

APLICAÇÕES CLÍNICAS DA CIRURGIA PIEZOELÉTRICA EM IMPLANTODONTIA

CLINICAL APPLICATIONS OF PIEZOELECTRIC SURGERY IN IMPLANTOLOGY

PÂMELA LETÍCIA DOS SANTOS^{1*}, MAYKO NARUHITO TANABE², EVANDRO JOSÉ GERMANO³, JOÃO MARCOS BORGES MATTOS⁴, MARCOS RIKIO KUABARA⁵, EDILSON JOSÉ FERREIRA⁶, JÉSSICA LEMOS GULINELLI¹

1. Doutora em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial pela Universidade Estadual Paulista-FOA/Unesp. Docente do curso de Graduação em Odontologia e Pós-Graduação em Biologia Oral, com área de concentração Implantodontia, da Universidade do Sagrado Coração – USC; 2. Especialista em Implantodontia pelo do IMPPAR odontologia; 3. Mestrando de implantodontia da Universidade do Sagrado Coração – USC; 4. Doutorando de Biologia Oral da Universidade do Sagrado Coração – USC; 5. Mestre em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial pela Universidade Estadual Paulista-FOA/Unesp Docente do curso de Especialização em Implantodontia do IMPPAR odontologia; 6. Doutor em Biologia Oral pela Universidade do Sagrado Coração – USC. Docente do curso de Especialização em Implantodontia do IMPPAR odontologia.

* Universidade do Sagrado Coração - Av. Irmã Armanda 10-50, Bauru, São Paulo. Brasil. CEP: 17011-160. pamelasantos@hotmail.com

Recebido em 29/08/2014. Aceito para publicação em 08/09/2014

RESUMO

A cirurgia piezoelétrica constitui uma técnica alternativa a cirurgia óssea convencional, é um sistema que utiliza vibrações ultrassônicas para a realização de osteotomias e têm sido amplamente utilizada em cirurgias orais e na implantodontia. O objetivo deste trabalho foi apresentar as indicações clínicas da cirurgia piezoelétrica visando a instalação de implantes dentários por meio de uma revisão da literatura. Diante da literatura consultada pode-se concluir que a cirurgia piezoelétrica tem como principais vantagens: menor tempo para a realização da osteotomia; menor trauma cirúrgico; corte preciso do osso sem danos aos tecidos moles, com pequeno sangramento, melhorando a visão da área operada. Dentre as aplicações clínicas da cirurgia piezoelétrica em implantodontia destacam-se a elevação da membrana do seio maxilar; remoção de implantes; coletor de osso autógeno; distração osteogênica e preparação do local de instalação do implante.

PALAVRAS-CHAVE: Implante dentário, Osteotomia, piezo-cirurgia.

ABSTRACT

The piezoelectric surgery is an alternative technique to conventional bone surgery, it is a system that utilizes ultrasonic vibrations to osteotomies and has been extensively used in dental implant and oral surgeries. The aim of this study was to present the clinical indications of piezoelectric surgery for the installation of dental implants through a literature review. Given the literature it can be concluded that surgery piezoelectric main advantages: less time for osteotomy; less surgical trauma; precise cutting of bone without soft tissue damage, with minor bleeding, improving the view of the operating area. Among the clinical applications of piezoelectric surgery in implantology stand out from the elevation of the maxillary sinus membrane; removal of implants; autogenous bone collector; distraction osteogenesis and preparation of the implant site.

KEYWORDS: Dental Implant. Osteotomy. Piezosurgery.

1. INTRODUÇÃO

A cirurgia piezoelétrica constitui-se numa importante técnica alternativa a cirurgia óssea convencional, particularmente nos casos onde existe o risco de comprometimento dos tecidos moles adjacentes¹. Nas cirurgias orais, geralmente o corte do tecido ósseo é realizado através de instrumentos mecânicos como brocas e serras². O uso deste tipo de instrumento apresenta o risco de lesões a vasos sanguíneos, nervos e tecidos moles circunjacentes ao local da cirurgia³.

A piezoelectricidade foi descoberta em 1881 pelo físico francês Pierre Curie. Piezoelectricidade é um fenômeno físico específico de certos cristais, que sofrem oscilações mecânicas com frequência tal que gera a cavitação, e é caracterizada por uma ruptura da coesão molecular, frente a ondas ultrassônicas².

A cirurgia piezoelétrica é uma técnica que utiliza vibrações ultrassônicas para a realização de osteotomias⁴. Este tipo de tecnologia tem sido utilizado nos procedimentos cirúrgicos em mãos, craniofaciais, otológicos, orbitários, reconstrutivos faciais e orais⁵.

Os dispositivos piezoelétricos utilizam ondas ultrassônicas de baixa frequência (24,7-29,5 kHz). O equipamento é programado de acordo com a densidade óssea, isso é realizado modulando-se a energia aplicada entre 2,8 e 16 W. As microvibrações criadas na peça de mão do dispositivo piezoelétrico causam uma vibração linear da ponta entre 60 e 210 µm. A amplitude das ondas ultrassônicas permite um corte limpo, preciso e seletivo quando utilizado no tecido mineralizado. Além do mais o dispositivo é ineficiente nos tecidos moles, para que ocorra o corte em tecidos moles é necessário utilizar ondas ultrassônicas de alta frequência⁶.

Devido as suas características, a piezocirurgia tem

sido amplamente utilizada em cirurgias orais e implantodontia. As principais vantagens dessa técnica são: precisão no corte proporcionada pela micro-oscilação da peça de mão; corte seletivo efetivo no tecido ósseo mineralizado e proteção do tecido mole; grande controle do dispositivo cirúrgico durante a cirurgia; grande variedade de pontas da peça de mão que permite a seleção da mais adequada para cada procedimento; sítio cirúrgico livre de sangramento oferecendo uma excelente visualização do campo operatório; cicatrização óssea mais rápida em comparação ao uso de instrumentos rotatórios⁷.

Em implantodontia a cirurgia piezoelétrica apresenta diversas aplicações, como a coleta de enxertos ósseos, a remoção de implantes fraturados, a lateralização do nervo alveolar inferior, na divisão da crista óssea, na confecção da janela para os enxertos sinusais e preparação do local de instalação do implante^{2,8}.

O objetivo deste trabalho é apresentar as indicações clínicas da cirurgia piezoelétrica visando à instalação de implantes dentários, por meio de revisão de literatura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando os bancos de dados Medline e Pubmed utilizando o período de referência entre 2000 e 2013. A estratégia utilizada incluiu unitermos como: “Implante dentário”, “Osteotomia”, “Piezocirurgia”. A pesquisa foi limitada a artigos completos publicados no idioma inglês e português. Todos os níveis de evidência foram incluídos, tais como relato de caso, experimentos animais, revisões bibliográficas e estudos estatísticos com humanos.

3. DESENVOLVIMENTO

Sistema Piezoelétrico

Eggers *et al.* (2004)⁹ testaram o sistema piezoelétrico denominado Piezosurgery® (Mectron, Carasco-Itália) e o consideraram útil quando se pretendia cortar ossos finos, entretanto limitado quando utilizado para cortar ossos densos e em regiões de difícil acesso. Os autores ressaltaram que em cirurgias de elevação do assoalho do seio maxilar seria possível realizar a osteotomia na maxila sem dilacerar a mucosa sinusal, confirmando as indicações do fabricante de que o osso pode ser cortado precisamente sem dano para o tecido mole e com pequeno sangramento.

