

BIONIČNA PROTEZNA ROKA – TEHNOLOŠKI DOSEŽEK ALI TRŽNA ZVIJAČA?

BIONIC PROSTHETIC HAND – TECHNOLOGICAL ACHIEVEMENT OR COMMERCIAL TRICK?

prof. dr. Helena Burger, dr. med., Matej Bugar, dipl. inž. ort. in prot., Darinka Brezovar, dipl. del. terap., Zdenka Pihlar, dipl. del. terap.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

Izvleček

Izhodišča:

Zaradi amputacije zgornjega uda se pri ljudeh zmanjša zmožnost gibanja in zaznavanja, spremeni pa se tudi njihov videz. Poglavitni cilj rehabilitacije ljudi po amputaciji zgornjega uda je, da jim povrnemo funkcioniranje, ki so ga imeli pred amputacijo, ter jih usposobimo, da se vrnejo v prejšnje življenjsko okolje in k običajnim življenjskim dejavnostim. Zato jim pogosto naredimo protezo. Idealna proteza naj bi osebi povrnila vse izgubljene funkcije roke. Leta 2007 je prišla na tržišče prva protezna roka z aktivno gibljivimi vsemi petimi prsti. Namen študije je bil ugotoviti prednosti in pomanjkljivosti te t. i. bionične roke ter njeno funkcijo primerjati s klasično roko.

Metode:

V študijo smo vključili vse osebe, ki smo jim predpisali novo protezno roko, in tiste, ki so jo 1 mesec preizkušali. Uporabili smo strukturirani intervju ter tri osebe testirali s testom UNB (University of New Brunswick) in s Southamptonskim testom za ocenjevanje roke (Southampton Hand Assessment Procedure – SHAP).

Rezultati:

Vključili smo tri mladostnike in eno dekle, stare od 16 do 27 let; tri s prirojeno transradialno amputacijo; četrti pa se je poškodoval in so mu naredili eksartikulacijo v desnem zapestju ter amputirali 2.-5. prst na levici. Trije so raje uporabljali roko z gibljivimi prsti, eden pa je menil, da je nova roka bistveno slabša. Pri testiranju s testom UNB so dosegli primerljive rezultate z obema proteznima rokama. Pri testiranju s testom SHAP je eden dosegel boljše rezultate, ko je uporabljal klasično električno protezno roko, drugi pa pri uporabi nove roke; pri dveh smo test lahko izvedli le z eno roko.

Prispelo: 13. 9. 2010
Sprejeto: 20. 9. 2010

Abstract

Background:

After amputation, all functions (motor, sensor, expression and cosmetic) of the human hand are lost. An ideal prosthesis should reconstitute all of them. Prosthetic hand with five fingers that have active movements is commercially available since 2007. The aim of the study was to assess the advantages and disadvantages of bionic hand and to compare its function with a function of the classic electric prosthetic hand.

Methods:

Four subjects either fitted with bionic hand or who just tested it for one month were included into the study. They were tested with UNB and SHAP test and a structured interview was performed.

Results:

Three young men and one girl, 16 to 27 years old, were included into study. Three had congenital trans-radial amputation, the fourth had wrist disarticulation on right side and amputation of second to fifth finger on left side due to injury. Three subjects preferred the bionic hand and one the classic electric hand. There were no differences between the two prosthetic hands on UNB test. On the SHAP test, one subject performed better with the bionic and the other with classic electric hand, while two subjects performed the test with one type of prosthetic hand only.

Conclusions:

Bionic hand is a great technological achievement, but its influence on human functioning has yet to be demonstrated.

Zaključki:

Nova protezna roka je velik tehnološki napredek na področju ročne protetike, njen vpliv na človekovo funkcioniranje pa je potrebno še dokazati. Treba bo narediti dobre neodvisne študije v več rehabilitacijskih centrih po svetu, ki bodo objektivno pokazale prednosti in pomanjkljivosti nove roke. Izkušnje, ki smo jih s študijo dobili, nam bodo v korist pri nadaljnjem kliničnem delu z ljudmi po amputaciji zgornjega uda.

