

PIKKADE TORULUUDE MURDUDE FRAGMENTIDE ÜHENDAMINE KOMBINEERITUD METALLOSTEOSÜNTEESI MEETODIL

V. Andrianov, R. Hõim, G. Tralman, T. Haviko, A. Lenzner, A. Lehtla

ABSTRACT. *Combined metalosteosynthesis technique for reduction of fragments of long tubular bones. The approach to the pathophysiology of bone fracture has significantly changed in the last decades. The knowledge of fracture healing and management have also improved a great deal. The goal of fracture treatment is early ambulation and complete return to function. In animals, it is of utmost importance for the damaged bone to recover as fast as possible, since it is impossible to keep the animal immobilized through the whole healing period. The quicker and more intensive the regeneration of the bone tissue is, the better is the functional recovery of the limb and the fewer are the complications. The most important components in fracture treatment are accurate anatomical – repositioning of the bone fragments, stabile fixation and early mobilization of the limb. Implementation of osteosynthesis in practice requires special knowledge, experience and technical skills, and specific materials and instruments. Different types and locations of fractures require different surgical techniques and specific fixing devices. There are many methods of osteosynthesis and in every individual clinical case the choice of the right method is the most important point. Methods of treatment of bone fractures must meet the following requirements: 1. Bone fragments have to be fixed strongly. 2. Application of the fixative element has to be minimally traumatic and the surgery must be performed with as minimal soft tissue damage as possible. 3. Fixator has to be compact, strong and it must maximally preserve the structure of bone tissue and its vitality. 4. Fixation must not inhibit or block the regeneration of bone-tissue i.e. formation of bone callus, it must not irritate the surrounding tissues. 5. Fixative element has to enable the animal to use the damaged limb right after the operation. During the postoperative period the usage of additional immobilization that might provoke inflammation or decalcification of bone fragments must be minimized. 6. Fixator has to be technically easy to make, incorporate universal details and easily removable and reusable.*

Keywords: *tubular bone fracture, internal fixation, combined fixator, rabbit.*

Sissejuhatus

Põhifaktorid, mis kindlustavad luumurru kiirema paranemise, on fragmentide täpne repositsioon, stabiilne murru fikatsioon ja maksimaalselt varane jäseme mobilisatsioon. Loomade juures on väga oluline, et murdunud luufragmentide fikseeriv konstruktsioon oleks maksimaalselt tugev, kompaktne ja stabiilne, sest looma puhul ei saa arvestada asjaoluga, et ta oleks paranemise kestel liikumatult.

Tänapäevases väikeloomade ortopeedilises kirurgias kasutatakse toruluumurdude raviks lisaks konservatiivsetele ravimeetoditele mitut operatiivset, sealhulgas intramedullaarset ja ekstramedullaarset fiksaatorit. See on tingitud luumurdude mitmekesisusest, kusjuures ükski valitud meetoditest ei saa olla maksimaalselt efektiivne kõikide luumurdude puhul.

Käesolevas uuringus käsitletakse originaalset meetodikat pikkade toruluu murdude fikseerimiseks väikeloomadel. Selle meetodika tõestamiseks on konstrueeritud spetsiaalne fiksaator, mis üheaegselt sisaldab intramedullaarse ja periostaalse osteosünteesi elemente (joonis 1). Fiksaatori tehnilised omadused ja kasutamise meetodika on aprobeeritud koera ja kassi laipadel ja testitud katseloomadel (küülikutel).

Esmakordselt võttis kombineeritud fiksaatori kasutusele A. Seppo 1979. a inimestel. Aga tuleb kohe märkida, et postoperatiivne ravi inimestel ja loomadel baseerub täiesti erinevatel printsiipidel.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida meie poolt väljatöötatud osteosünteesi meetodika efektiivsust toruluude diafüsaarsete murdude puhul ning hinnata traumeeritud jäseme funktsiooni taastumist ja luukoe regeneratsiooni intensiivsust uue fiksaatori kasutamisel katseloomadel.

Võtmesõnad: toruluude murrud, sisefikatsioon, kombineeritud fiksaator, küülik.

Materjal ja meetodika

Fiksaator on valmistatud roostevabast terasest ning koosneb tugiplaadist, kahest kaarjast lamelist (kaarja kujuga vardast) ja kahest kortikaalsest luukruvist (joonis 2). Tugiplaat on 2 mm paksune ja kumera läbilõikeprofiiliga. Plaadi pikkus on ligikaudu 2/5 küüliku reieluu pikkusest ja laius 2/3 luu läbimõõdust. Plaadi otstest 10 mm kaugusel on freesitud kaldavaused 45° nurga all, 3,5 mm diameetriga suunaga keskelt väljapoole. Kaldavause läbimõõt peab olema vastavuses kaarja lamelli läbimõõduga.

