

Prikaz primera/Case report

NAČRTOVANJE OPERACIJ ZLOMOV KOLČNE PONVICE S POMOČJO RAČUNALNIŠKEGA PROGRAMA: PRIHODNOST ALI IGRA (PRIKAZ PRIMERA)

COMPUTER PLANNING OF ACETABULAR SURGERY: A FUTURE OR A GAME
(CASE REPORT)

Anže Kristan, Matej Cimerman, Martin Tonin

Klinični oddelek za travmatologijo, Klinični center, Zaloška 7, 1525 Ljubljana

Izvleček

Izhodišča	<i>Kljub napredku moderne travmatologije ostajajo na določenih področjih (kirurgija poškodb kolčne ponvice in medenice) še nerešljiva vprašanja. Z razvojem računalniške tehnologije so se razvila orodja za natančnejše ortopedske operacije in računalniška orodja za načrtovanje operacij. V sodelovanju z računalniškimi inženirji smo razvili program za načrtovanje operacij poškodb kolčne ponvice in medenice.</i>
Metode	<i>Podatke za načrtovanje dobimo iz računalniške tomografije poškodovane medenice ali kolčne ponvice v formatu DICOM. S pomočjo segmentacije se označijo posamezni odlomki in postanejo samostojni objekti. Zlome je na ta način možno naravnati in jih učvrstiti. Na koncu se izpiše natančno poročilo o poteku namišljene operacije.</i>
Rezultati	<i>Prikazan bo tipičen primer načrtovanja operacije s tem programom. Poleg tega pa so predstavljeni rezultati desetih poškodovancev, pri katerih je bila operacija načrtovana s programom SQ Pelvis.</i>
Zaključki	<i>Čeprav je vse več sistemov za natančnejše ortopedske operacije, se uporabljajo le v določenih centrih. Ti sistemi omogočajo natančno vstavljanje vsadkov, ne pa tudi natančne naravnave. Z našim programom je možno natančno načrtovati in poskušati več načinov operacije istega zloma. S pomočjo tega programa se je možno učiti to redko vrsto kirurgije.</i>
Ključne besede	<i>načrtovanje; medenica; kolčna ponvica; rekonstrukcija; naravnava; učvrstitev</i>

Abstract

Background	<i>Despite enormous development of modern traumatology in recent years, there are still some unanswered questions on specific fields of traumatology (acetabulum and pelvic surgery). In cooperation with computer technology the tools for computer assisted orthopedic surgery and computer planning of surgery were developed. Together with computer engineers we have developed computer tool for preoperative planning and virtual surgery for injuries of pelvis and acetabulum.</i>
Methods	<i>Data for planning is gained from CT scans of real patient in DICOM format. With segmentation of data the fragments are marked as individual objects. These free objects can be moved and rotated. At the end of virtual operation exact report is produced.</i>

Avtor za dopisovanje / Corresponding author:

Anže Kristan, Klinični oddelek za travmatologijo, Kirurška klinika, Klinični center, Zaloška 7, 1525 Ljubljana, Tel.: 01 / 522 32 55, e-mail: anze.kristan@kclj.si

Results	<i>Illustrative case of planning using this programme will be presented. The results of small study are presented as well.</i>
Conclusions	<i>Despite numerous systems for computer assisted orthopedic surgery there are only few centers that routinely use them. These systems are very useful in precise implant insertion, but they cannot enable reduction of the fragments in minimally invasive surgery. Our program enables virtual operations and learning of this non-routine surgery.</i>
Key words	<i>planning; pelvis; acetabulum; reconstruction; reduction; fixation</i>

Uvod

Operacija zlomov kolčne ponvice ostaja zahtevno področje sodobne travmatologije. Cilj obnove zlomljene kolčne ponvice je anatomska naravnava odlomkov in gibalno stabilna učvrstitev. Splošno sprejemljivo odstopanje v natančnosti naravnave je 1 do 2 mm.¹ Naše raziskave pa kažejo, da že milimetrski premik v nosilni površini kolčne ponvice poveča pritisk na hrustanec v tem predelu za štiri- do petkrat (neobjavljeni podatki). Povečano poznavanje funkcionalne anatomije in biomehanike kolčne ponvice v zadnjem desetletju¹⁻⁴ in razvoj sodobnih diagnostičnih metod (računalniška tomografija [CT] z možnostjo večdimenzionalnih rekonstrukcij) sta kirurgom omogočila natančnejšo predstavo o anatomiji zloma.

