

UUDSE KOMBINEERITUD FIKSAATORI KASUTAMINE PIKKADE TORULUUDE MURDUDE RAVIS

Vladimir. Andrianov¹, Andres Arend², Marina Aunapuu^{1,2}

¹Eesti Maaülikool, veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, Kreutzwaldi 62, Tartu 51014

*e-mail: marina.aunapuu@ut.ee

²Tartu Ülikool, anatoomia instituut, Ravila 19, Tartu 50411

ABSTRACT. *In orthopaedic surgery for the treatment of fractures of long bones of small animals mostly operative methods are used. Precise reposition of fragments, stable fixation of the fracture and mobilisation of the affected limb as early as possible are important factors for the fast consolidation of the bone fracture. At the same time the operation for installation of fixator has to cause minimal traumatization of surrounding soft tissues and maintain as much as possible bone trophic and blood supply. Also, the fixator has to be compact but give maximal strength. Because of these high demands for fixators in veterinary practice there is continuous search for new more efficient devices.*

In our experimental study for the treatment of long bone fractures effect of a new fixator combining extramedullary and intramedullary elements of osteosynthesis was evaluated. This rod-through-plate fixator has relatively simple construction and its installation causes minimal traumatization of soft tissue during the operation. The experiments were performed on 4 male Estonian Blackhead sheep. Experimental bone fractures were performed as transverse osteotomies in the central third of the diaphysis of the femur. Radiographic images showed that the fractures had well repaired and all elements of the fixator staid in the initial position throughout the duration of the whole experiment (10 weeks). Histological study revealed that all parts of the callus had a typical structure during the experimant.

In conclusion, the application of a new combined fixator expands the treatment possibilities for diaphyseal fractures of long bones of small animals as it has a simple construction, is inexpensive and its use does not require special training for the surgeon.

Keywords: *experimental study, rod-through-plate fixator, long bone, sheep, histology.*

Sissejuhatus

Luukoe olulisim ülesanne on tugifunktsioon, seega on tegemist ühe tugevama koega organismis. Luukude on sidekoeliik, mille rakkudevahelised komponendid on mineraliseerunud. Luumurru ravile lähenemine on teistest kirurgilistest manipulatsioonidest mõnevõrra erinev, sest luukude erineb teistest kudetest nii füüsiliselt kui morfoloogiliselt ehituselt.

Loomadel esineb väga erinevaid luumurru tüüpe ja on täiesti loomulik, et ortopeedil on vajalik leida kõige optimaalsemad fikseerimismeetodid. Nõudeid murdunud luude fikseerimisele on mitmeid: luumurru fikseerimine peab olema minimaalselt ümbritsevaid kudesid traumeeriv; säilitama maksimaalselt luude troofikat ja

verevarustust, kuid samas vigastatud piirkonda kindlalt fikseeriv (Brinker *et al.*, 1991; Tralman *et al.*, 2008). Siit tulenevalt on loomulik vajadus uute fiksaatorite järele (Andrianov, 1999), mis võimaldavad kiirendada jäseme funktsiooni taastumist ja vähendada tüsistuste teket. Väikeloomade puhul on eriti oluline piisavalt tugev ja mugav fiksaatsioon, mis võimaldaks loomal võimalikult kiiresti jäsemele toetuda, kuna loomade puhul on välistatud jäseme täielik immobilisatsioon.

Luu vigastuste tekkel omab luukude märkimisväärset paranemisvõimet ning erinevalt pehmetest kudetest, kus paranemine toimub armkoe moodustumisega, paraneb luu uue luukoe tekkimisega. Luumurru paranemine algab kalluse, mis ümbritseb murru piirkonda, moodustumisega ja paranemise kiirus sõltub sellest, kui hästi moodustuvad murru piirkonnas uued kapillaarid ning taastub medullaarne tsirkulatsioon (Sevitt, 1971).

