

Strokovni prispevek/Professional article

OSTEOSINTEZA DLANČNIC Z BIORESORBILNIMI MATERIALI: PRIKAZ TREH PRIMEROV

OSTEOSYNTHESIS OF THE METACARPAL BONE WITH BIOABSORBABLE MATERIALS: A CASE REPORTS

Ernest Novak¹, Stefano Spanio², Jožefa Pekarovič¹, Marcela Madunič¹, Matej Lavrič¹

¹ Splošna bolnišnica Celje, Oblakova 5, 3000 Celje
² Ospedala San Bortolo, Via rodolfi 36, Vicenza, Italia

Prispelo 2003-08-04, sprejeto 2004-03-29; ZDRAV VESTN 2004; 73: 275-9

Gljučne besede: bioresorbilni material; zlom; kirurgija roke; odstranitev osteosintetskega materiala

Key words: bioabsorbable material; fracture; hand surgery; osteosynthesis devices removal operation

Izvleček – Izhodišča. Najnovejša dognanja v tehnologiji biomaterialov so omogočila izdelavo implantatov za osteosintezo, katerih uporaba je enostavna, hkrati pa so zelo čvrsti ter odlično biokompatibilni. Biomehanske študije so pokazale, da se fiksacijska čvrstost doseže s samoojačitenimi (SO) ploščami, vijaki in zatiči, in je primerljiva z metodami fiksacije, pri katerih uporabimo kovinske materiale. Notranjo učvrstitev nekaterih zlomov majhnih kosti roke lahko varno naredimo z uporabo bioresorbilnih plošč, vijakov ali zatičev.

Poročamo o svojih izkušnjah, ko smo pri treh bolnikih notranje fiksirali s SO (poly-L/DL-lactide 70/30; SR-P (L/DL) LA 70/30, BioSorb™FX) mini ploščami in vijaki za stabilizacijo zlomov dlančnic in replantacijo palca.

Zaključki. Po zacelitvi zloma postanejo kovinski osteosintetski materiali nepotrebni, včasih celo škodljivi, zato jih praviloma odstranjujemo. Z uporabo bioresorbilnih osteosintetskih materialov pri osteosintezi dlančnic se izognemo dolgoročnim zapletom uporabe kovinskih osteosintetskih materialov in ponovni operaciji zaradi odstranitve.

Abstract – Background. Recent advances in biomaterial technology make it possible to produce easy-to-handle implants for osteosynthesis with ultra-high strength and excellent biocompatibility. Biomechanical studies have shown that fixation rigidity achieved with self-reinforced (SR) pins, screws and miniplates is comparable with that of metallic fixation methods. Internal fixation by means of bioabsorbable plates, screws, and pins can be used to stabilize some fractures of small bones in the hand.

We report our experience with three cases where internal fixation with a SR (poly-L/DL-lactide 70/30; SR-P (L/DL) LA 70/30, BioSorb™FX) miniplates and screws was carried out for stabilization of a metacarpal shaft fracture and thumb replantation.

Conclusions. After bone healing is complete, metallic osteosynthesis devices become unnecessary or can even be harmful. Metallic implant-related long-term complications and secondary removal operation are avoided by using of bioabsorbable osteosynthesis devices for metacarpal bones osteosynthesis.

Uvod

Zlomi dlančnic so skupaj z zlomi prstnic najpogostejši zlomi v področju zgornjega uda. Zdravljenje tovrstnih zlomov pa se je v zadnjih 25. letih prevesilo iz pretežno konzervativnega načina zdravljenja z mavcem in opornicami k aktivnejšemu kirurškemu zdravljenju. Funkcionalni izid zdravljenja nestabilnih ali dislociranih zlomov kosti roke je optimalen, kadar dosežemo anatomsko uravnavo zloma in stabilno fiksacijo ter pričnemo z zgodnjo rehabilitacijo prizadetega uda (1).

