prot.,
Matej Burgar¹, dipl. ing. ort. in prot., Zarja Fink¹, dipl. ing. ort. in prot., asist. dr. Zala Kuret¹, dr. med.

¹Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije Soča

²Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta

IZVLEČEK

Izhodišča:

V zadnjem letu imamo v Sloveniji poleg oskrbe z estetsko protezo iz silikona tudi možnost oskrbe z estetsko protezo iz silikona, ki se pritrudi na kostni vsadek, protezo za opozicijo ter funkcionalno mehansko protezo za palec. Namen naše raziskave je bil preveriti funkcijo roke pri pacientih po amputaciji palca - brez uporabe proteze ter z uporabo proteze, za katero se je posamezen pacient odločil.

Metode:

Vsem pacientom po amputaciji palca, ki so obiskali našo ambulanto v letu 2024, so bile v ambulanti predstavljene obstoječe možnosti oskrbe s protezo, njihove prednosti in pomanjkljivosti. V raziskavo smo vključili vse paciente, ki so prejeli eno od novih vrst protez. Za oceno funkcije roke smo uporabili Southamptonski test za ocenjevanje roke (*angl.* Southampton Hand Assessment Procedure, SHAP) ter izvedli tudi Kanadski test izvajanja dejavnosti (*angl.* Canadian Occupational Performance Measure, COPM).

Rezultati:

Pri vseh pacientih je bila funkcija roke na strani amputacije slabša kot na neamputirani strani. Z uporabo proteze se je pri dveh osebah skupni indeks prijemov poslabšal, pri treh pa nismo izmerili razlik, ki bi presegle minimalno zaznavno razliko. Na COPM je bilo opazno največje izboljšanje v izvedbi in zadovoljstvom z izvedbo pri pacientu, ki je imel funkcionalno mehansko protezo, sledil je pacient s protezo za opozicijo.

Zaključek:

Različne proteze za palec različno vplivajo na funkcijo roke in izvajanje različnih smiselnih dejavnosti. Za trdnije zaključke potrebujemo raziskavo z večjim številom vključenih pacientov.

ABSTRACT

Background:

In the past year, in addition to conventional aesthetic silicone prostheses, Slovenia introduced several new types of thumb prostheses, including osseointegrated aesthetic silicone prostheses, opposition prostheses, and body-powered prostheses for the thumb. The aim of our study was to evaluate hand function after thumb amputation, both without a prosthesis and with various patient-selected prosthetic types.

Methods:

In 2024, all patients with thumb amputation who attended our clinic were informed about the available prosthetic options, along with their respective advantages and limitations. The study included all patients who received one of the newly introduced types of prostheses. Each patient was assessed using the Southampton Hand Assessment Procedure (SHAP) and the Canadian Occupational Performance Measure (COPM).

Results:

Following thumb amputation, hand function on the amputated side was consistently poorer than on the contralateral side. With the use of prosthesis, the overall SHAP index worsened in two individuals, whereas in three no differences exceeding the minimum detectable change were observed. According to the COPM results, the greatest improvement in performance and satisfaction was found in the patient with a functional mechanical prosthesis, followed by the patient using an opposition prosthesis.

Conclusion:

Different thumb prostheses have varying effects on hand function and the performance of various meaningful activities. To draw more robust conclusions, a larger sample of patients is required.

Ključne besede:

amputacija palca; proteze za palec; ocenjevanje izida

Key words:*amputation of thumb, prosthesis for thumb, outcome measurement***UVOD**

Amputacije prstov so med najpogostejšimi amputacijami zgornjih udov. Pri tem je pojavnost amputacij palca na Švedskem približno 0,7 na 100.000 prebivalcev (1), oz. ima približno 15 % poškodovancev le amputacijo palca (2).

Palec je odgovoren za 40 % (3) do 50 % (4) funkcije roke, saj omogoča natančen prijem, stabilizacijo in rokovanje s predmeti (4). Amputacija palca zato znatno vpliva na sposobnost izvajanja vsakodnevnih aktivnosti, zmanjša moč prijema, poveča pritisk na preostale prste ter povzroči težave pri izvajanju osnovnih nalog, kot so pisanje, držanje jedilnega pribora ali upravljanje orodja (5, 6). Prav zato je za dober izid zdravljenja po amputaciji palca ključna celostna obravnava pacientov, ki se začne s primerno kirurško oskrbo in nadaljuje s celostno rehabilitacijo.