Stubinger *et al.* (2005)¹⁰ afirmaram que o Piezosurgery® utiliza uma frequência de ultrassom modulada que permite cortar de forma altamente precisa e segura o tecido duro. Conforme os autores, nervos, vasos e tecidos moles não são lesados pelos movimentos de microvibração (60 a 200 $\mu\text{m/s}$); o aquecimento de natureza inofensiva do aparelho resulta em uma baixa tendência a hemorragia e a diferença de tempo exigido para os procedimentos utilizando apiezocirurgia em comparação

com a broca convencional é desprezível. Afirmaram ainda que devido sua natureza altamente seletiva e precisa, seu uso pode ser estendido a casos de cirurgias orais mais complexos.



Figura 1. Sistema MectronPiezosurgery. Fonte: Consolaro, Sant’Ana & Moura Neto, 2007.

Vercellotti & Pollack (2006)¹¹ afirmaram que o Piezosurgery® é um instrumento novo especificamente desenvolvido para cirurgias ósseas, e que tem aplicações em várias especialidades cirúrgicas odontológicas e médicas, e quando utilizado, devido sua vibração ultrassônica piezoelétrica ser de baixa frequência, corta precisamente o osso sem cortar o tecido mole.

Schlee *et al.* (2006)¹² declararam que o Piezosurgery® é útil em cirurgias bucais, pois apresenta as seguintes características terapêuticas: corte micrométrico (ação precisa e segura para limitar danos ao tecido, especialmente em relação aos osteócitos); corte seletivo (cortando tecidos mineralizados, mas não lesionando tecidos moles) e um sítio cirúrgico limpo (resultado do efeito da cavitação criada pela solução de irrigação e movimento oscilatório). Tecidos duros e moles são cortados em frequências ultrassônicas diferentes, dessa forma é possível cortar tecidos duros enquanto estruturas anatômicas importantes são preservadas, citando como exemplo a membrana sinusal e tecidos nervosos e, como a irrigação acompanha o movimento oscilatório da ponta de corte, é possível obter um resfriamento efetivo, diminuindo o aquecimento do tecido cortado e aumentando a visibilidade, quando comparado a instrumentos cirúrgicos convencionais como instrumentos cortantes giratórios e serras oscilatórias.

Su (2007)¹³ afirmou que a osteotomiaultrassônica é uma técnica nova para cirurgia óssea que começou a ser utilizada por cirurgiões bucomaxilofaciais a partir do desenvolvimento do Piezosurgery®. É caracterizada pelo corte ósseo produzido por vibrações piezoelétricas a uma frequência de 25 a 29 kHz e oscilação entre 60 a 200 $\mu\text{m/s}$. Este tipo de osteotomia tem alcançando altos ní-

veis de precisão e segurança quando comparada a osteotomia realizada por instrumentos como alta-rotação, pontas diamantadas convencionais, cinzéis e pinças goivas, e devido a vibração ultrassônica de baixa frequência é possível cortar o osso de forma precisa sem danificar o tecido mole.

Consolaro *et al.* (2007)¹⁴ relataram que o sistema piezelétrico consiste em uma plataforma que converte a corrente elétrica em ondas ultrassônicas, por meio de um transdutor especial, ligado a uma peça de mão, anexa a bisturis ou pontas de corte, diamantadas ou de titânio, disponíveis em variadas formas. O ultrassom piezelétrico promove um padrão vibratório linear com frequência de 24,7 a 29,5 kHz, com uma opção digital de modo reforçado “boosted” até 30 kHz, com oscilação de 60 a 210 $\mu\text{m/s}$ e uma potência que pode variar entre 2,8 a 16 W, de acordo com a densidade do osso que se pretende cortar. A piezeletricidade é três vezes mais potente que o ultrassom comum e, portanto, pode cortar tecidos altamente mineralizados, inclusive tecidos dentários duros. A principal vantagem da cirurgia piezelétrica é que, uma vez em contato com tecidos moles, o dispositivo ativo de corte cessa sua atividade, preservando totalmente a integridade de vasos e nervos, frequentemente e/ou acidentalmente comprometidos ao usar serras cirúrgicas convencionais ou brocas.

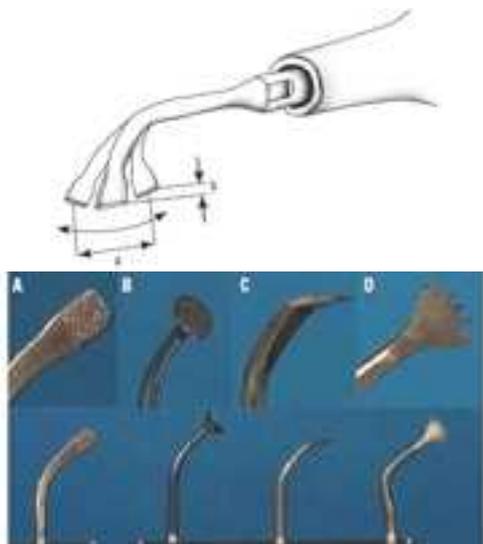


Figura 2. Desenho da simulação do corte piezelétrico micrométrico longitudinal e série de pontas de corte disponíveis: (A) ponta plana com pontadiamantada revestida superficialmente por nitrido de titânio; (B) compressorcônico, arredondado, horizontal; (C) removedor de osso, revestido por nitretode titânio e (D) serra afiada, revestida de nitrido de titânio. Fonte: Consolaro, Sant’Ana & Moura Neto, 2007.

Kfoury *et al.* (2009)², em trabalho de revisão da literatura, afirmaram que apiezocirurgia possui características terapêuticas nas osteotomias, como cortes extremamente precisos, seletivos e milimétricos e campo cirúrgico limpo. O sistema piezoelétrico utiliza frequências

ultrassônicas que fazem vibrar pontas especialmente desenhadas para osteotomia. As pontas do instrumento oscilam, permitindo uma osteotomia efetiva, com mínima ou nenhuma injúria aos tecidos moles adjacentes, membranas e tecidos nervosos. O efeito cavitacional promovido pela vibração da ponta e o spray de soro fisiológico, proporcionaram um campo livre de sangramento e de fácil visualização. Para os autores, a cirurgia piezelétrica é um novo procedimento cirúrgico que apresenta vantagens para cortes ósseos em múltiplas situações em implantodontia, com grandes vantagens em comparação com instrumentações convencionais.

Pereira *et al.* (2012)¹⁵ relataram que a cirurgia piezoelétrica transforma operações críticas em procedimentos simples e totalmente executáveis. Esse sistema age efetivamente nas cirurgias em áreas de difícil acesso, com menor risco para os tecidos moles e neurovasculares.

