

Peti susret Hrvatskog društva za mehaniku
Terme Jezerčica, Donja Stubica, 6.-7. lipnja 2013.

UTJECAJ OPTEREĆENJA NA BIOMEHANIČKU STABILNOST PRIJELOMA DISTALNOG HUMERUSA

Kodvanj J., Sabalić S., Surjak M. & Pamuković F.

Sažetak: Osteoporotični prijelomi zauzimaju sve značajnije mjesto u sveukupnom morbiditetu stanovništva razvijenih zemalja. Veliki broj takvih prijeloma zahtijeva sekundarne zahvate, a posljedica toga su kronična stanja kao što su bol, funkcionalna i psihosocijalna invalidnost. Ekstraartikularni prijelomi distalnog humerusa zahtijevaju drugačije postupke liječenja od intraartikularnih prijeloma. Tijekom otvorene repozicije i unutrašnje fiksacije, osobito kod viševerininih ekstraartikularnih prijeloma distalne dijafize i metafize humerusa, zahtijeva se adekvatna biomehanička stabilnost koštanih ulomaka koja omogućuje rano postoperativno razgibavanje lakatnog zgloba, a time i dobar funkcionalni rezultat.

U ovom radu je ispitana biomehanička stabilnost osteosinteze s pločicama na zaključavanje (LCP) i s konvencionalnim rekonstrukcijskim pločicama s kortikalnim vijcima bez zaključavanja. Ispitivanja su provedena pri aksijalnom opterećenju i savijanju na umjetnim osteoporotičnim modelima proksimalnog humerusa s osteotomijom koja simulira nestabilnost na mjestu prijeloma. Rezultati su pokazali da se kod oba modela najveći pomaci na frakturnoj pukotini pojavljuju u području donjeg anteriornog ruba.

Ključne riječi: distalni humerus, biomehanika, osteoporoza

1 UVOD

Prijelomi distalnog humerus su rijetki prijelomi, a javljaju se s učestalošću od 2-6% svih prijeloma. Najčešće se javljaju kod mlađih osoba i osoba starije životne dobi, a uzrokovani su padovima, prometnim nezgodama i traumama u industriji.

Distalni humerus je nastavak tijela humerusa, a najvažniji su djelovi zglobna tijela: trohlea (*lat. trochlea*) i glavica (*lat. capitulum*). Zbog prirode anatomije (živci, krvne žile) prijelomima distalnog humerusa se pristupa sa stražnje strane. Cilj operativnog liječenja prijeloma je postizanje dovoljne stabilnosti pomoću implantata, kako bi se osiguralo mirovanje koštanih fragmenata i time stvorili uvjeti za cijeljenje prijeloma. Prijelomi distalnog humerusa se dijele na zglobne (artikularne) i izvanzglobne (ekstraartikularne) prijelome. Stabilnost se u većini slučajeva kod obje vrste prijeloma operativnim postupkom postiže pločicama i vijcima, pri čemu pločice mogu biti međusobno postavljene u perpendikularnoj ili paralelnoj konfiguraciji (sl. 1).

Pločice mogu biti konvencionalne s običnim vijcima (rekonstrukcijske pločice) i pločice na zaključavanje (LCP pločice). LCP pločice karakterizira aksijalna i angularna stabilnost konstrukcije koja je omogućena čvrstim spojem između glave vijka i pločice te se time spriječava izvlačenje vijka i bitno smanjuje mogućnost komplikacija koje nastaju zbog smanjenja stabilnosti i krutosti konstrukcije.



Sl. 1. Konfiguracija pločica: perpendikularna a), paralelna b)

Dosadašnje biomehaničke studije rađene su na artikulacionom segmentu, nijedna studija nije učinjena na ekstraartikulacionom segmentu humerusa. Većina relevantnih studija, osobito posljednjih godina, zastupa mišljenje kako je paralelna konfiguracija značajno stabilnija od perpendikulare [2, 4, 5, 7].

2 MATERIJALI I METODE

Ispitivanje stabilnosti osteosinteze ekstraartikularnog prijeloma distalnog humerusa provedeno je na osteoporotičnim modelima kosti (Synbone AG, Malans, Švicarska). Osteotomija koja simulira nestabilnost na mjestu prijeloma učinjena je 25 mm proksimalno od fose olecrani. Duljina frakturne pukotine iznosila je 10 mm. Koštani fragmenti u paralelnoj konfiguraciji fiksirani su s čeličnim rekonstrukcijskim pločicama 3,5 mm i titanskim LCP pločicama 2,5 mm. Konvencionalne čelične pločice s osam rupa postavljene su pomoću čeličnih kortikalnih vijaka promjera 3,5 mm, a LCP pločice također s osam rupa sa samonarezujućim vijcima na zaključavanje od titana. Radi lakšeg prihvata i pozicioniranja modela za vrijeme ispitivanja proksimalni krajevi modela su zaliveni u čeličnoj cijevi promjera 48 mm i duljine 50 mm polimetilmetakrilatom (PMMA) SCS-Beracryl D-28 (Suter – Kunststoffe AG, Švicarska).

