

Análise do efeito da plataforma vibratória na regeneração de defeito ósseo

Analysis of the vibrating platform effect on bone defect regeneration

Ana Flávia Calmon Daltro¹, Isabela Cerqueira Barreto², Fabiana Paim Rosa^{3*}

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas – UFBA; Integrante do Laboratório de Bioengenharia Tecidual e Biomateriais – UFBA; ²Professora Adjunta do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia; Pesquisadora do Laboratório de Bioengenharia Tecidual e Biomateriais – UFBA;

³Docente do Programa de Pós Graduação Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas – UFBA; Coordenadora do Laboratório de Bioengenharia Tecidual e Biomateriais – UFBA.

Resumo

Introdução: a plataforma vibratória é um equipamento que produz movimentos oscilatórios sinusoidais que geram estímulos mecânicos e aumentam a carga gravitacional, detectável às células, como as que compõem o tecido ósseo. **Objetivo:** comparar dois protocolos de utilização da plataforma vibratória como terapia auxiliar para a regeneração óssea, por meio de análise histomorfológica. **Metodologia:** foram utilizados 15 ratos machos, distribuídos em três grupos experimentais: Grupo Plataforma Vibratória 30 minutos (GPV 30), Grupo Plataforma Vibratória 10 minutos (GPV 10) e Grupo Calvária Vazia Preenchida por Coágulo (GCVPC). Em todos os grupos confeccionou-se um defeito ósseo com 5,0 mm de diâmetro na calvária dos animais. A partir do primeiro dia pós-operatório, os animais dos GPV 30 e GPV 10 foram submetidos ao protocolo de aplicação da plataforma vibratória por 30 e 10 minutos, respectivamente, em única sessão diária, por três dias semanais alternados, durante 15 dias. Após este período, os animais foram eutanasiados e os espécimes processados para análise histológica. **Resultados:** dentre os grupos experimentais, houve maior incremento da regeneração óssea no GPV 30, seguido do GPV 10 quando comparado ao GCVPC, em que houve neoformação óssea restrita à região de borda óssea. Em todos os grupos a neoformação não reestabeleceu o volume ósseo original. **Conclusão:** o uso da plataforma vibratória incrementou a regeneração de defeito ósseo com melhores resultados observados no maior tempo de aplicação (GPV30).

Palavras-chaves: Vibração. Fisioterapia. Osso. Regeneração Óssea.

Abstract

Introduction: the vibrating platform is an equipment that produces sinusoidal oscillatory movements that generate mechanical stimuli and increase gravitational load, detectable to cells, such as those that form the bone tissue. **Objectives:** compare two protocols of usage of the vibrating platform, as an auxiliary therapy for bone regeneration through the histomorphological analysis. **Methodology:** 15 male rats were used, divided into three experimental groups: 30 minutes Vibrating Platform Group (30 VPG); 10 minutes Vibrating Platform Group (10 VPG) and Empty Calvary Filled by Clot Group (ECFCG). In all groups, were made a bone defect with 5.0 mm diameter in the calvary of the animals. From the first postoperative day, the animals from 30 VPG and 10 VPG were submitted to the protocol of the vibrating platform application for 30 and 10 minutes, respectively, in a single daily session for three alternate days per week, during 15 days. After this period, the animals were euthanized and the specimens were processed for histological analysis. **Results:** among the experimental groups, there was a greater increase in bone regeneration in the 30 VPG, followed by the 10 VPG when compared to the ECFCG, where there was restricted bone neoformation to the bone edge region. In all groups, the neoformation did not reestablish the original bone volume. **Conclusion:** the use of the vibrating platform increased the regeneration of bone defect, with best results observed in longer time application in the 30 VPG.

Keywords: Vibration. Physical Therapy. Bone. Bone Regeneration.

INTRODUÇÃO

A plataforma vibratória é um equipamento que produz movimentos oscilatórios sinusoidais que geram estímulos mecânicos e aumentam a carga gravitacional. Este estímulo é propagado por todo o corpo ou partes dele. Através deste equipamento é possível realizar o treinamento vibratório, também denominado vibração de corpo inteiro (VCI), que estimula o sistema neuromuscular (GELI, 2008).

Este equipamento é indicado para redução de edema, dor articular e muscular, melhora do fluxo sanguíneo,

flexibilidade, prevenção e tratamento complementar para osteopenia, osteoporose, ganho de tônus, força muscular, equilíbrio e estabilidade, aumento da performance no esporte e sensação geral de bem-estar (RUBIN et al., 2001; TORVINEN et al., 2002). As contraindicações da plataforma vibratória são para os que fazem uso de marca-passo cardíaco, para os que possuem descolamento de retina, gestantes com trombose aguda ou embolia, indivíduos em pós-operatório com quadro infeccioso, indivíduos com osteoporose em estágio avançado e portadores de tumores (JUVENT REGENERATIVE TECHNOLOGIES CORPORATION, 2014).