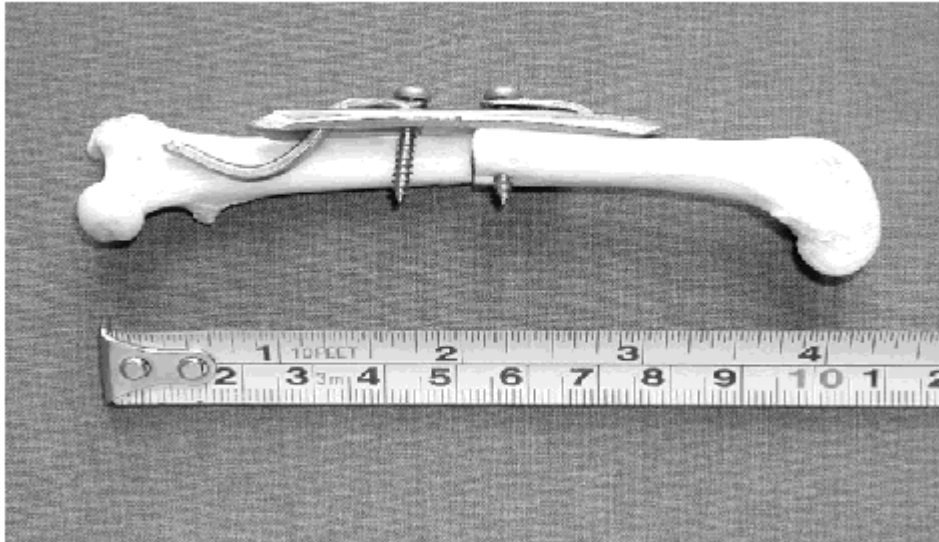
Luuüldiõnde viidav lamelli kaarjas osa, pikkusega 25–27 mm, lausega 3,4 mm ja paksusega 2 mm, on ristilõikes ovaalse kujuga ja minimaalse koonilisusega (0,5–0,8 mm) perifeeria suunas. Selline ehitus kergendab lamelli eemaldamist pärast luumurru paranemist. Lamelli teine ots (varda saba), mõõtudega 15 x 6 x 1,5 mm, paikneb tugiplaadi peal ning on lapiku kujuga ja sama kumerusega nagu tugiplaat. Lamelli saba otsas on 3 mm diameetriga auk, mis on vajalik kruvide jaoks. Tugiplaadis on samuti 3 mm diameetriga avaused, mis paiknevad 8 mm kaugusel plaadi keskpaigast. Need on vajalikud lamelli ja tugiplaadi üheaegseks kinnitamiseks luu külge kruvide abil. Kasutatakse kortikaalset tüüpi kruvisid pikkusega 18 mm ja läbimõõduga 2,8 mm, mis peavad ulatuma läbi luu mõlema korteksi. Ülalnimetatud fiksaatori mõõdud on arvestatud keskmise suurusega küüliku jaoks (massiga 4–5 kg). Kui on tegemist teistsuguse suurusega katseloomaga, tuleb fiksaatori mõõdud proportsionaalselt korrigeerida. Seda tehakse röntgenipildi alusel. Tugiplaadi peale freesitud ja puuritud avauste vahe on standardne ja sobitatud lamelli saba mõõtudega. See võimaldab lamelle omavahel vahetada või asendada neid teiste lamellidega. Töö fiksaatoriga on tunduvalt kergem ja mugavam, kui kirurgi käsutuses on mitu tugiplaati ja erinevas mõõdus kaarjad lamellid.

Operatsiooni teostamiseks kasutati lisaks tavalisele pehmete kudede opereerimiseks mõeldud komplektile järgmisi instrumente: 2 plaadipainutajat, 2 luutangid, luupuurid diameetriga 2,0 ja 3,5 mm, vindilõikaja 2,5 mm kortikaalkruvide jaoks, 2 kortikaalkruvi diameetriga 2,7 mm ja pikkusega 18 mm, kruvikeeraja, kerge haamer ja trell.

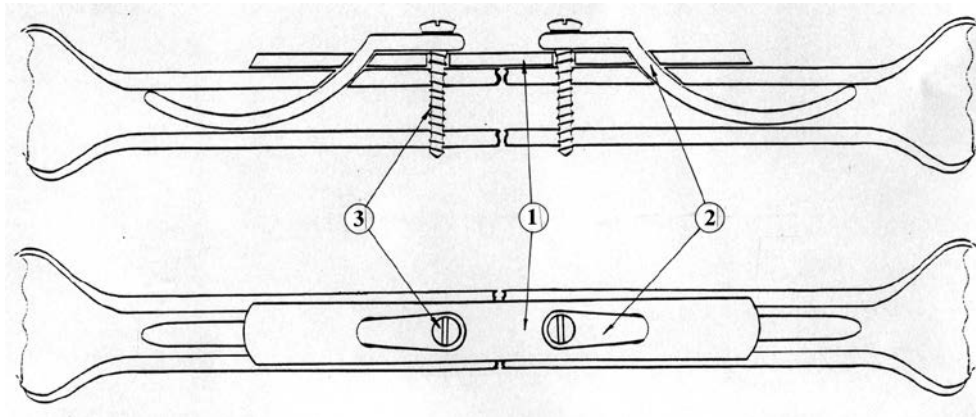
Operatsiooni tehnika. Fiksaatori paigaldamise tehnika on küllaltki lihtne. Enne operatsiooni algust valmistati röntgenipildi alusel vajalike mõõtmetega tugiplaat ja kaarjad lamellid. Jälgiti, et tugiplaadi profiil oleks maksimaalselt kooskõlas valitud katselooma reieluu profiiliga. Kõige parem on seda kindlaks teha luupreparaatide peal. Kaarjate lamellide pikkus ja paine valiti samuti röntgenipildi alusel arvestusega, et lamellide kaared oleks kooskõlas luuüldiõne diameetriga ja ulatuksid maksimaalsele kaugusele murrutsoonist. Lamellikaare paine on õige, kui lamell toetub luukorteksile kolmes kohas: lamelli tipus, kaare keskpunktis ja tugiplaati freesitud avauste piirkonnas.