Ispitivanje uzoraka provedeno je kao u posljednjim biomehaničkim studijama [3, 6] pri:

- aksijalnom opterećenju ili anteriornoj defleksiji kod koje je nadlaktica postavljena pod kutom fleksije 5° u odnosu na uzdužnu os dijafize humerusa,
- savijanju ili posteriornoj defleksiji pri čemu je nadlaktica flektirana pod kutom od 75° u odnosu na uzdužnu os dijafize humerusa,
- postraničnom ili varusnom opterećenju kod kojega je opterećenje narinuto postranično na radijalni kondil.

Načini opterećivanja uzoraka prikazani su na sl. 2. Za kvazi-statičko ispitivanje uzoraka korištena je kidalica Beta 50-5 (Messphysik, Austrija), a pomaci koštanih fragmenata tijekom ispitivanja mjereni su optičkim mjernim sustavom Aramis (GOM mbH, Njemačka). Prije samog mjerenja na površinu anteriorne strane modela nanesen je stohastički uzorak (raster) izrazitoga kontrasta, koji tijekom opterećivanja prati

promjene oblika mjernog objekta, odnosno pomake na njegovoj površini. Za odabrani mjerni volumen sustav je kalibriran odgovarajućim kalibracijskim objektom [1].

Modeli s rekonstrukcijskim i LCP pločicama su kod sva tri opterećenja ispitana s tri ponavljanja. Sva ispitivanja provedena su do loma uzorka.

a)



b)



c)



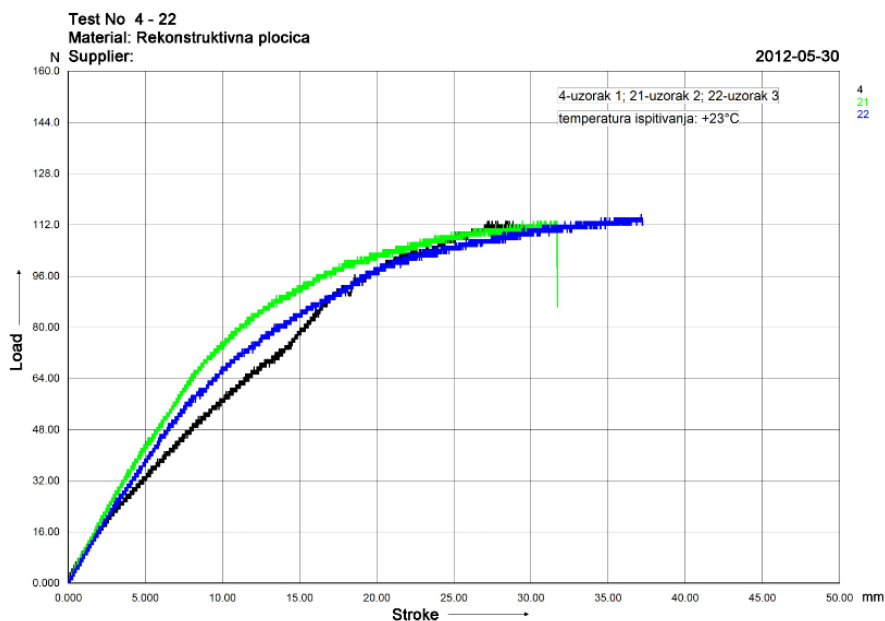
Sl. 2. Opterećenje ispitnih modela: savijanje a), aksijalno opterećenje b), postranično opterećenje c)

REZULTATI I ZAKLJUČAK

Na sl. 3 prikazan je dijagram sila – pomak za model s rekonstrukcijskim pločicama pri savijanju. Krutost u elastičnom području dobivena iz dijagrama sila – pomak za sve ispitne uzorke prikazana je u tab. 1.

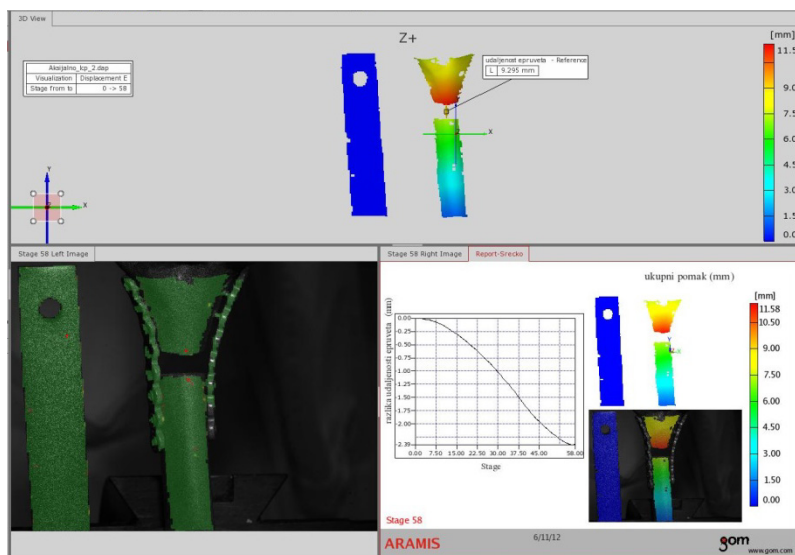
Tab. 1. Krutost modela u elastičnom području

