

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**FISIOTERAPIA COMO ADJUVANTE NA CONSOLIDAÇÃO
DE FRATURAS ÓSSEAS**

Caroline Gomes Crispim

PORTO ALEGRE

2017/2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**FISIOTERAPIA COMO ADJUVANTE NA CONSOLIDAÇÃO DE
FRATURAS ÓSSEAS**

Autor: Caroline Gomes Crispim

**Trabalho apresentado à Faculdade de
Veterinária como requisito parcial para a
obtenção da graduação em Medicina Veterinária**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi

PORTO ALEGRE

2017/2

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à minha mãe Mari Gomes e meu irmão Marcelo Martins por todo apoio, incentivo e compreensão durante todos esses anos, por nunca me deixarem desistir nos momentos de dificuldade. Obrigada por sempre acreditarem em mim e no meu sonho de ser médica veterinária.

Ao Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi, por ter aceitado ser meu orientador e por todos os conhecimentos compartilhados.

Ao setor de fisioterapia veterinária do HCV-UFRGS, no qual fiz estágio nos últimos anos e adquiri muitos conhecimentos que me ajudaram a desenvolver esse trabalho. Principalmente as veterinárias Mariana Boss, Leticia Gutierrez e Alessandra Ventura que me auxiliaram durante os estágios.

Aos meus sobrinhos Arthur e Murilo que me alegraram e distraíram durante os momentos estressantes.

A todos os familiares que torceram por mim, em especial a minha dinda Almira Gomes que está sempre pertinho me acompanhando.

À amiga e colega Lúnia Rossa, meu presente especial da veterinária, que me ouviu reclamar e pedir ajuda inúmeras vezes durante a realização desse trabalho. Por toda a força, incentivo, amizade e também por sempre me lembrar do número do RU e as datas de provas.

A todos os amigos e colegas que fizeram esse período ficar mais leve e cheio de boas lembranças, todos estarão pra sempre no meu coração: Débora Eugenio, Evelyn Winny Torcato, Reili Moreira, Giuliano Barros, Shirley Assie, Jéssica Bernardes, Amanda Bilha e Vinicius Sasso Níckel.

Ao amigo Carlos Junior por acompanhar essa caminhada desde o início, por todo o incentivo e pelos estudos compartilhados da terrível anatomia.

À amiga Natacha Cruz, por desculpar meus períodos de ausência e todas as promessas de visita.

Aos meus animais, Negrinha, Luna, Sophi, Gatuxa, Anita, Lado a Lado de Santa Angélica, por todo o companheirismo e por terem paciência pelas vezes que tentei praticar as técnicas aprendidas em aula.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

As fraturas ósseas têm grande incidência no cotidiano da clínica médica veterinária, além disso, a recuperação pós-cirúrgica é delicada e requer cuidados, por isso é lenta e muitas vezes não se obtêm o êxito desejado, visto que é muito mais difícil controlar o pós-operatório dos animais em relação aos humanos, já que eles não têm a consciência de que precisam fazer repouso até a completa consolidação óssea. Portanto, acelerar esse processo de recuperação é muito vantajoso e, por isso a fisioterapia pode ser uma grande aliada nesse tratamento, já que estudos comprovam que ela acelera significativamente o tempo de consolidação óssea.

ABSTRACT

Bone fractures have a high incidence in the routine of the veterinary medical clinic, in addition, the post surgical recovery is delicate and requires care, so it is slow and often not successful, since it is much more difficult to control postoperative animals than humans, since they are not aware that they need to rest the member until it is fully consolidated. Therefore accelerating this recovery process is very advantageous, so physiotherapy can be a great ally in this treatment, since studies prove that it significantly accelerates the time of bone healing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FISIOTERAPIA VETERINÁRIA.....	10
2.1 Crioterapia	11
2.2 Ultrassom terapêutico	11
2.3 Laserterapia	12
2.4 Eletroterapia	14
2.5 Magnetoterapia.....	15
2.6 Cinesioterapia	17
3 ANATOMIA ÓSSEA	17
3.1 Classes dos ossos	18
3.2 Estrutura óssea	18
4 HISTOLOGIA ÓSSEA.....	19
5 FISIOLOGIA ÓSSEA.....	20
6. CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA.....	21
7 TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA APLICADAS NA CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA.....	22
7.1 Ultrassom.....	22
7.2 Magnetoterapia.....	24

7.3 Laserterapia	25
7.4 Eletroterapia	27
8. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação é uma parte importante no tratamento de fraturas. Embora tradicionalmente o foco do cirurgião seja a osteossíntese, as atenções atualmente estão voltadas para o manejo das lesões de tecidos moles e a manutenção da amplitude normal de movimento das articulações envolvidas ou adjacentes (PEDRO; MIKAIL, 2009). As diversas formas de estabilização de uma fratura implicam também variados protocolos de fisioterapia com o mesmo objetivo de cicatrização óssea e utilização precoce do membro afetado. Embora exista uma preocupação na estabilidade do reparo ósseo durante a realização dos exercícios de reabilitação, as técnicas descritas na literatura auxiliam no retorno precoce da função normal do membro afetado, estimulando, conseqüentemente, a consolidação óssea (LEVINE et al., 2008).

O reparo ósseo é um processo regenerativo complexo que inclui a interação de vários eventos biológicos como a síntese de genes e a ação de um grande número de células e proteínas que determinarão a restauração do tecido ósseo. Diversas técnicas terapêuticas são empregadas na tentativa de promover aceleração do processo de reparação óssea, dentre elas a fisioterapia (WARIS et al., 2013). A fisioterapia veterinária é uma especialidade relativamente nova e em franca expansão. Cada vez mais os médicos veterinários que atuam na área de ortopedia estão vendo a necessidade de incorporá-la no tratamento para melhorar a recuperação e qualidade de vida dos animais (SGUARIZI, 2007). Na fisioterapia se utiliza uma variedade de tratamentos, como terapias manuais, exercícios terapêuticos e aparelhos de eletroterapia, fototerapia, magnetoterapia, e ainda a acupuntura. Ela atua de forma preventiva evitando o avanço, bem como é alternativa no tratamento de certas afecções e na recuperação pós-operatória, promovendo a melhora da função e aptidão física, do bem-estar e da qualidade de vida do animal (LEVINE et al., 2008). A ação de agentes físicos como o laser, o ultrassom pulsado e campos elétrico e eletromagnético (todos de baixa intensidade) no tecido ósseo tem sido muito estudada, revelando que estes são capazes de estimular a osteogênese, acelerar a consolidação de fraturas e aumentar a massa óssea (LIRANI & LAZARETTI-CASTRO, 2005).

O objetivo desse trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso de fisioterapia na consolidação de fraturas, e desse modo demonstrar a importância desse método de tratamento.

2 FISIOTERAPIA VETERINÁRIA

A fisioterapia veterinária é uma especialidade recente e próspera na medicina veterinária no Brasil e em todo o mundo, tanto pelo crescente número de profissionais habilitados, como pelo número de eventos e estudos científicos. Os animais podem beneficiar-se do trabalho fisioterápico, com menos sofrimento, menos incomodo, maior agilidade e até menos desconforto psicológico do proprietário, ao ver seu animal novamente reabilitado, caminhando e correndo (PEDRO; MIKAIL, 2009). A fisioterapia é indicada para qualquer espécie, porém para cada uma delas há técnicas mais recomendadas, levando em consideração características do animal, como a biomecânica, velocidade metabólica, comportamento e as respostas fisiológicas frente a diferentes estímulos (SGUARIZI, 2007).