Kljub napredku je pri operativnem zdravljenju zlomov kolčne ponvice še veliko nerešenih vprašanj. Ne poznamo idealnega operativnega pristopa, primerne za vse tipe zlomov kolčne ponvice. Čeprav poznamo osnovni princip anatomske naravnave, je zaradi zahtevne tridimenzionalne oblike kolčne ponvice in majhnega operativnega polja večkrat težko doseči sprejemljivo naravnavo. Odlomke moramo s ploščami in vijaki stabilno učvrstiti. Za tako učvrstitev morajo biti plošče oblikovane tako, da se povsem prilegajo kosti, položaj vijakov pa mora biti tak, da ne poškoduje sklepne hrustanca in omogoča nemoteno gibanje v kolku.

Reševanje vseh teh naštetih vprašanj se začne z natančnim predoperativnim načrtovanjem.

Podobne težave se pojavljajo tudi pri drugih vrstah ortopedskih in travmatoloških operacij. Z razvojem računalniške tehnologije je razvoj krenil v dve smeri. Prva je računalniško asistirana ortopedska kirurgija (computer assisted orthopedic surgery – CAOS). Namen te tehnologije je t. i. navigacija, kar pomeni izboljšanje natančnosti skeletnih operacij.⁵ Druga smer pa je načrtovanje operacij s pomočjo računalnika. Načrtovanje se je doslej uporabljalo pri operacijah medeničnih tumorjev⁶ in pri rekonstrukcijah v maksilofacialni kirurgiji.⁷⁻⁹

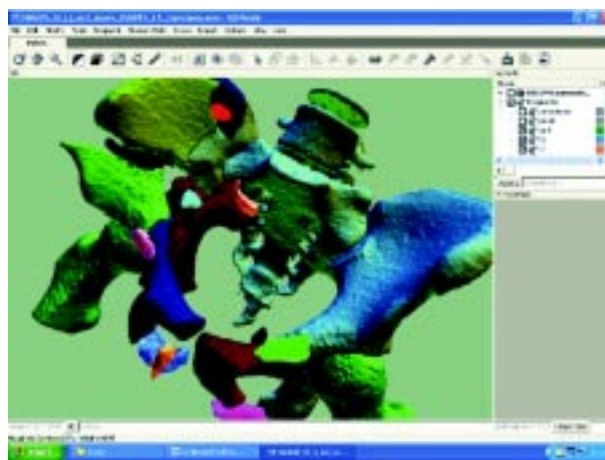
Skupaj s strokovnjaki z računalniškega področja iz podjetja Sekvenca d. o. o. smo razvili poskusni računalniški program za navidezne (virtualne) operacije poškodb medenice in kolčne ponvice (SQ PELVIS). Ta program, ki smo ga do sedaj uporabili pri operacijah desetih poškodovancev, omogoča v virtualni operaciji izpeljati vse najpomembnejše korake operacije.

Prikaz primera in rezultati

SQ PELVIS omogoča navidezne operacije kolčne ponvice in medenice na modelih, pridobljenih iz podatkov resničnih poškodovancev. Podatke dobimo iz CT v formatu DICOM. Model je toliko natančen, kot je natančno slikanje z računalniško tomografijo, zato pri naših poškodovancih uporabljamo reze, narejene na 1,5 milimetra.

Pri obdelavi podatkov najprej določimo gostoto tkiva, ki nas zanima. V našem primeru je to gostota kostnine. Računalniški program napravi segmentacijo in obrise kosti v tridimenzionalnem prostoru. Po tem postopku se dobljeni model pregleda in doda še male oziroma slabo vidne fragmente kosti (osteopenija), ki zaradi slabše zaznavnosti niso že avtomatično določeni. Po segmentaciji so vsi odlomki označeni kot samostojni objekti. Posameznim odlomkom določimo različne barve, kar še poveča ločljivost. Tako pripravljen model je sedaj na voljo uporabniku (kirurgu).

Kirurg prične z navidezno operacijo v okolju Windows.