Za učvrstitev nestabilnih ali dislociranih zlomov se najpogosteje uporabljajo kovinski materiali, kot so Kirschnerjeve žice, kovinske plošče in vijaki, ter intramedularne žice. Po zacelitvi zloma postanejo kovinski materiali nepotrebni, včasih celo škodljivi, zato jih praviloma odstranjujemo (2-5). Učvrstitev z uporabo bioresorbilnih materialov se uporablja v travmatologiji, ortopediji in kraniomaksilofacialni kirurgiji (6, 7).

Trenutno se uporabljajo materiali, narejeni iz poli-L-laktidov (PLLA) in kopolimeri poliglikolidov in polilaktidov (PLGA in P (L/DL) LA) (6).

Bioresorbilni implantati, narejeni s SO tehniko, so zelo čvrsti, z njimi je enostavno ravnati in so odlično biokompatibilni. Predstavljamo naše začetne izkušnje z novo tehniko učvrstitve in uporabo SO mini plošč in vijakov pri treh bolnikih.

Predstavitev primerov

Predstavljamo tri primere, pri katerih smo uporabili bioresorbilne materiale za učvrstitev dveh spiralnih zlomov dlančnice in za arthrodezo metakarpofalangealnega (MP) sklepa palca ob replantaciji.

Primer 1

Doslej zdrav, 35-letni moški se je poškodoval pri domačem delu z električnim vrtnim strojem, ko se je le-ta nenadoma zataknil in mu

je zato zavrtilo desno roko. Zaradi bolečin in otekline se je še isti dan oglasil v naši ambulanti. Z rentgenskim slikanjem smo ugotovili spiralni zlom 4. dlančnice desne roke (Sl. 1).



Sl. 1. Spiralni zlom 4. dlančnice 35-letnega moškega bolnika.
Figure 1. Oblique fracture of the 4. metacarpal shaft in 35 years old male patient.

Ocenili smo, da gre za nestabilen zlom in se zato odločili za operativno učvrstitev zloma. Skozi dorzalni pristop smo med operacijo zlom anatomsko uravnali in učvrstili z dvema SO-P (L/DL) LA 70/30 kopolimer (BioSorb™FX) vijakoma debeline 2.0 mm. Pooperativno rentgensko slikanje je pokazalo anatomsko naravnani zlom (Sl. 2).



Sl. 2. Pooperativni RTG posnetek. Anatomsko uravnan zlom, puščica prikazuje svetlini, ki nakazujeta mesto, kjer je bil nameščen vijak, saj le-ti na RTG posnetkih niso vidni.

Figure 2. Postoperative radiograph. Anatomic reduction, the arrow shows lucent areas at the site of the screws, which are not visible in radiograph.

Pooperativno ni bilo zapletov. Roko smo imobilizirali za obdobje bolečinske faze ter nato pričeli z zgodnjim razgibavanjem. Zlom se je zacelil brez zapletov, poškodovanec je prstom in roki povrnil odlično funkcijo (Sl. 3). Normalno uporabo roke smo mu svetovali 7 tednov po operaciji.



Sl. 3. Funkcija roke 7 tednov po operaciji.
Figure 3. Hand function 7 weeks after surgery.



Sl. 4. Pooperativni RTG posnetek pri 37-letnem bolniku.
Figure 4. Postoperative radiograph of 37 years old patient.

Primer 2

Doslej zdrav, 37-letni moški se je pri padcu ujel na roko in si jo pri tem poškodoval. Na pregledu v naši ambulanti smo ugotovili spiralni



Sl. 5. Izgled roke po poškodbi.
Figure 5. Hand after injury.



