

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA CICATRIZAÇÃO DO TENDÃO DO MÚSCULO GASTROCNÊMIO EM COELHOS (*Oryctolagus cunicullus*)

DANIEL CORTES BERETTA,¹ DUVALDO EURIDES,² JULIETA RONDINI ENGRACIA DE MORAES,³
EDINALDO CARVALHO GUIMARÃES,⁴ WESLAY SOUZA DE OLIVEIRA⁵ E MARCELO EMÍLIO BELETTI⁶

1. Doutorando em Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. E-mail: berettadc@hotmail.com
2. Professor titular, doutor, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
3. Professora adjunta, doutora, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).
4. Professor adjunto, doutor, Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
5. Médico veterinário, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
6. Médico veterinário, professor adjunto, doutor, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da estimulação elétrica transcutânea de corrente alternada na regeneração do tendão do músculo gastrocnêmio, em coelhos submetidos à tenotomia e tenorrafia experimental. Dividiram-se vinte e quatro coelhos adultos da raça Nova Zelândia em quatro grupos iguais para avaliação da cicatrização tendínea aos sete, quinze, vinte e um e trinta dias de pós-operatório. Após incisão cutânea de aproximadamente três centímetros, o terço médio do tendão do músculo gastrocnêmio foi individualizado, seccionado transversalmente e suturado com sutura de Kessler modificada. Decorridas 24 horas, diariamente em um mesmo horário aplicaram-se,

próxima à ferida cutânea do membro pélvico direito, 2 mA de corrente alternada, durante seis minutos, com frequência de 100 Hz. O material colhido foi examinado por microscopia de luz. A eletroterapia transcutânea com corrente alternada utilizada no protocolo proposto, apesar de não causar danos aos tecidos e ter uma aplicação menos invasiva que os demais métodos, mostrou-se incapaz de promover resposta cicatricial mais efetiva na regeneração do tendão do músculo gastrocnêmio em coelhos. Estudos utilizando técnicas mais invasivas e/ou um tempo maior de estímulo são recomendáveis para avaliar seu efeito na regeneração de tendões.

PALAVRAS-CHAVES: Cirurgia, eletroterapia, reparo tecidual, tendão calcâneo, tenotomia.

ABSTRACT

EFFECTS OF ELECTRIC STIMULATION ON THE HEALING OF TENDON OF THE GASTROCNEMIUS MUSCLE IN RABBITS (*Oryctolagus cunicullus*)

The aim of this study was to evaluate the effect of transcutaneous electrical stimulation with alternate electrical current on gastrocnemius muscle tendon healing, in rabbits submitted to experimental tenotomy and tenorrhaphy. Twenty-four male rabbits, New Zealand breed, were divided into four groups of the same number, in order to evaluate the cicatricial tendon repair at 7, 15, 21 and 30 days post-surgery. The middle third of the tendon of the gastrocnemius muscle was sectioned transversally and submitted to a synthesis with Kessler modified suture. After 24 hours, daily at the same

schedule, were done near the cutaneous wound of the right pelvic member, applications of 2 mA of alternative current, during six minutes, at a frequency of 100 Hz. The material collected was examined by light microscopy. Significant difference wasn't found between the treated member and the control. Transcutaneous electrotherapy was used in our experimental protocol, despite not leading to tissue damage and being less invasive in comparison to other methods, was incapable to promote a more efficient healing response on the gastrocnemius muscle tendon repair in rabbits.

KEY WORDS: Achilles tendon, electrotherapy, surgery, tenotomy, tissue repair.

INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre cicatrização e sobre o efeito da terapêutica utilizada aumentou substancialmente nos últimos cinquenta anos. Descobriu-se que, dependendo do tratamento, o processo pode atrasar ou acelerar o reparo cicatricial (BOLTON & VAN RIJSWIJK, 1991). A cicatrização tendínea e o restabelecimento morfofuncional dos tendões dependem de fatores intrínsecos como o tipo de tendão lesionado, vascularização, migração e adesão celular, e de fatores extrínsecos, dentre eles manobras pós-operatórias e o regime de reabilitação empregado (HATAKA, 1998), podendo-se destacar dentre várias terapias a eletroestimulação (BLACK, 1985).