Aplicações Clínicas Do Sistema Piezoelétrico Elevação da Membrana do Seio Maxilar

Vercellotti *et al.* (2001)¹⁶ apresentaram uma técnica cirúrgica visando simplificar a cirurgia de elevação de assoalho do seio maxilar, que evitaria a perfuração da membrana, onde a osteotomia é realizada por um aparelho de ultrassom piezoelétrico, denominado Piezosurgery® (Mectron, Carasco-Itália). Em 21 cirurgias realizadas em 15 pacientes, ocorreu apenas uma perfuração da membrana sinusal (em um paciente que possuía um septo ósseo no seio maxilar), o que significou, segundo os autores, mais de 95% de sucesso clínico.



Figura 3. Marcação para elevação da janela do seio maxilar. Fonte: Louise & Marcia, 2009.

Barone *et al.* (2008)¹⁷ investigaram em um ensaio clínico randomizado controlado o desempenho de instrumentos rotatórios em comparação com um dispositivo piezoelétrico durante a elevação do assoalho do seio maxilar. Treze pacientes que necessitaram de um aumento do seio maxilar bilateral para a reabilitação implanto-protética foram incluídos no estudo. A osteotomia de acesso para o seio maxilar foi realizado de um lado da maxila usando cirurgia piezoelétrica (locais de teste) e

no outro lado utilizando brocas diamantadas rotativas convencionais (locais de controle). Os parâmetros avaliados foram os seguintes: comprimento da janela óssea (L), altura da janela óssea (H), espessura óssea (T) e área da osteotomia (A) - calculada pela multiplicação L e H. Além disso, foram calculados o tempo necessário para a osteotomia e elevação da membrana do seio maxilar, bem como o número de complicações cirúrgicas. Os resultados mostraram que o comprimento médio e altura da janela óssea foram semelhantes em ambos os grupos. A área da osteotomia (A) obtido pela multiplicação L e H foi maior no grupo controle ($151,2 \pm 20,4 \text{ mm}^2$) em comparação com o grupo teste ($137 \pm 24,2 \text{ mm}^2$). O tempo necessário para a osteotomia e elevação da membrana do seio com instrumentos convencionais foi de $10,2 \pm 2,4$ min, enquanto que com o dispositivo piezoelétrico foi $11,5 \pm 3,8$ min. Além disso, a perfuração da membrana ocorreu em 30% dos seios maxilares, no grupo teste e em 23% do grupo de controle. Nenhuma das diferenças observadas entre os dois grupos chegaram a um nível de significância. Os autores concluíram que os instrumentos piezoelétricos e convencional não apresentaram diferenças nos parâmetros clínicos investigados para a elevação do assoalho do seio maxilar.



Figura 4. Elevação da janela e deslocamento da membrana. Fonte: Louise & Macia, 2009.

Louise & Macia (2009)³ afirmaram que a elevação de seio maxilar provavelmente é a técnica mais amplamente utilizada na cirurgia pré-implante porque a zona do seio maxilar parece oferecer acesso direto, sem colocar elementos anatômicos em risco. Entretanto, este local tem também elementos anatômicos que são convenientes manter, tais como os nervos alveolares superiores e artéria alvéolo antral. Segundo os autores, uma série de acidentes, especialmente os acidentes hemorrágicos ou perda de sensibilidade já foram encontrados com instrumentos rotatórios. Já a cirurgia piezoelétrica, preserva vasos e nervos que podem estar situados nas marcações para as janelas de acesso ósseas, encontrando uma importante indicação nesses casos.

Cortes *et al.* (2012)¹⁸ avaliaram a eficácia da cirurgia

piezoelétrica nos tratamentos com levantamento de seios maxilares, analisando se a mesma poderia evitar a perfuração da membrana sinusal e outras possíveis complicações em pacientes com variações anatômicas do seio maxilar. Participaram do estudo 25 pacientes onde os procedimentos foram realizados pela abordagem de janela lateral com um dispositivo piezoelétrico. Os implantes foram colocados após 6 meses de reparo. Foram realizados exames clínico e tomográfico das variações anatômicas nas paredes da cavidade, do tamanho do osso e espessura da membrana. Ocorrência de perfuração da membrana sinusal e medições da quantidade de altura óssea adquirida com os procedimentos de enxertia também foram registrados por meio de tomografia computadorizada. Diante dos resultados observaram que apenas dois pacientes apresentaram uma pequena perfuração (menos de 5 mm de diâmetro) da membrana sinusal, o que ocorreu somente após as osteotomias das janelas laterais, não comprometendo o resultado cirúrgico. Nenhum implante foi perdido durante o período de acompanhamento de 19 meses. Os autores concluíram que o uso da cirurgia piezoelétrica foi eficaz na realização de todos os tratamentos de reabilitação dentro do período de acompanhamento do estudo.

Remoção de Implantes

Stacchi *et al.* (2008)¹⁹ relataram um caso de paciente que recebeu implante mal posicionado. O ultrassom piezoelétrico permitiu sua reposição em posição adequada, por meio de osteotomia estreita, precisa e segura, permitindo a movimentação do implante juntamente com o osso circundante, além de permitir maior potencial de reparo dos tecidos, em comparação com discos e fresas. Concluíram que os dispositivos ultrassônicos poderiam ser utilizados no reposicionamento de implantes instalados, inadequadamente, em posição inclinada.



Figura 5. Preenchimento do seio maxilar com Bio-Oss® Geistlich – matriz óssea bovina mineralizada. Fonte: Louise & Macia, 2009.

Leclercq *et al.* (2008)²⁰ afirmaram que algumas vezes é necessário eliminar alguns implantes apesar de sua

perfeita ósseo integração. Isso acontece particularmente em casos de implantes ectópicos que são considerados nulos proteticamente ou porque a posição do implante implica em grande dano estético. A remoção destes implantes deve ser o menos traumático possível para limitar a deterioração do leito do implante. Um implante ósseo integrado está profundamente ligado ao osso que o suporta, o que implica em grande dificuldade em quebrar a interface osso/implante e alto risco de fratura das paredes ósseas peri implantares durante a operação. Uma ponta de ultrassom permite uma direção eficaz deste tipo de situação devido a clivagem sólida da interface sob os efeitos de vibrações do ultrassom e a realização de finas canaletas ósseas por micro abrasão. Ou seja, é suficiente realizar duas canaletas finas vestibulares ou linguais, em cada lado do implante, para dar flexibilidade à parede óssea, enquanto as vibrações ultrassônicas irão favorecer a clivagem da interface osso/implante. Com o conhecimento desses procedimentos a remoção do implante torna-se fácil.



Figura 6. Remoção não traumática de implante osseointegrado com duas finas canaletas de cada lado. Fonte: Leclercq, Zenati & Dohan, 2008.