Sl. 6. Preoperativni RTG posnetek pri 61-letnem poškodovancu.
Figure 6. Preoperative radiograph of 61 years old patient.

zlom 4. dlančnice. Poškodovanca smo zaradi nestabilnega zloma operirali in zlom učvrstili s tremi bioresorbilnimi vijaki tipa SO-L/(DL)LA 70/30 kopolimer (BioSorb™FX), debeline 2,0 mm (Sl. 4). Pooperativno ni bilo zapletov. Roko smo imobilizirali za obdobje bolečine ter nato pričeli z zgodnjim razgibavanjem. Zlom se je zacelil brez zapletov. Funkcija prstov je bila odlična. Bolnik je pričel z normalno uporabo roke 6 tednov po operaciji. Funkcija roke je bila po končanem zdravljenju praktično enaka kot pri prvem poškodovancu.

Primer 3

Doslej zdrav, 61-letni moški je pri delu z napravo za cepljenje lesa utrpel travmatsko amputacijo desnega palca dominantne roke v višini MP sklepa (Sl. 5, Sl. 6). Odločili smo se za replantacijo palca in artrodezo MP sklepa, ki smo jo naredili s SO-P (L/DL) LA 70/30 mini ploščo v obliki črke H (debeline 1,2 mm) in sedmimi bioresorbilnimi vijaki premera 2,0-mm (BioSorb™FX) (Sl. 7, Sl. 8). Pooperativno ni bilo zapletov, palec smo imobilizirali z volarno longeto za 3 tedne, ki je omogočala natančno oceno prekrvitve replantiranega palca, nato je bolnik pričel z razgibavanjem. 6 tednov po operaciji je prišlo do čvrstega kostnega preraščanja MP sklepa (Sl. 9). Funkcija palca je bila



Sl. 7. Intraoperativni izgled artrodeze MP sklepa s SO-P (L/DL)LA 70/30 miniploščo v obliki črke H (debeline 1,2 mm) in sedmimi vijaki premera 2,0 mm.

Figure 7. Intraoperative view of arthrodesis with H-shaped SR-P(L/DL)LA 70/30 miniplate (thickness 1.2 mm) and seven 2.0 mm screws.



Sl. 8. Palec po replantaciji.
Figure 8. Thumb after replantation.



Sl. 9. RTG posnetek 6 tednov po operaciji pokaže kostno preraščanje MP sklepa.

Figure 9. Radiograph 6 weeks after surgery shows bone union of the MP joint.

okrnjena predvsem zaradi zatrjenega MP sklepa, vendar je bolniku omogočala pincetni prijem in grob prijem v roko.

Razpravljanje

Uporaba bioresorbilnih osteosintetskih materialov je privlačna možnost za operativno zdravljenje zlomov, saj se na ta način izognemo drugi operaciji, s katero odstranimo osteosintetski material. O uspešni rabi bioresorbilnih materialov v kirurgiji roke poročajo številni avtorji. Izredno čvrsti, amorfni osteosintetski materiali, primerni za uporabo v kirurgiji roke, so na voljo s komercialnimi imeni BioSorb™FX (SR-P (L/DL) LA 70/30) in BioSorb™PDX (SR-PLGA 80/20). SO PLLA osteosintetski materiali so na trgu na voljo z zaščitenimi imeni SmartPin™, SmartNail™ and SmartScrew™ (Bionx Implants, Blue Bell, PA). Kopolimer sestavljen iz 70-odstotnega L-laktida in 30-odstotnega DL-laktida, primeren za osteosintezo kosti roke, izdeluje Macropore (San Diego, CA), Synthes (Paoli, PA) in Bionx Implants (BioSorb™FX, Blue Bell, PA).

Kemijske lastnosti

Bioresorbilni polimeri, ki jih uporabljajo pri proizvodnji osteosintetskih materialov, so poli- α -hidroksi kisline: poliglikolična kislina - PGA, polilaktična kislina - PLA in polidioksanon - PDS.

L-izomeri polilaktidov-PLLA so najpogosteje uporabljeni v klinični praksi (6, 8). S kopolimerizacijo posameznih homopolimerov v različnih razmerjih lahko izdelamo bioresorbilne materiale s primernimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi, za osteosintezo kosti roke.