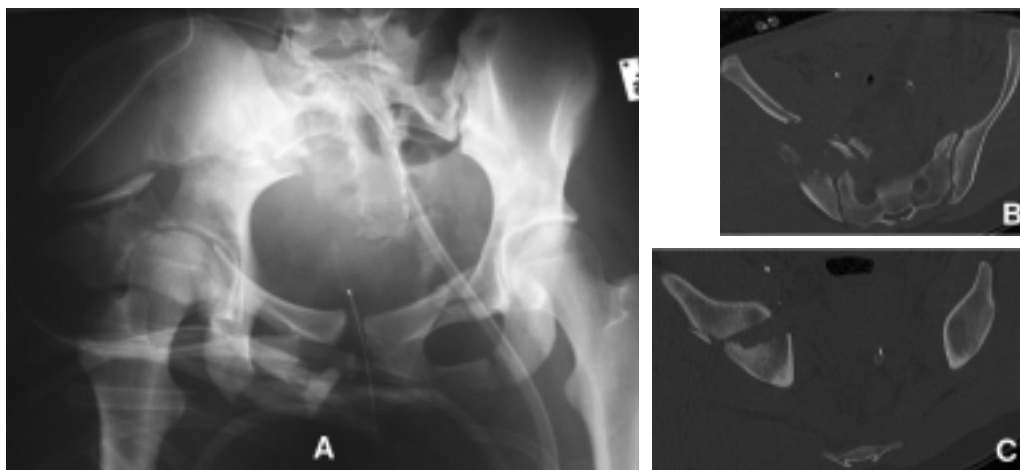


Sl. 1. Model poškodovane medenice, pripravljen za navidezno operacijo v delovnem okolju.

Figure 1. The model of injured pelvis in computer environment prepared for virtual surgery.

Postopek prikažemo na podlagi primera.

19-letna bolnica je bila poškodovana v prometni nesreči. Prišlo je do večdelnega zloma desne kolčne ponvice in desne polovice medenice.



Sl. 2. a) Nativna rentgenska slika poškodovane medenice: večdelni zlomi desne črevnice, desne in leve sramnice in desne kolčne ponvice. b) Dvodimenzionalna računalniška tomografija medenice v predelu črevnic in križnice. c) Dvodimenzionalna računalniška tomografija medenice v predelu kolčnih ponvic.

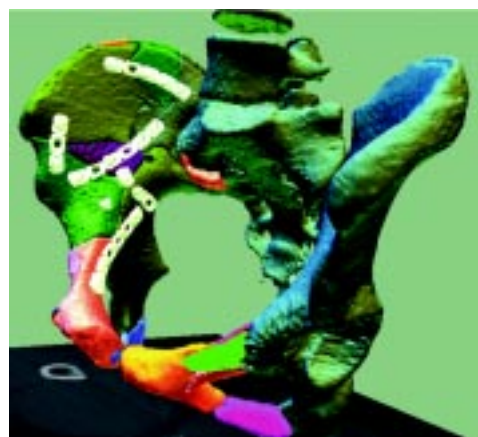
Figure 2. a) Native x-ray picture of injured pelvis: comminution of right iliac bone, right and left pubic bone and right acetabulum. b) Two-dimensional CT scan of pelvis in the region of iliac bones and sacrum. c) Two-dimensional CT scan of pelvis in the region of acetabulum.

Pravi podatki so bili s pomočjo SQ Pelvisa iz CT v formatu DICOM pretvorjeni v model po prej opisanem postopku.



Sl. 3. Izgled modela v programu SQ Pelvis. Medenico je možno obračati v vse smeri.
Figure 3. Visualization of the fragments in the SQ Pelvis tool. The pelvis can be rotated.

Medenico lahko na ekranu obračamo in jo preučujemo iz različnih kotov. Posamezne odlomke lahko premikamo in sučemo v prostoru. Vsak premik in zasuk sta zabeležena v milimetrih in kotih. Uspešnost naravnave preverjamo iz različnih vidnih kotov. Po naravnavi izberemo ustrezno osteosintetsko ploščo in jo oblikujemo po naravnani kosti. Izberemo ustrezne vijake in določimo njihovo dolžino.



Sl. 4. Navidezna naravnava in učvrstitev odlomkov.
Figure 4. Virtual reduction and fixation of the fragments.