Ključne besede:

amputacije zgornjega uda, protetika, rehabilitacija

Several independent multi-centric studies are needed to prove its advantages and disadvantages. Experience gained during our study is valuable to the whole team for further clinical work.

Key words:

upper limb amputations, prosthetics, rehabilitation

UVOD

Človeška roka stoletja navdihuje filozofe, umetnike, znanstvenike in tehnike. Izraža čustva in ideje človeškega duha (uporabljamo jo pri raznovrstnih opravilih, stiskamo jo v pest in z njo se pozdravljamo), daje ugodje in kazen, gluhi se z gibi rok sporazumevajo. Poglavitna vloga rame in komolca je premikanje roke (od zapestja distalno) v prostoru in postavljanje (doseganje) roke v takšen položaj, da lahko z njo prijemamo in delamo. Poglavitna vloga roke pa so različni prijemi, spuščanje, vlečenje, potiskanje.

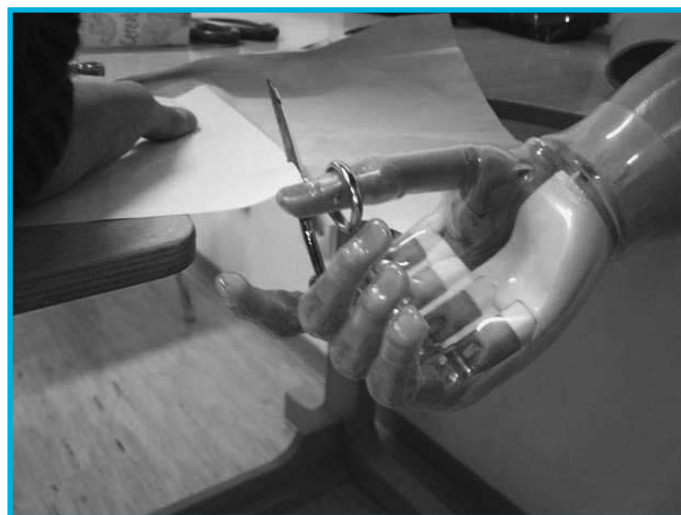
Z amputacijo zgornjega uda oseba izgubi fine koordinirane gibe roke, občutek za dotik, propioceptivne povratne informacije, spremeni se njen videz, porušena je njena telesna shema in slabša je kakovost njenega življenja. Posledica tega je, da ima posameznik težave pri številnih aktivnostih skoraj na vseh področjih funkcioniranja ter (lahko tudi hude) duševne težave (1-9). Poglavitni cilj rehabilitacije ljudi po amputaciji zgornjega uda je, da jih usposobimo za samostojnost pri vseh aktivnostih, primernih za posameznikovo starost, spol in kulturno okolje, v katerem živijo, ter jih ponovno vključimo v družbo. To lahko dosežemo tako, da oseba opravlja aktivnosti z eno roko, z obema rokama s pomočjo krna, opravlja aktivnost na drugačen, prilagojen način ali ji lahko pomagamo s pripomočki in/ali s protezo. Idealna proteza naj bi osebi povrnila vse izgubljene funkcije njene roke – motorično, zaznavanje in videz.

Pri povrnitvi motorične funkcije je bilo v preteklosti več težav. Protezne roke, ki so imele gibljivih več prstov, so bile zelo velike in težke, zato za večino ljudi po amputaciji niso bile primerne (10). Te težave so sedaj delno razrešili, leta 2007 je prišla na tržišče prva protezna roka, pri kateri je aktivno gibljivih vseh pet prstov, letos pa so na tržišču že tri različne roke s petimi gibljivimi prsti (11) (slika 1). Še vedno pa obstajajo težave pri upravljanju več gibov, še posebej pri več gibih hkrati. Čim višje je amputacija, tem večje so težave z upravljanjem. Kljub intenzivnemu iskanju rešitev za upravljanje funkcionalno mehanskih rok z več

stopnjami prostosti, jih do sedaj niso našli. Danes je večina znanstvenikov usmerjena v iskanje rešitev za upravljanje električnih sestavnih delov. Napredek pri upravljanju električne proteze predstavlja usmerjena reinervacija mišic (12-15), ki da več zajemnih mest za elektrode, to pa omogoča aktivno in simultano upravljanje z več deli/gibi. Pri visokih amputacijah pa tudi to vedno ne zadostuje (15).