Materjal ja meetodika

Uudne kombineeritud fiksaator. Uudne kombineeritud fiksaator on leiutatud Tartus [autorid prof V. Andrianov (EMÜ), dots A. Lenzner (TÜ), prof T. Haviko (TÜ)] ning leiutis on patenteeritud 2007. aastal (European Patent N-1682008). Valminud fiksaatoril on ka eelkäija (Andrianov *et al.*, 2003), mille konstruktsiooni täiendamisel ongi valminud uudne kombineeritud fiksaator, kus on edukalt ühendatud ekstra- ja intramedullaarse osteosünteesi elemendid. Fiksaator on konstrueeritud mehhaanika ja materjalide vastupidavuse põhiprintsiipide alusel, arvestades jõudusid ja pingeid, mis tekivad luu ja metalli vahelistel tugialadel. Vastava tugevusvaruga kinnituselemendid (nn ankursüsteemid) paigaldatakse kindlale kaugusele murru piirkonnast, kus nad moodustavad luuüdiõõnes kolmnurkse kujuga jäiga tugiprofiili. Selline tehniline lahendus pikendab fiksaatori õlga, mis omakorda vähendab füüsilist koormust murru piirkonnas ja seeläbi väldib luuotste nihkumise ja rotatsiooni riski (Andrianov *et al.*, 2003). Uudne kombineeritud fiksaator on valmistatud roostevabast meditsiinilisest terasest ja koosneb tugiplaadist, kahest kaarja kujuga vardast, kahest kortikaalsest luukruvist ja kahest blokkvindist (Andrianov *et al.*, 2007). Tugiplaat on 2 mm paksune ja kumera läbilõikeprofiiliga, selle pikkus peab olema orienteeruvalt 2/5 või 3/5 traumeeritud luu pikkusest ja laius 2/3 luu läbimõõdust. Plaadil on kaks avaust luukruvide ja kaks kanalit kaarja kujuga varraste jaoks. 5.5 mm diameetriga kanalid asuvad 30 mm kaugusel plaadi otstest ning neisse on freesitud 45-kraadise nurga all avauseid, milliste läbimõõt peab olema vastavuses varraste läbimõõduga. Vardad pikkusega 40–50 mm, laiusega 5 mm ja paksusega 4 mm on

ristlõikes ovaalse kujuga ja minimaalse koonilisusega 1.5–2 mm perifeeria suunas. Selline varraste ehitus kergendab nende eemaldamist pärast luumurru paranemist. Kanali laius plaadis ja varraste diameeter on standardsed, mis võimaldab ortopeedil teha valik eri suuruses plaatide ja varraste vahel. Varraste tugiplaadi peal paiknev ots on lapiku kujuga ja sama kumerusega nagu tugiplaat, varda sabaotsas on kaks avaust. Üks nendest on 4.5 mm diameetriga kortikaalkruvi jaoks ning teine 3 mm diameetriga blokkvindi jaoks. Mõlemadavad peavad olema vastavuses tugiplaadi peal puuritud avaustega. Avaused on samasuguste läbimõõdudega ja paiknevad 20 mm kaugusel plaadi keskpaigast. Nende eesmärk on kruvide abil kinnitada vardad ja tugiplaat korraga luu külge ja topelblokeerida varras tugiplaadi külge. Kasutatakse kortikaalset tüüpi kruve läbimõõduga 4.5 mm, mis peavad ulatuma läbi mõlematest luu korteksitest. Blokkvint (diameeter 3 mm, pikkus 5 mm) ei tohi ulatuda luukorteksini. Ülalnimetatud fiksaatori mõõdud on väljaarvutatud keskmise suurusega (massiga kuni 30 ± 5 kg) lamba jaoks. Vajadusel saab fiksaatori mõõde korrigeerida vastavalt looma suurusele, võttes aluseks looma röntgenogrammi.

Katseloomad. Katseloomadeks oli neli Eesti tumedapealist lammast. Lambad olid ostetud Karula vallas (Valga maakond, Eesti) asuvast lambafarmist ning loomade orienteeruv vanus oli neli kuud. Loomade keskmine kaal oli 35 ± 5 kg. Eksperimendi läbiviimisel arvestati Euroopa Liidu direktiiviga 24. novembrist 1986 (86/609/EEC) ja eksperimendiks on andnud loa Põllumajandusministeeriumi loomkatse läbiviimise loakomisjon (19.04.2006).

Anesteesia. Anesteesiaks süstiti i/v medetomidini- vesinikkloriidi 1 mg/ml (Dorbene®, Laboratorios Syva, Hispaania) 0.5 ml, millele järgnes looma intubeerimine. Komesaroff inhalatsiooni aparaadis (Medical Developments, Melbourne, Austraalia) kasutati anesteesiagaasina 2% isofuraani (*isofuranum*) (Forane®, Abbott Laboratories Ltd, Inglismaa). Operatsioonivälja puhastamiseks kasutati *Chemisept-G* (Chemi-Pharm, Tallinn, Eesti) ning operatsiooniväli kaeti steriilselt.