A estimulação elétrica ou eletroterapia é definida como a aplicação de corrente elétrica diretamente na ferida ou na pele próxima a ela. Três tratamentos básicos são atualmente utilizados: corrente direta (DC), corrente em pulsos (PC) e corrente alternada (AC) (LEE et al., 1993). Apresenta-se como boa opção no reparo de injúrias a tecidos cutâneos (NUCCITELLI, 2002), cartilagens (WELCH et al., 2004), tendões (BURSSENS et al., 2003), ligamentos (LITKE & DAHNERS, 1994) e ossos (CHAO et al., 2000), permitindo reduzir a incidência de infecções e acelerar o processo cicatricial (FEEDAR & KLOTH, 1991; GRIFFIN et al., 1991). O uso do estímulo elétrico no aumento da síntese de colágeno e na resistência tensional de tendões é objeto de algumas investigações (NESSLER & MASS, 1985; BURSSENS et al., 2003). Resultados obtidos em humanos são os mais expressivos, mas somente os realizados em animais comprovam a efetividade do tratamento (BROWN, 2003).

A estimulação elétrica é contraindicada em pacientes que apresentem neoplasias, arritmia cardíaca, gravidez, e no tratamento de enfermidades como feridas associadas à osteomielite, ou tratadas com medicamentos que contenham íons metálicos (BROWN, 2003).

Com este trabalho objetivou-se avaliar o efeito da estimulação elétrica transcutânea de corrente alternada na regeneração do tendão do músculo gastrocnêmio, em coelhos submetidos à tenotomia e tenorrafia experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

Vinte e quatro coelhos adultos (*Oryctolagus cuniculus*), clinicamente sadios, da raça Nova Zelândia, machos, com peso médio de 2,5kg, foram divididos em quatro grupos iguais: grupo 1 (G1) sete dias, grupo 2 (G2) quinze dias, grupo 3 (G3) vinte e um dias e grupo 4 (G4) trinta dias de pós-operatório. Após jejum de oito horas, a associação anestésica de cloridrato de cetamina 5% (Ketalar; Parke Davis, São Paulo, SP), 30,0mg/kg, mais cloridrato de xilazina 2% (Rompum; Bayer of Brasil, São Paulo, SP), 5,0mg/kg, foi aplicada por via intramuscular. Nos membros pélvicos direito e esquerdo, realizou-se anestesia perineural dos nervos isquiático e femoral com cloridrato de lidocaína com epinefrina (Xylestesin. Cristália, Itapira, SP), 2,0mg/kg, de acordo com os métodos descritos por MASTRANTONIO (2002) em coelhos. Antibioticoterapia profilática, com administração de cefazolina sódica (Cefazolin; BioChimico, Rio de Janeiro, RJ), 30,0mg/kg, e analgésico, flunixin meglumine (Banamine; Schering-Plough, Cotia, SP), 1,0mg/kg, foram administrados por via intramuscular trinta minutos antes do início da intervenção cirúrgica.

O tendão calcâneo do membro pélvico direito (tratado) e esquerdo (controle) foi exposto após incisão cutânea de aproximadamente três centímetros, e o terço médio do tendão do músculo gastrocnêmio individualizado e seccionado transversalmente. Na tenorrafia optou-se pela sutura de Kessler modificada com fio de náilon monofilamentar 4-0. Os tecidos adjacentes foram aproximados no padrão simples contínuo, com fio categute 4-0, e a pele suturada com fio de náilon monofilamentar 3-0, no padrão simples separado. Não se imobilizaram os membros pélvicos operados durante os períodos de observação preestabelecidos.