Ao utilizar a plataforma vibratória, o indivíduo deve se posicionar sobre o equipamento de forma que suas

Correspondente/Corresponding: * Fabiana Paim Rosa – Instituto de Ciências da Saúde. Universidade Federal da Bahia – Endereço: Av. Reitor Miguel Calmon s/n, Vale do Canela, Salvador, Ba. CEP: 40.110-100. – Tel: (71) 99104-5138 – E-mail: fabianapaim@hotmail.com

extremidades distais (superiores ou inferiores) ou segmento corporal estejam em contato direto com a base da plataforma. A propagação do estímulo mecânico ocorre entre os tecidos corporais e atingem os músculos e ossos (BATISTA et al., 2007).

A emissão de estímulo biofísico e mecânico propagado pela plataforma vibratória tem efeito osteogênico e melhora o fluxo sanguíneo. O osso consegue converter este estímulo em um sinal capaz de ser detectável às células que compõem o tecido ósseo e atuam como sensores de sinal mecânico. Este mecanismo é denominado mecano-transdução. As células do tecido ósseo produzem fatores parácrinos como monofosfato cíclico de adenosina, fator de crescimento semelhante à insulina e osteocalcina, que podem sinalizar células osteoprogenitoras para que estas se diferenciem osteoblastos e sejam aderidas à superfície óssea. Dentre as células mecanossensoras do tecido ósseo, os osteócitos são as células mais solicitadas para a transdução do sinal, visto que fazem parte do sistema canalicular de amplificação da deformação mecânica (DUNCAN; TURNER, 1995; GUSMÃO; BELAGERO, 2009).

Segundo Rubin et al. (2001), o treinamento vibratório de alta frequência (acima de 2.0 Hz) e baixa intensidade tem grande potencial osteogênico, pois estes são incorporados ao ciclo de remodelação e estimulam a neoformação de osso lamelar em até quatro vezes. Não ocorre incremento quando estas forças externas são menores que 0,5 Hz (TURNER; FORWOOD; OTTER, 1994).

A remodelação óssea é um fenômeno que envolve a síntese e reabsorção óssea por meio de estímulos locais e hormonais que levam à sua regeneração espontânea. Quando sofre traumas em pequenas dimensões e encontra-se sob condições estáveis, o tecido ósseo regenera-se. Esta regeneração ocorre devido à capacidade osteogênica de células locais e demais células provenientes da circulação, que auxiliam este processo. As células osteogênicas locais e células osteoprogenitoras provenientes da circulação sanguínea, após diferenciação celular, produzem matriz extracelular que será mineralizada e, em seguida, remodelada. Entretanto, quando há lesão extensa com fragmentos instáveis ou se o indivíduo possui deficiência metabólica, o reparo pode não ocorrer espontaneamente e gerar preenchimento com tecido conjuntivo fibroso, o que caracteriza o defeito ósseo, que pode comprometer a função e estética do indivíduo (COLNOT, 2009).

Diante das dificuldades regenerativas do tecido ósseo e dos efeitos terapêuticos decorrentes do uso da plataforma vibratória, este estudo tem como objetivo comparar dois protocolos de utilização da plataforma vibratória como terapia auxiliar para a regeneração óssea, por meio de análise histomorfológica.

METODOLOGIA

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais do Instituto de Ciências da Saúde (CEUA-ICS) da Universidade Federal da Bahia, sob protocolo nº 061/2014, de acordo com as exigências legais e atuais para experimentação animal e com os Princípios Éticos da Experimentação Animal adotados pela Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (SBCAL).

Os procedimentos cirúrgicos foram realizados no Biotério da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), onde os animais ficaram alojados durante realização do experimento.

Foram utilizados 15 ratos *Rattus norvegicus*, da linhagem *Wistar albinus*, jovens e adultos, machos, com peso entre 350 a 400 gramas. Em todos os animais foi realizado um defeito ósseo na região da calvária. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três grupos: Grupo Plataforma Vibratória 30 minutos (**GPV 30**) – utilização da plataforma vibratória por 30 minutos; Grupo Plataforma Vibratória 10 minutos (**GPV 10**) – utilização da plataforma vibratória por 10 minutos; Grupo Calvária Vazia Preenchida por Coágulo (**GCVPC**) – sem utilização da plataforma vibratória, com cinco animais em cada grupo e avaliados no ponto biológico de 15 dias pós-operatório, conforme descrição abaixo (Tabela 1):

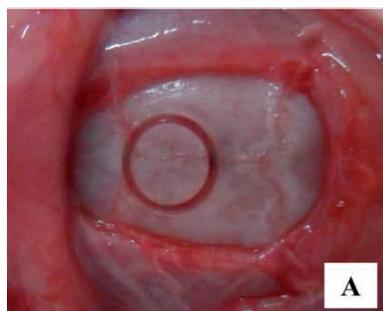
Tabela 1 – Distribuição dos animais de acordo com o grupo e ponto biológico