Kirurg ima za obravnavo osebe po amputaciji več možnosti: replantacijo, prenos prstov s stopala na roko ali dokončno oskrbo mesta amputacije (7). Dokazi, da pacienti po replantaciji palca poročajo o boljši funkciji, so omejeni (8). V nekaterih primerih je replantacija sicer uspešna, vendar je pogosto povezana z dolgim okrevanjem in omejitvami funkcije (8). Tudi dokazi o funkciji po prenosu prstov s stopala na roko so omejeni. Nekatere raziskave kažejo, da prenos nožnih prstov lahko obnovi funkcijo do sprejemljive mere, tako da omogoča opravljanje vsakodnevnih dejavnosti, vrnitev k prvotnemu ali prilagojenemu izvajanju poklica (v sedečem položaju) in zagotavlja zadovoljstvo. Ob tem pa je pomembno vedeti tudi, da vsi pacienti niso primerni za kirurško zdravljenje, po posegu pa so možni tudi zapleti (9).

Tretja možnost kirurškega zdravljenja je amputacija in nato oskrba s protezo. Glavni cilj oskrbe s protezo je izboljšanje funkcije ter omogočeno ponovno izvajanje različnih dnevnih aktivnosti (5). Idealna proteza za palec naj bi bila preprosta, trpežna, naj bi imela možnost opozicije z drugimi prsti, možnost prijema in naj bi povrnila občutek pritiska. Poleg naštetega naj bi bila tudi enostavna za namestitev in cenovno dostopna (10).

Obstaja več vrst protez za palec, ki se razlikujejo glede na način delovanja, način pritrditve in funkcionalnost (3):

1. **Estetske proteze:** narejene so večinoma iz silikona in nimajo gibljivih delov. Na krn so pritrjene z vakuumom. Če je krn prekratek, jih lahko dodatno pritrdimo z medicinskim lepilom (11). Zelo lepo lahko povrnejo videz, vendar ne izboljšajo funkcije (12-14). V svetu že več kot dvajset let (4, 6, 15-17), v Sloveniji pa zadnje leto obstaja možnost pritrditve teh

protez na kostni vsadek, Taka pritrditev omogoča boljšo stabilnost, povrne propriocepcijo in podaljša dnevni čas uporabe proteze (4, 6, 15-17).

2. **Proteze za opozicijo z drugimi prsti:** Kot pove že ime samo, je glavni cilj protez za opozicijo, da omogočijo opozicijo in prijem z ostalimi prsti. Narejene so iz močnih materialov, da omogočijo funkcijo. Lahko so brez gibljivih sklepov ali pa imajo sklepe, ki uporabniku omogočijo, da si protezo nastavi v položaj za prijem in delo (3).
3. **Proteze za specifično dejavnost:** narejene so posebej za prijem, ki je potreben pri želeni dejavnosti, kot so delo, šport ali druge prostočasne dejavnosti.
4. **Funkcionalno mehanske (FM) proteze:** uporabnik jih premika z gibi v proksimalnih sklepih. Lahko imajo kabel, ki gre na proksimalen sklep (kot FM proteze za amputacije v zapestju in višje) ali pa je ta povezava trdna. Z gibi v proksimalnih sklepih uporabnik nadzoruje silo prijema, položaj in hitrost gibanja (3). Nekateri proizvajalci imajo rešitve za amputacije le dela prsta, drugi tudi za amputacije v predelu metakarpofalangealnega (MCF) sklepa ali višje (3).
5. **Proteze z zunanjim virom:** Zunanji vir energije je električna energija. Na tržišču obstajajo le variante proteznih prstov za amputacijo nad MCF sklepom (3). Upravljamo jih večinoma z EMG signali iz preostalih mišic, podobno kot tudi sicer mioelektrične proteze.

