

LASERTERAAPIA KASUTAMISEST EKSPERIMENTAALSETE LUUMURDUDE PARANEMISE KIIRENDAMISEKS KÜÜLIKUTEL

K. Reidla, A. Lehtla, V. Andrianov

ABSTRACT. *The application of laser therapy to accelerate the healing of experimental bone fractures in rabbits. Bone fractures are among the most severe and complicated pathologies, their treatment is long and challenging complications often occur. The stimulation of the bone tissue regeneration is a crucial factor determining the speed of recovery. In the current experimental study, the acceleration of the bone tissue regeneration was stimulated with laser beams by applying laser therapy with laser apparatus Agnis-L01 in rabbits with experimental bone fractures. Laser Agnis-L01 is semi-conductive impulse-laser with emission frequency close to the infrared light. In total 97 rabbits in 10 series were included into the experimental study, experimental pairs were formed – one rabbit received active treatment (experimental animal) and the one served as the control animal (in 1 series an animal served as control for 2 experimental animals). A bone defect was experimentally induced to radius of both experimental and control animals. The healing and recovery was assessed clinically and radiologically. The effect of varying parameters of laser therapy was assessed. Different parameters appeared to produce varying results. The impact of laser Agnis-L01 on the healing and recovery of bone fracture had the best effect when following parameters were applied: impulse power 1,5 W, impulse frequency 200 Hz, modulation frequency 50 Hz, duration of exposure to the laser beams during a session 240 seconds, number of influenced points 5, treatment frequency of 1 session a day, 10 treatment sessions in total. The treatment was initiated on the fourth day after the induction of the fracture. The treatment was effective, and healing and recovery complete in 71,4% of the treated animals, it did not show any effect in 14,3% of the animals and in 14,3% seemed to affect the recovery process negatively.*

Keywords: laser-therapy, bone fracture, rabbit.

Sissejuhatus

Laser – lühend ingliskeelsetest sõnadest *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (valguse võimendus kiirguse stimuleeritud eritumise kaudu) – on optiline kvantgeneraator, seade, mis muudab valguse väga peeneks ja võimsaks kiirtekiiriks, mille lainel on kõik sama lainepikkusega ja samas võnkeperioodis.

Laserit kasutatakse väga erinevates valdkondades. Nii humaan- kui ka veterinaarmeditsiinis leiab laserkiirgus rakendamist kas laserkirurgia või laserteraapia näol. Mitmed autorid (Baxter, 1994, jt) väidavad, et laserteraapia kui valgusravi meetod on paljudel haigusjuhtudel üks tagajärjekamaid füsioteraapia meetodeid.

Levinud on seisukoht, et laserkiired avaldavad positiivset toimet mitmete kirurgiliste, sise-, naha-, silma- jne haiguste ravis (Fenyo, 1984; Kokino jt, 1985; Krõlova, Batrakova, 1998; Sidorov, Mamiljaev, 2000, jt). Nii märgib Voilošnikov (2000), et laserteraapia efektiivsus kirurgiliste haiguste ravis on 78–96%. Vaatamata sellele esineb kirjanduses ka kahtlevaid seisukohti (Surinchak jt, 1983; Hunter jt, 1984; McCaughan jt, 1985; Müller, 1990; David jt, 1996). Kahtlejad põhjendavad oma seisukohti sellega, et positiivseid katseandmeid on vähe, nii laseraparaadid kui ka kasutusel olevad meetodid on erinevad, eri aparatuuridel on erinevad kiirguse parameetrid jne.

Veterinaarias diagnoositakse kirurgilistest haigustest üsna sageli luumurdusid ja -lõhesid, seda eriti väikeloomadel. Praktika näitab, et esineb juhuseid, kus luumurrud paranevad kaua ja lisaks ka tüsistuvad. Tagajärjeks on murru paranemise ülemäärane pikenedamine, mistõttu ravimine muutub kulukamaks ja jäseme funktsioonivõime taastumine nõuab pikka aega.

Laserteraapia kasutamise kohta luumurdude ravis on kirjanduses aga väga vähe andmeid leida. Nendegi väheste kirjutiste autoritest enamik (Karpov, Rokov, 1979; Yaakobi jt, 1996; Luger jt, 1998) osutab laserkiirte positiivset mõju luumurdude paranemise kiirendamisele. Injušin ja Tšekurov (1975) katsetasid koertel tehismurdude ravis laserkiirgust. Autorid märgivad, et kui katserühma koertel täheldati luumõhna tekkimise esimesi tunnuseid 10. päeval, siis kontrollrühma loomadel alles 20. päeval. Nad väidavad ka, et luumurrud paranesid laserteraapia kasutamisel koguni 20–30 päeva võrra kiiremini (!). Nemtsov ja Lapšin (1997), samuti David jt (1996) laserteraapia rakendamisel aga kiiremat luumurru paranemist ei täheldanud.

Kirjanduses esitatud andmeid on raske võrrelda, sest ravimisel on kasutatud erinevaid laseraparaate ning erinevaid loomaliike, parameetreid jne. Saadud andmeid võib üksnes orienteerivateks pidada. Iga laseri, iga haiguse, haigusstaadiumi, samuti iga loomaliigi jaoks on vaja välja töötada täpne ja tagajärjekas kasutamismetoodika koos vastavate parameetritega. Laserteraapias on rida küsimusi, mis vajavad veel lahendamist või

mida on puudulikult selgitatud, nagu näiteks stimuleeriva mehhanismi kindlakstegemine, kasutamismetoodika rakendamine ühe või teise laseraparaadi, samuti erinevate haiguste korral jne.