Na eletroterapia, realizada vinte e quatro horas após o procedimento cirúrgico, os animais foram contidos com faixa elástica compressiva envolvendo o corpo, mantendo-se os membros pélvicos livres, em que prendedores de metal adaptados para diminuir sua força de apreensão (Figura 1) foram fixados a 0,5cm das extremi-

dades proximal e distal da ferida de pele. Diariamente, em um mesmo horário, com estimulador elétrico transcutâneo, realizaram-se aplicações de 2mA de corrente alternada no membro pélvico direito, durante seis minutos, com frequência de 100 Hz. O membro pélvico esquerdo foi usado como controle. Curativos com aplicação tópica de digluconato de clorexidina 1% (Merthiolate; Johnson & Johnson Kimberly-Clark Corp., Barueri, SP), em ambos os membros, foram realizados até o oitavo dia de pós-operatório, quando houve remoção dos pontos de pele.

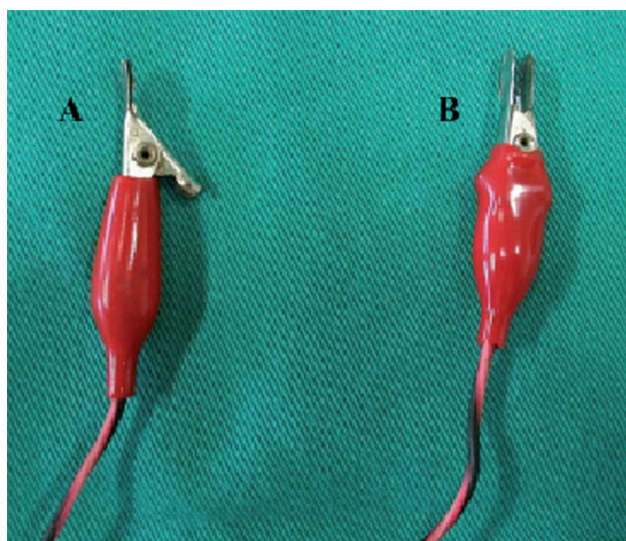


FIGURA 1. Prendedor de metal adaptado utilizado para eletroterapia do tendão do músculo gastrocnêmio de coelhos. Em **A** observa-se o prendedor fechado e em **B** o prendedor aberto, mostrando a ausência de ranhuras. Uberlândia, MG, 2006.

Após pré-medicação com cloridrato de xilazina, 5,0mg/kg, realizou-se eutanásia sob anestesia barbitúrica (Tiopental; Cristália, Itapira, SP), conforme recomenda o código de ética para uso de animais em pesquisa científica (AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION, 2001), mediante a injeção intravenosa de KCl, decorridos sete, quinze, vinte e um e trinta dias de pós-operatório.

O tendão do músculo gastrocnêmio dos membros pélvico esquerdo e direito de todos os animais foi removido e submetido ao processa-

mento histológico convencional para coloração pelas técnicas de hematoxilina e eosina (HE) e Picrus Sírius (PS). Com auxílio do sistema analisador de imagens, realizou-se análise histomorfométrica das lâminas coradas com PS baseada na porcentagem de colágeno na área da cicatriz, para identificar o efeito pró-cicatrizial da eletroterapia. Para análise quantitativa e qualitativa das células presentes nos processos inflamatório e cicatricial, utilizaram-se lâminas coradas em HE.

Os dados obtidos sobre a cinética celular foram analisados por meio do teste de sinais de Wilcoxon (não paramétrico) e empregou-se o teste de Tukey para a análise da porcentagem das fibras colágenas entre membro tratado e controle. Em todos os testes fixou-se o valor de 0,05 ou 5% (alfa maior ou igual a 0,05) como nível de rejeição de hipótese de nulidade (AYRES et al., 2000).

RESULTADOS

O tempo de ação da mistura anestésica foi de aproximadamente quarenta minutos, mas os animais somente mantiveram a postura natural da espécie em média sessenta minutos após o retorno anestésico.

Análise histológica dos tendões tratados e não tratados até o 21º dia evidenciou alta densidade celular e presença de neovasos no epitendíneo e na região da cicatriz, caracterizando histologicamente reação inflamatória e cicatricial.