O objetivo da fisioterapia é restaurar, manter e promover a melhora da função, aptidão física, bem-estar e qualidade de vida, quando estes estão relacionados a distúrbios locomotores e de saúde. Em cães inclui tratamento após procedimentos cirúrgicos ortopédicos, programas de perda de peso, fortalecimento muscular, controle de doenças crônicas como osteoartrite ou condições progressivas como mielopatia degenerativa. O fisioterapeuta deve escolher um plano terapêutico com a finalidade de alcançar uma resposta mais rápida do paciente, levando em conta a sua doença, histórico clínico e evolução. Portanto, o plano terapêutico deve ser único para cada paciente e deve ser modificado baseado em reavaliações, geralmente semanais do quadro do paciente. O animal pode estar internado ou receber tratamento em centros de reabilitações (LEVINE et al., 2008).

A fisioterapia consiste em um conjunto de terapias que emprega diversos agentes físicos que se completam entre si. Dentre esses métodos estão a crioterapia, termoterapia, massoterapia, magnetoterapia, eletroestimulação, laser e ultrassom (OTEGUI et al., 2008). Além disso, uma parte importante da fisioterapia é a cinesioterapia que explica-se pelo próprio nome, pois cinesio significa movimento e terapia significa tratamento, ou seja, tratamento pelo movimento (PEDRO; MIKAIL, 2009). Dessa forma, a medicina veterinária está reconhecendo a importância de acompanhar processos dolorosos com terapias físicas, como complemento de manejo médico ou cirúrgico (STERIN, 2004).

2.1 Crioterapia

A crioterapia consiste na aplicação do frio como método de reabilitação (LEVINE et al., 2008). O gelo atua nos sinais cardinais da inflamação (dor, edema, hiperemia, aumento de temperatura e diminuição da função) (PEDRO; MIKAIL, 2009). O frio é indicado como tratamento de diversas condições: inflamação aguda ou traumatismo, para aumentar a amplitude de movimento, que é limitada pela inflamação, para garantir cuidados emergenciais a pacientes queimados, para estimular a função muscular, para reduzir a espasticidade relacionada a distúrbios de neurônio motor superior (LEVINE et al., 2008). Há uma ampla gama de formas de aplicação da crioterapia como bolsas de gelo, bolsas de gel, bolsas químicas, imersão em gelo e água, massagem com gelo e spray (PEDRO; MIKAIL, 2009).

2.2 Ultrassom terapêutico

O ultrassom é definido como ondas acústicas de alta frequência e imperceptíveis ao ouvido humano. As ondas acústicas são transmitidas pelo transdutor (LEVINE et al., 2008). Essas ondas se situam fora do alcance da audição humana, portanto são chamadas de ultrassônicas, ficando em faixa acima de 20.000Hz (PEDRO; MIKAIL, 2009). As ondas acústicas são produzidas pela vibração de um cristal piezoelétrico dentro de um transdutor (PLAJA, 2003; SPEED, 2001). Entretanto, a emissão do feixe de ultrassom pelo transdutor não é uniforme, sendo indispensável a movimentação do dispositivo para padronizar os efeitos e evitar lesões por aquecimento excessivo (PLAJA, 2003).

Durante a transmissão das ondas através dos tecidos, há diminuição da transmissão do som, pois ocorre dispersão e absorção. A absorção é maior em tecidos ricos em proteína e menos em tecido adiposo (LEVINE et al., 2008). A transmissão só ocorre em meio sólido ou líquido, e é incapaz de atravessar o ar, portanto, é indispensável o uso de géis específicos ou tratamento subaquático (PEDRO; MIKAIL, 2009). Por esse motivo é recomendado fazer tricotomia, pois existe uma grande quantidade de ar entre os pelos (LEVINE et al., 2008). A frequência de emissão do ultrassom tem relação inversa com a capacidade de penetração nos tecidos, aparelhos utilizados em fisioterapia geralmente produzem frequência de um a três MHz, alcançando em torno de sete e três centímetros de penetração, respectivamente (PLAJA, 2003). Transdutores de alta frequência (3MHz) são utilizados para o tratamento de tecidos mais superficiais, pois a energia é absorvida rapidamente. Os transdutores mais utilizados na

terapia das disfunções músculo-esqueléticas, de 1 MHz, possibilitam a penetração em camadas mais profundas (PEDRO; MIKAIL, 2009).

Os efeitos do ultrassom podem ser classificados em efeitos térmicos e efeitos não térmicos. Efeitos térmicos: aumento da extensibilidade do colágeno, do fluxo sanguíneo, da velocidade de condução do estímulo nervoso, da atividade macrofágica, da atividade enzimática, do limiar de dor e redução de espasmos musculares. Para que os efeitos termais aconteçam, a temperatura tecidual deve aumentar de 1 a 4°C (LEVINE et al., 2008). Devido aos efeitos citados anteriormente, o uso do ultrassom terapêutico é indicado para diversas condições, como tendinites, contraturas articulares, cicatrização de feridas, dores musculares e consolidação óssea (BAXTER; MCDONOUGH, 2007; PLAJA, 2003; STEISS; LEVINE, 2008). A aplicação do ultrassom para o tratamento de complicações na cicatrização óssea é recente (WATANABE et al., 2010), e deve ser realizado de modo pulsado com intensidade muito baixa (PLAJA, 2003). Os efeitos não térmicos são resultado da vibração molecular gerada pelas ondas acústicas, o que provoca compressão e rarefação. Estão incluídas nesses efeitos não térmicos as alterações na permeabilidade da membrana aos íons cálcio, na fagocitose e na liberação de histamina, bem como a estimulação de deposição de colágeno, angiogênese e proliferação de fibroblastos em razão do aumento da liberação de fatores de crescimento (LEVINE et al., 2008).

O ultrassom não deve ser utilizado nos olhos, gânglios cervicais, ouvido, coração, animais gestantes, medula espinhal exposta, feridas contaminadas, neoplasias e em animais com epífises ósseas abertas (LEVINE et al., 2008).

2.3 Laserterapia

O laser é uma fonte de luz artificial produzida através de um processo físico que envolve a ativação de elétrons, gerando a emissão de radiação na forma de fluxo de fótons (MILLIS; ADAMSON, 2008). A luz é uma forma de energia eletromagnética que é transmitida por partículas de energia denominados fótons. Conforme o comprimento dessas ondas, a luz será representada por uma cor, sendo que a luz visível se encontra apenas numa parte do espectro eletromagnético entre 400nm (violeta) e 700nm (vermelho). A maior parte dos aparelhos de laser utilizados com fins terapêuticos emite ondas entre 600 e 1.000nm (PEDRO; MIKAIL, 2009).

O termo laser é uma sigla para o termo inglês *light amplification by stimulated emission of radiation* (luz amplificada pela emissão estimulada de radiação). Existem diferentes tipos de laser disponíveis, os tipos de laser utilizados na reabilitação, comumente conhecidos como terapia com laser de baixa frequência (LLLT), são denominados lasers frios. Os lasers cirúrgicos têm alta potência e são capazes de causar destruição térmica das células e dos tecidos ao passo que aqueles utilizados na reabilitação tem baixa frequência e auxiliam na modulação dos processos celulares, conhecidos como fotobiomodulação (LEVINE et al., 2008). Os aparelhos de lasers são nomeados de acordo com a substância radioativa que eles contêm. Essas substância podem estar na forma de cristais sólidos como o rubi sintético e na forma de gases, como hélio e o dióxido de carbono, ou ainda na forma de semicondutores diodos, como arsenieto de gálio e arsenieto de gálio alumínio. Portanto, a substância radioativa e o comprimento de onda que ela emite vão definir o nome comercial, as características da luz, a potência e as propriedades terapêuticas do equipamento. Atualmente o modelo mais utilizado é o de diodos semicondutores. A substância radioativa é cortada, altamente polida (para amplificar a luz como um espelho) e sobreposta. A corrente elétrica é aplicada às duas partes, e ocorre a reação de formação do laser na junção das duas superfícies (PEDRO; MIKAIL,2009).