Laserid on erineva konstruktsiooniga. Veterinaarpraktikas on otstarbekas kasutada portatiivset aparati. Kõnealusel töös otsustati kasutada Leedu Vabariigis toodetud portatiivset laserit Agnis-L01. See aparaat on odav, lihtne kasutada ja praktiliselt ohutu. Nimetatud aparadi kohta puudub aga rakendusjuhend (kasutamismetoodika) loomade ravimiseks, on üksnes juhend inimeste haiguste raviks, kuid pole üldse märgitud aparadi Agnis-L01 kasutamise võimalust luumurdude raviks.

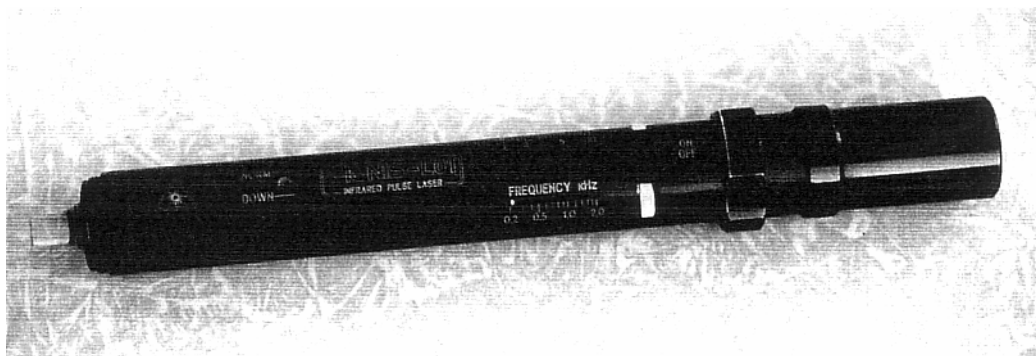
Käesoleva uurimistöö ülesandeks oli:

- 1) selgitada portatiivse laseri Agnis-L01 mõju eksperimentaalsete luumurdude (tehismurdude) ravis küülikutel erinevate parameetrite korral ja
- 2) töötada välja laseri Agnis-L01 optimaalsem kasutamismetoodika (rakendusjuhend) luumurrude ravimiseks küülikul.

Võtmesõnad: laserteraapia, luumurd, küülik.

Materjal ja metoodika

Laserteraapia läbiviimiseks kasutati Leedu Vabariigis toodetud portatiivset laserit Agnis-L01 (joonis 1). See on infrapunase kiirguse lähedane pooljuhtivusega impulsslaser. Sellele aparadile lisatud juhendis on esitatud paljude haiguste ravimiseks inimestele soovitatavad metoodikad, kuid loomade ravimiseks juhendid puuduvad.



Joonis 1. Laser Agnis-L01
Figure 1. Laser apparatus Agnis-L01

Selgitamaks laserkiirte toimet luumurrude paranemise kulgu, samuti looma organismis, tehti kokku 97 küülikuga 10 katseseeriat. Igas seerias moodustati katsepaarid, kusjuures üks küülik oli katse-, teine kontrollloomaks. Ühes seerias moodustati ühe katserühma asemel kaks. Katsepaariks valiti ühevanused ja samasoolised ning võimalikult lähedase kehamassiga küülikud. Pidemistingimused, samuti söötmine olid katse- ja kontrollrühma loomad ühesugused. Uuringud viidi läbi aastatel 1999 kuni 2002. Katsetes olnud küülikute vanus oli 14–15 kuud.

Enne operatsiooni tegemist lasti küülikutel keskkonnaga kohaneda ja jälgiti nende tervislikku seisundit 7–8 päeva kestel (nn karantiiniperiood).

Kõigil, nii katse- kui ka kontrollrühma kuuluvatel küülikutel tehti enne operatsiooni üldanesteesia (narkoos). Seejuures kasutati premedikatsiooniks 0,1%-list atropiini lahust doosis 3 mg/kg ja anesteesiaks ketamiini-ksülasiini kombinatsiooni (10 %-line ketamiini lahust, annus 50 mg/kg; 2%-line ksülasiini lahust, annus 5 mg/kg). Atropiini lahust süstiti naha alla, ketamiini- ja ksülasiini lahust lihastesse.

Operatsioonikohalt, vasaku eesjäseme dorsomediaalsel pinnal kodarluu teise ja kolmanda kolmandiku piiril, pügati karvad ja ala desinfitseeriti. Nahalõige tehti 1,3–1,5 cm pikkune, naha all asuvad kõõlused ja veresooned lükati tõmbilt kõrvale ja seejärel läbiti periost samuti 1,3–1,5 cm pikkuselt skalpelliga. Spetsiaalse instrumendi abil eemaldati kodarluust 2 mm pikkune luutükike. Seejärel kõrvaldati haavast tampooniga tuppimise abil luukoe puru ja veri ning nahahaav suleti harilikult kolme sõlmõmbluse abil siidiga 3/0. Enne ega pärast õmbluste tegemist haava ravimeid ei kasutatud.

Alates teisest operatsioonijärgsest päevast kiiritati I–VII katserühma küülikuid laserkiirtega üks seans päevas 10 päeva jooksul. VII–X rühma küülikute kiiritamist alustati 4. päeval pärast operatsiooni. Murru piirkonda kiiritati viiest punktist 240 sekundi kestel. Kontrollrühma kuuluvaid loomi ei kiiritatud.