SO tehnologija omogoča proizvodnjo vsadkov visoke čvrstosti (9). Samoobjačitev pomeni nastanek sestavljene strukture, narejene iz usmerjenih ojačenih vlaken ali usmerjenih molekulnih verig in povezovalnega matriksa, obeh iz enakega materiala.

Večina bioresorbilnih materialov, ki so na voljo, ni narejenih po načelu SO in so namenjeni za osteosintezo kosti lobanje. V področjih večjega mehničnega stresa njihova čvrstost ni zadostna. Vsadki, ki niso narejeni po metodi SO, ne nudijo strukturne podpore kosti in so zato neprimerni za zdravljenje zlomov brez zunanje opore, razen na nekaterih področjih nizkega stresa, kot npr. skelet lobanje in osrednjega dela obraza (7). S SO vsadki je tudi enostavneje ravnati kot z drugimi bioresorbilnimi materiali. SO plošče lahko krivimo na sobni temperaturi, brez pomembne izgube čvrstosti materiala, da dosežemo čim boljše prilagajanje površini kosti. Večina ne-SO plošč je potrebno pred krivljenjem segreti v vodni kopeli in nato ohladiti pred vsaditvijo (7), kar je pomembna izguba časa med operacijo.

Razgradnja, resorpcija in biokompatibilnost

Razgradnja poli- α -hidroksi kislin se začne z naključno hidrolizo verig polimera, kar vodi v zmanjšanje molekulske mase in čvrstosti. Polimerni vsadki razpadejo na manjše delce, oligomere in monomere ter se nato odstranijo iz telesa po običajnih poteh presnavljanja.

Na razgradnjo močno vplivajo fizikalne in kemične lastnosti polimera: molekulska masa in usmeritev, koncentracija monomera, konformacija, razmerje med volumnom in površino... Podobno na razgradnjo vplivajo tudi dejavniki okolja, kot so: mesto implantacije, tip okolnega tkiva, mehanični stres, prekrvljenost. Razpad je hitrejši in vivo kot in vitro ter hitrejši v spongiozi kosti kot v podkožnem tkivu (10).

Čvrstost SO-PLLA paličic se zmanjša na raven spongioze kosti v 36 tednih (11), popolna resorpcija vsadka pa traja precej dlje. Čvrstost SO-P (L/DL) LA 70/30 kopolimera (BioSorb™FX) je primerna 3-4 mesece, popolnoma pa se resorbira v 2-3 letih.

Človeško tkivo na splošno dobro prenaša sintetične bioresorbilne polimere. Mikroskopski pregled pokaže prehodno, nespecifično vnetno reakcijo z makrofagno fagocitozo delčkov tujka med procesom razgradnje in resorpcije (12). Običajno takšna vnetna reakcija ni klinično očitna.

Biomehanske značilnosti

Biomehanska testiranja različnih fiksacijskih metod so opisana v številni literaturi s področja kirurgije roke (13-15). Bioresorbilni materiali naj bi bili čvrsti toliko, da bi omogočili zgodnjo mobilizacijo v pooperativni rehabilitaciji. Sodobne SO mini plošče nizkega profila, velike čvrstosti in minimalnega vpliva na drsenje tetiv omogočajo primerno čvrstost. Pri učvrstitvi prečnih osteotomij dlančnic dosežemo s SO-PLGA 80/20 mini ploščami (debeline 1,0 mm, dolžine 25,5 mm, širine 5,5 mm) ali SO-P (L/DL) LA 70/30 mini ploščami (debeline 1,2 mm, dolžine 25,5 mm, širine 5,5 mm), učvrščenimi z 2,0-milimetrskimi bioresorbilnimi vijaki upogibno stabilnost, ki je primerljiva z Leibingerjevo S-titanovo ploščo (debeline 0,55 mm, dolžine 17,4 mm, širine 3,6 mm) učvrščene z 1,7-mm vijaki in torzijsko stabilnost primerljivo z Leibingerjevo M-titanovo ploščo (debeline 1,0 mm, dolžine 26 mm, širine 4,5 mm), učvrščene z 2,3-milimetrskimi vijaki (16).