S serijsko izdelanimi, dostopnimi proteznimi rokami ljudem po amputaciji zgornjega uda sedaj še ne moremo povrniti zaznavanja. Razvili so različne senzorje in merilne sisteme, ki zaznavajo številne fizikalne in tudi kemične lastnosti, vendar je poglavitna težava v tem, kako te informacije na razumljiv oziroma naraven način posredovati uporabniku. V Oxfordu razvijajo t. i. elektronsko kožo (electronic skin, 16), ki bo imela receptorje za temperaturo, dotik in bolečino. Še vedno pa bo potrebno poiskati način, kako te informacije posredovati uporabniku.

Videz je za ljudi v Evropi zelo pomemben (1, 17), vedno bolj pomemben pa postaja tudi v drugih delih sveta. Na



Slika 1: Prva dostopna, serijsko izdelana električna roka z gibljivimi vsemi petimi prsti brez estetske rokavice.

področju videza protezne roke pa smo sedaj na URI – Soča edini na svetu, ki lahko ljudem po delni amputaciji roke naredimo protezo, ki je po obliki in videzu zrcalna kopija druge roke (18, 19).

Prvi odzivi strokovne javnosti na prvo serijsko izdelano roko s petimi gibljivimi prsti so bili, da je roka velik tehnološki napredek, ki bo močno izboljšala funkcioniranje oseb po amputaciji zgornjega uda. To so opisale tudi prve študije proizvajalcev (20). Prve nepristranske študije, ki imajo pomanjkljivosti in omejitve, pa opozarjajo, da morda roka ne predstavlja tako velikega izboljšanja, kot smo sprva mislili (21-23).

Namen dela je bil ugotoviti, kakšno je mnenje naših uporabnikov o prednostih in pomanjkljivostih prve dostopne, serijsko izdelane bionične roke ter s testi primerjati funkcijo posameznika pri uporabi nove roke in klasične električne protezne roke.

METODE

V študijo smo vključili vse mladostnike, ki obiskujejo našo ambulanto za rehabilitacijo otrok po amputaciji zgornjega uda in za ročno protetiko in smo jim predpisali novo protezno roko (2 mladostnika), in tiste, ki so jo en mesec preizkušali (2 mladostnika). Uporabili smo strukturirani intervju ter tri udeležence testirali s testom "University of New Brunswick" – UNB (24) in s Southamptonskim testom za ocenjevanje roke (Southampton Hand Assessment Procedure – SHAP) (25).

Test UNB so razvili za ocenjevanje uporabe protez za zgornje ude pri otrocih (24). Primeren je za otroke, stare od dveh do trinajstih let, čeprav poročajo o njegovi uporabi tudi pri odraslih (26). Razdeljen je v štiri teste za posamezne starostne skupine (2-4 let, 5-7 let, 8-10 let, 11-13 let). Za vsako starost so tri oblike testa, vsako sestavlja deset aktivnosti, primernih za posamezno starost. Ocenjujemo spontanost uporabe proteze ter spretnost uporabe le-te z ocenami od nič (protezo uporablja le na zahtevo; proteze ne uporablja) do štiri (takojšna, spontana in primerna uporaba proteze; spretno in aktivno uporablja končni nastavek).