Operatsioon. Operatsioon algas naha sisselõikega, seejärel toimus *m. ext. digiti IV pedis proprius'e*, *m. digitalis pedis longus'e*, *m. gastrocnemius'e* ja *m. flexor hallucis longus'e* vahelt juurdepääsutee loomine luuni. Järgnes fiksaatori esialgne sobitamine ning eksperimentaalse murrupiirkonna valimine. Fiksaator kinnitati ajutiselt toruluule ning seejärel lõigati luu läbi *gigly* saega. Pärast murru tekitamist toimus juba fiksaatori lõplik kinnitamine, mille käigus modifitseeriti lamellide nurka ning valiti sobivad kruvid.

Lihaste õmblemiseks kasutati VICRYL® 1 ja nahaõmblusteks VICRYL® 1, CP-1 ja *Safi I® green I* (Safil®1, Braun, Saksamaa). Ömmeldud haavale lasti *Alamycin* aerosooli ning antibakteriaalseks raviks süstiti prokaiinpenitsilliini 300 mg/ml (Norcilliin®, Norbrook Laboratories Ltd., Põhja Iirimaa) 5 ml i/m. Valuvaigistav ravi tehti vastavalt vajadusele, kasutades s.c. *Carprofen* 50 mg/ml (Rimadyl®, Vericore Ltd., Dundee, Šotimaa) 2 mg/kg lähtudes katselooma kaalust. Pärast operatsiooni tehti röntgenülesvõtted *Medlink*

URS Veterinary Portable X-ray SP-VET-4.0 (SEDECAL, Hispaania) röntgenaparaadiga.

Röntgenoloogia. Röntgenoloogilised ülesvõtted loomade jäsemetest tehti kahes projektsioonis (otse- ja küljprojektsioon, 1 m kauguselt) röntgenaparaadiga *Medlink URS Veterinary Portable X-ray SP-VET-4.0* (SEDECAL, Hispaania) enne ja pärast operatsiooni kahenädalase intervalliga. Kassetina kasutati *AGFA CR MD 4.0 General Plate* digitaalset röntgenplaati, millelt kujutised laeti *AGFA ADC Solo Digitizer* digitaatori abil arvutisse ning salvestati.

Histoloogia. Morfoloogilisteks uuringuteks võetud uurimismaterjal dekaltsineeriti seadmes „SAKURA TDE™ 30 Decalcifier System”. Seejärel fikseeriti koeproovid 4-protsendilises formaliniilahuses ja sisestati parafiini standardse meetodika järgi. Parafiinblokkidest lõigati 7 µm paksused lõigud ja preparaate värviti hematoksüliin-eosiiniga ning van Giesoni järgi. Preparaate uuriti ja pildistati Olympus BX-50 mikroskoobiga.

Eutanaasia. Eutanaasia esimene faas saavutati i/v 20 mg/ml ksülaasiinvesinikkloriidi (Xsylan®, Vetoquinol AG, Bern, Schweiz) manustamisega, arvestusega 0.08–0.75 ml/100 kg. Teises faasis manustati i/v T61® (200 mg embutramiidi + 50 mg mebesooniumjodiidi + 5 mg tetrakaiinvesinikkloriidi; Intervet S.A., EU) doosis 5 ml/50 kg.

Tulemused

Kliinilise seisundi hindamine ja röntgenoloogiline uuring

Pikkade toruluude luumurrud olid eksperimentaalselt modelleeritud lammaste parema sääreluu diafüüsi keskmises kolmandikus. Lambad toetusid fikseeritud jäsemele alates esimesest postoperatiivsest päevast, mis näitab, et fiksaator oli murru kindlalt ära fikseerinud ning jäseme liikuvus oli hea. Loomade üldseisund, söögiisu ja üldine aktiivsus olid head. Postoperatiivselt tehtud röntgenogrammidel on kõikidel loomadel selgelt nähtav toruluu murrujoon (joonis 1).

Kaks nädalat pärast operatsiooni ei täheldatud kliinilisel hindamisel ühelgi loomal jäseme funktsioonihäireid. Röntgenoloogilisel uuringul oli fragmentidevaheline pilu hästi jälgitav (joonis 1). Samuti oli kõikidel röntgenogrammidel eristatav vähene moodustuva periostaalse kalluse hulk. Kõik fiksaatori elemendid olid oma kohtadel.