Coletor de Osso Autógeno

Happe (2007)²¹ apresentou uma alternativa às técnicas tradicionais, denominada de técnica piezocirúrgica para enxertos ósseos no ramo mandibular. Quarenta pacientes com volume ósseo inadequado para a colocação do implante tanto na maxila quanto na mandíbula foram selecionados para procedimentos de enxerto ósseo. Um total de 52 locais foram enxertados e 109 implantes foram colocados. A osteotomia foi realizada com o dispositivo piezoeletrônico onde as incisões verticais ósseas foram realizadas com o instrumento OT7, e as incisões horizontais foram feitas com o instrumento OP1. As avaliações clínicas consistiram no registro da morfologia e do tamanho do enxerto, complicações pós-operatórias, a incorporação e a reabsorção do enxerto após a cicatrização, a qualidade do enxerto ósseo incorporado, e a capacidade de colocação de implantes no sítio do enxerto. Nos locais doadores, o dispositivo piezoeletrônico permitiu

o corte preciso, limpo e suave do osso cortical e cortico-esponjoso, bem como uma excelente visibilidade do local. Quarenta e dois dos 45 sítios doadores cicatrizaram sem intercorrências, e os outros com complicações menores. Integração e reparo dos enxertos ocorreram normalmente em 50 dos 52 locais enxertados, nos outros ocorreram complicações menores. Após o período de incorporação de 4 meses, retalhos foram realizados para a colocação do implante e a reabsorção óssea foi mensurada. O autor concluiu que a técnica piezocirúrgica permitiu um corte preciso, limpo e suave, sugerindo a cirurgia piezoeletrônica para a cirurgia maxilo-facial, pois a mesma proporciona um reparo ósseo mais favorável.



Figura 7. Clivagem da interface e a remoção do implante com mínima deterioração do volume ósseo. Fonte: Leclercq, Zenati & Dohan, 2008.

Berengo *et al.* (2006)²¹ avaliaram qualitativa e quantitativamente o osso autógeno colhido por diferentes métodos. O tecido foi analisado por microfotografia e análise histomorfométrica, medindo a área dos fragmentos, a porcentagem de osso vital e necrótico, bem como o número de osteócitos com núcleo evidente por unidade de área. Foram utilizados cinzéis, fresas de alta e baixa velocidade e o ultrassom piezoeletrônico. Os melhores resultados foram alcançados com os cinzéis e o ultrassom piezoeletrônico.



Figura 8. Serra piezoeletrônica ligada a uma peça de mão para a osteotomia. Fonte: Sohn *et al.*, 2007.

Sohn *et al.* (2007)²³ descreveram a utilização de ultrassom piezoeletrônico para coleta de osso autógeno para enxerto em locais que necessitam de instalação de implantes dentários, mas que apresentam severa reabsorção

óssea. Blocos e rasps de osso foram coletados da sínfise mandibular com o dispositivo, as rasps foram enxertadas entre o bloco de enxerto e a área receptora. O aumento na quantidade óssea foi observado. Foi constatado menor dilaceração de tecido mole, fácil controle do dispositivo durante a osteotomia e redução do trauma pós-operatório, causado geralmente pelo uso das fresas e discos rotatórios convencionais. Os autores recomendaram, contudo, que a técnica apesar de pouca invasiva, necessita de treinamento para seu uso eficaz.

Labanca *et al.* (2008)²⁴ afirmaram que o uso de vibrações de ultrassom para osteotomias reduz os danos aos osteócitos e favorecem a sobrevivência das células ósseas, durante a coleta do osso. A remoção de osso autólogo colhido com fresas de alta e baixa velocidades foi comparada com fresas para implantes, cinzéis, osteótomos e piezoelétricidade. O osso foi examinado por análise histomorfométrica, avaliando a porcentagem de osso vital e necrótico, número de osteócitos por unidade de superfície. Concluíram que o cinzel e a cirurgia piezoelétrica foram os melhores métodos para colher osso vital.

Distração Osteogênica

González-Garcia *et al.* (2007)²⁵ realizaram estudo em pacientes que necessitavam de uma reabilitação protética com o uso de implantes, e que em avaliação prévia havia sido verificado a necessidade de distração osteogênica alveolar vertical. Realizaram uma incisão crestal no processo alveolar e um tecido mucoperiosteico foi levantado sem romper a ligação entre o periosteio lingual e o segmento de transporte. O segmento de transporte foi cortado em formato trapezoidal invertido, de modo que não houvesse mobilidade durante a distração. A osteotomia foi iniciada marcando-se os vértices do trapézio com uma peça de mão reta.

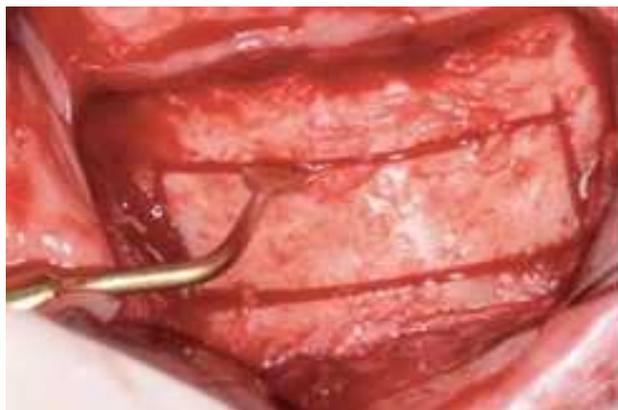


Figura 9. Dois cortes horizontais e verticais são realizados utilizando a serra piezoelétrica, onde observa-se cortes limpos e regulares nas linhas da osteotomia. Fonte: Sohn *et al.*, 2007.

As osteotomias foram então complementadas com o sistema piezoelétrico. Após a instalação do aparelho distrator o segmento de transporte foi elevado a uma altura

de 5 mm para garantir a adequada mobilidade durante o período de distração. O segmento foi então retornado à sua posição original. A distração foi iniciada 7 dias mais tarde, com uma média de 0,5 mm a cada 12 horas, até que a altura desejada fosse atingida. No final do período de distração a área foi examinada radiologicamente. Após 12 semanas do término da distração o aparelho distrator foi removido e os implantes instalados. Seis semanas após a instalação dos implantes iniciou-se a confecção das próteses.

González-Garcia *et al.* (2008)¹ avaliaram a técnica de osteotomias piezoelétrica versus osteotomia convencional na distração osteogênica alveolar. O estudo foi realizado em pacientes que foram submetidos a implantes dentários e que necessitaram de distração osteogênica alveolar para a reabilitação em regiões mandibulares. Utilizaram o mesmo sistema de distração para todos os casos, porém as osteotomias foram realizadas por técnicas convencionais com instrumentos rotatórios e cinzéis (grupo osteotomia convencional, n=11) ou osteotomias piezoelétricas utilizando o sistema Piezosurgery® (Mectron Medical Tecnologia; Carasco, Génova, Itália, n=6). As 17 distrações foram comparadas em relação à idade do paciente, gênero, complicações intra e pós-operatório, o grau de dificuldade cirúrgica, morfologia do rebordo alveolar pós-distração e a taxa de sucesso da reabilitação.



Figura 10. Coleta de fragmentos ósseos autólogos com bisturi piezoelétrico. Fonte: Sohn *et al.*, 2007.

Os resultados mostraram que houve dificuldade cirúrgica em ambos os grupos, devido ao número de instrumentos cirúrgicos necessários e a incidência de complicações intra-operatórias foi significativamente menor no grupo de osteotomias piezoelétricas em relação ao grupo de osteotomia convencional. No entanto, a morfologia do rebordo alveolar na pós-distração (conforme determinado no momento da colocação do implante) foi pior no grupo osteotomias piezoelétricas em relação ao grupo de osteotomia convencional. A taxa de sucesso na recuperação geral foi de 100% no grupo com osteotomia convencional e de apenas 66,7% (4 de 6 casos) no grupo osteotomias piezoelétricas. Os autores concluíram que o

uso de osteotomias piezoelétrica em distração alveolar simplificou a cirurgia e reduziu a incidência de complicações intra-operatórias, entretanto, os resultados também sugeriram que a osteotomia piezoelétrica aumentou o risco de complicações pós-operatórias reduzindo a taxa de sucesso na reabilitação geral.