Os aparelhos podem emitir luz no modo contínuo ou no modo pulsado. No modo contínuo a potência que sai do aparelho é sempre a mesma emitida; dessa forma, a potência do raio vai ser igual a do aparelho. No modo pulsado, a emissão do raio sofre períodos de interrupção durante o tratamento, portanto, a potência do raio vai ser menos do que a do aparelho. Além disso, o laser possui três propriedades importantes que o diferem da luz comum: ele é coerente (todos os fótons são emitidos no mesmo comprimento de onda, não havendo perda no caminho, a energia que sai do aparelho é a mesma que chega no tecido), colimado (os raios são extremamente paralelos entre si, todos os fótons caminham na mesma direção), monocromático (porque a luz possui apenas um comprimento de onda) (PEDRO; MIKAIL, 2009).

As principais indicações são cicatrização de feridas, tratamento de áreas com inflamação e edema, alívio da dor, afecções osteoarticulares e lesão de nervos periféricos (PEDRO; MIKAIL, 2009). O laser estimula o desenvolvimento de fibroblastos e pode afetar a produção de colágeno para o reparo tecidual, pode também acelerar a angiogênese e aumentar a formação de novos capilares. A laserterapia também é importante no tratamento de edemas

pois aumenta a drenagem linfática e sanguínea (LEVINE et al., 2008). Lirani-Galvão, Jorgetti e Silva (2006) afirmam que o uso do laser de baixa potência promove a aceleração da formação óssea, pois gera um aumento na atividade osteoblástica, nos níveis de ATP, na organização das fibras colágenas e no aporte sanguíneo. Os mesmos autores concluíram que a utilização de laser de baixa potência acelera o processo de reparação óssea por promover o desenvolvimento do novo tecido ósseo mais resistente.

Algumas contraindicações estão associadas á utilização de laserterapia em pacientes com tumores, devido ao efeito de crescimento celular e aumento do aporte sanguíneo. A aplicação em animais prenhes e sobre a córnea, áreas fotossensíveis da pele, áreas com necrose e contaminação excessiva, placas de crescimento e fontanelas abertas devem ser evitadas (PLAJA, 2003; BAXTER; MCDONOUGH, 2007).

2.4 Eletroterapia

A eletroterapia é utilizada na medicina para uma variedade de propósitos, incluindo aumento da amplitude de movimento, aumento da extensibilidade muscular, melhora da função do membro, controle da dor, aceleração da cicatrização, redução de edema e melhora da administração transdermal de medicamentos (iontoforese) (LEVINE et al., 2008). A terapia consiste no uso de aparelho de eletroestimulação que emite corrente elétrica alternada de baixa frequência (PEREZ, 2012). O uso dessa terapia para estimular o neurônio motor a causar contrações musculares é denominado eletroestimulação neuromuscular, ou pela sigla em inglês NMES, *neuro muscular electrical stimulation* (LEVINE et al., 2008). Quando a finalidade é a estimulação funcional direta do músculo utiliza-se a modalidade conhecida pela sigla FES, *functional electrical stimulation* (PEDRO; MIKAIL, 2009). E quando se usa a estimulação elétrica para controle da dor, utiliza-se o termo eletroestimulação nervosa transcutânea, mais conhecido pela sigla em inglês TENS, *transcutaneal electrical nerve stimulation* (LEVINE et al., 2008).

Basicamente, os aparelhos vendidos com finalidade terapêutica geram três tipos de corrente elétrica: direita, alternada ou pulsada. Direita, é o fluxo unidirecional de elétrons em direção a um polo positivo, e é utilizada para estimular músculos desnervados e para iontoforese. Alternada, o fluxo de elétrons constantemente muda de direção, ou seja, a polaridade é revertida. Pulsada, quando há três ou mais pulsos agrupados, esse grupo de pulsos é interrompido por períodos curtos de tempo e repete-se a intervalos regulares. Quando

a finalidade é o alívio da dor utilizam-se equipamentos para estimular nervos periféricos conhecidos como TENS. Quando a finalidade é o trabalho muscular, utilizam-se equipamentos conhecidos como FES (PEDRO; MIKAIL, 2009).

Os efeitos causados pela eletroterapia são determinados por fatores como a intensidade, a frequência de estimulação e a duração do pulso. A frequência pode ser expressa em Hertz e seu valor dependerá do objetivo da terapia. A duração dos pulsos é mensurada em microssegundos e mostra o intervalo entre cada pulso (BAXTER; MCDONOUGH, 2007; LEVINE et al., 2008).

O TENS é uma forma eficiente de promover analgesia, os mecanismos propostos por meio dos quais o TENS produz neuromodulação são: inibição pré-sináptica do corno dorsal da medula espinhal; controle endógeno da dor (via endorfinas, encefalinas, dinorfinas); inibição direta de um nervo excitado anormalmente. Os impulsos gerados nos receptores cutâneos, que caminham por fibras largas aferentes chegam primeiro e bloqueiam o portão no corno dorsal da medula, inibindo assim os impulsos de dor que chegam através de fibras de menor calibre. Os eletrodos geralmente são posicionados na pele sobre a área dolorida (PEDRO; MIKAIL, 2009).

O FES é utilizado na prevenção de atrofia muscular quando os músculos se encontram impedidos de trabalhar e exercícios são contraindicados, principalmente pós-cirurgias, onde o paciente não deve movimentar a região, como por exemplo, em casos de desuso do membro decorrente de colococefalectomia (LEVINE et al., 2008; PEDRO; MIKAIL, 2009). A contração muscular promovida por meio da eletroestimulação difere da contração voluntária, uma vez que na voluntária ocorre a contração de fibras tipo I de contração lenta e depois as de contração rápida tipo II. Ao passo que na contração induzida, primeiramente ocorre a contração de fibras tipo II e depois as do tipo I (PEDRO; MIKAIL, 2009).

Os conhecimentos dos tipos de correntes produzidos das características da onda e de como os parâmetros de estimulação elétrica são regulados são essenciais para uma aplicação segura e efetiva de eletroterapia (PEDRO; MIKAIL, 2009).

2.5 Magnetoterapia

Há dois tipos de terapia por meio de campo magnético: a que utiliza magnetos estáticos e a que utiliza o campo magnético pulsátil (PEDRO; MIKAIL, 2009).

Os magnetos estáticos são campos magnéticos encontrados ao redor de substâncias magnetizadas, como ferro, alumínio, etc. Esses campos são permanentes, estão constantemente ao redor da substância e não sofrem variações de intensidade. Os magnetos estáticos são acoplados em diversos acessórios como colchões, caneleiras, capas, palmilhas, botões para o tratamento de áreas pontuais. O tempo de tratamento é geralmente várias horas de uso (PEDRO; MIKAIL, 2009). Os mecanismos terapêuticos propostos incluem aumento no fluxo sanguíneo local, possível liberação de endorfinas e efeitos antiinflamatórios, porém poucas evidências suportam essas teorias (LEVINE et al., 2008).

O magneto pulsátil obtém energia através de uma corrente elétrica que passa por um condutor em espiral, criando campo magnético ao redor. Quando duas espirais são posicionadas de forma paralela a uma distância menos que uma espiral, as linhas de campo permanecem paralelas umas as outras e perpendicular a espiral, qualquer objeto exposto entre as espirais encontra-se sob a ação do campo magnético (PEDRO; MIKAIL, 2009).

Estudos mostraram que o campo magnético pulsátil estimula os processos biológicos pertinentes à osteogênese e a incorporação de fragmentos ósseos (BASSETT, 1982), e estimula osteoblastos e condroblastos (CHILDS, 2003). Além de poder ser usado para evitar perda óssea em pacientes imobilizados por longo período (CRUESS; KAN; BASSETT, 1983). Embora não esteja muito claro o mecanismo de ação do campo magnético, uma das teorias é que a matriz celular e o processo de reparação de um tecido são regulados por agentes químicos (citocinas, fatores de crescimento) e físicos (principalmente por estímulo mecânico e elétrico). Provavelmente, o sinal físico do campo magnético é detectado pelas células e passa a dar origem a uma cascata de eventos químicos no local (PEDRO; MIKAIL, 2009). O efeito sob a consolidação óssea é justificado pela ativação do metabolismo do cálcio promovido pelo campo magnético. Por este fato, ele é bastante empregado em casos de não-união óssea (STERIN, 2010).