Lõikehaavade ja tehismurdude paranemise uuringuteks tehti 10 katseseeriat. Andmed katseseeriates, katseseeriates olnud loomade arvu ja laseri kasutatud parameetrite kohta on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Katseseeriad ja kiiritamise parameetrid**Table 1.** The experimental series and the parameters of applied laser therapy

Seeria Series	Rühm Group	Loomade arv Number of animals	Kiiritamise parameetrid Parameters of the therapy			Kiiritamise algus päevades Beginning of the therapy
			Impulsside võimsus Power of impulses (W)	Impulsside sagedus Frequency of impulses (Hz)	Modulatsiooni sagedus Frequency of modulation (Hz)	
I	Katse (<i>Experiment</i>) I	3	1,5	2000	50	2
	Katse (<i>Experiment</i>) II	3	1,3	2000	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	3				
II	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,5	2000	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
III	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,3	2000	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
IV	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,3	200	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
V	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,3	200	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
VI	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,5	200	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
VII	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,5	200	50	2
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
VIII	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,5	200	50	4
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				
IX	Katse (<i>Experiment</i>)	4	1,5	200	50	4
	Kontroll (<i>Control</i>)	4				
X	Katse (<i>Experiment</i>)	5	1,5	200	50	4
	Kontroll (<i>Control</i>)	5				

Tekitatud haava ja luumuru paranemist jälgiti kliiniliselt vaatluse ja palpatsiooni abil. Esimese viie päeva kestel uuriti haava ja luumuru kohta (piirkonda) iga päev, hiljem üle päeva kuni paranemiseni ja karvkatte tekkimiseni. Seejuures jälgiti ka looma üldseisundit – käitumist, söögiisu jne.

Röntgenoloogiliselt uuriti murde kohe pärast murru tekitamist, edasi kiiritamise lõppemise järel, siis 20., 40. ja viimane võte 50.–54. päeval. Mõnel loomal tehti röntgenoloogilisi uurimusi ka 30. päeval. Uurimisel kasutati röntgeniaparati RID3-4 ja Kodaki filmi. Võtete tegemisel olid röntgeniaparadi parameetrid järgmised: pinge 44 V, voolutugevus 400 mA/S ja ekspositsioon 0,02 sekundit.

Katsetulemused ja arutelu

Loomade puhul on väga oluline, et luumurd paraneks kiiresti, sest ei saa arvestada asjaoluga, et loom oleks paranemise kestel väheliikuv. Mida kiiremini paranemine toimub, s.t mida kiiremini luukude taastub, seda tõenäolisem on, et murd paraneb hästi ja tuisustusteta. Seepärast on oluline luumuru korral luukoe teket igati stimuleerida.

Kirjandusallikatest (Fenyo, 1984; Rochkind jt, 1989; Bromily, 1993; Slatter, 1993; Balkovoi jt, 1998, jt) selgub, et laserkiirte toimel intensiivistub kudede ainevahetus, stimuleeruvad regeneratsiooniprotsessid, suureneb organismi immunobioloogiline toime jne. Järelkult peaks laserteraapia kasutamine murru ravimisel selle paranemist kiirendama.

Kirjanduses leidub viiteid, olgugi harva, laserteraapia toime kohta luumurdude ravimisel. Nii näiteks Luger jt (1998), katsetades madala võimsusega laserteraapiat luumurdude ravis rottidel, leidsid, et kiiritatud loomad paranesid paremini kui kiiritamata loomad. Peale selle polnud murdunud luu otsad ühinenud ühel katse- ja neljal kontrollrotil 25-st loomast. Injušini ja Tšekurovi (1975) andmetel paranesid luumurrud laserteraapia toimel koguni 20–30 päeva võrra kiiremini. Kuid leidub ka kahtlejad, kes laserteraapia kasutamisel paranemise kiirenemist ei täheldanud (Nemtsov ja Lapšin, 1977; David jt 1996, jt).

Kirjanduses esitatud andmeid laserteraapia tagajärjekuse kohta on omavahel raske võrrelda, sest ravimisel on kasutatud erinevaid aparate (gaaslasereid, tahkislasereid, impulslasereid jne), erinevaid kasutamismeetodeid, erinevaid loomaliike jne. Laserteraapia vastu on teadlaste ja ka praktikute hulgas huvi suur ja paljugi veel selgitamata. Seda näitab viimasel ajal arvukate rahvusvaheliste teaduskonverentside läbiviimine.

Käesolevas töös leiavad kajastamist katsete tulemused, mis saadi portatiivse laseraparaadiga Agnis-L01 (Leedu Vabariigi toode) luumurdude ravis küülikutel. Nimetatud laser kujutab endast infrapunase kiirguse lähedast pooljuhtivusega impulsslaserit. Selle kasutamise kohta loomadel puuduvad andmed täiesti, on üksnes aparaadiga kaasasolev juhend, mis käsitleb vaid inimese ravimist. Uuringu peamiseks eesmärgiks oli selgitada, kas nimetatud laser mõjutab luumurdude paranemist loomadel ja kui see toimib, siis millises ulatuses, aga samuti, milliseid parameetreid ja kasutamismetoodikaid rakendades võib saada paremaid tulemusi.

Kõigepealt püüti katsetega selgitada, kas laserkiired üldse mõjutavad luu paranemist ja millisel määral ning millised erinevused, olenemata kasutatud parameetritest, esinevad katsepaarides erinevatel aegadel (pärast katse lõpetamist, 20. ja 40. päeval pärast katse algust ja katse lõpus).

Tabelites 2, 3, 4 ja 5 on esitatud andmed katse- ja kontrollküüliku võrdlemisel katsepaarides periostaalse ja endostaalse kalluse arengu intensiivsuse alusel. Kui katseloomal oli kalluse areng suurem kui kontrollloomal, siis on see tabelis tähistatud plussmärgiga (+), ühesugune areng nulliga (0) ja väiksem areng miinusmärgiga (-). Need andmed on esitatud ka tabelis 2.