Anesteesiaks kasutati kombinatsiooni Domitor 400 µg/kg + ketamiin 20 mg/kg ühes süstlas korraga naha alla. Anesteesia kestis üks kuni poolteist tundi (Attila jt, 1998). Kõrvaveeni paigutati püsikanüül, mille kaudu operatsiooni ajal tilgutati 0,9%-list NaCl-lahust kiirusega üks tilk sekundis.

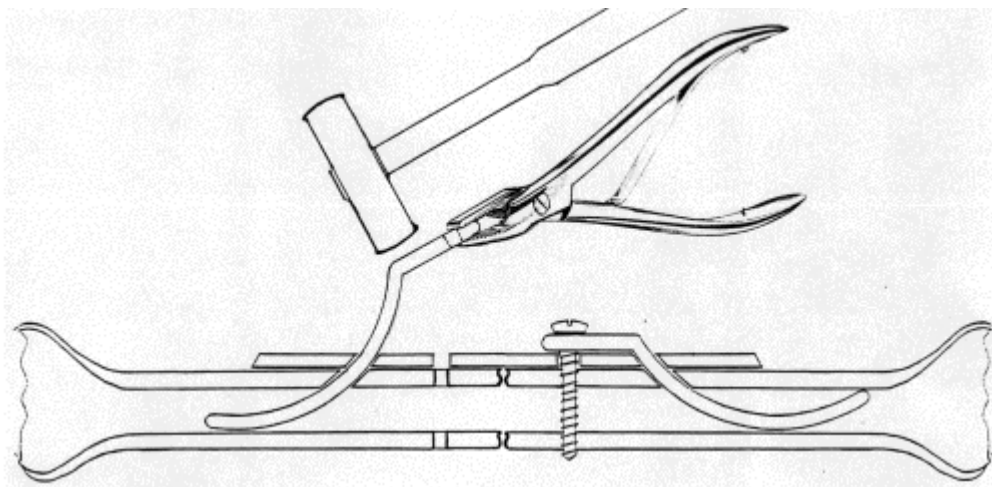
Kasutati lateraalset juurdepääsu reieluule, mispuhul diafüüsi kraniolateraalne külg vabastati pehmetest kudedest. Reieluule asetati fiksaator, säilitades maksimaalselt tervetena ümbritsevaid pehmeid kudesid (Piermattei, Greeley, 1979). Reieluu diafüüs lõhestati õhukese lehtsaega pooleks. Fragmentide otsad reponeeriti ja luule asetati tugiplaat, mida hoiti paigas luutangidega. Vajaduse korral korrigeeriti operatsiooni käigus tugiplaadi painet plaadipainutajatega. Luutangid tuleb asetada luu ja tugiplaadi peale just freesitud avauste ette. Selline luutangide asend ei takista järgnevat manipuleerimist. Seejärel puuriti ühes fragmendis, algul 45° nurga all luu pikitelje suhtes luu korteksisse kanal diameetriga 3,5 mm. Läbi tugiplaadi puurides toimib avaus ise juhina. Selline tehnika on väga lihtne ja kindlustab avauste õige nurga ja asukoha. Seejärel võetakse lamelli sabast nõelahooldajaga kinni ja kergete haamrilöökidega lamelli pihta viiakse see läbi tugiplaadi ja korteksisse puuritud avauste luuüldikanalisse nii sügavale, et lamelli sabaosa ulatub tugiplaadini (joonis 3). Vajaduse korral tuleb lamelli painet korrigeerida plaadipainutajatega niimoodi, et lamelli kaarjas osa liiguks läbi puuritud avauste suhteliselt vabalt (piisab keskmise tugevusega näpuvajutusest) ja luuüldiõnde asetatud lamellis tekiks väike pinget. Lamelli sabaosas ja tugiplaadi peal asuvad augud peavad olema kohakuti. Nendest puuritakse läbi 2 mm diameetriga auk, mis läbib mõlemat korteksit. Seejärel mõõdetakse luu diameeter koos tugiplaadi ja lamelli sabaosaga, et kindlaks teha vajalik kruvi suurus. Vindilõikajaga lõigatakse läbi kompaktkihtide kanal ja kinnitatakse kogu konstruktsioon kruviga tugevasti luu külge kinni (Brinker, *et al.*, 1984). Kruvi kinnikeeramise lõppfaasis hakkab medullaarkanal paiknev kaarjas lamell kangi põhimõttel suruma vastu tugiplaati. Tugiplaadi ja lamelli vahel tekib niinimetatud näpitsate efekt, mille tõttu fiksaator kinnitub luu külge. Selline kinnitus garanteerib konstruktsioonile maksimaalse stabiilsuse, väldib rotatsiooni ja luumurdude teket. Analoogselt viiakse varras sisse ka teise fragmenti. Haava sulgemine on tavaline. Pärast operatsiooni tehti kontrollröntgeni-ülesvõtted mediolateraalises projektsioonis, et hinnata fragmentide repositsiooni ja fiksaatori asendit. Valu-vaigistina kasutati karprofeeni (Rimadyl, Pfizer) 2,2 mg/kg suu kaudu.