No caso do campo magnético estático, ainda faltam estudos que possam atestar sua eficácia, já em relação ao campo magnético pulsátil, conta com diversos estudos que comprovam sua eficiência (PEDRO; MIKAIL, 2009).

2.6 Cinesioterapia

A cinesioterapia consiste em uma terapia através do movimento, sendo que o movimento pode ser ativo (realizado pelo paciente) ou passivo através da ajuda do terapeuta para executar os movimentos. O uso de exercícios terapêuticos depende das condições clínicas de cada paciente e do conhecimento do terapeuta a respeito da doença do paciente. Com bases nesses conhecimentos é possível prescrever o exercício correto, bem como a sua intensidade, duração e tempo de intervalo (PEDRO; MIKAIL, 2009).

A cinesioterapia se baseia em movimentos e exercícios específicos no tratamento de diversas afecções, desta forma é importante possuir conhecimento de anatomia, fisiologia e biomecânica para promover um trabalho de prevenção, reabilitação e cura. O exercício busca corrigir, recuperar, manter uma determinada função tendo como finalidade a preservação do movimento livre, buscando melhorar a força, resistência a fadiga, mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e relaxamento (PEREIRA, 2003). Para Fréz (2003), os exercícios terapêuticos propiciam aumento da mobilidade, fortalecimento muscular, melhora do equilíbrio, treino de marcha e evolução dos estímulos sensoriais, o que facilita as transferências pelo ganho da estabilidade corporal. Tais quesitos propiciam maior independência para a recuperação e confiança durante as atividades desempenhadas, todavia, estas atividades devem ser realizadas dentro dos limites de tolerância do paciente. A biomecânica da reabilitação e do movimento é complexa, pois envolve diferentes tecidos e estruturas, e também devemos considerar os estágios de cicatrização de tecidos lesionados, como fraturas.

Um melhor conhecimento de aspectos biomecânicos de tecidos músculo-esqueléticos e da movimentação durante o período de reabilitação, associada aos conhecimentos já estabelecidos da recuperação tecidual, pode aperfeiçoar os programas de reabilitação (LEVINE et al., 2008).

3 ANATOMIA ÓSSEA

O esqueleto pode ser dividido em três partes: esqueleto axial (coluna vertebral, costela, crânio, esterno), esqueleto apendicular (ossos dos membros), esqueleto esplênico ou visceral

(são ossos presentes em alguma víscera ou órgão mole, como o osso do coração do boi e o osso do pênis do cão). (GETTY, 1986).

3.1 Classes dos ossos

Os ossos são divididos em quatro classes a partir da sua função e formação, são elas: ossos longos, ossos curtos, ossos planos e ossos irregulares. Ossos longos: estão presentes nos membros onde atuam como suporte e como alavanca, tem forma cilíndrica com as extremidades alargadas, a porção cilíndrica delimita a cavidade medular. Ossos curtos: são os ossos do carpo, tarso e sesamóides, possuem dimensões e comprimento semelhantes, tem função de difusão da concussão. Ossos planos: incluem escápula e vários ossos do crânio, protegem os órgãos que recobrem e servem de inserção aos músculos, são expandidos em duas direções, são compostos por duas lâminas de osso compacto com osso esponjoso e medula óssea interposta (GETTY, 1986).

3.2 Estrutura óssea

Os ossos são considerados estruturas vivas por possuírem vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos, eles crescem e estão sujeitos a doenças, e quando fraturados cicatrizam. São considerados um órgão hematopoiético, pois são fonte de eritrócitos, hemoglobina, granulócitos e plaquetas (GETTY, 1986).

O osso possui uma camada externa de substância compacta densa, na qual está inserida a substância esponjosa mais frouxamente e nos ossos longos ainda está presente a cavidade medular. A porção compacta é composta por substância intersticial calcificada, matriz óssea, depositada em camadas chamadas lamelas. Uniformemente por todo o osso há diversas cavidades, chamadas lacunas que são ocupadas por células ósseas chamadas osteócitos, dessas lacunas partem finas passagens tubulares em diversas direções chamadas canalículos. Esses canalículos anastomosam-se às lacunas e formam um sistema contínuo de cavidades essenciais a nutrição óssea. A maioria das lamelas do osso compacto é direcionada concentricamente em torno de canais vasculares longitudinais chamados sistema de Havers ou osteônio. Os canais longitudinais no centro dos sistemas Havers chamam-se canais nutritivos ou haversianos, eles contêm até dois vasos sanguíneos e têm comunicação com a cavidade medular e com a superfície via canais de Volkmann. Os vasos sanguíneos dos sistemas haversianos e de Volkmann tem comunicação com os vasos do endóstio e perióstio. A porção esponjosa é composta por finas lâminas ósseas e espículas que seguem varias direções e se

cruzam, e são dispostas de acordo com as solicitações mecânicas. Os espaços entre as lâminas são preenchidos por medula óssea e chamam-se espaços medulares. A substância esponjosa forma a massa dos ossos curtos e das extremidades dos ossos longos (GETTY, 1986).

O perióstio é a membrana que reveste a superfície externa do osso, exceto nas porções que estão cobertas por cartilagem, e consiste de uma lâmina externa fibrosa protetora e uma lâmina interna celular osteogênica que é bem desenvolvida durante o crescimento ósseo e depois torna-se muito reduzida. O endóstio é a membrana que delimita a cavidade medular e os canais haversianos (GETTY, 1986).

A medula óssea ocupa a cavidade medular dos ossos longos e o interstício do osso esponjoso. Existem dois tipos de medula: medula óssea vermelha e medula óssea amarela, a vermelha possui muitos tipos de células e é formadora de sangue, já a amarela é praticamente tecido adiposo ordinário (GETTY, 1986).

Os ossos são bem vascularizados e possuem dois grupos de artérias: periósticas e medulares. As periósticas partem do perióstio e emitem ramos que entram nos canais de Volkmann até atingirem os canais de Havers, outros ramos entram na extremidade dos ossos longos e suprem o osso esponjoso e medula óssea. A artéria medular, presente principalmente nos ossos longos, entra no forame nutrício passa pela substância compacta e ramifica-se na medula óssea. As veias nos ossos esponjosos geralmente não acompanham as artérias mas emergem das superfícies articulares. Os vasos linfáticos estão presentes como canais perivasculares no perióstio e nos canais de Havers. Fibras nervosas acompanham os vasos sanguíneos, algumas delas são vasomotoras e outras sensitivas para o perióstio (GETTY, 1986).

4 HISTOLOGIA ÓSSEA

O osso é composto por três tipos de celular principais: osteócitos, osteoblastos e osteoclastos. Os osteoblastos são responsáveis pela síntese do pré osso ou osteóide que é o componente orgânico do osso, composto de colágeno, proteoglicanos e glicoproteínas. Sintetizam também osteonectina, que participa da deposição de cálcio e osteocalcina, que estimula os osteoblastos. Os osteoblastos participam também da mineralização da matriz, pois concentram fosfato de cálcio, quando aprisionados pela matriz passam a se chamar osteócitos, a matriz se deposita ao redor das células formando os canalículos e lacunas que servem de

nutrição aos osteócitos. Os osteoclastos são células gigantes móveis multinucleadas responsáveis pela reabsorção e remodelação da matriz, no interior desta estão presentes os osteócitos que são nutridos pelos canalículos presentes na matriz, isso permite a comunicação dos osteócitos entre si e com a porção externa e interna do osso (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1999).

A parte inorgânica representa metade do peso da matriz óssea, os principais íons presentes são fosfato e o cálcio, além de bicarbonato, magnésio, potássio, sódio e citrato. A porção interna e externa dos ossos é recoberta pelo endóstio e o perióstio, respectivamente, que têm como função nutrição e fornecimento de novos osteoblastos, e são constituídos por células osteogênicas e tecido conjuntivo (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1999).