GRUPO	PERÍODO (DIAS)
	15
GPV 30	5
GPV 10	5
GCVPC	5
TOTAL DE ANIMAIS	15

Para realização da técnica cirúrgica os animais foram submetidos, respectivamente, à sedação e anestesia geral com injeção intramuscular de cloridrato de xilazina (40 mg/kg) e cloridrato de cetamina (100 mg/kg), seguida de tricotomia e assepsia na região da calvária. Logo após, cada animal foi posicionado em decúbito ventral para realização do procedimento cirúrgico.

A metodologia utilizada nesta etapa foi a mesma descrita em outros trabalhos realizados por nosso grupo de pesquisa (ALMEIDA et al., 2014; CÂMARA-PEREIRA et al., 2014; MIGUEL et al., 2013; RIBEIRO et al., 2014), porém, neste estudo realizou-se defeito ósseo de aproximadamente 5,0 mm (Figura 1).

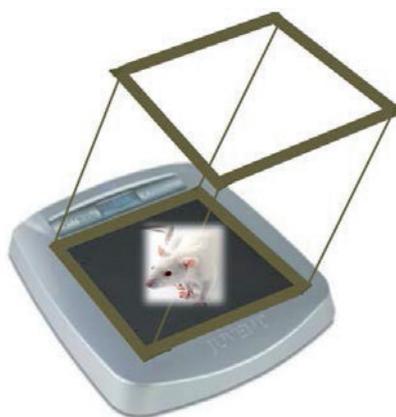
Figura 1 – Etapa do procedimento cirúrgico. Remoção do tecido subcutâneo, músculos e marcação do defeito (A); (B) remoção do fragmento ósseo.



PROTOCOLOS DE APLICAÇÃO DA PLATAFORMA VIBRATÓRIA

A partir do primeiro dia de pós-operatório, os animais dos GPV 30 e GPV 10 foram submetidos a dois protocolos de aplicação da plataforma vibratória – adaptados para este estudo –, após análise dos protocolos existentes na literatura (CÂMARA-PEREIRA et al., 2014; RUBIN; XU; JUDEX, 2001). Utilizou-se a plataforma vibratória modelo Juvent1000® (Figura 2), previamente calibrada pelo fabricante, com frequência de 32-37 Hz. Para assegurar a manutenção do rato na plataforma, utilizou-se caixa de papelão (36 x 35,5 cm) ao redor do equipamento, vazada nas extremidades superior e inferior. Os animais dos GPV 30 e GPV 10 foram colocados e mantidos individualmente sobre a plataforma vibratória durante 30 e 10 minutos, respectivamente, em única sessão diária, por três dias semanais alternados, durante 15 dias.

Figura 2 – Esquema da aplicação dos protocolos da plataforma vibratória, modelo Juvent1000®.



Após este período, os animais foram eutanasiados e as calvárias fixadas em formol tamponado, a 4%, e mantidas em coletores plásticos por três dias. Elas sofreram redução nas regiões laterais e inferior, seguida de divisão em duas porções, sendo aproximadamente 2/3 anterior e 1/3 posterior.

A porção anterior foi descalcificada em solução de EDTA (ácido etileno-diamino-tetracético) a 7%, durante sete dias, com troca do ácido a cada 24 horas. As calvárias foram processadas, incluídas em parafina e cortadas de forma seriada em um micrótomo com espessura de 5,0 µm. Foi realizada a técnica de coloração de rotina com Hematoxilina-Eosina (HE) e a coloração para identificação de proteína colagênica Picrossírius-Red (PIFG).

RESULTADOS

Constatou-se, neste estudo, que a neoformação de matriz osteóide foi reparativa em todos os grupos (Figuras 4, 8 e 10). No GPV 30 ocorreu formação de matriz osteóide mais acentuada, em direção centrípeta, próxima à região da dura-máter (Figura 4), e a presença osteoblastos e osteócitos em maior quantidade (Figura 3), quando comparado ao GPV 10 e GCVPC (Figura 6). No GPV 10 houve incremento da neoformação óssea associado à região de borda óssea, com presença de osteoblastos e osteócitos (Figuras 6 e 8), que sobressai quando comparado ao GCVPC, onde a neoformação foi discreta e restrita à região de bordas ósseas (Figura 10).

Figura 3 – GPV 30 – Osteoblastos ativos (OB), osteócitos (OC) e vasos sanguíneos (VS) entre o tecido conjuntivo fibroso. Células fusiformes e discreto infiltrado inflamatório mononuclear (IFM) com distribuição difusa – HE.