Klinične in uporabniške raziskave kažejo, da se pacienti različno prilagajajo in sprejemajo posamezne vrste protez. Nekatere prednosti vključujejo boljši prijem in zmanjšanje obremenitve preostale roke ter izboljšanje telesne podobe (5, 18). Drugi pacienti se soočajo z izzivi, kot so udobje, stabilnost in prilagoditev na nove vzorce gibanja (5, 10). Nadaljnje raziskave in klinična testiranja bodo ključnega pomena za izboljšanje protez za palec ter prilagajanje njihovih funkcij potrebam uporabnikov.

V zadnjem letu imamo v Sloveniji poleg oskrbe z estetsko protezo iz silikona tudi možnost oskrbe z estetsko protezo iz silikona, ki se pritrudi na kostni vsadek, protezo za opozicijo ter funkcionalno mehansko protezo za palec. Namen naše raziskave je bil preveriti funkcijo roke po amputaciji palca brez proteze ter z različnimi protezami, za katere so se pacienti odločili.

METODE

Preiskovanci

Vsem pacientom po amputaciji palca, ki so obiskali našo ambulanto v letu 2024, so bile v ambulanti predstavljene obstoječe možnosti oskrbe s protezo, njihove prednosti in pomanjkljivosti. V analizo rezultatov smo vključili vse paciente, ki so prejeli eno od novih vrst protez.

Ocenjevalni instrumenti in protokol dela

Pri vseh smo funkcijo roke testirali s Southamptonskim testom za ocenjevanje roke (*angl.* Southampton Hand Assessment Procedure, SHAP) (19) ter izvedli tudi Kanadski test izvajanja dejavnosti (*angl.* Canadian Occupational Performance Measure, COPM) (20).

Southamptonski test za ocenjevanje roke so razvili za ocenjevanje funkcije različnih proteznih rok (19). Pri testiranju merimo čas, ki ga oseba potrebuje, da prestavi šest različnih, lažjih in težjih predmetov (različni prijemi) ter opravi 14 standardiziranih dejavnosti. Izmerjene čase vnesemo v računalniški program testa, ki preračuna skupni indeks funkcije roke ter indekse posameznih prijemov (sferični, triprstni, cilindrični, lateralni, pincetni in podaljšan). Navodil za izvedbo testa pri ljudeh po amputaciji prsta ali več prstov ni (kako točno naj primejo posamezen predmet).

Vse v raziskavo vključene paciente smo prosili, da pri nalogah za pincetni prijem primejo predmet s kazalcem in prvo dlančnico, pri triprstnem s kazalcem in sredincem ter prvo dlančnico, pri

lateralnem s stiskom predmeta v prvem medprstnem prostoru in pri podaljšanem z drugim do četrtim prstom in dlanjo. Vse teste je izvedla ista delovna terapevtka z več leti izkušenj in testiranja s testom. Minimalna zaznavna razlika za SHAP test je dve (21). Za moške in ženske, stare 16 do 75 let, imamo v Sloveniji normative za dominantno in nedominantno roko (22).

Paciente za oskrbo z estetsko protezo, ki se pritrudi na kostni vsadek, smo sprejeli na Oddelek za rehabilitacijo pacientov po amputaciji, ko smo imeli na zalogi material za izdelavo proteze. Testiranje s SHAP testom smo izvedli na dan sprejema (brez proteze) in na dan prevzema proteze s protezo. Pri pacientu, ki se je odločil za protezo za opozicijo, smo ga sprejeli, ko je protetik imel pripravljeno testno ležišče in ves material. Testiranje s SHAP testom smo opravili na dan sprejema ter po enem tednu vadbe uporabe proteze v delovni terapiji. Pri pacientu, ki je želel funkcionalno mehansko protezo, smo prvo testiranje s SHAP testom naredili na dan sprejema in ponovili po enem tednu vadbe s testno protezo v delovni terapiji. COPM smo pri vseh pacientih izvedli na dan sprejema ter pri teh tudi pred odpustom.

Raziskavo je odobrila Komisija za strokovno etična medicinska vprašanja URI Soča (št. 035-1/2025-6/4.1).

REZULTATI

Vsi vključeni pacienti so moški, stari 34 do 69 let, ki so utrpeli amputacijo eno do štiri leta pred začetnimi meritvami (Tabela 1). Štirje imajo amputacijo v karpofalangealnem sklepu, eden v

Tabela 1. Demografske značilnosti vključenih preiskovancev.