O osso é formado por partes sem cavidade, porção compacta e por parte com várias cavidades, porção esponjosa. Existem dois tipos de tecido ósseo o imaturo ou primário e o maduro, secundário ou lamelar, ambos possuem a mesma constituição, o tecido primário aparece primeiro no desenvolvimento embrionário e na reparação de fraturas, mas é temporário e posteriormente substituído pelo tecido secundário (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1999).

5 FISILOGIA ÓSSEA

O osso é considerado um tecido dinâmico por toda a vida, ele muda sua estrutura em resposta aos estresses internos e externos, possui elevado conteúdo mineral que lhe confere dureza e rigidez. É composto por três tipos de células principais: osteoblastos, osteoclastos e osteócitos, responsáveis pela formação, reabsorção e remodelagem do osso as quais são influenciadas por diversos hormônios, fatores de crescimento, vitaminas e minerais da dieta. Existem três funções principais exercidas pelo osso e células ósseas: ajudar a manter um ambiente iônico constante dentro do organismo, através da regulação homeostática, sustentar e proteger tecidos moles e órgãos, e, em conjunto com os músculos e tendões, promover o movimento de partes do corpo (DUKES, 2017).

O esqueleto contém 99% do cálcio do organismo e funciona como reserva desse íon, pois a concentração no sangue deve ser constante. A mobilização de cálcio do osso pode ocorrer por dois mecanismos, a simples passagem do cálcio do osso para o líquido intersticial e sangue ou pela ação do paratormônio, hormônio produzido na paratireoide, responsável pelo

aumento da reabsorção da matriz óssea devido ao aumento de osteoclastos, com isso ocorre aumento da calcemia. Outro hormônio chamado calcitonina, produzida pelas células parafoliculares da tireóide, tem ação inibitória sobre os osteoclastos, portanto inibe a reabsorção óssea. Diversos outros hormônios atuam sobre o tecido ósseo, como o hormônio do crescimento produzido pela hipófise, que estimula o crescimento ósseo em geral, os hormônios sexuais, estrógeno e testosterona, que estimulam a formação de tecido ósseo, influenciando o desenvolvimento dos centros de ossificações (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1999).

O crescimento ósseo ocorre através da formação de tecido novo e reabsorção parcial do tecido já formado. Para isso, a substituição óssea é iniciada por uma etapa de reabsorção óssea, realizada pelos osteoclastos, seguida pela etapa de formação, realizada pelos osteoblastos. A remodelação óssea é uma atividade complexa, regulada pela interação de forças mecânicas, hormonais, citocinas, prostaglandinas e fatores de crescimento (DUKES, 2017).

6. CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA

O processo de reparo ósseo depende principalmente de um suprimento sanguíneo adequado, dos sinais que atraem as células formadoras do osso para o local de fratura e do processo de remodelagem óssea que produz um osso restabelecido quase idêntico ao osso intacto (SWENSON; REECE, 1996). A consolidação óssea é um processo que se difere das demais estruturas corporais em relação à reestruturação tecidual, sendo a capacidade de manutenção, quase integral, da forma original do tecido ósseo após o processo de cicatrização (MCKIBBIN, 1978). O hematoma formado após uma fratura recruta componentes celulares com função inflamatória, quimiotática e antigênica que iniciam o processo de cicatrização (DOYLE, 2004).

Nos locais de fratura, ocorrem hemorragias, pela destruição de vasos sanguíneos e morte celular. Para que a reparação óssea se inicie é necessária a remoção desses coágulos e células mortas, que é realizada pelos macrófagos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2012). À medida que os vasos sanguíneos se direcionam para a região da fratura, inicia-se o processo de osteogênese. Há dois tipos de reparo ósseo, pela formação de calo e processo direto (SWENSON; REECE, 1996).

O calo ocorre pela formação de um anel de tecido de reparação ao redor da fratura, o periósteo saudável é responsável pelas células osteogênicas que darão origem ao calo ósseo, essas células se diferenciam em osteoblastos e produzem osso do tipo esponjoso, esses fragmentos crescem a partir de cada segmento da fratura até se fundirem. Após a união firme dos fragmentos o osso trabecular recentemente formado é substituído por osso cortical denso (SWENSON; REECE, 1996).

Além disso, a reparação pode ocorrer por união direta no local fraturado, mas para isso é necessário a estabilização rígida das extremidades fraturadas por meios mecânicos (pinos, parafusos e placas de compressão). Com essa estabilização é possível que os vasos sanguíneos e células osteogênicas dos canais de Havers estendem-se para o osso morto. Os osteoclastos formam túneis de reabsorção no osso morto para posteriormente os osteoclastos depositarem osso novo, esse processo é lento e o osso recém formado é quase sempre imaturo que será substituído mais tarde por osso maduro (SWENSON; REECE, 1996).

7 TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA APLICADAS NA CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA

7.1 Ultrassom

O ultrassom pode ser usado no modo contínuo e no modo pulsado, o modo contínuo produz efeito térmico, o qual é indesejável no processo de consolidação inicial da fratura, devido a fase inicial de regeneração óssea e fase inflamatória, onde os vasos sanguíneos ainda estão lesados provocando extravasamento de líquidos e edema. Nesse caso, o uso de calor induz vasodilatação, aumenta a demanda metabólica e estimula a formação de edema (HANDOLIN et al., 2005; MEIRA et al., 2010). Por outro lado, o ultrassom pulsado possui efeito mecânico. Quando usado em baixa intensidade serve como um potencial não invasivo. As ondas de US pulsado induzem estresse micromecânico no local da fratura, provocando a estimulação de várias moléculas e respostas celulares envolvidas na consolidação óssea (NARUSE et al., 2000).

Duarte (1983) propôs o uso de US pulsado de baixa intensidade para promover a consolidação óssea, com base no efeito piezoelétrico direto e indireto sobre o osso. A piezoelectricidade direta ocorre quando um material produz, sob carga mecânica, polarização

elétrica, convertendo energia mecânica em elétrica. Já na piezoelectricidade indireta, ocorre deformação mecânica ao se aplicar um campo elétrico a um material piezoeletrico. O US pulsado ao se propagar como energia mecânica, atinge a superfície óssea por uma sucessão de impulsos que geram sinais elétricos que estimulam o metabolismo ósseo.

São vários os mecanismos de ação estudados para justificar a estimulação ultra-sônica na consolidação óssea. Dentre eles a piezoelectricidade (DUARTE, 1983), estímulo à expressão de proteína agregadora de matriz extracelular (YANG et al., 1996), influência sobre reações celulares envolvidas na consolidação óssea (AZUMA et al., 2001), aumento da incorporação de íons de cálcio em culturas de osteoblastos e condrócitos (RYABY et al., 1989), estímulo à síntese de fatores de crescimento (MASAYA et al., 2000) e a vascularização (RAWOOL et al., 2003). A intensidade da radiação ultrassônica é fator essencial para o sucesso de qualquer terapia, bem como o seu tempo de aplicação (UCHIYAMA et al., 2007).

Estudo realizado por Sousa et al. (2008) comprovou que o US acelera a consolidação óssea de fraturas. Foi realizado um experimento com 16 cães com fraturas fechadas de rádio/ulna, fêmur ou tibia/fíbula, estabilizadas por osteossíntese. Dentre esses, 8 foram tratados pós cirurgia com US com frequência de 1,5MHz, largura de pulso de 200µs e frequência de repetição de 1kHz, com intensidade de 30mW cm⁻², durante 20 minutos, por 21 dias consecutivos, e o restante formou o grupo controle que não recebeu tratamento com US. Observou-se diferença estatística significativa ($P < 0,001$) entre as médias de tempo para consolidação do grupo tratado (67,5 dias) e do grupo controle (106 dias).