Preparação do Local de Instalação do Implante

Vercellotti (2000)²⁶ apresentou estudo piloto para utilização clínica da cirurgia piezoelétrica na expansão de cristas ósseas delgadas. A técnica procurou ampliar a crista do osso para instalação de um único implante, usando as características elásticas desse tecido. A expansão foi realizada com pontas de ultrassom apropriada. Para se obter uma regeneração rápida, o espaço de expansão que foi criado para o posicionamento do implante foi preenchido, seguindo os conceitos de engenharia de tecidos, com enxerto ósseo sintético bioativado como um fator osteocondutor e de plasma rico em plaquetas autógeno como um fator osteoindutor. O local foi coberto com uma membrana de plasma rico em plaquetas. Uma avaliação cuidadosa do local quando reaberto após 3 meses revelou que a crista óssea foi mineralizada e estabilizada com uma espessura de 5 mm e os implantes estavam osseointegrados.

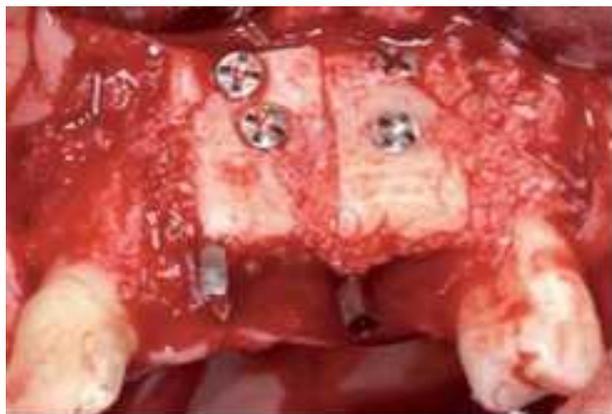


Figura 11. Blocos ósseos fixados com miniparafusos no local da maxila atrofica para aumento vertical e horizontal. Fonte: Sohn *et al.*, 2007.

Di Alberti *et al.* (2010)²⁷ compararam as diferenças radiográficas por meio de avaliação da densidade óssea periimplantar, entre a inserção do implante utilizando a técnica cirúrgica tradicional e a técnica piezoelétrica. Selecionaram para o estudo quarenta pacientes cujo tratamento consistiu de um mínimo de dois implantes colocados em osso nativo não patológico. Utilizaram um único tipo de superfície dos implantes (SLA). Os implantes foram colocados seguindo o protocolo do fabricante para a técnica cirúrgica tradicional e técnica piezoelétrica. As radiografias foram tomadas após a cirurgia e aos 30, 60 e 90 dias após a cirurgia. A densidade óssea foi estudada com a aplicação de densitometria. Os resul-

tados mostraram que todos os pacientes completaram o período de estudo com sucesso. Os autores concluíram que, apesar do número limitado de pacientes tratados, os resultados do estudo piloto mostraram que a preparação do local do implante com a técnica piezoelétrica promoveu uma melhoria da densidade óssea e da osteogênese, e que a técnica piezoelétrica foi previsível, com uma taxa de sucesso de 100% neste estudo.



Figura 12. a) Kit com pontas de inserção para osteotomia; b) detalhe da ponta de inserção OT6 para osteotomia em distração alveolar. Fonte: González-García *et al.*, 2007.

Kfoury (2011)²⁸ avaliou a remodelação óssea da interface osso-implante, produzida por ultrassom em tíbias de coelhos, comparando-a a técnica tradicional. Noventa e seis implantes foram instalados e acompanhados por 7, 14 e 28 dias por histomorfometria. Analisou-se espessura, número e separação trabecular, volume e área óssea ao redor do implante por um *software* específico. Os resultados mostraram que o volume ósseo foi similar pelos dois métodos, com tendência de elevação pela técnica piezoelétrica aos 28 dias. Houve redução da espessura das trabéculas em ambos os métodos, com posterior retorno aos níveis normais. O número de trabéculas elevou-se após 14 dias, sendo mantido posteriormente constante. O autor concluiu que a cirurgia piezoelétrica foi eficaz na produção de alvéolos ósseos para integração de implantes dentários de titânio, podendo ser considerada alternativa viável para utilização clínica na implantodontia, visto que não apresentou áreas de necrose óssea e os resultados foram similares à técnica tradicional.

Stelzle *et al.* (2012)⁴ afirmaram que a cirurgia piezoelétrica constitui-se em um método suave para a preparação do local do implante, entretanto, a aplicação da carga e a sua influência no desenvolvimento de calor e os efeitos sobre os tecidos moles são desconhecidos.

Diante disso, realizaram um estudo para avaliar o desenvolvimento de calor no osso e a duração do processo de acordo com a aplicação da carga, bem como a preservação da mucosa sinusal durante a cirurgia piezoelétrica. Avaliaram cento e vinte locais de implante (6 mm de profundidade x 3 mm de largura) utilizando cirurgia piezoelétrica. A carga aplicada à ponta de trabalho foi aumentada em intervalos de 100 g até 1000 g. As cirurgias para a preparação dos locais dos implantes foram realizadas na calota craniana de porcos. Os resultados mostraram que a temperatura e os efeitos histológicos apresentam uma correlação positiva significativa com a carga aplicada. A temperatura máxima gerada pela cirurgia piezoelétrica foi de 64,5° C (carga de 901 a 1000 g). Com uma carga de 401 a 500 g a temperatura média foi de 40,2° C \pm 3,3° C, o dano térmico estendido médio foi de 115,9 \pm 16,3 μ m para além da área do local do implante, e a temperatura máxima não excedeu 47° C. A duração média da preparação do local do implante usando esse intervalo de carga foi de 45,5 \pm 9,4 segundos. Os autores concluíram que a carga aplicada durante a cirurgia piezoelétrica na preparação de sítios para implantes não deve ser superior a 500 g para evitar temperatura acima de 47° C na cavidade do implante dentário. Com uma carga entre 400 a 500 g a cirurgia foi realizada entre 40-50 segundos.



Figura 13. Fotografia intra-operatória mostrando a aplicação da ponta de inserção perpendicular à superfície de corte. Nota-se a forma do segmento de transporte e boa visibilidade do campo cirúrgico. Fonte: González-García *et al.*, 2007

No trabalho realizado por Baker *et al.* (2012)⁸, foi avaliado a diferença da estabilidade primária entre implantes instalados utilizando-se o sistema piezoelétrico e a técnica convencional. A estabilidade primária foi verificada através da análise de frequência de ressonância, com o uso do Osstell, e do teste de torque reverso. A amostra consistia de 20 implantes (3,6mm de diâmetro e 10mm de comprimento), com 10 implantes instalados com cada tipo de preparação do leito, instalados com 35Ncm de torque, em 4 costelas bovinas frescas, sendo que em cada costela foram realizados 5 implantes utilizando-se o mesmo sistema de perfuração. Para cada implante foram realizadas 5 medições da análise de frequência de ressonância. O teste de torque reverso foi

feito iniciando-se com 35Ncm, e gradativamente foi aumentado-se 5Ncm até se alcançar uma força de 50Ncm. Os resultados mostraram que, a média da análise de frequência de ressonância não apresentou significância estatística entre o grupo teste (69,04 \pm 5,11) e o grupo controle (70,94 \pm 6,41), e que todos os implantes dos 2 grupos resistiram a forças de até 50Ncm sem se movimentarem, não mostrando diferença estatística. Os autores concluíram que os implantes instalados utilizando o sistema piezoelétrico e a técnica convencional para a preparação do leito ósseo, apresentam uma estabilidade primária similar em um osso cortical.