A quantidade de células polimorfonucleares dos tendões tratados e não tratados, heterófilos na sua maioria, foi numerosa aos sete dias, diminuindo consideravelmente aos quinze dias e permanecendo estável aos vinte e um e trinta dias, não havendo significância entre os membros tratados e controles.

As células mononucleares predominantemente macrófagos estiveram presentes e permaneceram estáveis em todos os períodos de observação, não se evidenciando diferenças entre tendão tratado e controle. Células gigantes foram mais numerosas aos quinze e vinte e um dias, sem mostrar diferença estatística entre membros tratados e controles.

Fibroblastos estiveram presentes aos sete dias, aumentado moderadamente aos quinze dias

e estabilizando-se aos vinte e um e trinta dias. Nenhuma significância estatística foi notada entre tendões tratados e controles.

Os vasos neoformados foram observados na vigência do período inflamatório da cicatrização tendínea aos sete e quinze dias, diminuindo gradativamente durante as fases de remodelamento, vinte e um e trinta dias. Desse modo, verifica-se a evolução natural do processo cicatricial, não sendo observada diferença entre os tendões tratados e controles.

Tecido fibrocartilaginoso recém-formado foi identificado próximo ao coto tendíneo nos membros direito e esquerdo de dois coelhos aos trinta dias (Figura 2), sendo mais acentuado no membro direito, tratado. Esse achado sugere efeito favorável da eletroterapia na neoformação de fibrocartilagem.

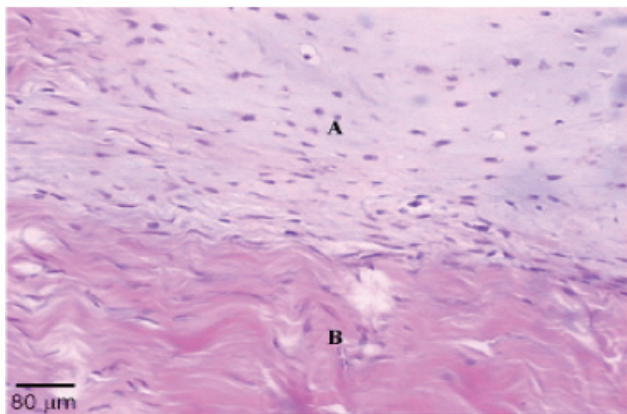


FIGURA 2. Fotomicrografia do reparo cicatricial do tendão do músculo gastrocnêmio de coelhos. Observa-se a formação de fibrocartilagem (A) ao redor do coto tendíneo (B), HE (trinta dias, membro direito). Uberlândia, MG, 2006

DISCUSSÃO

Neste ensaio, o retorno anestésico transcorreu em tempo mais tardio, em virtude da anestesia perineural dos nervos isquiático e femoral, que permitiu analgesia adequada e maior segurança na realização do procedimento cirúrgico, corroborando resultados de SHIMIZU et al. (2000), em gatos, e de MASTRANTONIO (2002), em coelhos, utilizando o mesmo protocolo anestésico.

A locomoção e a postura natural dos membros pélvicos após o efeito anestésico já eram esperadas, pois houve a secção de apenas um componente do tendão calcâneo. Tais observações coincidem com as de RESENDE et al. (2001), quando utilizaram prótese de poliuretano de óleo de mamona como substituto de tendão do músculo gastrocnêmio de coelhos. Neste experimento optou-se pela não imobilização da articulação tibiotársica, para não alterar a postura natural da espécie (SARTORI FILHO et al., 1997; REZENDE et al., 2001).

O uso de prendedores de metal adaptados com pouca força de apreensão evitou lesões cutâneas e o comprometimento da irrigação no local da eletroestimulação. É um método pouco invasivo, ao contrário do descrito por LITKE & DAHNERS (1994), que implantaram eletrodos dentro do ligamento colateral medial de ratos. Os prendedores foram colocados a uma distância de quatro centímetros um do outro. Segundo NESSLER & MASS (1985), em um estudo com DC em tendões de coelho *in vitro*, distâncias inferiores a essa podem causar descoloração e necrose do tendão, fato que não foi verificado neste experimento.