Test SHAP so razvili v Southamptonu za ocenjevanje funkcije proteznih rok (25, 27). Ocenjuje šest osnovnih prijemov (sferični, triprstni, cilindrični, lateralni, pincetni ter podaljšan pincetni prijem) lažjih in težjih predmetov ter 14 dnevni aktivnosti (pobiranje kovancev z delovne površine, odpenjanje gumbov različnih velikosti, rezanje, obračanje strani, odpiranje pokrova na kozarcu, prelivanje tekočine iz vrča v kozarec ter iz tetrapaka v kozarec, dvig kozarca, konzerve in delovne površine, obračanje ključa, odpenjanje in zapenjanje zadrge, uporaba izvijača ter pritisk na kljuko). Pri vseh aktivnostih merimo čas, potreben za izvedbo. Test je veljaven in zanesljiv (25).

REZULTATI

Vključili smo tri mladostnike in eno dekle, stare od 16 do 27 let; tri s prirojeno transradialno amputacijo zgornjega uda; četrti pa se je poškodoval in so mu naredili eksartikulacijo v desnem zapestju ter amputirali 2.-5. prst na levici. Pred poškodbo je bil levičar. Vsi trije s prirojeno amputacijo zgornjega uda so že vrsto let uspešno in aktivno uporabljali mioelektrično protezo; mladostnik, ki se je poškodoval, jo je uspešno uporabljal ves čas po amputaciji, in sicer 1 leto.

Mladostnik, ki je novo protezno roko prejel 1 leto pred testom, jo je uporabljal ves dan, staro protezo pa je uporabljal le za športne aktivnosti. Mladostnik, ki jo je prejel tri mesece pred testom, jo je uporabljal v povprečju 2 uri dnevno, v šolo je šel s staro protezo, ker nova še ni imela estetske rokavice. Tudi druga dva udeleženca, ki sta roko preizkušala en mesec, nista imela estetske rokavice, zato sta jo uporabljala le doma. Dekle jo je uporabljalo približno eno uro na dan, mladostnik pa do pet ur dnevno. Sicer sta uporabljala klasično električno roko, ki je imela estetsko rokavico. Trije so menili, da je roka z gibljivimi prsti na splošno boljša, eden pa je menil, da je bistveno slabša in je ne želi imeti. Slednjega tudi nismo testirali z novo roko, ker je test odklonil. Pri mladostniku, ki je imel poškodovani obe roki, testa SHAP z delno amputirano roko nismo mogli narediti, prav tako nismo testirali uporabe klasične protezne roke s testom SHAP, ker se mu je izpraznila baterija.

Mnenje udeležencev študije o uporabnosti proteznih rok povzema tabela 1. Dvema se je klasična električna roka zdela bolj uporabna za opravila, pri katerih je potreben močen prijem, enemu še za rezanje s škarjami ter enemu za vse aktivnosti. Nova roka se je zdela dvema bolj uporabna za aktivnosti, pri katerih je potreben natančen prijem, in za prijemanje manjših predmetov, enemu pa tudi za odpiranje tetrapaka. Vsi so poudarili, da je videz nove roke lepši; trije, da omogoča več različnih prijemov, se bolje prilagaja predmetu, ki ga primejo, ter eden, da lahko z njo prime več predmetov hkrati.

Tabela 1: Ocene uporabnosti protezne roke (0 – povsem neuporabna, 10 – maksimalno uporabna).

Udeleženec	Klasična električna roka –gibljivi trije prsti	Protezna roka z gibljivimi petimi prsti
1	8	9
2	9	8
3	9	5
4	7	9
Povprečje	8,25	7,75

Kot glavno in edino pomanjkljivost klasične električne roke sta dva mladostnika navedla njen videz. Kot pomanjkljivosti

nove roke pa so trije navedli, da je težko nastaviti pincetni prijem, dva slabo moč prijema in eden, da se ne odprejo vsi prsti hkrati.

