

Računarsko modelovanje nadlaktice

Jovan Grujić
 DOO "Grujić i Grujić"
 Novi Sad, Republika Srbija

Slobodan Tabaković, Milan Zeljković,
 Aleksandar Živković, Mirjana Bojanić
 Departman za proizvodno mašinstvo
 Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet
 tehničkih nauka
 Novi Sad, Republika Srbija

Jovan Sekulić
 Zdravstveni centar
 Zrenjanin, Republika Srbija

tabak@uns.ac.rs; milanz@uns.ac.rs;
 acoz@uns.ac.rs; bojanicm@uns.ac.rs

Sadržaj – Jedna od metoda za saniranje malignih i benignih promena na humerusu predstavlja hiruška metoda koja podrazumeva odstranjivanje obolelog dela koštanog tkiva i ugradnju endoproteza. Na taj način se omogućuje očuvanje funkcije ekstremiteta i povećava konformnost života pacijenta.

U radu se opisuje postupak projektovanja tumorske endoproteze humerusa prema merama pacijenta. Taj postupak obuhvata odgovarajuću obradu dijagnostičkih snimaka, računarsku rekonstrukciju humerusa, analizu geometrijskih parametara koje endoproteza treba da zadovolji da bi se povratila funkcija obolelog ekstremiteta i projektovanje endoproteze. Pre njene fizičke izrade neophodna je još i računarskom podržana analiza (CAE) napona koji se javljaju u endoprotezi pri eksploataciji u cilju verifikacije i eventualne optimizacije geometrije.

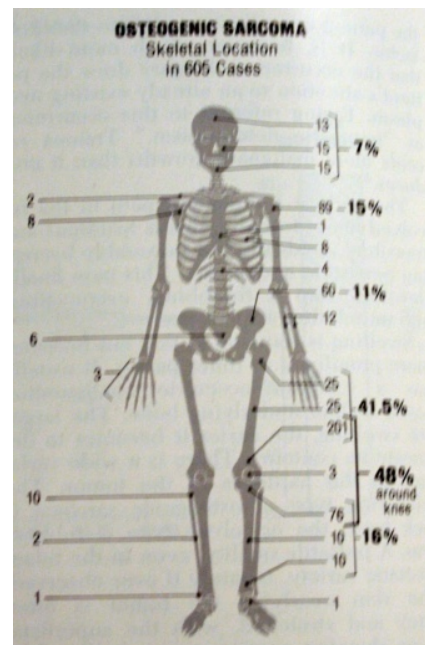
Ključne riječi: endoproteza humerusa; metod konačnih elemenata; rekonstrukcija geometrije kosti

I. UVOD

U savremenom društvu se kao jedno od težih oboljenja koštano zglobnog sistema smatraju promene uzrokovane pojavom benignih ili malignih koštanih tumora. Ova oboljenja imaju ozbiljne posledice na pacijenta i njegovo okruženje i značajno utiču na njegov kvalitet života [1].

Jedan od vidova lečenja ovakvih oboljenja predstavlja hiruška metoda koja podrazumeva odstranjivanje obolelog tkiva i ugradnju transplatata (koštani graft) ili implantata. Time se ostvaruju: rekonstrukcija koštano zglobnog sistema, eliminiše bol, i uspostavlja normalno funkcionisanje lokomotornog sistema [2].

Posmatranje statistike učestanosti pojave koštanih tumora na koštanom skeletu čoveka ukazuje da u ukupnoj raspodeli pojava tumora na nadlaktici (humerusu) iznosi oko 15% (Sl.1).