O uso da eletroterapia com intensidade de 2mA no tempo de seis minutos não ocasionou desconforto aos animais e não gerou sobrecarga aos tecidos, ao contrário do observado em tendões flexores de coelhos, por NESSLER & MASS (1985), e em ligamento de ratos, por LITKE & DAHNERS (1994), tratados com DC de 300 μ A e de 20 μ A, respectivamente. Em humanos, na recuperação do tendão calcâneo, a intensidade de corrente da estimulação elétrica transcutânea foi ajustada pelo limiar de dor do paciente, ocasionando, em alguns casos, contrações musculares (BURSSENS et al., 2003). Nas condições experimentais utilizadas, a intensidade de corrente foi determinada visando ao bem-estar animal e à preservação morfológica e funcional do tecido, minimizando a contração muscular e inibindo a deiscência na ferida tendínea.

A análise histológica dos tendões tratados e não tratados evidenciou, no epitendíneo e na região da cicatriz, alta densidade celular e presença de neovasos, indicando um epiten-

díneo reativo, fato esse observado em cães por GELBERMAN et al. (1991), HATAKA (1998) e MORAES (2001).

A migração significativa de vários tipos celulares para o local da ferida, fenômeno denominado galvanotaxia, é descrita no uso da corrente elétrica direta (LEE et al., 1993; OWJINGWA & ISSEROFF, 2002). Entretanto, contrariamente, neste experimento não houve diferença expressiva na quantidade de polimorfonucleares e mononucleares nos tendões tratados e controles, demonstrando que a corrente alternada foi ineficaz na indução da migração celular. A quantidade de polimorfonucleares esteve aumentada aos sete dias, regredindo gradativamente até o trigésimo dia do pós-operatório, resultados que corroboram com os encontrados nos mesmos tempos de observação em ratos (GIGANTE et al., 1996), cães (HATAKA, 1998; MORAES, 2001), coelhos (FRIEDRICH et al., 2001) e humanos (DE PALMA et al., 2006), condizente com a descrição clássica do processo inflamatório e cicatricial (COTRAN et al., 2000).

Não foram identificadas diferenças significativas entre as quantidades de mononucleares nos tendões tratados e controles, achados coincidentes aos encontrados no tendão flexor digital profundo de cães (HATAKA, 1998). Pequena quantidade de células gigantes multinucleares foi evidenciada ao redor de fragmentos do fio cate-gute, fato também observado em tendões flexores de equinos (BERTONI et al., 1990) e cães (HATAKA, 1998) submetidos à tenorrafia com fio de fibra de carbono e mononáilon, respectivamente. Mononucleares são células residentes do tecido conjuntivo, também encontradas ao longo das fibras colágenas (BANKS, 1992; COTRAN et al., 2000). Os macrófagos são os primeiros agentes celulares de defesa contra presença de material particulado no interior do organismo, participando de vários estágios da cicatrização tecidual, dentre eles os estágios de inflamação e reparação, agindo na fagocitose e na remoção dos restos celulares (GIGANTE et al., 1996; FRIEDRICH et al., 2000; DE PALMA et al., 2006). Pelo exposto, constata-se que o tratamento elétrico não interferiu na formação dessas células.

A quantidade de fibroblastos foi insignificante aos sete dias, aumentou aos quinze dias, permanecendo estável até os trinta dias, corroborando com o descrito para cães (GELBERMAN et al., 1991; HATAKA, 1998), ratos (GIGANTE et al., 1996) e coelhos (FRIEDRICH et al., 2001). O efeito da eletroterapia na migração, no aumento expressivo no número de fibroblastos (OWOEYE et al., 1987; CLEARY et al., 1988; BURSSSENS et al., 2003), na maturação (FRANK et al., 1983) e na síntese de colágeno (AKAI et al., 1988; LITKE & DAHNERS, 1994) foi demonstrado em experimentos *in vitro* e *in vivo*. Entretanto, no presente ensaio não foi observada diferença alguma nos fibroblastos dos tendões tratados e controles.