Table 1. Demographic characteristics of included subjects.

Oseba/ Person	Starost [leta] Age [years]	Spol/ Gender	T [leta]/ [years]	Raven amputacije/ Level of amputation	Vzrok amputacije/ Cause of amputation	D/ND roka/ hand	Vrsta proteze Type of prosthesis
A	38	M	3	CMF sklep CMP joint	Krožna žaga Circular saw	L - ND	Za opozicijo Opposition prosthesis
B	34	M	1	IF sklep IP joint	Krožna žaga Circular saw	L - ND	Funkcionalno mehanska Body-powered
C	69	M	3	CMF sklep CMP joint	Električni tok visoke napetosti High voltage electric current	L - ND	Iz silikona pritrđitev na kostni vsadek Osseointegrated silicone prosthesis
D	63	M	2	CMF sklep CMP joint	Trn in infekcija Thorn and infection	L - ND	Iz silikona pritrđitev na kostni vsadek Osseointegrated silicone prosthesis
E	46	M	4	CMF sklep + amputacija končne falange II. - IV. prsta CMP joint + amp. of distal phalang of II. - IV. finger	Petarda Firecracker	D - D	Iz silikona pritrđitev na kostni vsadek Osseointegrated silicone prosthesis

Legenda/ Legend: M – moški /male; T – čas od amputacije/ time since amputation; D – dominantna roka/dominant hand; ND – nedominantna roka/ nondominant hand; L – leva/left; D – desna/ right;

interfalangealnem sklepu palca, štirje na nedominanti in eden na dominantni strani (Tabela 1). Štiri osebe so imele le amputacijo palca, oseba E dodatno še amputacijo končne falange kazalca, sredinca in prstanca.

Rezultate testiranj s SHAP testom brez proteze, s protezo ter z neamputirano roko prikazuje Tabela 2.

Na testu COPM so vsi udeleženci kot pomembno dejavnost s področja osebne higijene izpostavili zapenjanje gumbov. Ostala pomembna opravila so bila navedena pri največ dveh osebah (kolesarjenje, vijačenje). Pri dveh smo uspeli opraviti le ocenjevanje brez proteze. Ocene izvedbe izbranih dejavnosti in zadovoljstva z izvedbo, z in brez uporabe proteze, so prikazane v Tabeli 3.

Tabela 2. Rezultati testiranja s SHAP testom.

Table 2. Results on SHAP test.

Proteza/ Prosthesis	Za opozicijo/ Opposition		Funkcionalno mehanska Body-powered				Iz silikona pritrditvev na kostni vstavek Osseointegrated silicone								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Pacijent Patient															
Prijem/ Index/ stran/ side	AM	NA	AM	NA	AM	NA	AM	NA	AM	NA	AM	NA			
Proteza/ Prosthesis	P-	P+	P-	P+	P-	P+	P-	P+	P-	P+	P-	P+			
Sferični Spherical	105	98	104	96	95	95	93	98	98	64	93	94	96	85	93*
Triprstni Tripod	85	73	101	85	86	95	78	81	89*	61	47	85*	73	63	98*
Cilindrični Power	91	94	103	91	93	99	86	86	97	72	76	89*	64	78	93*
Lateralni Lateral	99	99	103	95	98	99	84	95	99	74	79	90*	62	83	95
Pincetni Tip	94	80	103	89	88	96	79	94	92*	73	62	89*	54	69	92*
Podaljšan Extension	102	99	104	96	100	101	89	95	101	82	90	94	87	79	90*
Skupni indeks Index of functionality	96	88	102	92	93	98	86	92	95	77	73	90*	77	77	93*

Legenda / Legend: AM – amputirana stran/ amputated side; NA – neamputirana/ nonamputated; P+ s protezo/ with prosthesis; P- brez proteze;/ without prosthesis;

Opomba/ Note: sivo so obarvani dosežki, pri katerih je ob uporabi proteze prišlo do izboljšanja/ achievements where improvement occurred with the use of the prosthesis are shaded in gray; z zvezdico so označeni dosežki za neamputirano roko, pri katerih pacient ni dosegel normativa za starost in spol/ achievements for the non-amputated hand where the patient did not meet the age and gender criteria are marked with an asterisk.