V programu je možno tudi simulirati medoperativno rentgensko slikanje.



Sl. 5. Simulacija rentgenske slike v programu SQ Pelvis.

Figure 5. Simulation of X-ray picture in SQ Pelvis.

Poškodovanka je bila šesti dan po poškodbi operirana skozi iliomedialni pristop.



Sl. 6. Pooperativna rentgenska slika.

Figure 6. Postoperative X-ray picture.

Na koncu navidezne operacije program izdela natančno poročilo (premiki odlomkov, oblika in velikost plošče, število in dolžina vijakov).

V obdobju od 1. 6. 2005 do 1. 6. 2006 smo na Kliničnem oddelku za travmatologijo Kliničnega centra v Ljubljani s pomočjo računalniškega načrtovanja operirali 10 poškodovancev s poškodbo kolčne ponvice. Za tako načrtovanje smo se odločili pri eni tretjini vseh poškodb kolčne ponvice.

Po AO razdelitvi so bili trije (30 %) zlomi tipa A, štirje (40 %) tipa B in trije (30 %) tipa C.

Iliomedialni pristop je bil načrtovan pri štirih poškodovancih in bil vedno tudi napravljen.

Kocher-Langenbeckov pristop je bil načrtovan pri šestih poškodovancih in bil pri petih tudi napravljen.

V enem primeru pa smo načrtovali le Kocher-Langenbeckov pristop, napravili pa smo oba pristopa.

Načrtovani pristop je bil uporabljen v 9 (90 %) primerih. Načrtovana učvrstitev je bila povsem izvedena v 6 (60 %) in delno v 4 (40 %) primerih.

Število vijakov je bilo enako, kot smo načrtovali, v 7 primerih. Dolžina vijakov je bila identična v 6 primerih, število plošč v 9 in dolžina plošč v 8 primerih.

Razpravljanje

V zadnjih letih je prišlo do prave eksplozije sistemov za izboljšanje natančnosti operacij. Kljub izboljšavam sistemov pa je uporaba le-teh v operacijskih dvoranah še vedno redka in povezana le s centri, ki sodelujejo pri razvoju teh sistemov. Razlogov za takšno stanje je več. Kirurgi se vsekakor lažje odločamo za izboljšane kirurške tehnike kot pa za pridobivanje znanja tudi na drugih bolj tehničnih področjih. Vsaj v začetni fazi uvajanja navigacije v operacijske dvorane se posegi bistveno podaljšajo, poleg tega pa se zaradi dragih sistemov tudi podražijo. Za oceno strokovne upravičenosti pri uvajanju teh sistemov pa je izjemno težko napraviti objektivno študijo.⁸ Večina kirurgov, ki redno uporabljajo navigacijske sisteme pri operacijah, je hkrati tudi intenzivno vpletena v razvoj le-teh.⁹ Sistemi za izboljšanje natančnosti operacij se v travmatologiji in ortopediji uveljavljajo predvsem na področju protetike (koleno, kolk), kjer je izjemnega pomena natančna namestitve vsadkov.¹⁰ Na področju poškodb kolčne ponvice in medenice se računalniška navigacija uporablja za določanje smeri poteka vijakov pri maloinvazivnih posegih.¹¹⁻¹³ Slabost sistemov, ki se uporabljajo pri rekonstruktivnih posegih na poškodovani kolčni ponvici, je ta, da se lahko uporabljajo le pri minimalno premaknjenih odlomkih, saj ne omogočajo zaprte naravnave večjih premikov zlomov.

Namen našega sistema za računalniško načrtovanje operacij je bil, da kirurg že pred začetkom prave operacije izvede namišljeno operacijo z vsemi sestavnimi deli. Sistem se na operacijo odziva in nam pokaže, ali je naš načrt v resnici izvedljiv ali ne. Tako lahko brez škode ponovimo določene dele operacije in na ta način sestavimo optimalni načrt za operacijo. Na ta način zlom natančno spoznamo in ga razumemo, kar je ključno za končni uspeh.¹

Na našem kliničnem oddelku letno operiramo približno 30 poškodb kolčne ponvice in 40 poškodb medeničnega obroča, kar je za evropske razmere veliko, saj v Nemčiji operirajo 17,9 poškodbe kolčne ponvice na leto na posamezni kliniki.¹⁴ Te številke nam povedo, da gre za redke operacije, zato bi lahko omejeni računalniški program z manjšimi spremembami služil tudi kot učno orodje.