Tabel 2. Kalluse areng (moodustumine) luumurru kohas

Tabel 2. The formation and development of callus in the place of the bone fracture

Uurimise aeg Time of the study	I seeria / I series				II seeria / II series				III seeria / III series				IV seeria / IV series				V seeria / V series			
	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-
Kiirituse lõpus In the end of the treatment	3	2	1	-	5	5	1	1	5	2	2	1	5	3	1	1				
20. päeval Day 20	3	2	1	-	5	2	1	2	5	2	2	1	5	4	1	-	5	3	1	1
40. päeval Day 40	3	2	1	-	5	3	1	1	5	2	3	-	5	3	1	1	5	4	1	-
Katse lõpus In the end of the study	3	2	1	-	5	3	1	1	5	2	3	-	5	4	1	-	5	2	2	1
	3	1	2	-																
Uurimise aeg Time of the study	VI seeria VI series				VII seeria VII series				VIII seeria VIII series				IX seeria IX series				X seeria X series			
	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-	Katsepaare Exp. groups	+	0	-
Kiirituse lõpus In the end of the treatment	5	3	2	-	5	3	-	2	5	4	1	-	4	2	1	1	5	3	1	1
20. päeval Day 20	5	3	1	1	5	3	1	1	5	4	1	-	4	2	1	1	5	4	-	1
40. päeval Day 40	5	3	2	-	5	3	1	1	5	4	1	-	4	2	1	1	5	3	1	1
Katse lõpus In the end of the study	5	3	1	1	5	3	1	1	5	4	1	-	4	2	1	1	5	4	-	1

Laserkiirte toime haava paranemisele. Et haavad olid kinni õmmeldud, siis saadi haava seisundit hinnata peamiselt kliiniliste tunnuste (turse, punetus, valu) alusel. Tuleb märkida, et erinevust kiiritatud ja kiiritamata loomade haava paranemise kiiruse vahel ei olnud kliiniliselt võimalik märgata. Täielik haavade paranemine toimus igal loomal, vaatamata sellele, kas ta kuulus katse- või kontrollrühma, väga erineval ajal: mõnel paranes haav juba 7. päevaks, mõnel aga alles 1 kuu möödudes. Seega sõltus haava paranemise kiirus peamiselt looma individuaalsetest omadustest. Enamikul juhtudel toimus paranemine 11–17 päeva jooksul ning 4.–5. nädalaks oli ka karvkate taastunud.

Harilikult tekkisid haavas turse ja punetus 2.–3. päeval ja püsisid 2–4 päeva. Seejärel kadusid need mõne päeva jooksul. Kiiritatud loomadel olid need, eriti turse, märgatavalt tugevamad, kuid kadusid ka kiiremini. See omakorda näitab kiiritatud loomadel intensiivsemate protsesside olemasolu haavas ja haava ümbruse kudedes.

Erinev impulsi võimsus ja impulsside sagedus haavade paranemisel erinevusi ei põhjustanud.

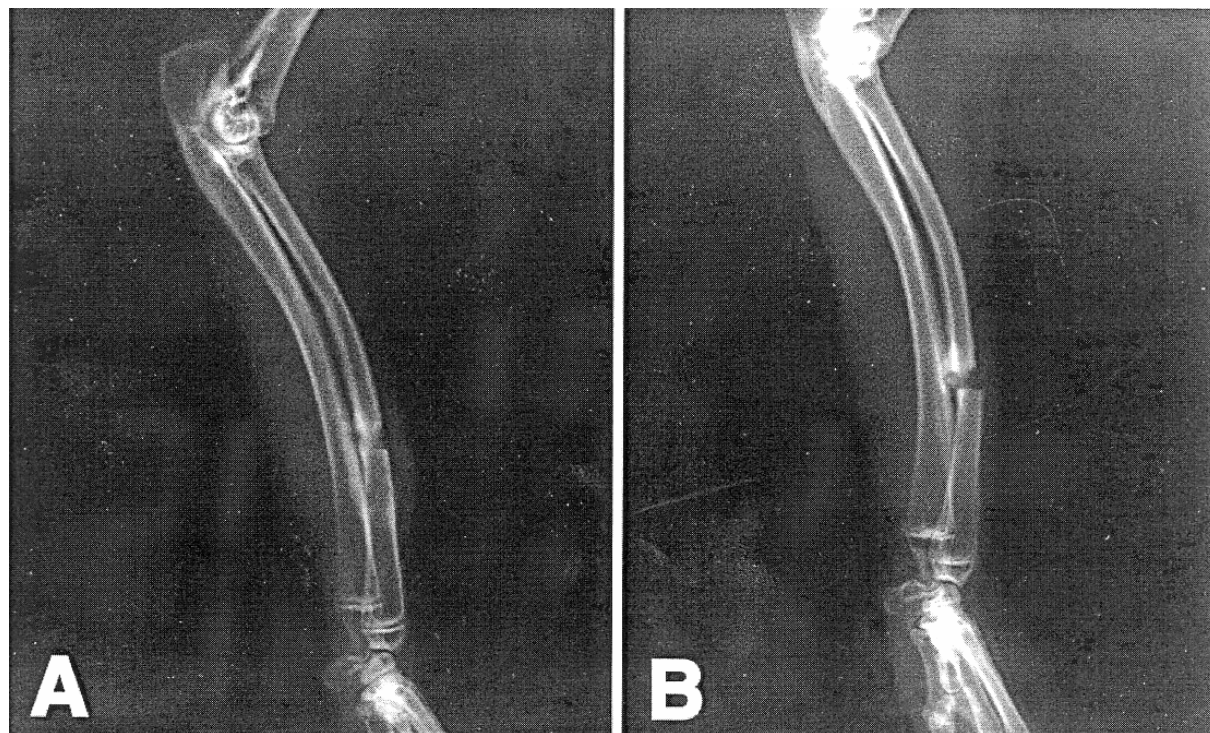
Märgatav laserkiirte positiivne toime haavale avaldus aga tüsistuste tekke vältimises. Kui kiiritatud küülikutel ei täheldatud ühelgi juhul tüsistuste teket, siis kiiritamata loomadel esines neid 50 loomast kaheksal (16% juhtudel). Peamiselt täheldati haavas sidekoelise paksendi ja tugeva põletikulise turse teket.