Oskrba zlomov dlančnic s kovinskimi osteosintetskimi materiali omogoča odlično funkcionalno popravo roke. Po zacetitvi zloma postanejo kovinski materiali odveč, včasih celo škodljivi (2, 3) saj lahko povzročajo številne s kovinskimi materiali povezane zaplete (draženje in poškodba mehkih tkiv, motijo drsenje tetiv, lahko povzročijo pretrganje tetive, motijo gibljivost v sklepih, migrirajo ali celo predrejo kožo, povzročajo kronično bolečino in neudobje, osteopenijo ali celo patološke zlome ...) (4, 5, 17). Zaradi številnih možnih zapletov praviloma kovinske osteosintetske materiale odstranjujemo. Potrebna je nova operacija in z njo povezane številne neugodnosti za bolnika.

Zaradi ponovne operacije, s katero odstranimo osteosintetski material, številni bolniki čutijo nelagodje ali celo strah. Za določeno obdobje so ti bolniki nesposobni za delo.

Ponovna operacija pa predstavlja tudi izrazito povečanje stroškov zdravljenja. Čeprav so bioresorbilni materiali približno 50% dražji od kovinskih, je celotni strošek zdravljenja manjši predvsem zaradi zmanjšane števila operativnih posegov, obiskov pri osebnem zdravniku in krajše skupne odsotnosti z dela (18).

Pri naših bolnikih smo uporabili izredno čvrste, nizko profilne SO-P (L/DL) LA 70/30 miniplošče in bioresorbilnimi vijaki tipa SO-P (L/DL) LA 70/30 kopolimer, debeline 2,0 mm. Uporabljeni materiali so narejeni po metodi SO in so zato pri-

merni za osteosintezo dlančnic. Visoka stopnja usmerjenosti molekularskih verig v SO vsadkih ojači material vzdolž dolge osi, zato so bili materiali uporabljani tudi v področjih zelo visokega mehanskega stresa, kot so glava stegenice in pri bolnikih s subkapitalnim zlomom vratu stegenice (19, 20).

Z bioresorbilnimi materiali smo zagotovili primerno čvrstost in dobro zacelitev zlomov brez vnetja ali deformacije. V literaturi bremo o nekaj primerih, pri katerih je na mestu vsadka prišlo do nabiranja tekočine oz. tvorbe sinusa, povezanega z lokalno bolečino, rdečino in oteklino (21). Večina teh poročil je starih, povezanih z uporabo starih bioresorbilnih materialov, narejenih iz čistega PGA, še posebej, nečistih z dodanim barvilom aromatskih kinonov (21). Za preprečitev takšnih zapletov je poleg dobre kirurške tehnike potrebna še uporaba sodobnih materialov čim manjšega volumna v tkivih z dobro prekrvitvijo. Pri uporabi SO-PLLA materialov v maksilofacijalni kirurgiji niso zabeležili niti ene klinično očitne vnetne reakcije (7). Obstaja samo eno poročilo o takšni reakciji med 491 ortopedskimi primeri (8). Opazili nismo nobenih zapletov, povezanih z uporabo bioresorbilnih materialov, prav tako nismo opazili motenj v celjenju kosti.

Bolnika s spiralnima zlomoma sta po našem mnenju odlični primer uporabe bioresorbilnih materialov, saj se za osteosintezo uporabi malo bioresorbilnega materiala (le nekaj vijakov) v področju dobro prekrvljenega tkiva.