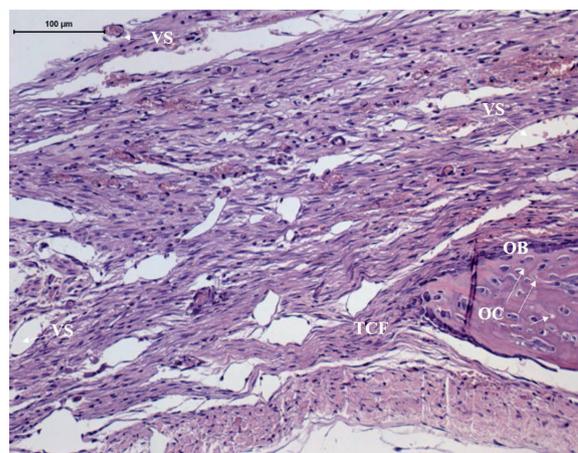


Figura 4 – GPV 30 – Matriz osteóide neoformada (MON) próxima à região da dura-máter, em direção centrípeta. Tecido conjuntivo fibroso (TCF) de permeio à matriz osteóide neoformada – PIFG.

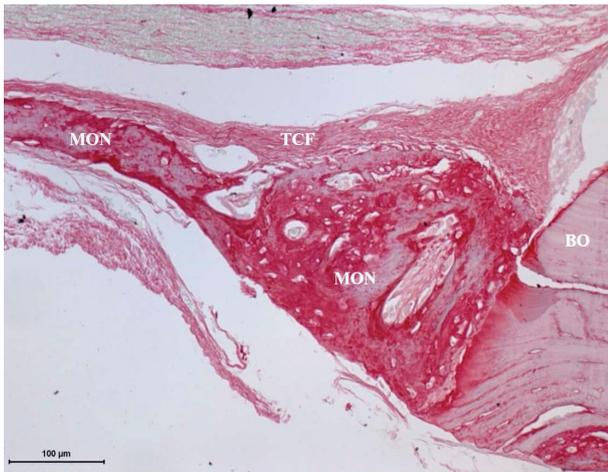


Figura 5 – GPV 30 – Extensão do defeito preenchido na região central por tecido conjuntivo frouxo (TCF), com matriz osteóide neoformada em direção centrípeta (*). Borda óssea (BO) com presença de bisel (Bi). Veia central (). Região da dura-máter (RDm) – HE.

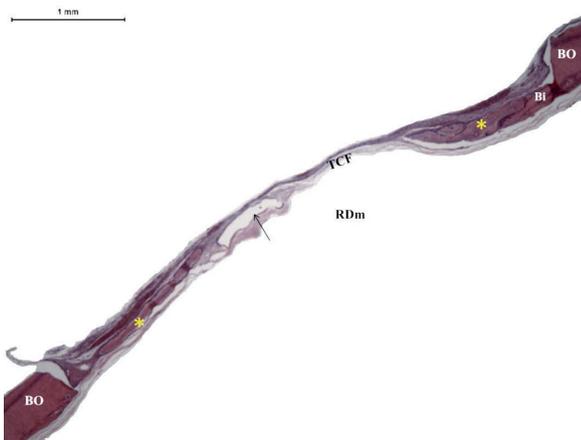


Figura 6 – GPV 10 – Neoformação óssea associada a borda óssea (BO), com presença de osteoblastos ativos (OB) e osteócitos (OC) e abundantes vasos sanguíneos (VS) – HE.

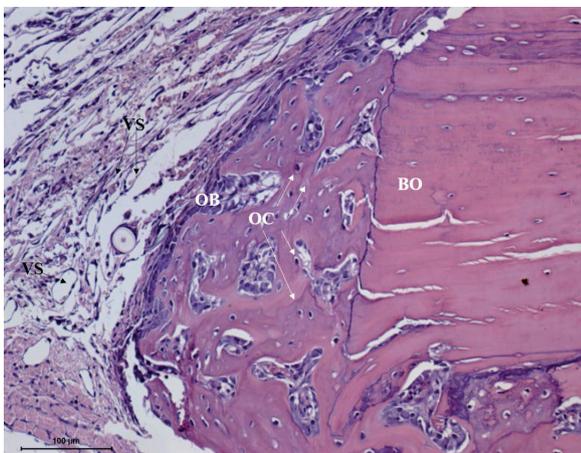


Figura 7 – GPV 10 – Vasos sanguíneos (VS) e discreto infiltrado inflamatório mononuclear (IFM) com distribuição difusa em tecido conjuntivo fibroso (TCF) e células fusiformes – HE.