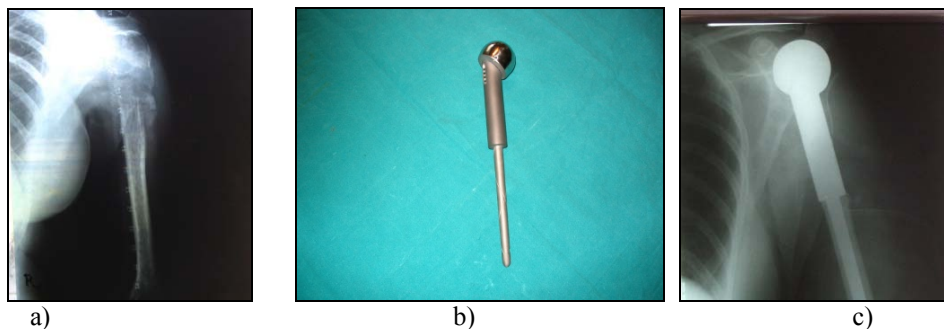


Slika 1. Učestalost pojave malignih promena na koštanom sistemu [2]

Operativno lečenje ovakvih oboljenja je moguće samo ukoliko je ispunjen niz uslova u koje spadaju:

- Zadovoljavajuće opšte psiho fizičko stanje bolesnika
- Ispravno dijagnostikovani tip (vrsta) i stepen napredovanja tumora
- Formirana onkološka prognoza
- Definisani patohistološki tip i mogućnost adiuventne (dopunske) terapije
- Utvrđene biomehaničke karakteristike metastazne lezije.

Za analizu oboljenja i definisanje uslova lečenja je neophodno postojanje funkcionalnog tima (konzilijuma) stručnjaka sastavljenog od radiologa, patologa, onkologa, hirurga i ukoliko se kao vid lečenja odabere ugradnja implantata, inženjera čiji je zadatak projektovanje i izrada tumorske endoproteze po meri (tzv. „custome made“). Na Sl. 2. su prikazani: snimak oboljenja, implantat i ugrađeni implantat.



Slika 2. Specijalna tumorska endoproteza zgloba ramena a) Maligno oboljenje proksimalnog dela humerusa, b) Tumorska endoproteza zgloba ramena po meri, implantat, c) Ugrađena tumorska endoproteza ramena po meri

Primena tumorske endoproteze za rešavanje pojave koštanih tumora na proksimalnom delu nadlaktice obezbeđuje funkcionalnu pokretljivost i odgovarajuće estetske kriterijume gornjeg ekstremiteta [3] kao i visoku komfornost kod postoperativnog lečenja koje čine hemoterapija, radioterapija, imunoterapija ili alternativna terapija sa dobrom postoperativnom prognozom [4].

Osnovni cilj rada predstavlja definisanje procedure projektovanja endoproteze humerusa po merama pacijenta. To obuhvata: definisanje računarskog modela koštane mase nadlaktice, određivanje nivoa resekcije, veličine medularnog kanala u koji se implantira tumorska resekciona endoproteza zgloba ramena, određivanje geometrijskih parametara za izradu računarskog modela endoproteze, na osnovu toga simulirati ugradnju endoproteze i uz uvođenje biomehaničkih uslova određivanje opterećenja koji deluju u zglobu ramena.

II. MATERIJAL I METODE

Za korektno određivanje neophodnih geometrijskih parametara za dimenzionisanje koštane mase i nivoa resekcije nadlaktice, a time i geometrijskih parametara računarskog modela tumorske endoproteze zgloba ramena, pored kliničkog pregleda neophodna je i dijagnostička podrška koja se obezbeđuje uređajima za medicinsku dijagnostiku. U savremenim uslovima to podrazumeva primenu tomografskih dijagnostičkih metoda (Computed tomography-CT i Magnetic resonance imaging- MRI) koje obezbeđuju digitalizovani signal pogodan za rekonstrukciju geometrije obolelih organa (Sl. 3).



Slika 3. Dijagnostički uređaji

Rekonstrukcija obolelih organa se realizuje transformisanjem niza digitalizovanih slika koje predstavljaju rezultat snimanja. Uz primenu odgovarajućih softverskih alata se pojedini pikseli predhodno obrađenih slika na kojima je izdvojena zona interesantna za obradu, prevode u prostorne geometrijske elemente voksele, i time se dobija oblak (skup) elemenata u prostoru koji sačinjavaju konturu kosti. Pravilno

definisan model dobijen ovim postupkom sadrži kompletnu geometriju kosti (i spoljašnju i unutrašnju) pa čini precizan i za dalju primenu dovoljno detaljan računarski model koštane mase nadlaktice (Sl. 4) [5].