Com o objetivo de avaliar a remodelação óssea ao redor de implantes instalados o sistema piezoelétrico e técnica de fresagem convencional, Kfoury *et al.* (2013)²⁹ realizaram um estudo utilizando 24 coelhos, divididos em 3 grupos de 8 coelhos, sendo que o grupo 1 foi eutanasiado com 7 dias, o grupo 2 com 14 dias e o grupo 3 com 28 dias. Cada coelho recebeu 4 implantes (3,3mm de diâmetro e 6mm de comprimento) na superfície medial da tibia, sendo 2 implantes na tibia direita e 2 implantes na tibia esquerda, e cada tibia foi operada utilizando a mesma técnica. Os parâmetros histomorfométricos avaliados foram o volume ocupado pelo osso trabecular ao redor dos implantes, espessura média, separação e número de trabéculas ao redor do implante, e a área de contato entre osso e implante (BIC). Os resultados mostraram que o volume ocupado pelo osso trabecular ao redor dos implantes foi similar em ambas as técnicas (P=0,291), uma redução na espessura trabecular foi observada em ambas as técnicas (P=0,217), o número de trabéculas aumentou do dia 7 para o dia 14 e se manteve constante nas duas técnicas, e não foi observado diferença no BIC entre as técnicas no dia 28 (P=0,961). Conclui-se que a osteotomia piezoelétrica permitiu a formação óssea para a osseointegração dos implantes, não foi associada a necrose óssea, e apresentou resultados similares aos da técnica convencional, tornando a técnica piezoelétrica uma alternativa viável na implantodontia.

Lateralização do Nervo Alveolar Inferior

Stübinger *et al.* (2005)¹⁰ descreveram que nervos, vasos e tecidos moles não eram lesados pelas microvibrações da piezocirurgia, pois o aparelho era destinado a realizar cortes apenas em estruturas mineralizadas, e que a natureza seletiva de corte proporcionava tendência de pequeno sangramento.

A natureza desse instrumento permitiu geometrias de corte exato, limpo e regular durante a cirurgia. A diferença de tempo dispendido para procedimentos cirúrgicos, ao utilizar o instrumento Piezosurgery®, em comparação com a broca convencional foi considerada desprezível. Observaram que, no pós-operatório obteve-se excelente cicatrização, sem lesões em nervos e tecido mole.

Devido a sua natureza de corte altamente seletiva e precisa, visando exclusivamente os tecidos duros, seu uso poderia ser estendido para casos mais complexos de cirurgia oral.



Figura 14. Densitometria óssea após 12 semanas de acompanhamento da preparação com a técnica piezoelétrica, demonstrando presença definitiva de osso altamente denso e implante com tecido ósseo completamente ao seu redor. Fonte: Di Alberti *et al.*, 2010.

Leclercq, Zenati e Dohan (2008)²⁰ afirmaram que a lateralização do nervo alveolar inferior é uma operação muito delicada que está reservada para situações clínicas extremas. Sua principal dificuldade permanece na liberação inicial do nervo, onde é necessário a descorticalização, sem qualquer dano, até o forame mental. Este forame ósseo deve ser eliminado para evitar o risco de constrição do pedículo nervoso durante a lateralização do nervo.



Figura 15. Osteotomias realizadas com o uso do dispositivo piezoelétrico. Fonte: Kfourri *et al.*, 2013.

A utilização do ultrassom é uma técnica muito interessante nesta situação, pois permite o corte seguro do osso com fácil acesso e liberação do nervo. A liberação do nervo alveolar inferior implica em introduzir meticolosamente instrumentos através de uma parede óssea de

difícil acesso.

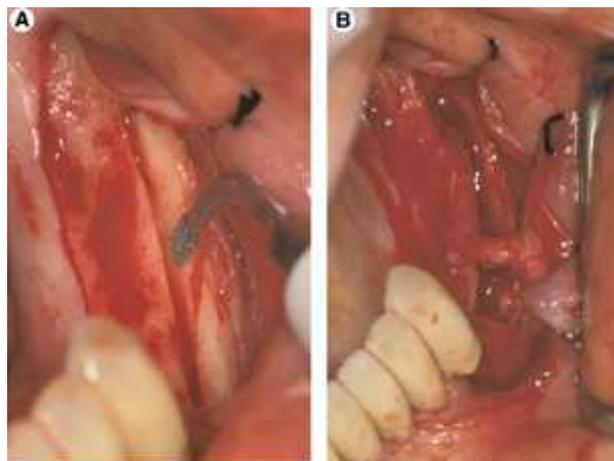


Figura 16. Liberação e lateralização do nervo alveolar inferior com o uso do sistema piezoelétrico. A) Acesso canal mandibular com uma ponta de inserção diamantada. B) O orifício ósseo do forame mental é eliminado e o nervo é liberado em toda a sua extensão. Fonte: Leclercq, Zenati & Dohan, 2008.

E assim, a lâmina do ultrassom tem um poder de corte apenas no final da sua ponta, podendo ser usado em setores inacessíveis, sem danificar os tecidos vizinhos (bochecha, língua). As oscilações microabrasivas das pontas irão fornecer informações mais precisas para o cirurgião sobre a dureza dos tecidos, do que as obtidas com outras técnicas convencionais, reduzindo os erros de estimativa da profundidade de corte. Segundo os autores, o uso do ultrassom contribui para desmistificar a cirurgia do nervo alveolar inferior. Este procedimento continua sendo delicado, mas torna-se muito mais seguro e facilitado com esta instrumentação.

4. DISCUSSÃO

O sistema piezoelétrico vem sendo amplamente utilizado por cirurgiões bucomaxilofaciais por ser uma técnica capaz de realizar osteotomias com alto nível de precisão e segurança quando comparada a osteotomia convencional, pois devido à vibração ultrassônica de baixa frequência é possível cortar o osso de forma precisa sem danificar o tecido mole^{2,9-15}.

A cirurgia piezoelétrica é um procedimento cirúrgico que apresenta vantagens para cortes ósseos em múltiplas situações em implantodontia²⁷, levando vários autores a estudar a osteotomia piezoelétrica em várias aplicações clínicas, como na elevação da membrana do seio maxilar^{3,16-18}; na remoção de implantes¹⁹⁻²⁰; como coletor de osso autógeno²¹⁻²⁴; na distração osteogênica^{1,25}; na preparação do local de instalação do implante^{4,26-28} e na lateralização do nervo alveolar inferior^{10,20}.