Joonis 1. Fiksaatori konstruktsioon
Figure 1. Fiksator's construction



Joonis 2. Fiksaatori kinnituse skeem. 1 – tugiplaat, 2 – kaarjas lamell, 3 – kortikaalsed luukruvid
Figure 2. Fiksator's connection principle. 1 – connecting plate, 2 – curved rods, 3 – bone screws



Joonis 3. Fiksaatori paigaldamise skeem
Figure 3. Fiksator's connection technics

Immobiliseerivaid konstruktsioone ja haavasidet ei rakendatud. Opereeritud loomad toimetati vivaariumi, kus pärast anesteesia toime lõppemist hakkasid nad kohe traumeeritud jäsemele toetuma. Kirjeldatud katseseerias opereeriti selle meetodika järgi 9 küülikut.

Esimesel lõikusejärgsel nädalal hinnati jäseme funktsiooni kliiniliselt iga päev. Niidid eemaldati operatsioonihaavast 10 päeva pärast. Põhjalik kliiniline ja röntgenoloogiline kontroll toimus 2., 4., 6. ja 8. nädalal pärast operatsiooni. Hinnati jäseme funktsiooni taastumise astet, luu telge, fragmentide konsolidatsiooni, kalluse moodustumist ja fiksaatori positsiooni.

Katsetulemused ja arutelu

Kõik 9 kirjeldatud luumurdu olid kunstlikult modelleeritud küüliku parema reieluu diafüüsi keskmises kolmandikus (joonised 4 ja 9). Paranemise tulemused olid järgmised: kõik üheksa küülikut toetusid opereeritud jalale juba järgmisel päeval päris tugevalt. Isu ja üldine aktiivsus olid natuke väiksemad kui enne operatsiooni. Need näitajad taastusid kõikidel katseloomadel juba esimese nädala jooksul. Viiendal päeval pärast operatsiooni lakkas üks küülik äkki opereeritud jalale toetumast ja hakkas seda hoidma ebanormaalses asendis. Kliinilisel ja röntgenoloogilisel kontrollil selgus, et tegemist on distaalse fragmendi killustunud murruga. See küülik arvati eksperimentidist välja.

Kahe nädala pärast ei täheldatud kliinilisel hindamisel ühelgi kaheksast patsiendist mingeid jäseme funktsioonihäireid. Polnud tekkinud ka märgatavat lihaste atroofiat. Isu ja aktiivsus olid normis. Röntgenoloogilisel uuringul oli viiel küülikul näha minimaalne endostaalne ja intramediaarne kallus murrutsoonis. Fragmentidevaheline pilu oli hästi nähtav. Periostaalse kalluse teket ei täheldatud. Kõik fiksaatori elemendid olid oma kohtadel (joonis 5). Kolmel küülikul registreeriti proksimaalses fragmendis kruvi osaline paigastnihkumine, mille tõttu kaarjas lamell oli veidi oma positsiooni muutnud ja fragmentide vahele oli tekkinud 1–2 mm dislokatsioon. Murrutsoonis oli näha ainult endostaalset kallust. Periostaalse kalluse kasvu täheldati proksimaalse kruvi terava otsa ümber ja tugiplaadi proksimaalse serva juures. Fiksaatori ülejäänud elemendid olid oma kohtadel (joonis 10).