Slika 4. Računarski model obolelog ekstremiteta

III. REZULTATI

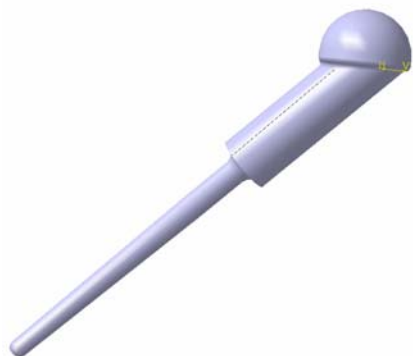
Opisana metoda je realizovana na primeru jednog pacijenta. Rekonstrukcija geometrije obolelog ekstremiteta je realizovana na dijagnostičkom snimku nastalom CT metodom. Na Sl. 5 je prikazan snimak oboljenja izdvojen iz DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) snimka koji je kasnije korišćen za rekonstrukciju geometrije humerusa i analizu geometrijskih parametara.



Slika 5. Oboljenje humerusa

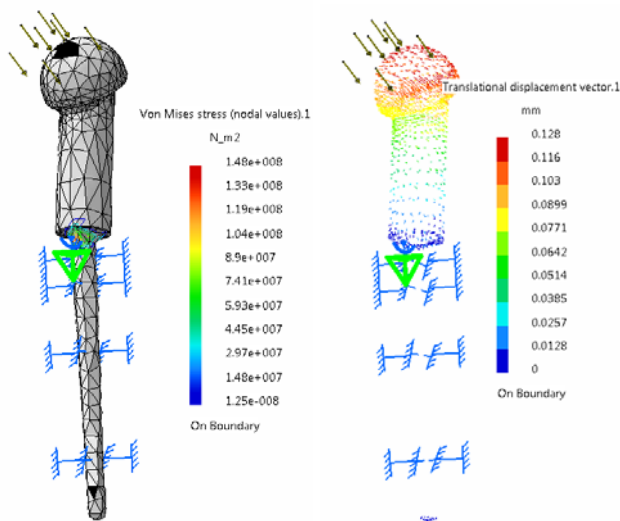
Segmentacijom seta slika koje sačinjavaju DICOM snimak, i rekonstrukcijom geometrije kosti formiran je računarski model obolelog humerusa. Na osnovu dimenzija tela humerusa i njegove pozicije u ramenom pojasu određeni

su geometrijski parametri neophodni dimenzionisanje implantata. Ti podaci su pored modela obolelog ekstremiteta u programskom sistemu Catia V5R19 iskorišćeni za definisanje oblika i dimenzija endoproteze (Sl. 6)



Slika 6. Model endoproteze humerusa

U savremenim uslovima razvoj endoprotetičkih pomagala prema merama pacijenta zahteva računarsku verifikaciju ponašanja u organizmu pri biomehaničkim uslovima koji odgovaraju eksploatacionim [6]. Ovaj korak je neophodan u cilju potvrde funkcije i veka endoproteze i omogućava optimizaciju geometrije ukoliko postoji potreba za tim u fazama koje predhode izradi endoproteze. Analiza je realizovana primenom metode konačnih elemenata u programskom sistemu Catia. Na Sl. 7 su prikazani rezultati analize maksimalnih napona i pomeranja u endoprotezi pri maksimalnim opterećenju zgloba ramena [7].



Slika 7. Rezultati analize maksimalnih napona i pomeranja pri eksploataciji endoproteze

Kao što se na Sl. 7 vidi maksimalni naponi u endoprotezi pri dejstvu sile od 450N iznose ispod 170 Mpa. U tabeli 1 su prikazane uporedne vrednosti dobijenih napona sa granicama tečenja materijala koji se koriste u proizvodnji endoproteza [8].