Rezultate testa UNB prikazuje tabela 2, testa SHAP pa slika 2. Aktivnosti testa SHAP, pri katerih so udeleženci imeli z novo roko največ težav, so se razlikovale. Mladostnik, ki jo je uporabljal že celo leto, z njo ni mogel odpreti in zapreti zadrge, zelo se je mučil tudi s pobiranjem kovancev ter rezanjem. Mladostnik, ki jo je pred tem uporabljal tri mesece, je imel težave pri zapenjanju gumbov ter pobiranju kovancev, vendar je kovance vseeno pobral trikrat hitreje od prejšnjega. V skoraj enakem času je uspelo kovance pobrati tudi dekle, ki je protezo preizkušalo le en mesec. Dekle je imelo težave tudi pri rezanju, vendar je predmet, ki ga je potrebno prerezati, trd in je zato treba nož dobro prijeti in ga močno držati. Mladostnik, ki je roko uporabljal eno leto, je z njo veliko hitreje odprl pokrov, nekoliko hitreje kot s klasično roko pa tudi dvignil kozarec, konzervo in delovno površino ter obrnil ključ. Dekle, ki jo je preizkušalo, pa je z novo roko dvakrat hitreje uporabilo izvijač.

Tabela 2: Rezultati testa UNB z obema rokama.

Udeleženec	Klasična električna roka - giblivi trije prsti		Protezna roka z gibljivimi petimi prsti	
	Spontanost	Spretnost	Spontanost	Spretnost
1	40	38	40	38
2	40	40	40	40
3	38	39		
4	35	33	36	33

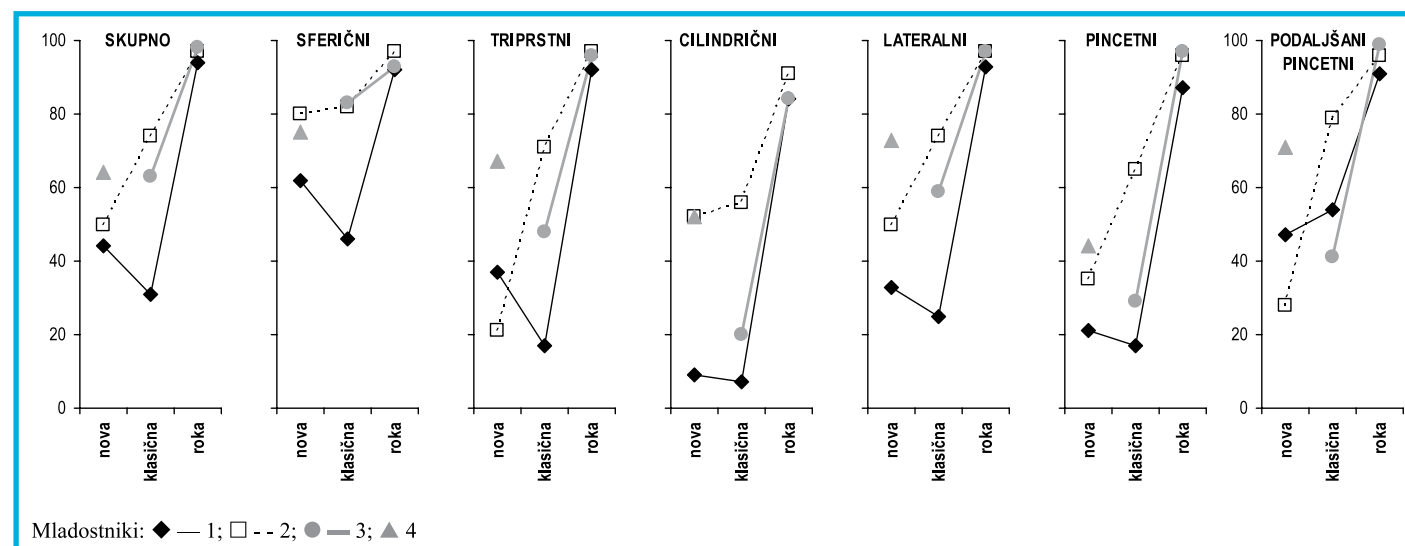
RAZPRAVA

Po prvih kliničnih izkušnjah z novimi proteznimi rokama, pri katerih je gibljivih vseh pet prstov, ugotavljamo, da imajo

roke prednosti pa tudi slabosti. En mladostnik jo je povsem odklonil, trem pa se zdi bolj funkcionalna kot klasična električna roka. Njihove izkušnje in mnenja o dobrih in slabih lastnostih pri uporabi roke so zelo pomembna pri nadaljnjem kliničnem delu, saj so osnova za svetovanje in odločitve pri predpisovanju le-teh novim bolnikom po amputaciji zgornjega uda. Hkrati se naši rezultati delno ujemajo tudi s predhodnimi študijami (21-23).