Enam-vähem samasuguseid tulemusi said haavade töötlemisel laserkiirtega Reidla, Kalmus, Lehtla (1998). Nimetatud autorid märgivad samuti, et kiiritatud loomadel tüsistuste teket haava paranemisel ei täheldatud, kuid kontrollrühma loomadel esines seda 16% loomadel. Tüsistuste tekke puudumine oli tõenäoliselt tingitud sellest, et laserkiirte toime suurenes organismi vastupanuvõime. Sellele osutavad ka Reidla ja Lehtla (1999) oma artiklis – kiirituse tagajärjel suurenes veres leukotsüütide arv, neutrofiilide protsent leukotsütaarses valemis ning neutrofiilide fagotsütaarne võime, nagu nende fagotsütaarne aktiivsus, intensiivsus ja indeks.

Laserkiirte toime luumurrude paranemisele. Luumurd paraneb luulise kalluse ehk luumõhna abil.

Kõigil röntgenogrammidel olid murruotste servad 10. päeval peaaegu muutusteta, selgepiirilised. Küülikute võrdlemisel katsepaarides täheldati 50 katsepaarist 29-l kiiritatud loomal intensiivsemat ja ulatuslikumat luulise periostaalse kalluse moodustumist, 12 loomal oli see samasuur, 9 aga hoopiski väiksem kui kiiritamata loomadel. Kallus oli röntgenogrammil nähtav (kuigi mitte kõigil loomadel) pikliku varju näol, mis paiknes eeskätt küünarluupoolsel küljel.

20. päevaks oli murdunud luu otste selgepiirilised kadunud ning peale periostaalse kalluse oli tekkinud ka endostaalne (joonis 2). Viimane oli mõnel küülikul tugevasti arenenud, mõnel nõrgalt (röntgenogrammil nähtav nõrga varjuna), mõnel täitis kallus defekti täielikult, mõnel osaliselt.



Joonis 2. Röntgenogrammid 20 päeva pärast operatsiooni; A – katserühma ja B – kontrollrühma küülik
Figure 2. X-rays 20 days after the induction of the fracture; A – experimental animal; B – control animal

Kui võrrelda kiiritatud ja kiiritamata loomi katsepaarides, siis 50-st oli 29-l juhul kalluse areng kiiritatud loomadel intensiivsem, 12-l samasugune ja 9 juhul koguni väiksem.

40. päeval olid murruotsad täielikult või osaliselt ühinenud periostaalse ja endostaalse kallusega. Seejuures oli ühinemine mõnevõrra ulatuslikum ja täielikum kiiritatud loomadel. Katsepaaride võrdlemisel täheldati 31 kiiritatud küülikul paremat, 13 samasugust ja 6 väiksemat luulise kalluse teket.

Katse lõpus olid murruotsad täielikult ühinenud, kusjuures enamikul juhtudel oli tekkinud luuline kallus massiivne, mõnel veel nõrk, moodustunud oli ka erineva ulatusega luuüdiõõs. Kalluse arengu võrdlemisel katsepaarides täheldati kiiritatud loomadel 30 juhul massiivsemat, 13 samasugust ja 7 nõrgemat kallust kui kiiritamata küülikutel.

Analüüsid katsete tulemusi, selgub, et laserkiirte toime luumurru paranemise kiirendamiseks ei olnud alati positiivne. Tagajärjekus varieerus katse lõpus 37,5–71,4% juhtudest. Kirjanduses on avaldatud rida uurimusi, mis osutavad aga laserkiirte väga heale toimele (Yaakobi jt, 1996; Luger jt, 1998). Nii näiteks Injušin ja Tšekurov (1975) märgivad, et luulise kalluse tekke esimesed tunnused ilmnemise kiiratud katserühma koertel 10. päevaks, kontroll-loomadel aga alles 20. päevaks. Meie oma katsetes sellist positiivset (väga suur!) tulemust ei saanud.

Katseandmeid analüüsid nähtub, et muutused, mis esinesid kiiritamise lõpetamise järel, jäid põhiliselt püsima. Hiljem tekkinud muutused (järeltoime) olid väikesed. Üldjoontes võib siiski täheldada laserkiirte toimel positiivse mõju suurenemist (keskmiselt 58%-lt 60%-le) ja negatiivse toime vähenemist (18%-lt 14%-le).

Seega võib järeldada, et laserkiired kiirendavad luumurru paranemist, olgugi mitte alati.

Laseraparaadi erinevate parameetrite (impulsside võimsus ja sagedus) korral, samuti kiiritamise alustamise ajast sõltuvalt, olid katsetulemused erinevad. Mõningal määral täheldati erinevusi ka eri aegadel – kiiritamise lõppemisel, 20. ja 40. päeval pärast luumurru tekitamist ning katse lõpul (tabelid 3,4 ja 5).