Nas cirurgias de elevação do assoalho do seio maxilar, uma das principais complicações encontradas é a perfuração da membrana sinusal. Já Louise & Macia (2009)

afirmaram que a cirurgia piezoelétrica preserva vasos e nervos que podem estar situados nas marcações para as janelas ósseas de acesso, encontrando uma importante indicação nesses casos. No estudo de Vercellotti *et al.* (2001)¹⁶ em 21 cirurgias de elevação do assoalho do seio maxilar com um aparelho de ultrassom piezoelétrico, foi verificado apenas uma perfuração da membrana sinusal, o que significou, mais de 95% de sucesso clínico. Também no estudo de Cortes, Cortes e Arita (2012)¹⁸ avaliando a eficácia da cirurgia piezoelétrica nos tratamentos com levantamento das membranas de seios maxilares de 25 pacientes, observaram que apenas dois pacientes apresentaram uma pequena perfuração da membrana sinusal. Entretanto, Barone *et al.* (2008)¹⁷ investigando o desempenho de instrumentos rotatórios (grupo controle) em comparação com um dispositivo piezoelétrico (grupo teste) durante a elevação do assoalho do seio maxilar, os resultados mostraram que o tempo necessário para a osteotomia e elevação da membrana do seio com instrumentos convencionais foi de 2,4 minutos, enquanto que com o dispositivo piezoelétrico foi 3,8 minutos, além disso, a perfuração da membrana ocorreu em 30% dos seios maxilares, no grupo teste, e em 23% do grupo de controle. Estes trabalhos nos mostram que o uso do sistema piezoelétrico para a elevação da membrana do seio maxilar se mostra eficiente, principalmente em comparação com o sistema convencional, apresentando baixo índice de perfuração da membrana. No entanto, como apresentado no trabalho de Barone *et al.* (2008), alguns trabalhos têm mostrado um índice maior de perfuração da membrana sinusal e maior tempo de cirurgia com o uso do piezoelétrico, o que demonstra que para a obtenção de sucesso com a utilização desse sistema é necessário que o cirurgião esteja familiarizado e habituado com o dispositivo, passando pela curva de aprendizado, para que dessa forma usufrua das vantagens e obtenha os resultados esperados com esse sistema.

Para os casos de remoção de implantes, autores como Stacchi *et al.* (2008)¹⁹ afirmaram que o ultrassom piezoelétrico permitiu a reposição de um implante em uma posição adequada, por meio de osteotomia estreita, precisa e segura, permitindo a movimentação do implante juntamente com o osso circundante, da mesma forma que Leclercq, Zenati & Dohan (2008)²⁰ afirmaram que a ponta de ultrassom permite uma direção eficaz deste tipo de situação, devido a clivagem sólida da interface osso/implante sob os efeitos das vibrações do ultrassom e a realização de finas canaletas ósseas por microabrasão. Esses trabalhos nos permitem concluir que o sistema piezoelétrico é uma opção clínica viável para os casos em que se necessita realizar a remoção de implantes mal posicionados.

A coleta de osso autógeno realizada com o ultrassom piezoelétrico também tem sido estudada por diversos autores. Sohn *et al.* (2007)²³ observaram menor dilata-

ção de tecido mole, fácil controle do dispositivo durante a osteotomia e redução do trauma pós-operatório. Berengo *et al.* (2006)²¹ e Labanca *et al.* (2008)²⁴ avaliando o osso autógeno coletado por diferentes métodos, observaram que os melhores resultados foram alcançados com os cinzéis e o ultrassom piezoelétrico na obtenção de osso vital. Entretanto, Sohn *et al.* (2007)²³ recomendaram que a técnica, apesar de pouca invasiva, necessita de treinamento para seu uso eficaz. Ao avaliar os resultados obtidos nos trabalhos encontrados, conclui-se que o uso do sistema piezoelétrico para a coleta de osso autógeno se mostrou eficiente, apresentando vantagens sobre o método convencional, principalmente em relação à obtenção de osso vital e menor trauma os tecidos moles na região operada.

Pacientes com necessidade de realização de distração osteogênica foram estudados por González-Garcia *et al.* (2007)²⁵, onde neste trabalho foi descrito a técnica para a realização das osteotomias com o sistema piezoelétrico objetivando a distração osteogênica alveolar vertical. Num outro estudo de González-Garcia *et al.* (2008)¹ avaliando a técnica de osteotomia piezoelétrica versus osteotomia convencional na distração osteogênica alveolar, os resultados mostraram que houve dificuldade cirúrgica em ambos os grupos, e a incidência de complicações intra-operatórias foi significativamente menor no grupo de osteotomia piezoelétrica em relação ao grupo de osteotomia convencional, no entanto, a morfologia do rebordo alveolar na pós-distração foi pior no grupo osteotomia piezoelétrica em relação ao grupo de osteotomia convencional. Contudo, pode-se concluir que apesar da cirurgia piezoelétrica apresentar vantagens em relação à cirurgia convencional em relação à técnica cirúrgica e a incidência de complicações intra-operatórias, ela se mostrou menos eficiente em relação a incidência de complicações pós-operatórias e na taxa de sucesso do tratamento.

Vários estudos têm avaliado a utilização da cirurgia piezoelétrica na preparação dos locais de instalação de implantes. Vercellotti (2000)²⁶ apresentou a utilização clínica da cirurgia piezoelétrica na expansão de cristas ósseas delgadas, onde a avaliação após 3 meses revelou que a crista óssea foi mineralizada e estabilizada com uma espessura de 5 mm e os implantes se encontravam osseointegrados. No estudo de Di Alberti *et al.* (2010)²⁷ os resultados mostraram que a preparação do local de instalação do implante com a técnica piezoelétrica promoveu uma melhoria da densidade óssea e da osteogênese, e apresentou uma taxa de sucesso de 100%. Para Kfoury (2011)²⁸ a cirurgia piezoelétrica foi eficaz na produção de alvéolos ósseos para integração de implantes dentários de titânio, sendo uma alternativa viável para utilização clínica. Por outro lado, Stelzle *et al.* (2012)⁴ sugeriram que a carga aplicada durante a cirurgia piezoelétrica na preparação de sítios para implantes não

deve ser superior a 500 g para se evitar temperaturas acima de 47° C na cavidade do implante, o que pode interferir no processo de osseointegração. Segundo Baker *et al.* (2012)⁸, os implantes instalados com a utilização do sistema piezoelétrico apresentaram uma estabilidade primária similar aos implantes instalados com a técnica convencional, tanto na avaliação da análise de frequência de ressonância quanto no teste de torque reverso, o que demonstra que a piezocirurgia apresenta indicativos favoráveis ao prognóstico dos implantes. No trabalho de Kfoury *et al.* (2013)²⁹ foi avaliado a remodelação óssea ao redor de implantes instalados com o uso do sistema piezoelétrico e da técnica de fresagem convencional, sendo verificado que a osteotomia piezoelétrica permitiu a formação óssea para a osseointegração dos implantes, não foi associada a necrose óssea, e apresentou resultados similares aos da técnica convencional, o que permitiu concluir que ao se utilizar a piezocirurgia é possível se obter sucesso na osseointegração, e consequentemente o sucesso do tratamento. Com os resultados encontrados nos trabalhos foi possível verificar que, a utilização do sistema piezoelétrico no preparo do local de instalação de implantes dentários se mostra eficaz e apresenta uma alta taxa de sucesso, no entanto um cuidado deve ser tomado na pressão exercida na ponta do dispositivo, para que não ocorram temperaturas elevadas no osso, interferindo no processo de osseointegração do implante.