Aos sete dias notou-se grau máximo de neoformação vascular, indicando irrigação adequada para o tecido lesado, como descrito para cães (HATAKA et al., 1999). A neovascularização está diretamente relacionada à hiper celularidade local. A rede vascular recém-formada demonstrou aumento significativo do número de vasos na vigência da cicatrização tendínea. Essa neoformação regrediu progressivamente aos quinze, vinte e um e trinta dias, o que coincide com os resultados encontrados em ratos (GIGANTE et al., 1996), cães (HATAKA, 1998; MORAES, 2001), coelhos (FRIEDRICH et al., 2001) e humanos (DE PALMA et al., 2006). No presente estudo, não foi notado nenhum efeito da eletroterapia na neovascularização quando comparado aos tendões tratados com os controles, contrariamente ao descrito para humanos quando se utilizou corrente em pulsos de alta voltagem em feridas isquêmicas cutâneas, revelando aumento da vasodilatação arteriolar e da microcirculação ao redor da ferida, com neoformação de capilares na pele (GOLDMAN et al., 2004). Na bibliografia consultada nada foi descrito em tendões e ligamentos sobre o efeito do estímulo elétrico quanto à resposta vascular.

Falta de irrigação local ocasionada pela tensão excessiva da sutura de Kessler induziu a formação de fibrocartilagem em dois coelhos aos trinta dias como descrito para tendão de equinos (CREVIER-DENOIX et al., 1997). Hipóxia dos tecidos tendinosos é a alteração patológica mais

frequente na ruptura de tendão, induzindo degeneração de fibras colágenas e danos aos elementos celulares (FRIEDRICH et al., 2001). A formação da fibrocartilagem foi mais acentuada no membro tratado, sugerindo que a eletroterapia possa ter exercido efeito estimulador na formação deste tecido, a despeito de essa diferença não ser estatisticamente significativa (Figura 2).

O uso de corrente alternada não interferiu na síntese de colágeno, como demonstrado pela avaliação da porcentagem de colágeno entre tendões tratados e controles. Entretanto, estudos em condições variadas de eletroestimulação como corrente direta ou em pulsos, alta ou baixa frequências, em ligamentos e tendões de varias espécies, demonstraram aumento significativo na produção de colágeno e na resistência tensional desses tecidos (BLACK, 1985; NESSLER & MASS, 1985; OWOEYE et al. 1987; CLEARY et al., 1988; LITKE & DAHNERS, 1994).

Há relatos de que o uso da eletroestimulação mais invasiva induz efeito pró-cicatricial a despeito da indução de necrose no local de implantação do eletrodo (NESSLER & MASS, 1985; CLEARY et al., 1988; LITKE & DAHNERS, 1994). Talvez o tempo ou a forma transcutânea de estímulo não tenham sido suficientes para produzir uma resposta satisfatória. A corrente elétrica durante a estimulação transcutânea pode ter sido mais intensa no tecido subcutâneo, que é muito vascularizado, e pouco no tendão, já que a corrente elétrica segue o trajeto de menor resistência, geralmente a região mais vascularizada, como mencionado por LEE et al. (1993).

CONCLUSÕES

A eletroterapia transcutânea com corrente alternada utilizada no protocolo proposto, apesar de não causar danos aos tecidos e ter uma aplicação menos invasiva que os demais métodos, foi incapaz de promover resposta cicatricial mais efetiva na regeneração do tendão do músculo gastrocnêmio em coelhos. Estudos utilizando técnicas mais invasivas e/ou um tempo maior de estímulo são recomendáveis para avaliar seu efeito na regeneração de tendões.