Kui kiiritamisel kasutati impulsside võimsust 1,3 W, siis katse lõpus oli 2000 Hz impulsside sageduse puhul positiivsete tulemuste protsent vaid 37,5, 1,5 W kasutamise korral aga koguni 62,5. 200 Hz impulsside sageduse korral olid need vastavalt 60,0 ja 70,0 (tabel 3). Seega võib väita, et suurema võimsuse puhul oli kiirte positiivne toime luumurru paranemisele suurem kui väiksema võimsuse puhul.

Tabel 3. Kalluse areng luumurru kohas erinevate impulsside võimsuse korral

Table 3. The formation and development of callus in the place of the bone fracture while applying different impulse power

Uurimise aeg Time of the study	Katsepaare Exp. groups	Impulsside võimsus 1,3 W Power of impulses						Impulsside võimsus 1,5 W Power of impulses						
		+		0		–		+		0		–		
		arv number	%	arv number	%	arv number	%	arv number	%	arv number	%	arv number	%	
Kiiritamise lõpetamisel In the end of the irradiation	8	2	25,0	4	50,0	2	25,0	5	62,5	2	25,0	1	12,5	Imp. 2000 Hz / Impulse 2000
20. päeval 20 days	8	2	25,0	4	50,0	2	25,0	4	50,0	2	25,0	2	25,0	
40. päeval 40 days	8	3	37,5	4	50,0	1	12,5	5	62,5	2	25,0	1	12,5	
Katse lõpus In the end of the experiment	8	3	37,5	4	50,0	1	12,5	5	62,5	2	25,0	1	12,5	
Kiiritamise lõpetamisel In the end of the irradiation	10	7	70,0	1	10,0	2	20,0	6	60,0	2	20,0	2	20,0	Imp 200 Hz / Impulse 200 Hz
20. päeval 20 days	10	7	70,0	2	20,0	1	10,0	6	60,0	2	20,0	2	20,0	
40. päeval 40 days	10	7	70,0	2	20,0	1	10,0	6	60,0	3	30,0	1	10,0	
Katse lõpus In the end of the experiment	10	6	60,0	3	30,0	1	10,0	7	70,0	2	20,0	1	10,0	

Ka impulsside sagedus mõjutas katsetulemusi (tabel 4). Kui 2000 Hz sageduse kasutamisel moodustas katsepaarides katse lõpus positiivne tulemus 50,0%, siis 200 Hz sageduse rakendamise korral oli see protsent 60,0. Järelikult toimus väiksem impulsside sagedus luumurru paranemisele paremini kui suurem.

Väga tugevasti mõjutas luumurru paranemist see aeg, millal alustati kiiritamist pärast luumurru tekitamist (tabel 5). Kui kiiritamist alustati teisel päeval, siis positiivselt mõjutatud küülikud moodustasid katse lõpus katsepaarides 50,0%, neljandal päeval alustamise korral oli see protsent hoopiski 71,4. Seega ei ole otstarbekas murru kiiritamist kohe alustada.

Tabel 4. Kalluse moodustumine luumurru kohas erinevate impulsside sageduse korral**Table 4.** The formation and development of callus in the place of the bone fracture, while applying different frequency of impulses

Uurimise aeg <i>Time of the study</i>	Katsepaare <i>Exp. groups</i>	Impulsside sagedus 2000 Hz <i>Frequency of impulses</i>						Katsepaare <i>Exp. groups</i>	Impulsside sagedus 200 Hz <i>Frequency of impulses</i>					
		+		0		-			+		0		-	
		arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%		arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%
Kiiritamise lõpetamisel <i>In the end of the treatment</i>	16	7	43,8	6	37,5	3	18,7	20	9	45,0	7	35,0	4	20,0
20. päeval <i>Day 20</i>	16	6	37,5	6	37,5	4	25,0	20	13	65,0	4	20,0	3	20,0
40. päeval <i>Day 40</i>	16	8	50,0	6	37,5	2	12,5	20	13	65,0	5	25,0	2	10,0
Katse lõpus <i>In the end of the study</i>	16	8	50,0	6	37,5	2	12,5	20	12	60,0	5	25,0	3	15,0

Tabel 5. Kalluse areng luumurru kohas olenevalt kiirituse algusest**Table 5.** The formation and development of callus in the place of the bone fracture, different time-points of beginning the therapy

Uurimise aeg <i>Time of the study</i>	Katsepaare <i>Exp. groups</i>	Kiirituse algus 2. päeval <i>Beginning of the irradiation on day 2</i>						Katsepaare <i>Exp. groups</i>	Kiirituse algus 4. päeval <i>Beginning of the irradiation on day 4</i>					
		+		0		-			+		0		-	
		arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%		arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%	arv <i>number</i>	%
Kiiritamise lõpus <i>In the end of the irradiation</i>	36	14	38,9	15	41,7	7	19,4	14	9	64,3	3	21,4	2	14,3
20. päeval <i>Day 20</i>	36	19	52,8	10	27,8	7	19,4	14	10	71,4	2	14,3	2	14,3
40. päeval <i>Day 40</i>	36	19	52,8	13	36,1	4	11,1	14	9	64,3	3	21,4	2	14,3
Katse lõpus <i>In the end of the experiment</i>	36	18	50,0	13	36,1	5	38,9	14	10	71,4	2	14,3	2	14,3

Võttes eespooltoodud andmed kokku, võib väita, et suurema impulsside võimsuse, väiksema sageduse ja kiiritamise hilisema alustamise korral olid tulemused paremad kui väiksema võimsuse, suurema sageduse ja varasema kiiritamise korral.