Rezultati testiranja s testom UNB potrjujejo našo trditev, da smo v študijo vključili le uspešne in aktivne uporabnike električnih protez, saj so vsi dosegli skoraj najvišje možne vrednosti. Nekoliko nižje vrednosti je dosegel le mladostnik, ki si je poškodoval obe roki. Pred amputacijo je bil levičar, vendar mu je po poškodbi na levici ostal le palec, ki nima aktivne fleksije. Sedaj protezo uporablja kot dominantno roko na prej nedominantni strani. Pri testiranju pri nobenem udeležencu ni bilo pomembnih razlik pri uporabi obeh proteznih rok.

Pri testiranju s testom SHAP je boljše rezultate z novo roko dosegel mladostnik, ki jo je uporabljal že eno leto, ter slabše dekle, ki je roko preizkušala le en mesec. To potrjuje mnenje proizvajalcev, da z novo roko delamo na drugačen način, ki se ga mora oseba na novo naučiti (prehod iz gibanja petih prstov le na gibanje palca, kako ustaviti gibanje posameznih prstov, kateri prijemi so najbolj primerni za posamezna opravila, v katerih položajih naj bo roka pri posameznih opravilih). Pri tem so zelo koristna ustrezna navodila vseh članov tima in dodatna vadba v delovni terapiji. Naša delovna terapevtka je žal šolanje o uporabi nove roke dokončala šele po tem, ko sta oba udeleženca, ki sta novo roko en mesec preizkušala in smo ju testirali, morala le-to vrniti. Zato nihče od vključenih oseb ni imel dodatne delovne terapije z delovno terapevtko, ki je bila dodatno usposobljena za uporabo te roke. Testiranje, ki smo ga opravili, je bilo koristno tako za uporabnike kot tudi za vse člane rehabilitacijskega tima, saj smo se iz težav, ki so



Slika 2: Rezultati testa SHAP.

jih posamezniki imeli pri testiranju, in pri iskanju rešitve le-teh, veliko naučili.

Rezultati študije nakazujejo, da je nova roka velik napredek na področju ročne protetike. Ima pa še vedno pomanjkljivosti tudi na motoričnem področju (ni namreč možno gibati s posameznimi prsti, težko je preiti iz gibanja vseh prstov na gibanje palca). Že Kyberd (22) je ugotovil, da so rezultati testiranja s testom SHAP pri uporabi nove roke boljši, če je le-ta imela drugačno možnost preklopa iz enega načina delovanja v drugi ter poudaril, da upravljanje pomembno vpliva na človekovo funkcioniranje.

Že v prejšnjih študijah smo ugotavljali, da je v Sloveniji podobno kot v Evropi, videz za ljudi zelo pomemben (1, 17-19). Tokrat pa smo prvič potrdili, da je zelo pomemben tudi pri mladostnikih. Vsi štirje so v svojih odgovorih poudarili pomembnost videza, bodisi kot prednost ali pomanjkljivost posamezne protezne roke.

Število ljudi, vključenih v študijo, je zelo majhno zaradi več razlogov. Nova roka je izdelana le v dveh velikostih, vendar je tudi manjša različica še vedno prevelika in primerna le za starejše in večje mladostnike ter odrasle. Žal lahko v Sloveniji po pravilniku ZZZS na njihove stroške predpišemo električno roko le otrokom do 18. leta starosti oz. do končanega rednega šolanja. Oboje zelo zoži število kandidatov za novo roko. Glavna slabost nove roke, ki bo najbolj omejila njeno uporabo v Sloveniji in verjetno tudi v nekaterih drugih državah, pa je njena cena.