Tabela 3. Rezultati testa COPM.

Table 3. Results of the COPM test.

Oseba/ Person	Brez proteze/ Without prosthesis		S protezo/ With prosthesis		Razlika/ Difference	
	Izvedba/ Performance	Zadovoljstvo/ Satisfaction	Izvedba/ Performance	Zadovoljstvo/ Satisfaction	Izvedba/ Performance	Zadovoljstvo/ Satisfaction
A	5,4	3,4	6,2	6,2	0,8	2,8
B	6,7	4,9	8,5	8,5	1,7	3,6
C	5,6	5,4				
D	4,0	3,5				
E	7,3	6,4	6,0	7,5	-1,3	1,1

RAZPRAVA

V raziskavi smo želeli preveriti, kakšna je funkcija roke po amputaciji palca (brez proteze) ter z različnimi protezami, za katere so se pacienti odločili po preiskovanju.

Po amputaciji palca je bila pri vseh pacientih funkcija roke na strani amputacije slabša kot na neamputirani strani (Tabela 2). Izmerjene vrednosti so bile pri vseh pacientih višje od tistih, ki so opisane v literaturi, v kateri je palec opredeljen kot prst, ki je odgovoren za 40 % do 50 % funkcije roke (3, 4). V literaturi nismo našli podatkov o tem, ali se funkcija roke s časom po amputaciji izboljša. Eden od možnih razlogov za naše rezultate je dobra prilagoditev pacientov na amputacijo, saj je od posega do prvih meritev preteklo vsaj eno leto. Drugi možni razlog je, da test SHAP, ki je bil razvit za testiranje funkcije z različnimi proteznimi rokami (19), morda ni povsem primeren za testiranje oseb po amputaciji palca, oziroma naša izvedba testa, kot je opisana v metodah, ni bila optimalna. Izmerjeni indeksi so bili pri vseh pacientih sicer nižji od normativov za starost in spol v Sloveniji (22), vendar pa še vedno bistveno višje od pričakovanj in ugotovitev drugih avtorjev (3, 4). Morda bi morali za aktivnosti, ki zahtevajo natančen prijem salcem (pincetni, lateralni, triprstni) enostavno predpostaviti, da jih pacient ne more izvesti. Po drugi strani pa izmerjeni rezultati kažejo, da so se vsi vključeni preiskovanci dobro prilagodili na amputacijo palca.

Pri uporabi proteze se je pri dveh osebah skupni indeks SHAP poslabšal, pri treh pa nismo izmerili razlik, ki bi presegle minimalno zaznavno razliko, ki za test SHAP znaša dve točki (21). Pri osebi, ki je prejela protezo za opozicijo, se je cilindrični prijem izboljšal, lateralni je ostal nespremenjen, vsi ostali prijemi pa so se poslabšali. Oseba je morala pred vsako nalogo palec ročno nastaviti v položaj, ki se je zdel najbolj primeren za izvedbo naloge. Ker teh nalog pred testiranjem ni vadila, je možno, da si palca ni vedno nastavila optimalno, kar bi lahko vplivalo na rezultat. Za natančnejšo oceno učinkovitosti proteze in boljše rezultate bi bilo testiranje smiselno ponoviti po daljšem času uporabe proteze, ne le po enem tednu vadbe, omejene na izbrane smiselne aktivnosti.

Pri osebi, ki je imela funkcionalno mehansko testno protezo (oseba B), so se z uporabo proteze po enem tednu vadbe trije indeksi pri testu SHAP izboljšali (cilindrični, lateralni in podaljšani prijem), ostali indeksi ter skupni indeks pa so ostali nespremenjeni. Tudi pri tej osebi bi bilo smiselno ponovno testiranje z dokončno protezo po daljšem času uporabe proteze, da bi natančneje ocenili učinek proteze na funkcijo roke.