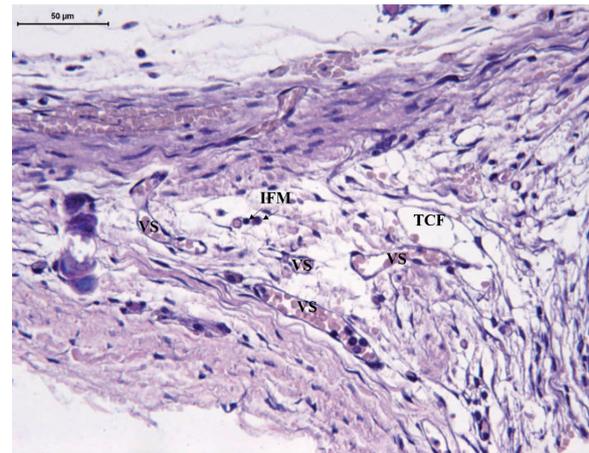


Figura 8 – GPV 10 – Matriz osteóide neoformada (MON) associado à região de borda óssea (BO) e tecido conjuntivo fibroso (TCF) de permeio à matriz osteóide neoformada – PIFG.

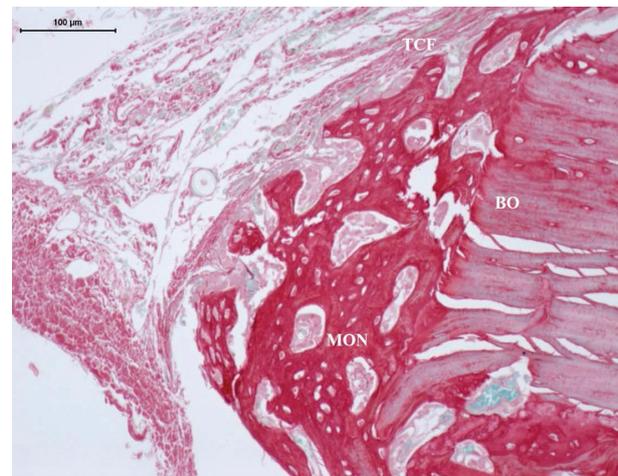


Figura 9 – GPV 10 – Neoformação óssea (*) próximo à borda óssea (BO). Tecido conjuntivo frouxo (TCF) preenchendo a extensão do defeito. Veia central (). Região da dura-máter (RDm) – HE.

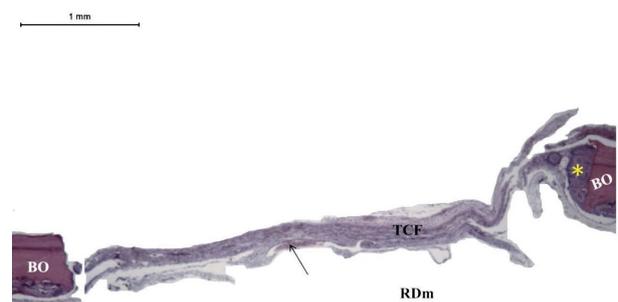


Figura 10 – GCVPC – Neoformação óssea (Neo) discreta e restrita à borda óssea (BO) e presença de tecido conjuntivo fibroso (TCF) preenchendo a região do defeito – PIFG.

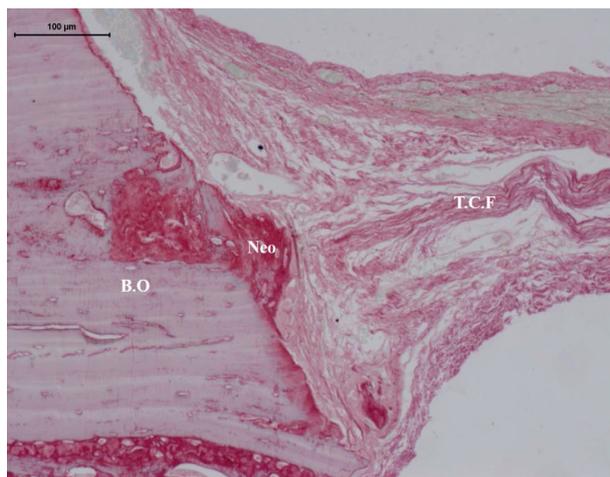
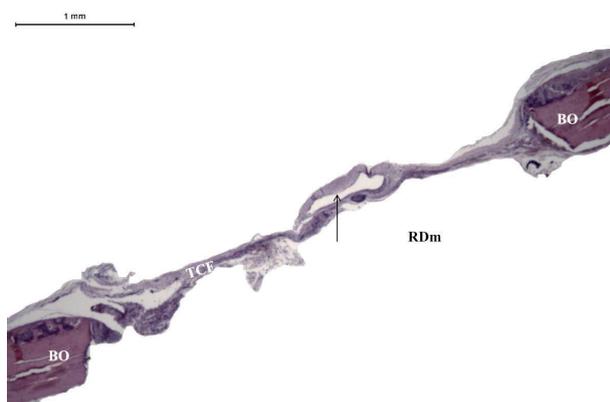


Figura 11 – GCVPC – Tecido conjuntivo frouxo (TCF) preenchendo a extensão do defeito. Borda óssea (BO). Veia central (). Região da dura-máter (RDm) – HE.