Rezultati nas tudi opozarjajo, da moramo biti strokovnjaki kritični do novosti, še posebej do raziskav, ki jih naredijo proizvajalci, ter do njihovega propagandnega gradiva. Tudi izdelki, ki se na prvi pogled zdijo vrhunski dosežki znanosti, imajo lahko slabosti. Sedaj so na tržišču že tri podobne, pa vendar drugačne roke z gibljivimi petimi prsti. Nujno je narediti neodvisne študije v več rehabilitacijskih centrih po svetu, ki bodo ugotovile prednosti in pomanjkljivosti posameznih proteznih rok, za katere aktivnosti so primerne ter kako jih najbolj učinkovito uporabljati. Za ocenjevanje pa je potrebno uporabiti teste z dokazanimi psihometričnimi lastnostmi (28-30).

SKLEP

Nova roka je velik tehnološki napredek na področju ročne protetike, njen vpliv na človekovo funkcioniranje pa je potrebno še dokazati. Nujno je narediti neodvisne študije v več rehabilitacijskih centrih po svetu, ki bodo dokončno potrdile vse njene prednosti in pomanjkljivosti. Izkušnje, ki smo jih s študijo dobili, nam bodo v veliko korist pri nadaljnjem kliničnem delu z ljudmi po amputaciji zgornjega uda.

Literatura:

1. Burger H, Marinček Č. Upper limb prosthetic use in Slovenia. *Prosthet Orthot Int* 1994; 18: 82-7.
2. Burger H, Marinček Č. Return to work after lower limb amputation. *Disabil Rehabil* 2007; 29: 1323-9.
3. Datta D, Selvarajah K, Davey N. Functional outcome of patients with proximal upper limb deficiency – acquired and congenital. *Clin Rehabil* 2004; 18: 172-7.
4. Demet K, Martinet N, Francis G, Paysant J, Andre J. Health related quality of life and related factors in 539 persons with amputation of upper and lower limb. *Disabil Rehabil* 2003; 25: 480-6.
5. Jones LE, Davidson JH. The long-term outcome of upper limb amputees treated at a rehabilitation centre in Sydney, Australia. *Disabil Rehabil* 1995; 17: 437-42.
6. Livingstone DH, Keenan D, Kim D, Elcavage J, Malangoni MA. Extent of disability following traumatic extremity amputation. *J Trauma* 1994; 37(3): 495-9.
7. Saradjian A, Thompson AR, Datta D. The experience of men using an upper limb prosthesis following amputation. Positive coping and minimizing feeling different. *Disabil Rehabil* 2008; 30: 871-83.
8. Van der Sluis CK, Hartman PP, Schoppen T, Dijkstra P. Job adjustments, job satisfaction and health experience in upper and lower limb amputees. *Prosthet Orthot Int* 2009; 33(1): 41-51.
9. Whyte AS, Carroll LJ. A preliminary examination of the relationship between employment, pain and disability in an amputee population. *Disabil Rehabil* 2002; 24: 462-70.
10. Lozac H Y, Drouin G, Vinet R, Chagnon M, Pelletier M. Specifications for a new multifunctional hand prosthesis. In: Donath M, Friedman H, Carlson M, eds. *Employing technology. Proceedings of the 9th Annual RESNA conference, Minneapolis, Minnesota, June 1986.* Washington: RESNA Press, 1986: 117-9. <http://www.touchbionics.com>
11. Kuiken TA, Dumanian GA, Lipschutz RD, Miller LA, Stubblefield KA. The use of target muscle reinnervation for improved myoelectric prosthesis control in a bilateral shoulder disarticulation amputee. *Prosthet Orthot Int* 2004; 28: 245-53.
12. Kuiken T. Targeted reinnervation for improved prosthetic function. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 2006; 17: 1-13.