Tuleb märkida ka asjaolu, mida täheldati katsetes, et märkimisväärsed erinevused katseandmetes olid tingitud erinevate parameetrite kasutamise kõrval ka küülikute võrdlemisi suurest individuaalsete omaduste erinevusest laserkiirte suhtes. Nii näiteks varieerus kiiritatud loomadel juba kiirituse lõppemisel luulise kalluse teke ja ulatus: ühtedel oli periostaalne hästi märgatavalt tekkinud, teistel nõrgalt või ainult ühele küljele moodustunud, kuna kolmandatel ei tekkinud kallust üldse ja seda ühesuguste parameetrite kasutamise korral.

Katsetulemuste alusel võib väita, et suurema võimsuse ja väiksema sageduse puhul, samuti kiiritamise hilisema alustamise korral olid tulemused luumurru paranemise seisukohalt lähtudes mõnevõrra paremad. Miks nii? Luumurd kui tugev trauma toimib organismi ise kui tugev ärritaja. Kui kasutada tugevasti toimivaid, s.t suure võimsuse ja sagedusega laserkiiri, siis need põhjustavad tugeva lisaärrituse, mistõttu paranemine võib hoopiski aeglustuda. Teada on, et liialt tugev ja eriti pikka aega kestev ärritus toimib organismi, s.t ka paranemisele negatiivselt. Positiivselt mõjub optimaalselt toimiv ärritus, nõrga ärrituse puhul aga toimet ei ole. Seetõttu võib arvata, et mitmete küülikute jaoks oli laserkiirte poolt esilekutsutav ärritus kas liialt tugev või nõrk.

Katsete tulemustest lähtudes võib väita, et küülikutel esineb väga erinev tundlikkus laserkiirte suhtes. Seetõttu on optimaalse doseeringu leidmine üsnagi komplitseeritud. Tuleb arvestada, et iga laseri tüübi puhul on vaja kindlaks määrata või teada selle optimaalset kasutamismeetodit, ilma milleta pole aparadi kasutamine üldse tagajärjekas. Sellele on ka tähelepanu pööranud mitmete kirjutiste autorid (Kana jt, 1981; Dyson, Young, 1986, jt).

Kõige paremaid tulemusi saadi meie katses laseri Agnis-L01 kasutamisel luumurru ravis, kui rakendati impulsside võimsust 1,5 W, impulsside sagedust 200 Hz, modulatsiooni sagedust 50 Hz, kiiritamiskestust 240 sekundit. Kiiritamist alustatakse neljandal päeval pärast luumurru teket, kusjuures päevas tehakse üks kiiritus, kokku 10 seanssi.

Luumurru korral on üheks tähtsamaks ülesandeks kiirendada paranemisprotsessi, seega elundi ja kehaosa anatoomilist ja funktsionaalset taastumist. Luumurru kui väga raske haiguse ravi peab olema kompleksne. Ja selles kompleksis on igati vajalik rakendada ka füsioteraapia protseduure. Arvestades kirjanduses esitatud arvamustega, et laserteraapia on üks tagajärjekamaid füsioteraapia menetlusi ja katsetulemusi, tuleb selle kasutamist luumurru ravis soovitada.

Kokkuvõte

Luumurd on üks raskemaid patoloogilisi protsesse, mille ravi on pikaajaline ja millega kaasnevad tihti tüsistused. Paranemise kiirendamiseks on oluline luukoe regeneratsiooni stimuleerimine. Selleks otstarbeks katsetati käesolevas uurimistöös laserkiirgust laseri Agnis-L01 abil eksperimentaalsete luumurdude ravis küülikutel. Laser Agnis-L01 on infrapunase kiirguse lähedane pooljuhtivusega impulsslaser. Katses olnud 97 küülikust (10 katseseeriat) moodustati katsepaarid, kusjuures üks küülik oli katse-, teine kontroll-loomaks (ühes seerias võeti ühele kontrollküülikule kaks katselooma). Luumurru defekt tekitati kodarluul nii katse- kui ka kontroll-loomadel. Paranemist jälgiti kliiniliselt ja röntgenoloogiliselt. Uurimisega selgitati laserkiirguse erinevate parameetrite mõju luumurru paranemisele. Erinevad parameetrid andsid ka erinevaid tulemusi. Luumurru paranemisele toimus laser Agnis-L01 kõige paremini järgmiste parameetritega: impulsside võimsus 1,5 W ja impulsside sagedus 200 Hz, modulatsiooni sagedus 50 Hz, kiiritamiskestus 240 s, kiirituspunktide arv 5, üks kiiritus päevas, kokku 10 seanssi. Kiiritamist alustatakse neljandal päeval pärast luumurru teket. Sel juhul oli murrude paranemisprotsent 71,4%, kiiritamine ei toimunud 14,3% või mõjus negatiivselt samuti 14,3% loomadel.