TABELA 1. UPOREDNE VREDNOSTI DOBIJENIH NAPONA I KARAKTERISTIKA MATERIJALA ZA ENDOPROTEZE

Ostvareni naponi	Granica tečenja materijala za izradu proteza			
	Cr Čelik	Co-Cr-Mo čelik	Čisti Titanijum	Ti-6Al-4V
148 MPa	170-750 Mpa	275-1585 Mpa	692 MPa	850-900 MPa

Pored toga, na slici 7 se može uočiti da se maksimalni naponi javljaju na mestu oslanjanja endoproteze na kost humerusa što je moguće umanjiti izborom postupka ugradnje ili geometrijskom optimizacijom elemenata endoproteze. Isto tako, i pomeranja koja se pri opterećenjima javljaju su zanemarljiva za uslove eksploatacije.

Dobijeni rezultati sa inženjerskog stanovišta ukazuju da su planirane mogućnosti endoproteze ostvarene iako za ispunjenje njenog potencijala osnovni uslov predstavlja pravilna i uspešna ugradnja

IV. ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Primena računarskog modeliranja, kao i uređaja za kompjuterizovanu dijagnostiku omogućuje poboljšanje i ubrzanje nivoa komunikacija na liniji bolesnik, lekar, proizvodnja implantata. Na taj način se obezbeđuje brz i efikasan odgovor na zahteve pacijenta i lekara i omogućuje se u minimalnom roku projektovanje i izradu endoproteze prema merama pacijenta. Time se smanjuje rizik od promena geometrijskih parametara usled napredovanja koštanih tumora i omogućava uspešan oporavak pacijenta i njegov povratak normalnom životu.

ZAHVALNICA

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Savremeni prilazi u razvoju specijalnih uležištenja u mašinstvu i medicinskoj protetici", TR 35025, podržanom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Shanbhag, A., Rubash, H., E., Jacobs, J., J.: Joint Replacement and Bone Resorption: Pathology, Biomaterials and Clinical Practice, CRC Press, ISBN 9780824729547, 2005
- [2] Grujić, J., Živković, A., Zeljković, M., Gatalo, R.: Računarsko modeliranje i izrada tumorske proteze zgloba kuka, Infoteh, Jahorina, 2009
- [3] Diklić, I.: Hirurgija ramena, Naučna KMD, 2009, ISBN 978-86-6021-016-8
- [4] Huvos, A.: Bone tumors, diagnosis treatment and prognosis, Saunders, ISBN 07216-4862-2, 1979
- [5] Tabaković, S., Zeljković, M., Grujić, J., Gatalo, R.: Projektovanje i brza izrada prototipa specijalne endoproteze kuka zgloba kuka, Mašinski fakultet, Beograd, 36. JUPITER konferencija, 32. simpozijum NU-ROBOTI-FTS, ISBN 978-86-7083-666-2, 2009 godina
- [6] Tabaković, S., Grujić, J., Zeljković, M., Blagojević, Z., Radojević, B., Popović, Z., Stanojević, V., Živković, A.: Computer and experimental analysis of the stress state of the cement hip joint endoprosthesis body, Vojnosanitetski pregled, ISSN: 0042-8450
- [7] Itoi, E., Lee, S., B., Lawrence J. Berglund, B.S., i dr. :, The Effect of a Glenoid Defect on Anterior Stability of the Shoulder After Bankart Repair: A Cadaveric Study, JBJS, 2000

- [8] Nag, S., Banerjee, R.: Fundamentals of Medical Implant Materials, ASM Handbook, Volume 23, Materials for Medical Devices, ASM International, 2012

ABSTRACT

One of accepted methods for treatment of malignant and benign changes on the humerus bone is a surgical method which involves removing the diseased part of the bone tissue and installation of endoprosthesis. This method allows enables the function of a limb and increases the conformity of the patient's life.

In this paper is presented a procedure of design the custom made tumor endoprosthesis of humerus. This procedure

consists processing of diagnostic images, analysis of geometric parameters that endoprosthesis should satisfy to recover diseased limb function and design of prosthesis. Before manufacturing of endoprosthesis is necessary computer aided analysis of stress and displacement of elements of prosthesis in exploitation in goal of verification and optimization of geometry.

DESIGN OF HUMERUS ENDOPROSTHESIS BY COMPUTER

Grujić Jovan, Tabaković Slobodan, Zeljković Milan, Živković Aleksandar, Bojanić Mirjana, Sekulić Jovan