| Uzorak | Krutost N/mm | | | | | |
|----------------|--------------------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| | Rekonstrukcijska pločica | | | LCP pločica | | |
| | Savijanje | Aksijalno | Postranično | Savijanje | Aksijalno | Postranično |
| 1 | 7,25 | 260,30 | 6,99 | 6,53 | 437,26 | 6,02 |
| 2 | 8,69 | 276,24 | 7,29 | 6,23 | 340,98 | 7,48 |
| 3 | 7,57 | 239,52 | 7,84 | 7,12 | 375,69 | 6,17 |
| Sred. vrijed. | 7,84 | 258,69 | 7,37 | 6,63 | 384,64 | 6,56 |
| St. devijacija | 0,76 | 18,41 | 0,43 | 0,45 | 48,76 | 0,80 |



Sl. 3. Dijagram sila – pomak za model s rekonstrukcijskim pločicama pri savijanju

Rezultati za krutost dobiveni iz podataka od kidalice u elastičnom području pokazuju da rekonstrukcijska pločica ima veću krutost pri savijanju i postraničnom opterećenju. Kod savijanja krutost modela s LCP pločicama iznosi 85%, a kod postraničnog opterećenja 89% krutosti modela s rekonstrukcijskim pločicama. Znatno veća razlika u krutosti je nastala pri aksijalnom opterećenju, pri kojem krutost modela s rekonstrukcijskim pločicama iznosi 67% krutosti LCP modela.



Sl. 4. Promjena duljine frakturane pukotine kod LCP modela pri aksijalnom opterećenju

Pri ispitivanju mjerena je i promjena duljine pukotine mjernim sustavom Aramis. Na sl. 4 prikazani su rezultati za LCP pločicu pri aksijalnom opterećenju. Iz rezultata je vidljivo da je rekonstrukcijska pločica bolja kod savijanja i postraničnog opterećenja, dok je promjena duljine pukotine manja kod modela s LCP pločicama. Kod oba modela najveći pomaci na frakturnoj pukotini pojavljuju se u području donjeg anteriornog ruba.

Iz ovih rezultata je vidljivo da prednost pločice na zaključavanje najviše dolazi do izražaja pri aksijalnom opterećenju. Zbog veze glave vijka s pločicom preko navoja sustav pločica-vijci predstavlja kruti sklop i ne dozvoljava pomak pločice neovisno o vijcima što je slučaj kod konvencionalnih pločica bez zaključavanja.

Razlike u svojstvima između modela s rekonstrukcijskim i LCP pločicama postoje, međutim one su u granicama koje zadovoljavaju uvjete dovoljne biomehaničke stabilnosti u vremenu koje je uobičajeno za cijeljenje prijeloma u toj regiji.

Literatura:

- [1] Aramis User Manual-Software, GOM mbH, Germany 2009.
- [2] Arnander, M.W., Reeves, A., MacLeod, I.A., Pinto, T.M., Khaleel, A. "A biomechanical comparison of plate configuration in distal humerus fractures", J Orthop Trauma. 22, 5, 2008, str. 332-6.
- [3] Penzkofer, R., Hungerer, S., Wipf, F., von Oldenburg, G., Augat, P. "Anatomical plate configuration affects mechanical performance in distal humerus fractures", Clin. Biomech. 25, 10, 2010, str. 972-978.
- [4] Schwartz, A., Oka, R., Odell, T., Mahar, A., "Biomechanical comparison of two different periarticular plating systems for stabilization of complex distal humerus fractures", Clin. Biomech. 21, 9, 2006, str. 950-5.
- [5] Self, J., Viegas, S.F., Buford, W.L. Jr, Patterson, R.M., "A comparison of double-plate fixation methods for complex distal humerus fractures", J Shoulder Elbow Surg. 4, 1995, str. 10-6.
- [6] Windolf, M., Maza, E.R., Gueorguiev, B., Braunstein, V., Schwieger, K., "Treatment of distal humeral fractures using conventional implants", Biomechanical evaluation of a new implant configuration. BMC Musculoskelet Disord. 2010, 11:172.
- [7] Zalavras, C.G., Vercillo, M.T., Jun, B.J., Otarodifard, K., Itamura, J.M., Lee, T.Q., "Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures", J Shoulder Elbow Surg. 20, 1, 2011, str. 12-20.

Autori:

Janoš Kodvanj, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za tehničku mehaniku, I. Lučića 5, 10000 Zagreb, tel. 01 6168 425,

e-mail: janos.kodvanj@fsb.hr

Srećko Sabalić, KBC Sestre milosrdnice, Klinika za traumatologiju, Draškovićeve 19, 10000 Zagreb

e-mail: ssabalic@gmail.com

Martin Surjak, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za tehničku mehaniku, I. Lučića 5, 10000 Zagreb, tel. 01 6168 445,

e-mail: martin.surjak@fsb.hr

Frane Pamuković, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za tehničku mehaniku, I. Lučića 5, 10000 Zagreb, tel. 01 6168 447,

e-mail: frane.pamukovic@fsb.hr