REFERÊNCIAS

- AKAI, M.; ODA, H.; SHIRASAKI, Y.; TATESISHI, T. Electrical stimulation of wound healing: an experimental study of patellar ligament of rabbits. **Clinical Orthopaedics**, v. 235, p. 296-301, 1988.
- AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION. 2000. Report of the AVMA panel on euthanasia. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Chicago, v. 218, n. 5, p. 669-696, 2001.
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **Bioestat 2.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2000. 272 p.
- BANKS, J. W. **Histologia veterinária aplicada**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992. 629 p.
- BERTONI, A. A.; STASHAK, T. S.; SMITH, F. W.; NORRRDIN, R. W. A comparison of repair methods for gap heping in equine flexor tendon. **Veterinary Surgery**, v. 19, n. 4, p. 254-265, 1990.
- BLACK, J. Electrical stimulation of hard and soft tissues in animal models. **Clinics in Plastic Surgery**, v. 12, n. 2, p. 243-257, 1985.
- BOLTON, L.; VAN RIJSWIJK, L. Wound dressings: meeting clinical and biological needs. **Dermatology Nursing**, v. 3, n. 2, p. 146-161, 1991.
- BROWN, M. Estimulação elétrica para o tratamento de feridas. In: PREM, P.G. **Feridas**: tratamento e cicatrização. Rio de Janeiro: Revinter, 2003. p. 137-143.
- BURSSSENS, P.; FORSYTH, R.; STEYAERT, A.; VAN OVOST, E.; PRAET, M.; VERDONK, R. Influence of burst TENS stimulation on the healing of Achilles tendon suture in man. **Acta Orthopaedica Belgica**, v. 69, n. 6, p. 528-532, 2003.
- CHAO, P. H.; ROY, R.; MAUCK, R. L.; LIU, W.; VALHMU, W. B.; HUNG, C. T. Chondrocyte translocation response to direct current electric fields. **Journal of Biomechanical Engineering**, v. 122, n. 3, p. 261-267, 2000.
- CLEARY, S. F.; LIU, M.; GRAHAM, R.; DIEGEIMANN, R. F. Modulation of tendon fibroplasias by exogenous electric currents. **Bioelectromagnetics**, v. 9, p. 183-194, 1988.
- COTRAN, R.S.; KUMAR, V.; COLLINS, T. **Robbins**: patologia estrutural e funcional. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 1251p.