Leung et al. (2004) investigaram a eficácia do US na consolidação de fraturas de tibia de humanos. Foram dois grupos analisados, um que recebeu tratamento com ultrassom (n=16) e outro foi o grupo controle (n=14) o qual foi tratado com máquina fictícia. O US pulsado foi aplicado 20 minutos por dia durante 90 dias. Foi realizado monitoramento através de exames clínicos, radiológicos, bioquímicos e avaliação da densitometria óssea. O grupo tratado com ultrassom pulsado mostrou-se estatisticamente melhor em todas as avaliações, demonstrando que o ultrassom pulsado aumenta a cura de fraturas causadas por trauma, sendo recomendado pelos autores para melhorar o potencial de consolidação de fraturas.

Sousa (2003) investigou os efeitos do ultrassom de baixa intensidade como tratamento adjuvante na consolidação óssea de fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães. Foram avaliados 29 cães portadores de fraturas recentes em ossos longos, submetidos a procedimentos de osteossíntese (pinos intramedulares, fixação esquelética externa ou a associação destes métodos). Realizou-se o tratamento com ultrassom pulsado de baixa intensidade (30Mw/ cm), durante 20 minutos por 21 dias consecutivos em 12 cães e nos demais 17 animais nada foi instituído (grupo controle). Foram avaliados exames clínicos e radiográficos nos períodos pré-operatório, pós-operatório imediato e aos 30 e 60 dias posteriores ao processo cirúrgico. Nos exames radiográficos, foram observadas características de consolidação óssea, incluindo a presença ou a ausência de reação periosteal, ponte cortical, linha de fratura e formação de calo ósseo. Os autores não constataram diferenças estatísticas quanto aos achados radiográficos entre os grupos tratados ou não pelo ultrassom. No entanto, apesar da ausência de comprovação estatística, a maioria das fraturas tratadas com estimulação ultrassônica demonstrou sinais clínicos e radiográficos de evolução favorável ao processo de consolidação óssea. Sendo assim, os autores indicaram o ultrassom de baixa intensidade como tratamento adjuvante de fraturas recentes de ossos longos.

O ultrassom pulsado de baixa intensidade pode acelerar o tempo de regeneração óssea, surgindo como uma modalidade segura e eficaz para melhorar a cura de fraturas, considerado um método de tratamento não cirúrgico muito promissor para auxiliar no reparo do tecido ósseo (OLIVEIRA et al., 2011).

7.2 Magnetoterapia

Os campos magnéticos pulsados de baixa frequência são uma ferramenta muito importante para a fisioterapia, pois se trata de um método não invasivo, seguro e de fácil manejo para o tratamento de diversas doenças que cursam com dor, inflamação e regeneração (MAYER, 2008). A partir de um estudo realizado por Fukada e Yasuda (1997) que descreveram o fenômeno piezoelétrico em tecido ósseo percebeu-se que os efeitos do magneto na regeneração óssea não se devem apenas a energia mecânica aplicada aos íons de Ca^{++} e que fazem vibrar esses íons em sua máxima frequência até chegar a ressonância (energia que será transformada em eletricidade pelo fenômeno piezelétrico), mas também às respostas dos osteócitos que liberam por via autócrina e parócrina os fatores moduladores da atividade celular.

Martinez, Capellas e Tinoco (2001) estudaram o efeito da magnetoterapia em tecido ósseo por meio da aplicação da magnetoterapia durante 30 minutos por dia a uma frequência de 50 Hz e intensidade de 8 mT e relataram que 28 sessões de magnetoterapia são necessárias para o tratamento de fratura de ossos longos. Seus resultados em relação à consolidação das fraturas foram confirmados radiologicamente.

Estudo realizado em mandíbulas fraturadas de suínos, comprovou osteogênese mais rápida do que no grupo controle, após tratamento com cinco aplicações de magnetoterapia, e também observou maior número de osteoclastos, reação de macrófagos e neoangiogênese, confirmando resposta de consolidação mais eficaz (FAUSTOV et al., 2001).

Ulbrich (2003) estudou a qualidade da cicatrização óssea sob efeito de um campo magnético permanente, sepultado, *in vivo*. O experimento foi realizado com 24 ratos, divididos em 5 grupos, dentre eles um era o controle. Os animais foram submetidos à cirurgia para a fixação de um par de dispositivos metálicos no fêmur esquerdo, tangenciando uma cavidade cirurgicamente criada. Os animais foram sacrificados aos 15, 30, 45 e 60 dias, nos primeiros dois grupos e observou-se cicatrização acelerada em relação ao grupo controle, já aos 45 dias os resultados do grupo teste e do controle foram muito parecidos, no entanto aos 60 dias, houve marcada neoformação óssea no grupo teste. Portanto, foi concluído com esse estudo que o magnetismo é capaz de acelerar o processo de cicatrização óssea.

7.3 Laserterapia

A ação do laser no tecido ósseo tem sido estudada, revelando que ele é capaz de estimular a osteogênese, acelerar a consolidação de fraturas e aumentar a massa óssea. O uso dessa modalidade terapêutica foi baseado na descoberta de que o tecido ósseo é piezoelétrico, ou seja, quando deformado é capaz de gerar uma polarização e transformar energia mecânica em elétrica (LIRANI, 2005). O mecanismo pelo qual o laser auxilia na consolidação óssea ainda não é completamente entendido, mas é provável que a cicatrização óssea dependa não apenas da dose de energia da radiação laser, mas também do tempo e da forma de radiação (GUIMARÃES, 2006).

Lirani-Galvão, Jorgetti e Silva (2006) demonstraram que o laser de baixa potência gera aumento na atividade osteoblástica, nos níveis de ATP, na organização das fibras colágenas e no aporte sanguíneo e por isso promove a aceleração da cicatrização óssea. Esses autores

também concluíram que o laser de baixa potência promove o desenvolvimento de um novo tecido mais resistente. Pinheiro, Oliveira e Martins (2001) sugeriram a eficácia do laser frio somente na fase inicial do processo de consolidação, baseado em um experimento em que não houve diferença de mineralização óssea em defeitos ósseos de ratos tratados com laser durante sete e 28 dias.

Oliveira et al (2011) estudaram o efeito do laser e US na consolidação óssea. O experimento foi realizado com 30 ratos machos Wistar que foram separados em 3 grupos: grupo controle, grupo tratado com US e grupo tratado com laser. Todos os grupos foram submetidos a um defeito ósseo realizado cirurgicamente na tíbia. Os grupos tratados receberam tratamento a cada 48 horas, desde o pós-operatório até o 14º dia. Foi utilizado laser de comprimento de onda de 830 nm, emissão contínua, potência de saída de 100 mW, densidade de potência de 3,57 W/cm², área do feixe de 0,028 cm², divergência de 1,5, e ultrassom modo pulsado com burst de 1,5 MHz, com largura de pulso de 200us, frequência de repetição de pulso de 1 KHz e intensidade de 30 mW/cm², durante 20 minutos. Os animais foram eutanasiados e foi realizada análise biomecânica e histológica. A análise biomecânica não mostrou diferença estatística entre os grupos, já a análise histológica mostrou área de osso neoformado maior nos grupos tratados em relação ao grupo controle, mostrando que tanto o US como o laser são capazes de acelerar a consolidação óssea.

Guimarães (2006) estudou por meio de análise histológica e morfométrica o reparo ósseo em fêmures de ratos nas regiões de endóstio, perióstio e medula óssea. Os animais foram submetidos à radiação com laser diodo infravermelho ($\lambda = 830$ nm, 6 J/cm², 50mW, 120 s) de forma pontual e contínua. Foram utilizados 30 ratos machos Wistar, separados em dois grupos, o controle, o qual não recebeu tratamento com laser e o experimental, ambos os grupos foram submetidos a um defeito ósseo realizado cirurgicamente. O protocolo de radiação foi estabelecido com intervalos de 48 horas, iniciando-se imediatamente após a confecção do defeito ósseo, na cavidade medular. Após a eutanásia dos animais observou-se maior remodelação óssea e padrões de osteogênese mais avançados, além de maior média de trabeculado ósseo no grupo tratado com laser. O mapeamento morfométrico evidenciou a produção de estímulos biomoduladores positivos apenas na localização de perióstio, denotando assim, maior potencial de penetração, estimulação e aceleração da consolidação óssea na região cortical do defeito ósseo. Portanto, o autor concluiu com esse estudo que a

laserterapia de baixa potência atua como biomoduladora óssea em região de periósteo, podendo ser utilizada como adjuvante no tratamento de fraturas.