Estetska proteza s pritrditvijo na kostni vsadek je pri vseh treh pacientih izboljšala lateralni prijem, medtem ko so bili rezultati ostalih prijemov različni. Indeks pincetnega prijema, ki brez palca ni možen, se je s protezo pri enem celo poslabšal, čeprav bi pričakovali izboljšanje ali vsaj enak rezultat. Proteza je pri dveh osebah poslabšala tudi indeks triprstnega prijema, kljub pričakovanju izboljšanja ali ohranitve enake vrednosti. Ti rezultati niso skladni z ugotovitvami v literaturi (4, 6), kjer avtorji navajajo, da pritrditev proteze na kostni vsadek omogoča boljšo stabilnost

in večjo uporabnost proteze. Ugotovitve se ujemajo z našimi ugotovitvami pri osebah, ki imajo estetsko silikonsko protezo s pritrditvijo na vakuum (12-14).

Pri oceni s COPM smo največje izboljšanje izvedbe in zadovoljstva z izvedbo opazili pri pacientu s funkcionalno mehansko protezo, sledil je pacient s protezo za opozicijo. Pri prvem pacientu sta bili izboljšanja v obeh kategorijah klinično pomembni, saj presežata minimalno klinično pomembno razliko (24, 25). Pri pacientu s protezo za opozicijo se je klinično pomembno izboljšalo le zadovoljstvo z izvedbo. Takšni rezultati se ujemajo z delovanjem obeh vrst protez, kajti njun primarni cilj je izboljšati in olajšati opravljanje različnih smiselnih dejavnosti, česar s testom SHAP ni mogoče ustrezno oceniti. Pri edinem pacientu, ki je prejel estetsko protezo s pritrditvijo na kostni vsadek in za katerega je bila na voljo tudi ocena s protezo, se je izvedba s protezo sicer rahlo poslabšala, zadovoljstvo z izvedbo pa rahlo izboljšalo; spremembi nista bili klinično pomembni (24, 25).

Pri dveh pacientih smo izmerili tudi nižji skupni indeks od normativne vrednosti za spol in starost na neamputirani strani. Podoben pojav smo že opazili pri pacientih z višjo amputacijo (26). Teh meritev večina raziskav pri pacientih po amputaciji zgornjega uda ne vključuje, vendar pa bi bile lahko koristne za preprečevanje poškodb pri pacientih z nižimi dosežki in boljše razumevanje funkcionalnih prilagoditev.

Glavna pomanjkljivost naše raziskave je majhno število vključenih preiskovancev, vendar smo vključili vse, ki so bili do sedaj oskrbljeni z novimi vrstami protez za palec v Sloveniji.

ZAKLJUČEK

Sklenemo lahko, da različne proteze za palec različno vplivajo na funkcijo roke in na izvajanje različnih smiselnih, vsakodnevnih dejavnosti. Pacientom je zato potrebno predstaviti različne možnosti in opraviti testiranje za predpis ustrezne proteze za palec. Za zanesljivejše in trdnjše zaključke pa potrebujemo raziskavo z večjim številom vključenih pacientov.

Literatura:

1. Magnéli M, Axenhus M. Partial hand and finger amputations in Sweden: an observational study of 6918 patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 2024;25(1):826.
2. Pomares G, Coudane H, Dap F, Dautel G. Traumatic upper-limb amputation: the process toward acceptance. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020;106(7):1419-23.
3. Uellendahl JE, Mikosz MJ. Partial hand amputation: prosthetic management. In: Krajbich JI, Pinzur MS, Potter BK, Stevens PM, ed. *Atlas of amputations and limb deficiencies: surgical, prosthetic, and rehabilitation principles.* 5th ed. Philadelphia: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2024:201-9.
4. Bregoli C, Stacchiotti F, Fiocchi J, Ferrari R, Biffi CA, Morellato K, et al. A biomechanical study of osseointegrated patient-matched additively manufactured implant for treatment of thumb amputees. *Med Eng Phys.* 2023;118:e104019.