- CREVIER-DENOIX, N.; COLLOBERT, C.; POURCELOT, P.; DENOIX, J.M.; SANAA, M.; GEIGER, D.; BERNARD, N.; RIBOT, X.; BORTOLUSSI, C.; BOUSSEAU, B. Mechanical properties of pathological equine superficial digital flexor tendons. **Equine Veterinary Journal**, v. 23, p. 23-26, 1997. Supplement.
- DE PALMA, L.; GIGANTE, A.; RAPALI, S. Physiopathology of the repair process of lesions of Achilles tendon. **Foot and Ankle Surgery**, v. 12, p. 5-11, 2006.
- FEEDAR, J.A.; KLOTH, L.C. Chronic dermal ulcer healing enhanced with monophasic pulsed electrical stimulation. **Physical Therapy**, v. 71, n. 9, p. 639-649, 1991.
- FRANK, C.; SCHACHAR, N.; DITTRICH, D.; SHIRIVE, N.; DEHASS, W.; EDWARDS, G. Electromagnetic stimulation of ligament healing in rabbits. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, n. 175, p. 263-272, 1983.
- FRIEDRICH, T.; SCHMIDT, W.; JUNGMICHEL, D.; HORN, L.C.; JOSTEN, C. Histopathology in rabbit Achilles tendon after operative tenolysis (longitudinal fiber incisions). **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 1, p. 4-8, 2001.
- GELBERMAN, R.H.; STEINBEIRG, D.; AMIEL, D.; ING, D.; AKESON, W. Fibroblast chemotaxis after tendon repair. **Journal of Hand Surgery American**, v. 16, n. 4, p. 686-693, 1991.
- GIGANTE, A.; SPECCHIA, N.; RAPALI, S.; VENTURA, A.; DE PALMA, L. Fibrillogenesis in tendon healing: an experimental study. **Journal of Biological Research: Bolletino Della Societa Italiana di Biologia Sperimentale**, v. 72, n. 7, p. 203-210, 1996.
- GOLDMAN, R.; ROSEN, M.; BREWLEY, B.; GOLDEN, M. Electrotherapy promotes healing and microcirculation of infrapopliteal ischemic wounds: a prospective pilot study. **Advances in Skin & Wound Care**, v. 17, n. 6, p. 284-294, 2004.
- GRIFFIN, J.W.; TOOMS, R.E.; MENDIUS, R.A.; CLIFFT, J.K.; VANDER SWAAG, R.; EL-ZEKY, F. Efficacy of high voltage pulsed current for healing of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. **Physical Therapy**, v. 71, n. 6, p. 433-442, 1991.
- HATAKA, A. **Cinética vascular e celular na cicatrização tendínea experimental em cães (*Canis familiaris*)**. 1998. 63 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.
- HATAKA, A.; MORAES, J. R. E.; PAULA, D.; FAVARO, A. F.; MORAES, F. R.; PERECIN, D. Evolution of the vascular pattern in deep flexor tendon healing an experimental study in dogs. **Brazilian Journal of Morphology Science**, v. 16, p. 203-208, 1999.
- LEE, R. C.; CANADAY, D. J.; DOONG, H. A review of the biophysical basis for the clinical application of electric fields in soft-tissue repair. **Journal of Burn Care and Rehabilitation**, v. 14, n. 3, p. 319-335, 1993.
- LITKE, D. S.; DAHNERS, L. E. Effects of different levels of direct current on early ligament healing in a rat model. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 12, n. 5, p. 683-688, 1994.
- MASTRANTONIO, E.C. **Reparo do tendão do músculo gastrocnêmio de coelhos com enxerto de jejuno livre homólogo conservado em glicerina a 98%**. 2002. 22 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária, Clínica e Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.
- MORAES, J. R. E. **Estudo comparado dos aspectos morfofuncionais de tendões na constituição normal e na evolução do processo cicatricial**. 2001. 172 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- NESSLER, J. P.; MASS, D. P. A direct-current electrical stimulation of tendon healing *in vitro*. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 217, p. 303-312, 1985.
- NUCCITELLI, R. A role endogenous electric fields in wound healing. **Advances in Skin & Wound Care**, v. 15, n. 6, p. 112-120, 2002.
- OWJINGWA, J.C.; ISSEROFF, R. Electrical stimulation of wound healing. **Dermatology Foundation**, v. 36, n. 4, p. 1-12, 2002.
- OWOEYE, I.; SIELHOLZ, N. I.; NELSON, A. J. Low-intensity pulsed galvanic current and the healing of tenotomized rat Achilles tendons: preliminary report using load-to-breaking measurements. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 68, n. 7, p. 415-418, 1987.
- REZENDE, C. M. F.; SILVA, M. C.; LARANJEIRA, M. G.; BORGES, A. P. B. Estudo experimental do poliuretano de óleo de mamona (*Ricinus communis*) como substituto parcial do tendão calcâneo comum em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 6, p. 695-700, 2001.

SARTORI FILHO, R.; GANDOLF, W.; BANDARRA, E.P. Emprego de membrana biológica (centro frênico) na reparação das lesões tendíneas em coelhos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 9, n. 1, p. 69-77, 1997.

SHIMIZU, B.J.; EURIDES, D.; MOTA, F.C.D. Anestesia dos nervos isquiáticos e femoral na introdução de parafuso

no terço médio da tíbia em gatos. **Ciência Animal**, n. 1, v. 1, p. 209, 2000.

WELCH, W.C.; WILLIS, S.L.; GERSZTEN, P.C. Implantable direct current stimulation in para-axial cervical arthrodesis. **Advances in Therapy**, v. 21, n. 6, p. 389-400, 2004.

Protocolado em: 22 nov. 2007. Aceito em: 24 mar. 2009.