Silva e Andrade (2012) avaliaram estudos sobre laserterapia na consolidação óssea nos últimos 15 anos e observaram que em 42% dos estudos o comprimento de onda utilizado foi de 830nm, 88% dos artigos empregaram o modo contínuo, devido a maior parte dos aparelhos utilizados funcionarem, na maioria das vezes, emitindo radiação nesse modo de operação. Em 100% dos artigos utilizou-se o modo de aplicação pontual da radiação, pois estudos mostram que esse modo é o que permite a melhor absorção pelas células. Dos 50 artigos utilizados na pesquisa, 96% apresentaram resultados estatisticamente significativos sobre o crescimento ósseo. Foi observado entre os estudos que o crescimento ósseo é mostrado através dos níveis minerais de cálcio e fósforo, da proliferação celular de osteoblastos e volume trabecular, e principalmente do tempo de cicatrização óssea. Foi constatado em 100% dos artigos que ocorreu um aumento significativo ($p < 0,01$) sobre o percentual de cálcio.

7.4 Eletroterapia

Já foi demonstrado a muito tempo que o uso de corrente direta de baixa frequência, semi-invasiva, estimula a osteogênese conforme o posicionamento correto da polaridade no indivíduo (BASSET et al., 1974). Reuter (1984) afirmou um aumento da velocidade de regeneração de 20% a 30% por meio da eletroestimulação, já Haupt (1984) acredita que o aumento seja de 80%. Os tecidos biológicos são compostos por grande quantidade de íons positivos e negativos dissolvidos nos líquidos corporais, quando um campo elétrico polarizado e aplicado à superfície da pele ocorre a movimentação desses íons e isso gera consequências físicas e químicas (GUIRRO, 2002). Pesquisadores afirmaram após experimento com osteotomia em coelhos, que a eletroestimulação melhora o desenvolvimento e a mineralização óssea (PARK; SILVA, 2004). A melhora na cicatrização óssea pode ser explicada pelo aumento da perfusão vascular na musculatura esquelética ao redor da fratura devido às contrações promovidas pela eletroestimulação e pela compressão e descompressão no osso geradas pela passagem da corrente elétrica (CLEMENTE et al., 1991; PLAJA, 2003).

Estudo realizado por Bertolini e colaboradores (2008) avaliou a eficiência do uso de corrente elétrica não-invasiva na osteogênese de tíbias de ratos em diferentes fases pós-fratura. Foram utilizados 30 ratos machos distribuídos em dois grupos de 15 animais os quais foram subdivididos em três subgrupos de 5 animais. Foi induzida uma fratura cirurgicamente

na diáfise da tíbia esquerda de todos os animais. O grupo experimental foi submetido à eletroestimulação com aparelho de corrente elétrica direta galvânica com intensidade de 20 microampéres, após três dias de fratura, a aplicação teve duração de 20 minutos e estendeu-se por duas, quatro e seis semanas. Após o experimento os animais foram sacrificados e procedeu-se a avaliação histológica a qual mostrou que todos os animais sacrificados na 2ª e 4ª semana (fase colágena e osteogênica) apresentaram estágio mais avançado de reparo ósseo, já os sacrificados na 6ª semana (fase de remodelação óssea) não demonstraram diferença em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que a corrente elétrica direta não-invasiva influencia na neoformação óssea na fase fibroblástica, colágena e osteogênica, acelerando o processo de reparo ósseo.

Uma revisão de literatura realizada sobre fraturas mal consolidadas verificou um número expressivo de estudos que descreveram aceleração na recuperação especialmente para osteotomias e fusão vertebral após tratamento com eletroestimulação. Os autores relataram diferenças significativas nos grupos tratados quanto à maturação trabecular, densidade óssea e cura radiográfica. Estudos de fraturas com dificuldade de consolidação descreveram sucesso de 75% a 85% em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que a eletroestimulação tem efeito positivo sobre fraturas comuns e também naquelas com dificuldade de consolidação (AARON et al., 2004).

Outro experimento realizado referente à liberação de citocinas em osteoblastos como resposta a diferentes intensidades de pulsos eletromagnéticos demonstrou que o uso de correntes elétricas pode estimular o crescimento osteoblástico, liberar TGFbeta1 e propiciar incremento na atividade da fosfatase alcalina (Li et al., 2007).

8. CONCLUSÃO

Após a realização dessa revisão bibliográfica conclui-se que os métodos fisioterapêuticos utilizados com o intuito de acelerar a consolidação óssea, são eficazes e tiveram resultado positivo na maioria dos experimentos. Contudo, ainda é necessário mais estudos a cerca desse assunto para elucidar dúvidas que ainda persistam sobre o mecanismo de ação desses agentes na consolidação e também para informar aos médicos veterinários que esses métodos podem ser um grande aliado no tratamento de fraturas.

REFERÊNCIAS

- AARON, R.K.; CIOMBOR, D. M.; SIMON, B. 8J. Treatment of nonunions with electric and electromagnetic fields. **Clin Orthop Relat Res**, v. 419, p. 21-9, 2004.
- AZUMA, Y. et al. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates rat femoral fracture healing by acting on the various cellular reactions in the fracture callus. **Journal of Bone and Mineral Research**, v.16, n.4, p.671-680, 2001.
- BAXTER, G. David; MCDONOUGH, Suzanne M. Principles of electrotherapy in veterinary physiotherapy. In: MCGOWAN, Chaterine M.; GOFF, Lesley; STUBBS, Narelle. **Animal Physiotherapy: Assessment, Treatment and Rehabilitation of Animals**. UK: Blackwell Publishing, 2007. P. 177-186.
- BERTOLINI, S. M. M. G.; CARARO, D.C.; OLIVEIRA, P.D.; MARTINS, P.C. Eletroterapia não-invasiva no processo de reparação óssea em diferentes períodos pós-fratura: estudo experimental em ratos da linhagem wistar. **Revista Saúde e Pesquisa**, v.1, n.1, p. 25-29, 2008.
- CHILDS, Sharon G. Stimulators of bone healing: biologic and biomechanical. **Orthopaedic Nursing**, v. 22, p. 421-428, 2003.
- CLEMENTE, F.R.; MATULIONIS, D.H.; BARRON, K.W. et al. Effect of motor neuromuscular electrical stimulation on microvascularperfusion of stimulated rat skeletal muscle. **Phys. Ther.**, v.71, p.397-404, 1991.
- CRUESS, R. L.; KAN, K.; BASSETT, C. A. The effect of pulsing electromagnetic fields on bone metabolism in experimental disuse osteoporosis. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, p. 245-250, 1983.
- DOYLE, Nancy D. Rehabilitation of fractures in small animals: maximize outcomes, minimize complications. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 19, p. 180-191, 2004.
- DUARTE, L. R. The stimulation of bone growth by ultrasound. **Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery**, v.101, p.153-159, 1983.
- DUKES, H. H.; SWENSEN, M. J. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro. 10 ed. 2017.

FRÉZ, A. R. **Fraturas do Fêmur em Pacientes Idosos: Estudo Epidemiológico**; 2003. Disponível em: <<http://www.unioeste.br/projetos/elrf/monografias/2003/mono/16.pdf>>. Acesso em 15 de jul. 2016.

FAUSTIV, L. A.; NEDEL'KO, N. A.; MOROZOVA, M.V. Pathomorphology of regenerative processes in mandibular fracture after sodium succinate treatment and laser magnetotherapy in an experimental setting. **Stomatologia**. v.80, n.6, 8-11, 2001.