Nelja nädala pärast oli kliiniline pilt kõigil 8 loomal muutusteta ja täiesti normis. Viiel loomal oli röntgenuuringu alusel murrutsoonis intensiivselt arenenud endostaalne kallus, mille tõttu fragmentidevaheline pilu praktiliselt kadus. Murrutsoonis oli selgesti näha vähene periostaalne kallus. Fiksaatori ja kruvide positsioon oli muutusteta (joonis 6). Kolmel küülikul nihkus kruvi proksimaalses fragmendis veelgi rohkem, mille tõttu kaarja lamelli saba tõusis tugiplaadist 2–3 mm ja fragmentidevaheline dislokatsioon suurenes kuni 3 mm. Muid mehaanilisi muudatusi fiksaatori asendis ei registreeritud. Röntgenipildil oli selgesti näha periostaalse kalluse intensiivset kasvu tugiplaadi proksimaalse serva juures ja isegi plaadi peal, samuti ümber kruvi terava otsa ja murrutsoonis. Endostaalne kallus ei olnud arenenud (joonis 11).

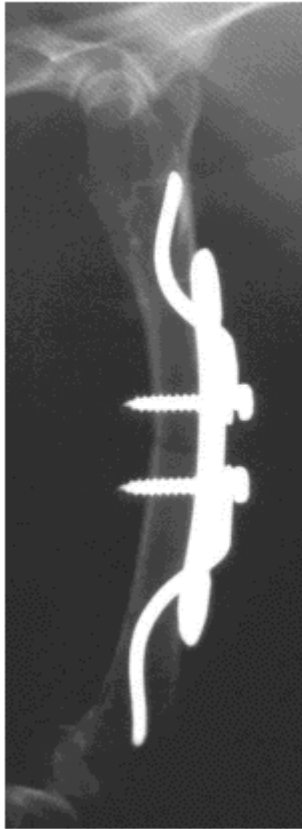
Kuue nädala pärast oli kliiniline seisund muutusteta. Kõigi 8 küüliku käitumine oli tavapärane. Röntgenoloogiline uuring näitas, et viiel küülikul toimus konsolidatsioon normaalselt. Kallus ei olnud massiivne ja haaras luufragmente hästi. Dislokatsiooni ei registreeritud. Fragmentidevaheline pilu oli täiesti kadunud. Kõik fiksaatori elemendid olid oma kohtadel (joonis 7). Kolmel loomal oli fiksaatori elementide nihkumine stabiliseerunud. Luufragmentid olid paigas 3 mm dislokatsiooniga. Periostaalne kallus ümber murrutsooni ja tugiplaadi proksimaalse otsa oli veelgi massiivsem ja ulatus fiksaatori sabaosani (joonis 12).

Kaheksa nädala pärast olid kõik katseloomad kliiniliselt täiesti terved. Röntgenoloogiline uuring näitas, et viiel loomal oli murd hästi paranenud. Kallus murrutsoonis oli vähene, aga suhteliselt tihedam. Kõik fiksaatori elemendid olid oma kohtadel (joonis 8).

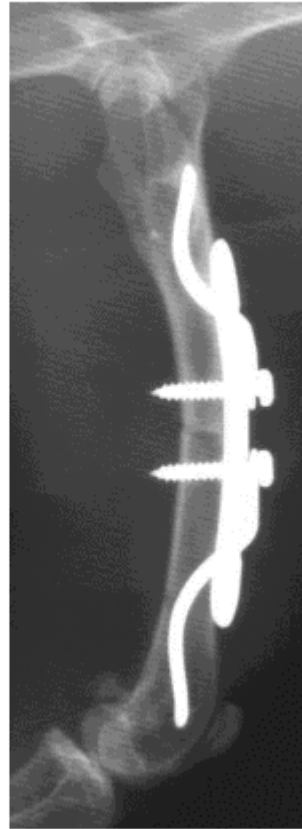
Röntgenipilt kolmel ülejäänud küülikul näitas, et luumurru paranemine oli toimunud aeglasemalt ja ei olnud veel jõudnud lõppfaasi. Kalluse lokalisatsioon oli sama, aga see hakkas muutuma tihedamaks. Fiksaatori elemendid olid paigas. Jäseme telg oli muutusteta ja loomad toetusid vabalt opereeritud jalale (joonis 13).

Lõppkokkuvõttes näitas röntgenoloogiline uurimine, et fiksaator ei avaldanud mingisugust negatiivset mõju luu struktuuridele ning säilitas oma asendi sellisena, nagu ta peale asetati. Kolmel loomal muutis kaarjas lamell osaliselt oma asendit luuüdiõõnes, kuid säilitas oma fikseeruva funktsiooni. Neil juhtudel fiksaatorit ei eemaldatud ega kasutatud ka täiendavat immobilisatsiooni. Vaatamata sellele taastus jäseme funktsioon normaalselt, fragmentide progresseeruvat dislokatsiooni ei tekkinud ja reieluu telg jäi muutumatuks, üksnes moodustunud kallus oli tunduvalt massiivsem.