Pri bolniku z amputiranim palcem je osteosinteza z bioresorbilno mini ploščico in vijaki smiselna, saj na ta način dosežemo čvrsto osteosintezo in omogočimo bolniku razgibanje takoj, ko stanje anastomoz to dopušča. Uporaba kovinskih osteosintetskih materialov, s katerimi ne moremo narediti čvrste osteosinteze, zahteva dolgo imobilizacijo in kasen začetek razgibanja ter posledično možno slabšo gibljivost. Uporaba bioresorbilnih ploščic in vijakov ima prednost pred kovinskimi v tem, da jih ni potrebno odstranjevati, kar je v primeru replantacije in bližine predvsem venskih anastomoz posebnega pomena.

Uporaba bioresorbilnih materialov je enostavna, praktično enaka kot uporaba kovinskih materialov. Bioresorbilne materiale je mogoče uporabljati z enaki instrumenti kot kovinske, razen izvijača, ki je pri bioresorbilnih materialih nekoliko drugačen. Bioresorbilni vijaki in plošče so tovarniško, sterilno pakirani v zavojčke po eden, tako da se po določitvi dolžine vijaka z običajnim merilom, odločimo za primeren vijak. S takšno uporabo se izognemo restilizaciji materiala. Bioresorbilni vijaki in plošče so na RTG posnetkih nevidni oz. lahko o njihovem položaju sklepamo le posredno iz položaja vijakovih svetlin v kosti. Kljub temu, da vijaki na RTG posnetkih niso vidni, nismo nikoli imeli težav zaradi predolgih vijakov, saj smo izbrali vijake, ki so natančno ustrezali izmerjeni dolžini izvrtane luknjice v kosti. Dejstvo, da so vijaki na RTG posnetkih nevidni, nam pri zdravljenju nikoli ni povzročalo težav. Pri nobenem od naših bolnikov nismo opazili težav z drsenjem tetiv.

Največja slabost bioresorbilnih materialov je po naših izkušnjah v tem, da je utor za izvijač na glavici vijaka nežen, zato je potrebna zelo nežna in previdna uporaba izvijača, še posebej pri zadnjih nekaj obratih.

Vsi bolniki so predlagani način zdravljenja sprejeli brez zadržkov, po koncu zdravljenja so bili z rezultati zdravljenja zelo zadovoljni.

Zaključki

Kovinski osteosintetski materiali imajo odlične biomehanske lastnosti, vendar postanejo po končanem zdravljenju zloma

nepotrebni, pogosto škodljivi. Zato jih praviloma odstranjemo. Bioresorbilni materiali omogočajo operativno zdravljenje zlomov dlančnic brez dolgoročnih zapletov, povezanih s kovinskimi osteosintetskimi materiali in brez potrebe po operaciji za odstranitev osteosintetskega materiala.

Predstavljeno zdravljenje zlomov dlančnic omogoča odlična biokompatibilnost ter velika čvrstost SO biomaterialov, s kovinskimi osteosintetskimi materiali primerljiva čvrstost fiksiranja in primerljivo število zgodnjih pooperativnih zapletov.