5. Jathan KK, Tewary S, Mishra NR, Patil VH, Sanyal P. Enhancing retention in digit rehabilitation: implant-assisted silicone finger prosthesis for an amputated thumb. *Cureus*. 2024;16(8):e67596.
6. Stacchiotti F, Bregoli C, Ferrari R, Fiocchi J, Morellato K, Biffi CA, et al. A patient-matched prosthesis for thumb amputations: design, mechanical and functional evaluation. *Med Eng Phys*. 2025;137:104296.
7. Graham EM, Hendrycks R, Baschuk CM, Atkins DJ, Keizer L, Duncan CC, et al. Restoring form and function to the partial hand amputee: prosthetic options from the fingertip to the palm. *Hand Clin*. 2021;37(1):167-87.
8. Stone N, Shah A, Chin B, McKinnon V, McRae M. Comparing digital replantation versus revision amputation patient reported outcomes for traumatic digital amputations of the hand: a systematic review and meta-analysis. *Microsurgery*. 2021;41(5):488-97.
9. Nagrath N, Duggan E, Thurley N, Rodrigues JN. A systematic review of the outcomes of microsurgical toe transfer for metacarpal and metacarpal-like hand deformity. *J Hand Surg Asian Pac Vol*. 2022;27(1):32-42.
10. Moltaji S, Posa S, Mayo AL, Hitzig SL, Baltzer H. Qualitative needs assessment for the development of a smart thumb prosthesis. *Disabil Rehabil*. 2024;46(13):2939-45.
11. Maver T, Erzar D, Kerin Š. Estetske proteze po delni amputaciji prstov. *Rehabilitacija*. 2010;9(1):66-72.
12. Kuret Z, Burger H, Vidmar G. Influence of finger amputation on grip strength and objectively measured hand function: a descriptive cross-sectional study. *Int J Rehabil Res*. 2015;38(2):181-8.
13. Kuret Z, Burger H, Vidmar G, Maver T. Impact of silicone prosthesis on hand function, grip power and grip-force tracking ability after finger amputation. *Prosthet Orthot Int*. 2016;40(6):744-50.
14. Kuret Z, Burger H, Vidmar G, Maver T. Adjustment to finger amputation and silicone finger prosthesis use. *Disabil Rehabil*. 2019;41(11):1307-12.
15. Jönsson S, Caine-Winterberger K, Brånemark R. Osseointegration amputation prostheses on the upper limbs: methods, prosthetics and rehabilitation. *Prosthet Orthot Int*. 2011;35(2):190-200.
16. Li Y, Kulbacka-Ortiz K, Caine-Winterberger K, Brånemark R. Thumb amputations treated with osseointegrated percutaneous prostheses with up to 25 years of follow-up. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2019;3(1):e097.
17. Lundborg G, Brånemark PI, Rosén B. Osseointegrated thumb prostheses: a concept for fixation of digit prosthetic devices. *J Hand Surg Am*. 1996;21(2):216-21.
18. van Heijningen VG, Underhill A. User experiences of digital prostheses in daily functioning in people with an amputation of thumb or finger. *J Hand Ther*. 2022;35(2):289-98.
19. Light CM, Chappell PH, Kyberd PJ. Establishing a standardized clinical assessment tool of pathologic and prosthetic hand function: normative data, reliability, and validity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(6):776-83.
20. Law M, Baptiste S, Carswell A, McColl MA, Polatajko H, Pollock N. Canadian occupational performance measure. 4th ed. Toronto: CAOT; 2005.
21. Kyberd PJ, Murgia A, Gasson MN, Tjerks T, Metcalf C, Chappell PH, et al. Case studies to demonstrate the range of applications of the Southampton Hand Assessment Procedure. *Br J Occup Ther*. 2009;72(5):212-18.
22. Rupnik Mihelčič S, Pihlar Z, Kyberd PJ, Burger H. Establishing normative data for the SHAP test in Slovenia. *Rehabilitacija*. 2014;13(2):4-9.
23. McColl MA, Denis CB, Douglas KL, Gilmour J, Haveman N, Petersen M, Presswell B, Law M. A clinically significant difference on the COPM: a review. *Can J Occup Ther*. 2023;90(1):92-102.
24. Eyssen IC, Steultjens MP, Oud TA, Bolt EM, Maasdam A, Dekker J. The reliability and validity of the Canadian Occupational Performance Measure. *Clin Rehabil*. 2011;25(10):989-98.
25. Burger H. Upper limb function after upper limb amputation. In: MEC, 14 : redefining the norm: symposium proceedings. Fredericton: Institute of Biomedical Engineering, University of New Brunswick; 2014:42.