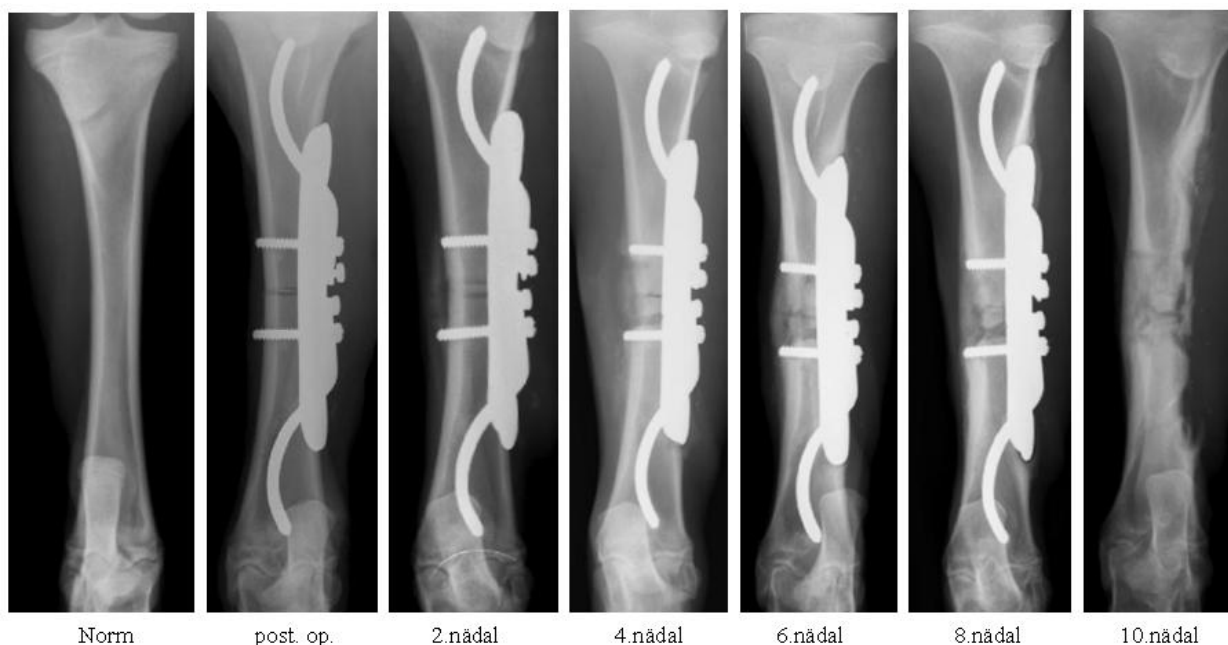
Neli nädalat pärast operatsiooni olid loomade üldseisund ja söögiisu head. Röntgenoloogilisel uuringul oli jälgitav fragmentidevaheline pilu, kuid selle mõõtmed olid seoses moodustuva endostaalse kallusega vähenenud (joonis 1). Samuti oli kõikide loomade röntgenogrammidel nähtav murrutsoonis moodustuv periostaalne kallus. Periostaalne kallus ulatus proksimaalselt ülemise kinnituskruvini ja distaalselt kuni tugiplaadi alumise servani.

Kuus nädalat pärast operatsiooni tehtud röntgenogrammidel (joonis 1) oli toruluu murrujoon ainult aimatav, samas oli nähtav rohkearvuline periostaalne kallus. Periostaalne kallus ümber murrutsooni ja tugiplaadi proksimaalse osa oli oluliselt suurem kui eksperimendi

neljandal nädalal ja ulatus nii distaalselt kui ka proksimaalselt tugiplaadi otsteni. Röntgenogrammidel oli näha, et kõik fiksaatori elemendid olid oma kohtadel.

Katse kaheksandal nädalal ei olnud murrujoon röntgenogrammidel enam jälgitav (joonis 1). Periostaalse kalluse hulk oli võrreldes varasemate uuringutega vähenenud ja murrupiirkonnas toimus intensiivne luukoe moodustumine.