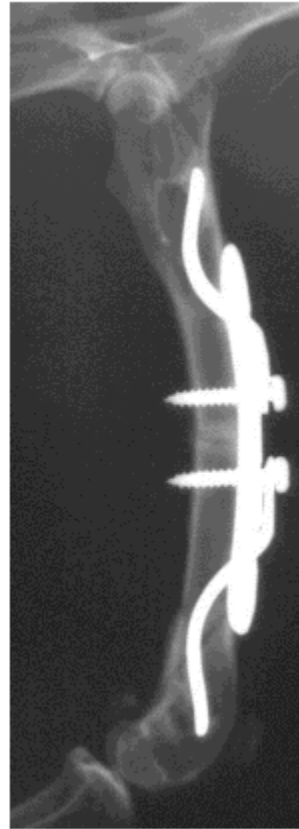
Kõige olulisemaks luumurru paranemist mõjustavaks faktoriks loetakse murdunud luu otste maksimaalselt korrektset, tugevat ja stabiilset fiksaatsiooni. Luumurru fikseerimismetoodikaid on mitmeid (Brinker, *et al.*, 1991). Igal neist on omad positiivsed ja negatiivsed omadused – keeruline operatsioonitehnika, fiksaatori kallidus jne. Eespool kirjeldatud fiksaator on kombineeritud omadustega ja suhteliselt lihtsa konstruktsiooniga. Selle kasutuselevõtt laiendab toruluude diafüsaarse murdude ravivõimalusi.



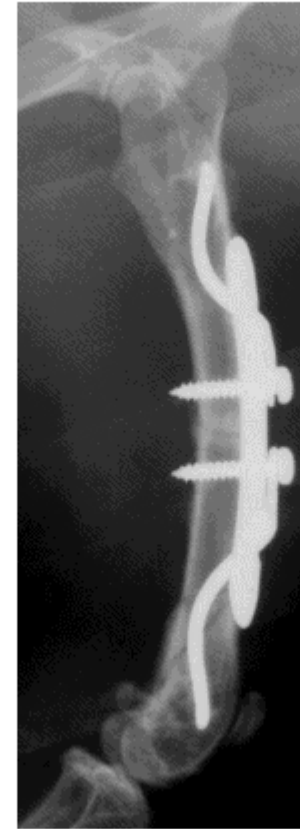
Joonis 4.
Pärast operatsiooni
Figure 4.
After operation



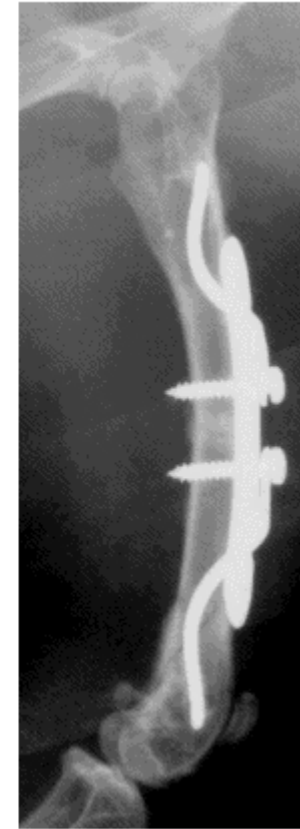
Joonis 5.
2 nädala pärast
Figure 5.
After 2 weeks