Kasutatud kirjandus

- Balkavoi jt: Балковой И. И., Иноземцев В. П., Демидова Л. Д. 1998. Лазерная терапия в ветеринарной акушерской практике. – Ветеринария, 2, с. 33–34.
- Baxter, G. D. 1994. Therapeutic lasers. Theory and Practice. Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Tokyo: Churchill Livingstone.
- Bogdanovits jt: Богданович У. Я., Каримов Н. Г. 1994. Проблемы биоэнергетики организма и стимуляция лазерным излучением. Алма-Ата: Казахстан.
- Bromily, M. 1993. Equine injury, therapy and rehabilitation. Oxford.
- David, R., Nissan, M., Cohen, I., Soudry, M. 1996. Effect of low-power He-Ne laser on fracture healing in rats. – Laser Surg. Med., 19 (4), p. 458–464.
- Dyson, M., Young, S. 1986. The effect on laser therapy on wound contraction and cellularity in mice. – Lasers in Medical Science, 1, p. 125–130.
- Fenyo, M. 1984. Theoretical and experimental basis of biostimulation by laser irradiation. – Optics and Laser Technology, 8, p. 209–215.
- Hunter, J. G. *et al.* 1984. Effects of low-energy laser on wound healing in a porcine model. – Lasers in Surgery and Medicine, 3, 328 pp.
- Injušin jt: Инюшин В., Чекуров П. Р. 1975. Биостимуляция лучом лазера и биоплазма. – Алма-Ата: Казахстан.
- Kana, J. S., Hutschenreiter, G., Haina, D. 1981. Effect of low power density laser radiation on healing of open skin wounds in rats. – Archives of Surgery, 116, p. 293–296.
- Карпов, Роков: Карпов С. П., Роков Н. Я. 1979. Влияние монохроматического красного света на регенерацию костной ткани в эксперименте. – Макро- и микроструктура тканей в норме, патологии биоэксперименте. Чебоксары.
- Kokino, M., Tozun, R., Alatli, M. 1985. Effect of laser irradiation on tendon healing. – International Congress Laser Medicine Surgery, p. 401–405.
- Krölova, Batrakova: Крылова Т. В., Батракова Е. А. 1998. Лазерный метод стимуляции преджелудков у жвачных. – Ветеринария, 4, с. 15–17.
- Luger, E. J., Rochkind, S., Wollmann, Y., Kogan, G., Deckel, S. 1998. Effect of low-power laser irradiation on the mechanical properties of bone fracture healing in rats. – Laser Surg. Med., 22 (2), p. 97–102.
- McCaughan, J. S. Bethel, B. H., Johnston, T. 1985. Effect of low-dose argon irradiation on rate of wound closure. – Lasers in Surgery and Medicine, 5, p. 607–614.
- Müller, P. 1990. Angewandte Lasermedizin. Lehr- und Handbuch für Praxis und Klinik. Berlin.
- Nemtsov, Lapšin: Немцов И. З., Лапшин В. П. 1997. О механизме действия низкоинтенсивного лазерного излучения. – Медицина, 1, с. 22–24.

- Reidla, K., Lehtla, A. 1999. Laserkiirguse mõju küüliku organismi mõnede verenäitude muutuste alusel. – Veterinaarmeditsiin '99'. Tartu: OÜ Farmax, lk 155–160.
- Rochkind, S., Rousso, M., Nissan, M. 1989. Systemic effect of low power laser irradiation on the peripheral and central nervous system, cutaneous wounds and burns. – *Lazers in Surgery and Medicine*, 9, p. 174–182.
- Sidorov, Mamiljaev: Сидоров В. Д., Мамилаев Д. Р. 2000. Комбинированная лазерная терапия ревматоидного артрита. – *Вопросы курортологии, физиотерапии и физической культуры*, 2, с. 13–17.
- Slatter, D. 1993. *Textbook of small animal surgery*. W. B. Sanders Company.
- Surinchak, J. S., Alago, M. L., Bellamy, R. F. 1983. Effects of low-level energy lasers on the healing of full-thickness skin defects. – *Lazers in Surgery and Medicine*, 2, p. 267–274.
- Voilošnikov: Войлошников Д. В. 2000. Лазеротерапия в ветеринарной практике. – *Ветеринария*, 7, с. 12.
- Yaakobi, T., Maltz, L., Oron, U. 1996. Promotion of bone repair in the cortical bone of the tibia in rats by low energy laser (He-Ne) irradiation. – *Calcif. Tissue Int.*, 59 (4), p. 297–300.

The application of laser therapy to accelerate the healing of experimental bone fractures in rabbits

K. Reidla, A. Lehtla, V. Andrianov

Summary

Of surgical diseases, bone fractures and fissures are frequently diagnosed in veterinary practice, especially in small animals. The healing and recovery from fractures may be prolonged and involve several challenging complications. The speed of recovery is of high importance in animals as the required long immobility of an animal can not be assumed. The faster the regeneration of the bone tissue, the more likely is the fast complete and uncomplicated recovery from the fracture. Consequently, in most cases the acceleration of the formation of bone tissue is desirable. In our experimental study we used laser therapy to accelerate the formation of bone tissue.

In our experiment, a semi-conductive impulse laser with frequency close to infrared Agnis-L01 (Fig. 1) was used. There were 97 rabbits involved in the experiment, experimental pairs consisting of one rabbit that received laser-therapy and the other one acting as a control were formed (Table 1). An experimental fracture of radius with tissue loss was performed on all animals with a special apparatus. One rabbit in the pair received laser therapy, the control rabbit did not. No other therapeutic measures were applied. The speed of healing of fractures was measured based on several clinical signs and laboratory measurements, treatment parameters varied as did the start of the one postoperative laser therapy. In total, 10 experimental series were performed.

The analysis of the results revealed that the effect of laser therapy on the speed of healing of bone fractures was not always positive. The positive effect varied between 37.5 and 71.4%. The effect was dependent on the parameters of the applied laser therapy regimen: impulse power and frequency, modulation frequency, start of the treatment (Tables 3, 4, and 5).

Best results were achieved with following characteristics of laser therapy application to the site of bone fracture: impulse power 1.5 W, impulse frequency 200 Hz, modulation frequency 50 Hz, duration of the treatment occasion 240 seconds, number of treatment points – 5. In total, 10 treatment sessions were administered, once a day, starting on the fourth postoperative day after the fracture induction. These characteristics of laser therapy had the following results: acceleration of healing in 71.4%, no effect in 14.3% and negative effect in 14.3% of the animals.

The effect of the laser therapy is also dependent on the individual sensitivity of each animal to the laser beams.