FUKADA, E.; YASUDA, I. On the piezoelectric effect of bone. **J Physiol Soc Japan**, v.12, p. 1158-62, 1957.

GUIMARÃES, K. B. **Fotoengenharia do processo de reparo ósseo induzido pela laserterapia de baixa potência (GaAlAs): estudo em fêmures de ratos**. Tese (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2006; p. 1-90.

HANDOLIN, L. et al. **No Long-Term Effects Of Ultrasound Therapy On Bioabsorbable Screw-Fixed Lateral Malleolar Fracture**. *Scandinavian Journal of Surgery*, 2005. Disponível em: <<http://www.fimnet.fi/sjs/articles/SJS32005-239.pdf>>. Acesso em: 10/11/2011.

LEVINE, David et al. **Reabilitação e Fisioterapia na Prática de Pequenos Animais**. Trad.: Nicole Maria Zanetti. 1. ed. São Paulo: Roca, 2008.

LIRANI-GALVÃO, Ana P.; JORGETTI, Vanda; SILVA, Orivaldo L. Comparative study of how low-level laser therapy and low-intensity pulsed ultrasound affect bone repair in rats. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 24, n. 6, p. 735-740, 2006.

JUNQUEIRA, Luiz C.; CARNEIRO, José. **Histologia Básica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

LI, J.K.; LIN, J.C.; LIU, H. C.; CHANG, W.H. Cytokine release from osteoblasts in response to diferente intensities of pulsed electromagnetic field stimulation. **Electromagn Biol Med**, v.26, n.3, p. 153-65, 2007.

LEUNG, K.S.; LEE, W.S.; CHEUNG, W.H.; QIN, L. Lack of efficacy of low-intensity pulsed ultrasound on prevention of postmenopausal bone loss evaluated at the distal radius in older Chinese women. **Clin Orthop Relat Res**, v.427, p. 234-40, 2004.

MARTÍNEZ ESCUDERO, C.; CAPPELLAS SANS, L.; TINOCO GONZÁLES, Inoco González J. Magnetoterapia en retardos de consolidación. **Rehabilitación**, v.35, n.5, p. 312-4, 2001.

MASAYA, I. et al. Effects of ultrasound and 1,25-dihydroxyvitamin D3 on growth factor secretion in co-cultures of osteoblasts and endothelial cells. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 26, n.1, p. 161-166, 2000.

MCKIBBIN, B. The biology of fracture healing in long bones. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 60, n. 2, p. 150-162, 1978.

MEIRA, P.S. et al Avaliação histológica histomorfométrica do reparo ósseo em tíbias osteotomizadas de ratos (*Rattus norvegicus albinus*), submetidas a tratamento com ultra-som, frente a presença e ausência de carga. **Vet. E Zootec.** v. 7, n.4, p. 528-540, 2010.

MEYER, P. F. **Investigação sobre possíveis efeitos biológicos in vitro de agentes físicos utilizados em fisioterapia.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: 2008; p.1-52.

MIKAIL, Solange. Magnetoterapia. In: MIKAIL, Solange; PEDRO, Claudio R. **Fisioterapia Veterinária.** 2 ed. Barueri: Manole, 2009, cap. 12, p. 98-102.

MILLIS, Darryl L.; FRANCIS, David; ADAMSON, Caroline. Novas Modalidades Terapêuticas na Reabilitação Veterinária. In: LEVINE, David et al. **Reabilitação e Fisioterapia na Prática de Pequenos Animais.** São Paulo: Roca, 2008, p. 95-117.

MORE: **Mecanismo online para referências, versão 2.0.** Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: < <http://www.more.ufsc.br/> >. Acesso em: 10.01.2018.

NARUSE, H. et al. Anabolic response of mouse bone-marrow derived stromal cell clone to low-intensity pulsed ultrasound. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 268, 2000.

OLIVEIRA, Poliani; SPERANDIO, Evandro; FERNANDES, Kelly R.; CASTOR, Fabio A.; NONAKA, Keico O.; RENNO, Ana C. M. Comparação dos efeitos do laser de baixa potência e do ultrassom de baixa intensidade no reparo ósseo em tíbia de ratos. **Rev Bras Fisioterapia**, São Carlos, v. 15, n. 3, p. 200-5, 2011.

OTEGUI, L. F.; GRISOLÍA, M. L. A.; ARGUELLO, C.; WHEELER, J.T.; LUJÁN, O.; FLORES, P. Presentación de um caso com fratura y luxación de columna torácica su evolución com fisioterapia. **Recvet**, v.III, n 3, p. 8-13,2008.

PEREIRA, S. R. **Repercussões Sócio-Sanitárias da “Epidemia” das Fraturas do Fêmur sobre a Sobrevivência e a Capacidade Funcional do Idoso**. 2003. Disponível em <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4410>> Acesso em: 3 abr. 2016.

PINHEIRO, A. L. B.; OLIVEIRA, M. G.; MARTINS, P. P. M.; RAMALHO, L. M. P.; OLIVEIRA, M. A. M.; NOVAES JUNIOR, A. Biomodulatory effects of LLLT on bone regeneration. **Laser Therapy**, v.13, p. 73-9, 2001.

PARK, Sang-Hyun; SILVA, Maurício. Neuromuscular electrical stimulation enhances fracture healing: results of an animal model. **Journal of Orthopaedic Research**, v.22, p.382-387, 2004.

PLAJA, Juan. **Analgesia por Medios Físicos**. 1. ed. Madrid: McGraw-Hill,2003. 547 p.

RAWOOL, N.M. et al. Power doppler assessment of vascular changes during fracture treatment with low-intensity ultrasound. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 22, p.145-153, 2003.

SWENSON, Melvin J.; REECE, William O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 489 p.

STERIN, Graciela Mabel. **Introducción – Terapia Física y Rehabilitación em Medicina Veterinaria**. 2001. Disponível em: <<http://www.rehabilitacionvet.com.ar/index.php/introduccion/>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

SGUARIZI, Gabriela. CFMV Regulamenta Fisioterapia Veterinária. **Revista Conselho Regional de Medicina Veterinária – PR**. Paraná, n. 22. p. 10-11, 2007.

SOUSA, V. L. **Efeitos do ultrassom de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, tíbia e fíbula) em cães (Canis familiaris)**. São Paulo. Dissertação [Mestrado em Cirurgia Veterinária] – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo; 2003.

UCHIYAMA, Y. et al. Effects of low-intensity pulsed ultrasound treatment for delayed and non-union stress fractures of the anterior mid-tibia in five athletes. **Tokai J Exp Clin Med**, v.

32, n. 4, jul. 2007. Disponível em:<<http://mj.med.utokai.ac.jp/pdf/320404.pdf>>. Acesso em: 10/11/2011.

UFRGS. **Orientações para elaboração de trabalhos acadêmicos**: dissertações, teses, TCG de Pedagogia, TCE de Especialização; organização de Ana Gabriela Clipes Ferreira... [et al.] – Porto Alegre: UFRGS/FACED/BSE, 2014. 48 f.

ULBRICH, L.M. **Avaliação do efeito de um campo magnético permanente na cicatrização óssea em fêmures de ratos**. Tese (Mestrado) – UFRGS, Porto Alegre: 2003.

WATANABE, Yoshinobu; MATSUSHITA, Takashi; BHANDARI, Mohit et al. Ultrasound for fracture healing: current evidence. **Journal of Orthopedic Trauma**, v.24, p. 56-61, 2010.

YANG, K. et al. Exposure to low-intensity ultrasound increases aggrecan gene expression in a rat femur fracture model. **Journal of Orthopaedic Research**, v.14, n.5, p.802-809, 1996.

XAVIER, C.A.M.; DUARTE, L.R. Estimulação ultra-sônica do calo ósseo: aplicação clínica. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v.18, n.3, p.73-80, 1983.