Joonis 6.
4 nädala pärast
Figure 6.
After 4 weeks

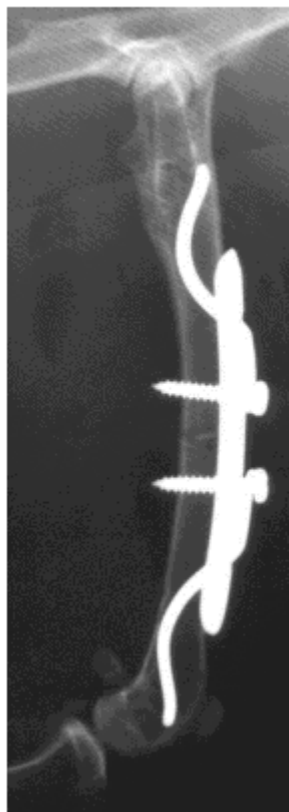


Joonis 7.
6 nädala pärast
Figure 7.
After 6 weeks

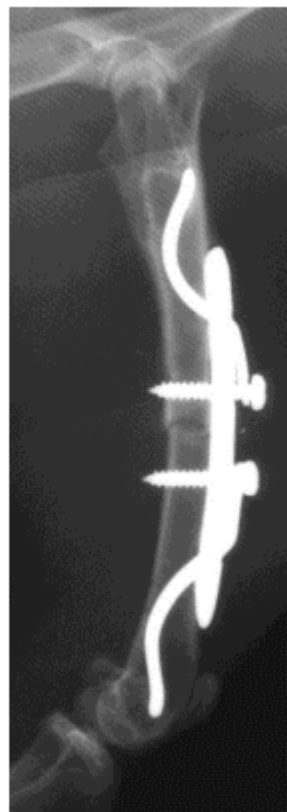


Joonis 8.
8 nädala pärast
Figure 8.
After 8 weeks

Luu paranemise dünaamika / Bone healing dynamics



Joonis 9.
Pärast operatsiooni
Figure 9.
After operation



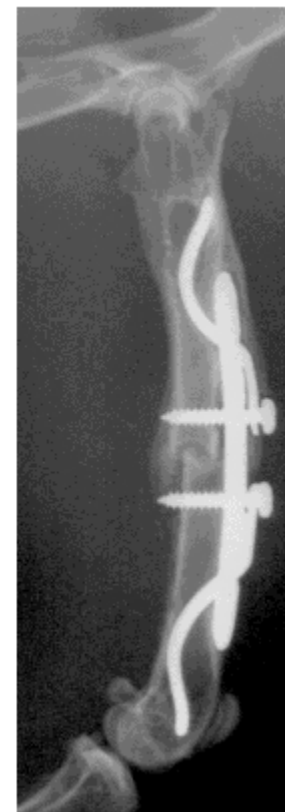
Joonis 10.
2 nädala pärast
Figure 10.
After 2 weeks



Joonis 11.
4 nädala pärast
Figure 11.
After 4 weeks



Joonis 12.
6 nädala pärast
Figure 12.
After 6 weeks



Joonis 13.
8 nädala pärast
Figure 13.
After 8 weeks

Luu paranemise dünaamika / Bone healing dynamics

Kombineeritud fiksaatori eeliseks on suhteliselt odav hind ning selle kasutamine ei nõua kirurgilt eriettevalmistust. Luule paigaldatav tugiplaad on suhteliselt lühike, samal ajal intramedullaarsed vardad pikendavad fiksaatori õlga proksimaalselt ja distaalselt praktiliselt metafüüsideni. Võrrelduna plaatfikatsiooniga ei nõua fiksaatori paigaldamine nii ulatuslikku kirurgilist juurdepääsu, lühendades sellega operatsiooni aega ja vähendades kudede traumasid, mistõttu tagatakse optimaalsed tingimused luumurru paranemiseks. Kumerad lamellid moodustavad luuüdikanalise dünaamilise fiksaatori, toetudes kolmes punktis endostile ning tagades sellega ulatusliku ja stabiilse kontakti luuga (Wolff, 1975). Traditsioonilised intramedullaarsed naelad ei taga piisavat kontakti luuga, seega on nendel väiksem kindlus rotatsioonijõudude suhtes. Seda eriti luude ristimurdude korral, mis nõuavad seetõttu sageli lisafiksaatorite olemasolu (Vasseur *et al.*, 1984). See ei ole aga vajalik kõnealuse fiksaatori kasutamisel. Eespool kirjeldatud fiksaatori spetsiifiliseks omaduseks võib lugeda omapärast luukorteksi külge kinnitamise põhimõtet, kus kruvide kinnitamisel tekib tugiplaadi ja kaarjate lamellide vahel "näpitsate efekt", mis surub korteksi lamellide ja plaadi vahele. Sellist kinnitusviisi, kus mõjuva jõu vektorid on suunatud teineteise vastu, loetakse mehaanikas kõige kindlamaks ja stabiilsemaks. Samal ajal ei ole fragmentide fiksaatori täiesti rigiidne ning varraste amortisatsiooni tõttu tekib murrupiirkonnas mikroliikumine jäsme kasutamise ajal (Uthoff, Dubuc, 1971). Sellega tagatakse intensiivsem kalluse moodustumine ja kiirem luu konsolidatsioon (Goodship, Kenwright, 1985). Väga rigiidsete fiksaatorite kasutamisel on kirjeldatud implantaadist põhjustatud osteoporoosi ja sellega seotud uusi luumurde pärast implantaadi eemaldamist (Field, 1997).

Töötades küülikutega kui katseloomadega, tuleb kindlasti silmas pidada nende loomade anatoomia eripära. Küüliku toruluude ehitus on väga omapärane, kuna kortikaalne kiht on suhteliselt õhuke ja väga õrna struktuuriga (Crigel, Balligand, 2002). Selle tõttu võib isegi väga kerge füüsiline ülepingutus operatsiooni käigus või minimaalne eksitus kruvi diameetri valikul põhjustada luufragmentide lisatraumasid ja eksperimendi ebaõnnestumist.

Kokkuvõte

1. Valides luumurdude ravimetoodikat, tuleb alati arvestada murru iseloomu ja jäsme biomehaanikat, et vältida faktoreid, mis takistavad murru paranemist, põhjustavad enneaegset implantaadi lahtitulekut ja sellega ka luu mitteühinemist ning deformatsioone.
2. Kõnealune fiksaator on mõeldud kasutamiseks pikkade toruluude murdude puhul diafüüsi keskmises kolmandikus. Tema kasutamine on piiratud väga killustunud murdude puhul ning ulatuslike ja luu pikilõhede esinemisel.
3. Kasutamisel katseloomadel on fiksaator osutunud efektiivseks. Isegi ühe kruvi lahtituleku puhul liikus kaarjas lamell suhteliselt vähe luuüdikanalise, kuid kogu konstruktsioon säilitas oma fikseeriva ja stabiliseeriva funktsiooni.
4. Et lõplik fiksaator luu külge toimub ainult kahe kruviga, peavad need olema väga korrektselt paigaldatud.
5. Fiksaatori kindlus ja mehaanilised omadused erinevate jõudude suhtes ei ole veel täielikult testitud ning vajaks lisauuringuid.