Nos grupos experimentais não houve reestabelecimento do volume no tecido do osso da calvária – região do defeito – em extensão e espessura, quando comparado ao volume original (Figuras 5, 9 e 11). Em todos os grupos houve preenchimento da área do defeito por tecido conjuntivo fibroso (Figuras 4, 8 e 10), com presença de discreto infiltrado inflamatório mononuclear com distribuição difusa e conspícua (Figuras 3 e 7). No GPV 30 e no GPV 10 houve incremento da quantidade de vasos sanguíneos (Figuras 3, 6 e 7). O GPV 30 apresentou, algumas vezes, presença de bisel (Figura 5).

DISCUSSÃO

A plataforma vibratória é utilizada como recurso terapêutico na Fisioterapia e possui como finalidade principal aumentar ou manter a densidade mineral óssea e melhorar o fluxo sanguíneo (BATISTA et al., 2007; JUVENILE REGENERATIVE TECHNOLOGIES CORPORATION, 2014). Neste estudo, durante a aplicação dos protocolos,

os animais se mantiveram calmos e não apresentaram comportamento de pânico ou estresse, bem como nos experimentos realizados por Leung et al. (2009) e Câmara-Pereira et al. (2014).

No GPV 10 observou-se incremento na regeneração óssea, quando comparado ao GCVPC. Este resultado confirma o resultado obtido no trabalho de Rubin, Xu e Judex (2001), no qual observaram que o uso da plataforma vibratória por 10 minutos, no período de 28 dias, recrutou osteoblastos adicionais e aumentou a taxa de formação de osso lamelar e da superfície mineralizante.

Em nosso estudo foi observado um menor padrão de neoformação óssea, quando comparado ao estudo de Leung et al. (2009), onde realizaram fratura em tíbia de ratos, fixaram com haste intramedular e, após cinco dias, iniciaram o treinamento vibratório. Neste estudo, verificou-se aumento do tecido ósseo neoformado com a presença de osteoblastos ativos e vasos sanguíneos, a partir da primeira semana de tratamento com a plataforma vibratória e, na quarta semana, houve mineralização óssea.

Deve-se considerar que há diferenças entre os padrões de ossificação observados na tíbia (endocondral) e calvária (intramembranosa). Em adição, esta diferença de resultados encontrada em ambos os trabalhos pode ter sucedido devido à influência da descarga de peso ocorrida no estudo de Leung, pois esta gera cargas tensiva e compressiva que alteram a arquitetura tecidual e estimulam a neoformação óssea (DOLBOW et al., 2013). Além disto, ainda neste estudo, o contato direto entre a plataforma vibratória e a região a ser tratada proporciona maior estímulo ósseo. A manutenção da força de tensão biomecânica, proporcionada pela vibração da plataforma, é essencial para o alinhamento das fibras de colágeno no processo do reparo ósseo (SANTOS; BORGES, 2010), da organização da matriz osteóide neoformada e da disposição das lamelas concêntricas (WALSH, 2006).

O padrão de neoformação de matriz osteóide em direção centrípeta, em relação ao defeito ósseo, encontrado no GPV 30, corrobora com os achados de Câmara-Pereira et al. (2014), que realizou defeito ósseo em calvária de rato e iniciou a terapia com a plataforma vibratória por 20 minutos. Isto sugere que utilizar a plataforma vibratória por 30 minutos, em vez de 20 minutos, não gera diferença de resultado no período inicial do reparo. Todavia, segundo o estudo de Flieger et al. (1998), em ratas ovariectomizadas, a utilização de 30 minutos de estimulação mecânica vibratória gera incremento da densidade mineral óssea em modelo experimental de osteoporose pós-menopausa.

A plataforma vibratória utilizada neste estudo emite frequência de 32-37 Hz, o que indica que há estímulo para neoformação óssea, pois a frequência mínima necessária para que haja este estímulo é a partir de 2,0 Hz (TURNER; FORWOOD; OTTER, 1994). Isto testifica o estudo de Baecker et al. (2012), onde realizaram estudo clínico com treinamento vibratório frequência de 20 Hz- no período

de 14 dias e observaram que neste curto período houve apenas a manutenção da densidade mineral óssea dos indivíduos tratados, sugerindo que, quanto maior a frequência emitida, maior será o estímulo à neoformação óssea e a depender do tempo de exposição a esta frequência, maior poderá ser a neoformação óssea. Este estímulo mecânico, decorrente da vibração, auxilia na remodelação do tecido ósseo e está envolvido no mecanismo de mecanotransdução.