Eksperimendi kümnendal nädalal oli toruluu murrupiirkond täielikult paranenud (joonis 1). Lammaste hea paranemine näitab seda, et antud fiksaator on toruluu murru hästi stabiliseerinud ja ei tekita ümbritsevatele kudedele suurt traumat. Uudse fiksaatori röntgenoloogilised uuringud näitasid, et kõik fiksaatori elemendid olid katse jooksul oma kohtadel, millest järeldub, et fiksaator on väga stabiilne ja sobib koduloomade pikkade toruluude murdude raviks.



Joonis 1. Röntgenoloogia
Figure 1. Radiographic images

Histoloogiline uuring

Morfoloogilisel uuringul tuvastati, et toruluu fragmentides olid osteotsüüdid tavapärase ehitusega. Luukanalid olid normist laiemad, selline kanalite avardamine fragmentide otste lähedal on loomulikuks reaktsiooniks traumale. Periostaalne kallus oli loomadel reeglina väga mahukas ja sisaldas palju noort, rakurikast sidekude. Sidekoelises periostaalses kalluses esines väiksemaid luupõrkasid, nende ümber paiknes korrapärase osteoblastide ahel. Luulise kalluse osas paiknes põrkade vahel kohev sidekude, osteoklaste ei olnud. Luukoe põrkadesse olid moodustunud sidekude ja veresoone sisaldavad kanalid ning põrkades paiknesid erinevates arenguastmetes osteotsüüdid. Vahemises ja endostaalses kalluses oli hulgaliselt sidekude, luupõrgad olid selgelt väljendunud, kuid üksikud osteoblastid paiknesid nende ümber ebakorrapäraselt.

Arutelu

Käesolevas eksperimentaalses töös uurisime luukoe regeneratsiooni intensiivsust pikkade toruluude murdude korral, kasutades fikseerimiseks uutset kombineeritud fiksaatorit. Luumurdude paranemist mõjutab murdunud otste stabiilne fikatsioon, mida rõhutavad ka

teised uurijad (Taljanovic *et al.*, 2003; Field, 1997). Uudse kombineeritud fiksaatori paigaldamisel ei ole vaja tekitada ulatuslikku kirurgilist juurdepääsu luule, mistõttu on operatsioonile kuluv aeg lühike ja kudede trauma tagasihoidlik. Kombineeritud fiksaatori rakendamisel on põhieesmärgiks maksimaalselt vähendada pehmete kudede traumeerimist operatsioonil ja kindlustada loomale maksimaalselt vastupidav luufragmentide fikseerimine. Luumurdude stabiilne fikatsioon on aga oluline, tagamaks efektiivset luukoe reparatiivset regeneratsiooni (Taljanovic *et al.*, 2003). Kombineeritud fiksaatori korral on luule paigaldatav tugiplaad lühike, samal ajal intramedullaarsed vardad pikendasid fiksaatori õlga proksimaalselt ja distaalselt praktiliselt metafüüsideni. Tänu väiksemale traumale kombineeritud fiksaatori paigaldamisel ja stabiilsele fikatsioonile suudavad loomad juba esimesel operatsioonijärgsel päeval kanda vigastatud jäsemel keharaskust, mis omakorda mõjub paranemisprotsessile soodsalt, sest mida kiiremini toimub vigastatud jäseme mobiliseerimine, seda kiirem on luumurru regeneratsioon. Kombineeritud fiksaatori stabiilsust kinnitavad ka röntgenoloogilised uuringud, millistel on võimalik jälgida fiksaatori elementide paigutust katse jooksul.

Röntgenoloogilisel uuringul oli nähtav intensiivne kalluse moodustumine alates neljandast nädalast. Sellise

kalluse mahu suurenemise põhjustab ilmselt kombineeritud fiksaatori konstruktsiooniprintsiip, täpsemalt fiksaatori kinnitumise meetod luukorteksile. Nimelt tekib kruvide kinnitamisel tugiplaadi ja kaarjate lamellide vahel nn näpitsate efekt, mis surub luukorteksi lamellide ja plaadi vahele. See tagab fiksaatsiooni suure mehaanilise kindluse ja stabiilsuse. Seejuures annab kombineeritud fiksaator dünaamilise fiksaatsiooni tänu kumeratele lamellidele luuüdikanalisis, kus lamellid toetuvad kolmes punktis endostile, tagades ulatusliku ja stabiilse kontakti luuga. Samas ei tekita need liiga jäika fiksaatsiooni, mis võiks põhjustada osteoporoosi ja pärast implantaadi eemaldamist ka uusi luumurde (Field, 1997). Samas ei ole fragmentide fiksaatsioon kombineeritud fiksaatori korral täiesti regiidne, vaid tänu varraste amortisatsioonile tekib murrupiirkonnas jäsemete kasutamisel mikroliikumine, mis stimuleerib kalluse moodustumist (Goodship, Kenwright 1985). Kui luuparandamise alperioodil mikroliikumine soodustab kalluse teket, siis hilisperioodis kaltsifitseerivas kalluses peab liikumine olema minimaalne, kuid vajalik jäikus saavutatakse loomuliku kalluse luustumise pärast (Andrianov *et al.*, 2007).