13. Kuiken TA, Li G, Lock BA, Lipschutz RD, Miller LA, Stubblefield KA, Englebart KB. Targeted muscle reinnervation for real-time myoelectric control of multifunction artificial arms. *JAMA* 2009; 301(6): 619-28.
14. Miller LA, Lipschutz RD, Stubblefield KA, Lock BA, Huang H, Williams W, Weir RF, Kuikne TA. Control of a six degree of freedom prosthetic arm after target muscle reinnervation surgery. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 2057-65.
15. Lacour SP. Prosthetic electronic skin: how to integrate sensory feedback on conformal artificial skin? In: Trent international prosthetic symposium for all professionals involved with upper limb prosthetic: compendium, Loughborough, 18th-20th May 2009. [S. l.] ISPO, United Kingdom National Member Society, [2009]: 17.
16. LeBlanc M. Use of prosthetic prehensors. *Prosthet Orthot Int* 1988; 12: 152-4.
17. Maver T, Marinček Č, Burger H. The use of digitalising of a hand and face in the manufacture of prostheses and epitheses. In: Boone D, ed. Innovations for quality living. Proceedings of the 11th World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics, Hong Kong, 1-6 August, 2004. Hong Kong: Hong Kong National Society of the International Society for Prosthetics and Orthotics, 2004: 402.
18. Maver T, Burger H, Gazvoda S, Weingartner J, Žužek A. Use of digitalisation and rapid prototyping technology in designing and producing silicone partial finger or hand prostheses. In: Kullmann L, Burger H, eds. Proceedings of the 9th Congress of European Federation for Research in Rehabilitation, Budapest, Hungary, 26-29 August 2007. London: Lippincott Williams & Wilkins, 2007: 56-57. (*Int J Rehabil Res*, vol. 30, Suppl. 1).
19. WDG. A retrospective study of i-LIMBTM hand users. Independent International Research Touch Bionics, 2009.
20. Hermansson LN. Effect of a multifunctional prosthetic hand on hand functioning, activity, and psychosocial adjustments. In: Trent international prosthetic symposium for all professionals involved with upper limb prosthetic: compendium, Loughborough, 18th-20th May 2009. [S. l.] ISPO, United Kingdom National Member Society, [2009]: 51-2.
21. Kyberd P. Assessment of functionality of prosthetic hands using the Southampton hand assessment procedure. Dostopno na: [Http://www.ot-forum.de/e20622/e28728/e20623/e19584/cg218905/cg38119](http://www.ot-forum.de/e20622/e28728/e20623/e19584/cg218905/cg38119)
22. Van der Niet O, Reinders-Messelink HA, Bongers RM, Bouwsema H, van der Sluis C. The i-LIMB hand and the DMC plus hand compared: a case report. *Prosthet Orthot Int* 2010; 34: 216-20.
23. Sanderson ER, Scott RN. UNB test of prosthetic function: a test for unilateral amputees [test manual]. Fredricton, New Brunswick, Canada: Bio-Engineering Institute; University New Brunswick, 1985.
24. 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: 776-82.
25. Hubbard S, Heim W, Giavedoni B. Paediatric prosthetic management. *Curr Otrhop* 1997; 11: 1114-21.
26. Kyberd PJ, Murgia A, Gasson M, Tjerks T, Metcalf C, Chappel PH, et al. Case studies to demonstrate the range of application of the Southampton Hand Assessment Procedure. *Br J Occup Ther* 2009; 72(5): 212-18.
27. Burger H, Brezovar D, Marinček Č. Comparison of clinical test and questionnaires for the evaluation of upper limb prosthetic use in children. *Disabil Rehabil* 2004; 26: 911-6.
28. Burger H, Franchignoni F, Heinemann AW, Kotnik S, Giordano A. Validation of the orthotics and prosthetics user survey Upper Extremity Functional Status module in people with unilateral upper limb amputation. *J Rehabil Med* 2008; 40(5): 393-9.
29. Burger H, Franchignoni F, Kotnik S, Giordano A. A Rasch-based validation of a short version of ABILHAND as a measure of manual ability in adults with unilateral upper limb amputation. *Disabil Rehabil* 2009; 31(24): 2023-30.