Outro recurso fisioterapêutico incorporado à prática clínica e utilizado como coadjuvante na regeneração óssea, além da plataforma vibratória, é o ultrassom terapêutico de 1MHz. O ultrassom terapêutico propaga onda mecânica de alta frequência de pressão acústica, que resulta na neoformação óssea (BAKER; ROBERTSON; DUCK, 2001; KASTURI; ADLER, 2011; NARUSE et al., 2000; SPEED, 2001). A neoformação óssea encontrada em nosso estudo, nos grupos em a terapêutica aconteceu, é similar aos resultados obtidos por Apolinário Coelho Louzada (2011), que ao realizar defeito ósseo em tibia de rato, submeteu à ausência de carga por 15 dias e realizou terapia com ultrassom por 12 sessões – uma sessão ao dia, durante 20 minutos -, iniciada no primeiro dia de pós-operatório, e concluiu que o ultrassom acelerou o processo de reparo na região do defeito. Os resultados obtidos em ambos os estudos confirmam o efeito osteogênico da plataforma vibratória e do ultrassom de 1MHz (APOLINÁRIO; COELHO; LOUZADA, 2011; CARVALHO et al., 2002; OLSSON et al., 2008; SKAU et al., 2014) no incremento da regeneração óssea. Contudo, apesar dos dois equipamentos promoverem a regeneração óssea, é válido ressaltar que a plataforma vibratória possui efeito sistêmico e o ultrassom local. Sendo assim, para eleger qual recurso utilizar na prática clínica é importante observar o tipo de efeito que deseja obter.

Apesar do efeito osteogênico da plataforma vibratória (CÂMARA-PEREIRA et al., 2014), observamos que nos GPV 30 e GPV 10 não ocorreu restituição da área total do defeito, aos 15 dias. Isto aconteceu devido à ausência de um arcabouço que serviria de suporte para o crescimento celular, substituto mecânico e estrutural até a formação de novo tecido (BARBANTI; ZAVAGLIA; DUEK, 2005). No GPV 30 houve eventual presença de bisel na borda óssea, mas esse fato não influenciou a neoformação, bem como não comprometeu a extensão do defeito neste grupo.

Os achados obtidos neste estudo são fundamentais para a compreensão da ação da plataforma vibratória na fase inicial do reparo, após defeito ósseo. A continuidade deste estudo permitirá avaliar o reparo tecidual em outros pontos biológicos e poderá influenciar as condutas fisioterapêuticas, de forma que incorpore a prática clínica do fisioterapeuta ao tratamento de pacientes com perdas de tecido ósseo decorrentes de neoplasias, traumas e em pós-operatório de cirurgias ortopédicas. O uso deste recurso na fisioterapia ortopédica representa grande avanço para o tratamento fisioterapêutico, pois pode permitir o ganho funcional precoce, retorno às atividades de vida

diária e participação social do indivíduo, o que influencia na melhoria da sua qualidade de vida.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste estudo experimental, pode-se concluir que o uso da plataforma vibratória incrementou a regeneração de defeito ósseo, com melhores resultados observados no maior tempo de aplicação (GPV30).

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo a Pesquisa da Bahia (Fapesb) pelo fomento para execução deste trabalho. Ao Laboratório de Bioquímica Oral da UFBA por ceder o espaço para realização de parte da etapa laboratorial. À Renata Almeida e Iorrana dos Anjos pela contribuição na execução desta pesquisa e às técnicas do Laboratório de Bioengenharia Tecidual e Biomateriais, Cristina e Elisângela, pelo apoio na execução da etapa laboratorial.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, R. S. et al. Avaliação da fase inicial do reparo ósseo após implantação de biomateriais. **R. Ci. Méd. Biol.**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 331-336, 2014.
2. APOLINÁRIO, J. C.; COELHO, W. M. D.; LOUZADA, M. J. Q. Análise da influência do ultrassom de baixa intensidade na região de reparo ósseo em ratos sob ausência de carga. **Fisioter. Pesq.**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 275-279, set. 2011.
3. BAECKER, N. et al. Effects of vibration training on bone metabolism: results from a short-term bed rest study. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v.112, n. 5, p. 1741-1750, May. 2012.
4. BAKER, K. G.; ROBERTSON, V. J.; DUCK, F. A. A review of therapeutic ultrasound: biophysical effects. **Phys. Ther.**, Virginia, v. 81, n. 7, p. 1351-1358, July 2001.
5. BARBANTI, S. H.; ZAVAGLIA, C. A. C.; DUEK, E. A. R. Polímeros bioreabsorvíveis na engenharia de tecidos. **Polím.: Ci. e Tecnol.**, São Paulo, v. 15, n. 1, p.13-21, 2005.
6. BATISTA, M. A. B. et al. Efeitos do treinamento com plataformas vibratórias. **R. Bras. Ci. e Mov.**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 103-113, 2007.
7. CARVALHO, D. C. L. et al. Tratamentos não farmacológicos na estimulação da osteogênese. **Rev. Saúde Pública**, Campinas, v. 36, n.5, p. 647-654, out. 2002.
8. COLNOT, C. Skeletal cell fate decisions within periosteum and boné marrow during boné regeneration. **J. Bone Miner. Res.**, Washington, v. 24, n. 2, p. 274-282, Feb. 2009.
9. DOLBOW, J. D. et al. The effects of aging and electrical stimulation exercise on bone after spinal cord injury. **Aging. Dis.**, Texas, v. 4, n. 3, p. 141-153, 2013.
10. DUNCAN, R. L.; TURNER, C. H. Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. **Calcif. Tissue Int.**, Nyon, v. 57, n. 5, p. 344-358, 1995.
11. FLIEGER, J et al. Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats. **Calcif. Tissue Int.**, Nyon, v. 63, n. 6, p. 510-514, 1998.