Kirjandus

- Attila, M., Raekallio, M., Sandholm, M., Vaino, O. 1998. Veterinaaranestesioloogia. – Helsinki. – 269 pp.
- Brinker, W. O., Hohn, R. B., Prieur, W. D. 1984. Manual of internal fixation in small animals, p. 33–45.
- Brinker, W. O., Piermattei, D. L., Flo, G. L. 1991. Handbook of small animal orthopedics and fracture treatment. – W. B. Saunders Company Philadelphia, p. 7–25.
- Crigel, M., Balligand, M. 2002. Critical size defect model on the femur in rabbits. – Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology, 15, p. 158–163.
- Field, J. R. 1997. Bone plate fixation: its relationship with implant induced osteoporosis. – Vet. Comp. Orthop. Traum., 10, p. 88–94.
- Goodship, A. E., Kenwright, J. 1985. The influence of micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. – J. Bone Joint Surg. (Br) 67-B, p. 650–655.
- Piermattei, D. L., Greeley, R. G. 1979. An atlas of surgical approaches to the bones of the dog and cat. – W.B.Saunders Company, Philadelphia, p. 162–164.
- Seppo, A., Ernits, T., Mill, H., Möttus, J., Seppo, T., Truupõld, U., Yuzbashev, G. 1979. The reponator-fixator of dr. A. Seppo for osteosynthesis of fractures of long tubular bones. – Лечение переломов костей и ожогов. Материалы симпозиума. – Tallinn: Valgus, p. 185.
- Uthoff, H. K., Dubuc, F. L. 1971. Bone structure changes in the dog under rigid internal fixation. – Clin. Orthop., 81, p. 165–170.
- Vasseur, P. B., Paul, H. A., Crumley, L. 1984. Evaluation of fixation devices for prevention of rotation in transverse fractures of the canine femoral shaft: An *in vitro* study. – Am. J. Vet. Res., 45, p. 1504–1507.
- Wolff, E. F. 1975. Rush pin in veterinary orthopaedics – a review. – J. Am. Hosp. Assoc., 11, p. 756–761.

Combined metalosteosynthesis technique for reduction of fragments of long tubular bones

V. Andrianov, R. Hõim, G. Tralman, T. Haviko, A. Lenzner, A. Lehtla

Summary

The objective of this study was to evaluate efficacy of the combined bone fixator for fracture healing after transverse femoral osteotomy in experimental animals. This unique fixator includes principles of extramedullary and intramedullary osteosynthesis for transverse and short oblique fracture repair of long tubular bones (Figure 1).

The fixator consists of a pair of curved rods, connecting plate and two bone screws. The connecting plate has two pairs of holes in both ends. The rods have long curved part and horizontal part with a hole in it (Figure 2). All components are made of stainless steel.

The surgical technique was performed in nine rabbits. The necessary length of the plate and the rods was determined by measuring the bone fragments on radiographs before the surgical procedure. Transverse mid-shaft femoral osteotomy was made followed by application of the connecting plate on cranio-lateral surface of femur. Two holes were drilled through one cortex using the most distal and proximal holes on plate as guides. These holes are used for driving curved rods into medullary cavity of the bone one at the distal and the other at the proximal end of the plate until the tips have reached the metaphyses. For screw placement and fixing the system to bone two additional holes were drilled through rod holes and plate holes penetrating both cortices of bone (Figure 3).

Next day after surgery all animals started to use their legs. After 5 days one patient showed severe discomfort in using its leg. Radiographically comminuted fracture of the distal fragment was diagnosed and the animal was excluded from the trial. Clinical and radiographical examination was performed 2, 4, 6, and 8 weeks after the operation. In all patients no functional abnormalities were noted during this period. Radiologically in three animals screw stripping in proximal fragment was detected and minimal implant dislocation was noted at 2 weeks of evaluation. After 8 weeks in 5 patients consolidation of the osteotomy site was completed by secondary bone healing with callus formation (Figure 5, 6, 7, 8). Three rabbits with screw loosening subsequently developed a delayed bone union as bridging periosteal callus could only be detected radiologically at 8 weeks after the operation (Figure 10, 11, 12, 13). Rabbits have thin and brittle cortices that break easily. This causes problems in screw tightening. Application of our fixator is easy and does not require special training for the surgeon. As the connecting plate is relatively short, it enables minimize the surgical approach, preserve more soft tissues, and limits the surgery time while compared with osteosynthesis with traditional bone plates.

Curved rods extend the fixation points proximally and distally from osteotomy site giving dynamic fixation. Between the plate and the rod ends the "forceps effect" develops adding more stability. Because of elasticity of curved rods, this type of fixation allows micromovement at the osteotomy site stimulating callus formation and avoiding implant-induced osteoporosis.

Resistance to different fracture forces are yet to be evaluated.