V program SQ PELVIS bi lahko dodali tudi biomehanski modul, ki bi načrtovano učvrstitev po anatomski naravnavi odlomkov ocenil tudi z vidika stabilnosti ob fizioloških dejavnostih. Podoben model že obstaja pri načrtovanju osteotomij kolčne ponvice.¹⁵

Pri razvoju programa SQ PELVIS smo spoznali tehnologijo, s katero je možno z manjšimi prilagoditvami napraviti tudi programe za načrtovanje operacij drugih zahtevnih poškodb okostja.

Glavna pomanjkljivost našega programa je način obdelave podatkov. CT podatke je treba prek domače strani posredovati podjetju, ki pripravi model in ga pošlje ponovno uporabniku. Priprava modela traja nekaj ur, model pa mora pred uporabnikom pregledati še rentgenolog, ki potrdi ustreznost modela. Taka priprava lahko traja tudi en dan. V prihodnosti bi bilo potrebno obdelavo podatkov in izdelavo modela približati uporabniku (kirurgu), s čimer bi se postopek poenostavil in skrajšal.

Zahvala

Radi bi se zahvalili sodelavcem iz Sekvence, ki so nas bili pripravljeni razumeti in napraviti SQ PELVIS. To so: Darij Kreuh, Urban Velkavrh, Ana Ugrin, Tea Kolarič in Tadej Fius.

Literatura

1. Letournel E, Judet R. Fractures of the acetabulum. 2nd ed. Berlin: Springer Verlag; 1993.
2. Tile M. Acute pelvic fractures: I. Causation and classification. *J Am Acad Orthop Surg* 1996; 4: 143–51.
3. Tile M. Pelvic fractures: Operative versus nonoperative treatment. *Orthop Clin North Am* 1980; 11: 423–64.
4. Tile M. The management of unstable injuries of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81: 941–3.
5. Mears DC, Rubash HE, Sawaguchi T. Fractures of the acetabulum. *Hip* 1985; 95–113.
6. Handels H, Ehrhardt J, Plotz W, Poppl SJ. Three-dimensional planning of hip operations and computer – assisted construction of endoprotheses in bone tumor surgery. *Comput Aided Surg* 2001; 6: 65–76.
7. Gellrich NC, Schramm A, Hammer B, Rogas S, Lufti D, Lagraze W, et al. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plast Reconstr Surg* 2002; 110: 1417–29.
8. Letournel E, Judet R. Fractures of the acetabulum. 2nd ed. Berlin: Springer Verlag; 1993.
9. Marchetti C, Bianchi A, Bassi M, Gori R, Lamberti C, Sarti A. Mathematical modeling and numerical simulation in maxillo-facial virtual surgery. *J Craniofac Surg* 2006; 17: 661–7.
10. Munjal S, Leopold SS, Kornreich D, Shott S, Finn HA. CT-generated 3-dimensional models for complex acetabular reconstruction. *J Arthroplasty* 2000; 15: 644–53.
11. Attias N, Lindsey RW, Starr AJ, Borer D, Bridges K, Hipp JA. The use of a virtual three-dimensional model to evaluate the intraosseous space available for percutaneous screw fixation of acetabular fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* 2005; 11: 1520–3.
12. Brown GA, Firoozbakhsh K, Gehlert RJ. Three-dimensional CT modeling versus traditional radiology techniques in treatment of acetabular fractures. *Iowa Orthop Journal* 2001; 21: 20–4.
13. Tonetti J, Cloppet O, Clerc M, Pittet L, Troccaz J, Melroz P, et al. Optimal placement of iliosacral screws: 3D computed tomography simulation. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2000; 86: 360–9.
14. Rommens PM, Hessmann MH. Acetabulum fractures. *Unfallchirurg* 1999; 102(8): 591–610.
15. Tsumura H, Kaku N, Ikeda S, Torisu T. A computer simulation of rotation acetabular osteotomy for dysplastic hip joint: does the optimal transposition of the acetabular fragment exist? *J Orthop Sci* 2005; 10: 145–51.

Prispelo 2006-10-24, sprejeto 2007-03-12