12. GELI, E. A. **Tratamiento sintomático de la fibromialgia mediante vibraciones mecánicas**. 2008. 313 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de Barcelona, Barcelona, 2008.
13. GUSMÃO, C.V. B; BELANGERO, W. D. Como a célula reconhece o estímulo mecânico? **Rev. Bras. Ortop.**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 299-305, 2009.
14. JUVENT REGENERATIVE TECHNOLOGIES CORPORATION. **Juvent health platform: what it is & how it works**. 2014. Disponível em: <<http://www.juvent.com>>. Acesso em: 17 July 2014.
15. KASTURI, G; ADLER, R.A. Mechanical means to improve bone strength: ultrasound and vibration. **Curr. Rheumatol. Rep.**, Berlin, v.13, n.3, p.251-256, Apr. 2011.
16. LEUNG, K. S et al. Low-magnitude high-frequency vibration accelerates callus formation, mineralization, and fracture healing in rats. **J. Orthop. Res.**, v. 27, n. 4, p. 458-465, Apr. 2009.
17. MIGUEL, F. et al. Regeneration of critical bone defects with anionic collagen matrix as scaffolds. **J. Mater. Sci.: Mater. Med.**, London, v. 24, n. 11, p. 2567-2575, 2013.
18. NARUSE, K. et al. Anabolic response of mouse bone-marrow-derived stromal cell clone ST2 cells to low-intensity pulsed ultrasound. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, Amsterdam, v. 268, n. 1, p. 216-220, Feb. 2000.
19. OLSSON, D. C. et al. Ultra-som terapêutico na cicatrização tecidual. **Ciênc. Rural.**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1199-1207, July 2008.
20. CÂMARA-PEREIRA, E.S. et al. Analysis of bone repair tissue after implantation of biomaterials and application of vibratory waves. **Mater. Sci. Forum.**, Aedermannsdorf, v. 775, p. 9-12, Jan. 2014.
21. RIBEIRO, I. I. A. et al. Biocerâmicas e polímero para a regeneração de defeitos ósseos críticos. **R. Ci. Méd. Biol.**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 298-302, 2014.
22. RUBIN, C. et al. Anabolism: low mechanical signals strengthen long bones. **Nature**, v. 412, n. 6847, p. 603-604, Aug. 2001.
23. RUBIN, C.; XU, G.; JUDEX, S. The anabolic activity of bone tissue, suppressed by disuse, is normalized by brief exposure to extremely low-magnitude mechanical stimuli. **FASEB J.**, Bethesda, v. 15, n. 12, p. 2225-2229, Oct. 2001.
24. SANTOS, M. L.; BORGES, G. F. Exercício físico no tratamento e prevenção de idosos com osteoporose: uma revisão sistemática. **Fisioter. Mov.**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 289-299, 2010.
25. SKAU, J. R. et al. Histomorphometrical analysis on the effects of two therapeutic ultrasound intensities on fracture healing in aged rats. **Fisioter. Mov.**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 173-179, Jun. 2014.
26. SPEED, C. A. Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions. **Rheumatol.**, Oxford, v. 40, n. 12, p. 1331-1336, 2001.
27. TORVINEN, S. et al. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance: randomized cross-over study. **Clin. Physiol. Funct. Imaging.**, Oxford, v. 22, n. 2, p. 145-152, Mar. 2002.
28. TURNER, C. H.; FORWOOD, M. R.; OTTER, M. W. Mechanotransduction in bone: do bone cells act as sensors of fluid flow? **FASEB J.**, Bethesda, v. 8, n. 11, p. 875-878, Aug. 1994.
29. WALSH, W. Effect of dynamic motion therapy on bone defect healing with bone graft substitutes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VIBRATION THERAPY, 2006, Hong Kong. **Anais...** Hong Kong, 2006. p. 35.

Submetido em: 06/10/2016

Aceito em: 08/11/2016