Järeldused

1. Uudse kombineeritud fiksaatori kasutamine võimaldab tänu luu osteosünteesile suurendada fiksaatori õlga, mille tulemusel väheneb koormus luumurrupiirkonnas.
2. Uus meetodika kindlustab loomale maksimaalselt vastupidava luufragmentide fikseerimise.

Tänuavaldused

Käesolev eksperimentaalne töö on tehtud ETF grant 7301 ja sihtfinantseeritava teema SF0180012s11 toetusel. Täname üliõpilasi R.T. Kiburit, P. Männikut, D. Uksovit ja K. Nõupuud abi eest eksperimendi läbiviimisel.

Kirjandus

- Andrianov V. 1999. Uus fiksaator luumurdude raviks. – *Farmax*. 130–133.
- Andrianov, V., Hõim, R., Tralman, G., Haviko, T., Lenzner, A., Lehtla, A. 2003. Pikkade toruluude murdude fragmentide ühendamine kombineeritud metallosteosünteesi meetodil. – *Agraarteadus*, XIV (3), 144–151.
- Andrianov V., Lenzner A., Roosaar P., Arend A., Aunapuu M. 2007. Rod-Through-Plate fixator for long bone fractures: a morphological study on rabbits. – *Scand J Lab Anim Sci*, 34, 159–166.

- Brinker W.O., Piermattei D.L., FloG.L. 1991. Handbook of small animal orthopedics and fracture treatment. WB Saunders Company Philadelphia, 7–25.
- Field J.R. 1997. Bone plate fixation: its relationship with implant induced osteoporosis. – *Vet Comp Orthop Traum*, 10, 88–94.
- Goodship A.E., Kenwright J. 1985. The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. – *J Bone Joint Surg Br*, 67, 650–5.
- Sevitt S. 1971. The healing of fractures of the lower end of the radius. A histological and angiographic study. – *J Bone Joint Surg*, 53, 3, 519–531.
- Taljanovic M. S., Jones M. D., Ruth J. T., Benjamin J. B., Sheppard J. E., Hunter T. B. 2003. Fracture Fixation. – *RadioGraphics*; 23:1569–1590.
- Tralman G., Nõupuu K., Uksov D., Kibur R.T., Männik P., Talve N., Andrianov A., Roosaar P., Arend A., Aunapuu M. 2008. Using internal fixation for the treatment of long tubular bones in small animals: evaluation of the plate fixator for tibial fractures in sheep. – *Papers on Anthropology*, XVII, 311–319.

Novel combined fixator use in long-bone fracture treatment

V. Andrianov, A. Arend, M. Aunapuu

Summary

In orthopaedic surgery of small animals mostly operational methods are used to fix long-bone fractures. For proper and rapid healing it is crucial to reposition the bone fragments accurately, to fixate the fracture to make it stable, and to mobilize the limb as soon as possible. However, the fixator should produce minimal damage to surrounding soft tissue and it must maintain the blood flow and bone trophic as much as possible. The fixator must be compact and also its construction must be very strong. There is a continuous search to develop newer and more effective fixators. In our research we investigated novel fixator combination to treat long-bone fractures. Our novel fixator combines the intra- and extra-medullary fixation elements.

Its design is simple and its placing does not cause significant injury to the surrounding soft tissue. We used four Estonian Blackhead sheep as experimental animals. Experimental fractures were simulated in the sheep right middle third of tibial shaft. During the experiment we found that the fractures were well improved (X-ray examination) and all the elements of fixators were in their right places during the test period (10 weeks). Histological studies showed that the callus of all parts had a typical structure the entire experimental period. Summary, we can say that using a novel combined fixator extends treatment options of a long-bone fractures treatment in small animal medicine, because the fixator is simple and relatively inexpensive. It is also not difficult to place the fixator and does not require special orthopedic training.