O sistema piezoelétrico também é utilizado para procedimentos de lateralização do nervo alveolar inferior, como no estudo de Stübinger *et al.* (2005)¹⁰, onde observaram que no pós-operatório obteve-se uma excelente cicatrização dos tecidos, sem lesões em nervos e tecido mole, corroborando com Leclercq, Zenati & Dohan (2008)²⁰ que afirmaram que essa é uma técnica muito interessante nesta situação, pois permite o corte seguro do osso com fácil acesso e liberação do nervo sem danificar os tecidos circunjacentes. Este procedimento continua sendo delicado, mas torna-se muito mais seguro e facilitado com esta instrumentação.

5. CONCLUSÃO

Diante da literatura consultada pode-se concluir que:

- A cirurgia piezoelétrica tem como principais vantagens: menor tempo para a realização da osteotomia; menor trauma cirúrgico; corte preciso do osso sem danos aos tecidos moles, com pequeno sangramento, melhorando a visão da área operada;

- Dentre as aplicações clínicas da cirurgia piezoelétrica em implantodontia destacam-se a elevação da membrana do seio maxilar; remoção de implantes; coletor de osso autógeno; distração osteogênica e preparação do local de instalação do implante.

REFERÊNCIAS

- [1] González-García A, Diniz-Freitas M, Somoza-Martín M, García-García A. Piezoelectric and conventional osteotomy in alveolar distraction osteogenesis in a series of 17 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23(5):891-6.
- [2] Kfoury FA. Cirurgia piezoelétrica em implantodontia: aplicações clínicas. *RGO* 2009; 57(1):121-6.
- [3] Louise F, Macia Y. Can piezoelectric surgery change daily dental practice? *Aust Dental Pract* 2009; 2:152-6.
- [4] Stelzle F, Neukam FW, Nkenke E. Load-dependent heat development, thermal effects, duration, and soft tissue preservation in piezosurgical implant site preparation: an experimental ex vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27(3):513-22.
- [5] Bolger W. Piezoelectric surgical device in endoscopic sinus surgery: an initial clinical experience. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2009; 118(9):621-4.
- [6] Crippa B, Salzano FA, Mora R, Dellepiane M, Salami A, Guastini L. Comparison of postoperative pain: piezoelectric device versus microdrill. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2011; 268(9):1279-82.
- [7] Schindler A. Placement of denti implants using a piezosurgery device. [Acesso 30 set. 2013]. Disponível em: http://dentsystem.com/templates/denti/images/articles/Denti_implantatumok-Schindler-1_EN%5B1%5D.pdf.
- [8] Baker JA, Vora S, Bairam L, Kim HI, Davis EL, Andreana S. Piezoelectric vs conventional implant site preparation: ex vivo implant primary stability. *Clin Oral Impl Res* 2012; 23:433-7.
- [9] Eggers G, Klein J, Blank J, Hassfeld S. Piezosurgery®: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004; 42: 451-3.
- [10] Stübinger S, Kuttnerberger J, Filippi A, Sader R, Zeilhofer HF. Intraoral piezosurgery: preliminary results of a new technique. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63(9):1283-7.
- [11] Vercellotti T, Pollack AS. A new bone surgery device: sinus grafting and periodontal surgery. *Compend Contin Educ Dent* 2006; 27(5):319-25.
- [12] Schlee M, Steigmann M, Bratu E, Garg AK. Piezosurgery: basics and possibilities. *Implant Dent* 2006; 15(4): 334-40.
- [13] Su YC. Development and clinical application of ultrasonic osteotomy in dentistry. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2007; 16(1):1-7.
- [14] Consolaro Mfmo, Sant'ana E, Moura Neto G. Cirurgia piezoelétrica ou piezocirurgia em odontologia: o sonho de todo cirurgião. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial* 2007; 12(6):17-20.
- [15] Pereira CC, Gealh WC, Nogueira LM, Garcia Junior IR, Okamoto R. Piezosurgery applied to implant dentistry: clinical and biological aspects. *J Oral Implantol* 2012; Jun 4 [Epub ahead of print].
- [16] Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. The piezoelectric bone window osteotomy and sinus membrane elevation: introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedures. *Int J Perio Rest Dent* 2001; 21(6):561-7.

- [17] Barone A, Santini S, Marconcini S, Giacomelli L, Gherlone E, Covani U. Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure. A comparative study: piezoelectric device vs. conventional rotative instruments. *Clin Oral Impl Res* 2008; 19(5):511-5.
- [18] Cortes ARG, Cortes DN, Arita ES. Effectiveness of piezoelectric surgery in preparing the lateral window for maxillary sinus augmentation in patients with sinus anatomical variations: a case series. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27(5):1211-5.
- [19] Stacchi C, Constantinides F, Biasotto M, Di Lenarda R. Relocation of a malpositioned maxillary implant with piezoelectric osteotomies: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008; 28(5):489-95.
- [20] Leclercq P, Zenati C, Dohan DM. Ultrasonic bone cut part 2: state of the art specific clinical applications. *J Oral Maxillofac Surg* 2008; 66:183-8.
- [21] Berengo M, Bacci C, Sartori M, Perini A, Della Barbera M, Valente M. Histomorphometric evaluation of bone grafts harvested by different methods. *Minerva Stomatol* 2006; 55(4):189-8.
- [22] Happe A. Use of a piezoelectric surgical device to harvest bone grafts from the mandibular ramus: report of 40 cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007; 27(3):241-9.
- [23] Sohn DS, Ahn MR, Lee WH, Yeo DS, Lim SY. Piezoelectric osteotomy for intraoral harvesting of bone blocks. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007; 27(2):127-31.
- [24] Labanca M, Azzola F, Vinci R, Rodella LF. Piezoelectric surgery: twenty years of use. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008; 46(4):265-9.
- [25] González-García A, Diniz-Freitas M, Somoza-Martín M, García-García A. Piezoelectric bone surgery applied in alveolar distraction osteogenesis: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22(6):1012-6.
- [26] Vercellotti T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report – a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000; 20(4): 358-65.
- [27] Di Alberti L, Donnini F, Di Alberti C, Camerino M. A comparative study of bone densitometry during osseointegration: piezoelectric surgery versus rotary protocols. *Quintessence Int* 2010; 41(8):639-44.
- [28] Kfourí FA. Interface osso-implante dental de titânio produzida por cirurgia piezoelétrica. [Tese] São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2011.
- [29] Kfourí FD, Duailibi MT, Bretos JL, Carvalho AB, Pallos D, Duailibi SE. Piezoelectric osteotomy for the placement of titanium implants in rabbits: histomorphometry study. *Clin Oral Impl Res* 2013; Jul 8. doi: 10.1111/clr.12229. [Epub ahead of print].