Literatura

1. Stern PJ. Fractures of the metacarpals and phalanges. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC. *Greens operative hand surgery*. 4th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone 1999: 711-71.
2. Page SM, Stern PJ, Cincinnati O. Complications and range of motion following plate fixation of metacarpal and phalangeal fractures. *J Hand Surg* 1998; 23A: 827-32.
3. Stern PJ, Wieser MJ, Reilly DG. Complications of plate fixation in the hand skeleton. *Clin Orthop* 1987; 214: 59-65.
4. Fambrough RA, Green DP. Tendon rupture as a complication of screw fixation in fractures in the hand. A case report. *J Bone Joint Surg* 1979; 61A: 781-2.
5. Wong-Chung J, Quinlan W. Rupture of extensor pollicis longus following fixation of a distal radius fracture. *Injury* 1989; 20: 375-6.
6. Rokkanen PU, Böstman O, Hirvensalo E et al. Bioabsorbable fixation in orthopaedic surgery and traumatology. *Biomaterials* 2000; 21: 2607-13.
7. Ashammakhi N, Peltoniemi H, Waris E et al. Developments in craniomaxillofacial surgery: use of self-reinforced bioabsorbable osteofixation devices. *Plast Reconstr Surg* 2001; 108: 167-80.
8. Böstman O, Pihlajamäki H. Adverse tissue reactions to bioabsorbable fixation devices. *Clin Orthop* 2000; 371: 216-27.
9. Törmälä P. Biodegradable self-reinforced composite materials; Manufacturing structure and mechanical properties. *Clin Mater* 1992; 10: 29-34.
10. Vasenius J, Vainionpää S, Vihtonen K, Mäkelä A, Rokkanen P, Mero M, Törmälä P. Comparison of in vitro hydrolysis, subcutaneous and intramedullary implantation to evaluate the strength retention of absorbable osteosynthesis implants. *Biomaterials* 1990; 11: 501-4.
11. Majola A, Vainionpää S, Mikkola HM, Törmälä P, Rokkanen P. Absorbable self-reinforced polylactide (SR-PLA) composite rods for fracture fixation: strength and strength retention in the bone and subcutaneous tissue of rabbits. *J Mater Sci Mater Med* 1992; 3: 43-7.
12. Päiväranta U, Böstman O, Majola A, Toivonen T, Törmälä P, Rokkanen P. Intraosseous cellular response to biodegradable fracture fixation screws made of polyglycolide or polylactide. *Arch Orthop Trauma Surg* 1993; 112: 71-4.
13. Black D, Mann RJ, Constine R, Daniels AU. Comparison of internal fixation techniques in metacarpal fractures. *J Hand Surg* 1985; 10A: 466-72.
14. Firoozbakhsh KK, Moneim MS, Howey T, Castaneda E, Pirela-Cruz MA. Comparative fatigue strength and stability of metacarpal internal fixation techniques. *J Hand Surg* 1993; 18A: 1059-68.
15. Prevel CD, McCarty M, Katona T, Moore K, Jackson JR, Eppley BL, Sood R. Comparative biomechanical stability of titanium bone fixation systems in metacarpal fractures. *Ann Plast Surg* 1995; 35: 6-14.
16. Waris E, Ashammakhi N, Raatikainen T, Törmälä P, Santavirta S, Konttinen Y. Self-reinforced bioabsorbable versus metallic fixation systems for metacarpal and phalangeal fractures: a biomechanical study. *J Hand Surg* 2002; 27 A: 902-9.
17. Paavola P, Karaharju E, Slätis P, Ahonen J, Holmström T. Effect of rigid plate fixation on structure and mineral content of cortical bone. *Clin Orthop* 1978; 136: 287-93.
18. Novak E, Spanio S, Mijatovic D, Orozim Z, Pekarovic J. Bioabsorbable fixation in hand surgery. In: 4th Croatian congress of plastic, reconstructive and aesthetic surgery. Zagreb 25.-28. 9. 2002.
19. Jukkala-Partio K, Partio EK, Helevirta P, Pohjonen T, Törmälä P, Rokkanen P. Treatment of subcapital femoral neck fractures with bioabsorbable or metallic screw fixation. A preliminary report. *Ann Chir Gynaecol* 2000; 89: 45-52.
20. Jukkala-Partio K, Partio EK, Hirvensalo E, Rokkanen P. Absorbable fixation of femoral head fractures. A prospective study of six cases. *Ann Chir Gynaecol* 1998; 87: 44-8.
21. Peltö-Vasenius K, Hirvensalo E, Böstman O, Rokkanen P. Fixation of scaphoid delay union and non-union with absorbable polyglycolide pin or Herbert screw. Consolidation and functional results. *Arch Orthop Trauma Surg* 1995; 114: 347-51.