

O uso da piezocirurgia na elevação do seio maxilar

Revisão sistemática integrativa

Gauthier Erwan Philippe JEANNES

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (ciclo integrado)

Gandra, 27 de junho de 2022

Gauthier Erwan Philippe JEANNES

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (ciclo integrado)

O uso da piezocirurgia na elevação do seio maxilar

Revisão sistemática integrativa

Trabalho realizado sob a Orientação de José Adriano Ferreira Gomes da Costa

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE:

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

AGRADECIMENTOS:

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais por todo o amor e pela oportunidade que me deram ao permitir que eu concluísse este curso.

À minha mãe, obrigado por sempre acreditar em mim durante esses anos.

Ao meu pai, obrigado pelo apoio constante, em todas as circunstâncias, mesmo nos momentos mais complicados.

Um grande obrigado ao meu irmão e minha irmã que me apoiaram diariamente desde sempre e para sempre. Estou muito orgulhoso de você.

A ti Sr Coco, obrigado por tua alegria de viver, teus silêncios e teu humor que anima o nosso quotidiano a todos nesta família.

A ti Lauriano por este exemplo de trabalho que és, as tuas ligações diárias e as tuas visitas a Portugal.

A ti Papou, dedico este trabalho, e não te esqueço. E para ti Mamou, obrigado por tua gentileza e teu amor.

Aos meus avós, obrigado pelo apoio nesta provação da minha vida e pela visita a Portugal.

Obrigado também aos amigos que conheci em Portugal:

A meu binómio desde o início e para sempre, Agathe MORIN, obrigado por todos esses anos de partilha, ajudando-nos um ao outro e aprendendo ao teu lado, desejo muito sucesso para a tua vida futura, tanto profissional quanto pessoal.

Àqueles que nunca me abandonaram e sempre me apoiaram diariamente, Laura TOUBOUL, Prescilia REBELO, Nicola Antonio TASSONE, obrigado pelo vosso apoio em todas as dificuldades que enfrentámos juntos, e todos esses momentos passados ao vosso lado que irão ficar comigo para sempre.

Obrigado aos meus amigos que conheci ao longo destes 5 anos, Pauline URSAT, Francisco de Borja, Simon TOUBOUL, Marco RECH, Marie-Camille MARTIN, Valentine MICHELE, Marion GAMBINI.

Obrigado à Turma 4 com quem passei um ano espetacular, cheio de alegria e bom humor, com menção especial para Angelo ESPOSITO e Giuseppe ASPRELLA, meus companheiros no hospital de Amarante.

Obrigado a todos os meus professores que conheci durante o meu curso na CESPU, e mais particularmente aos meus professores de cirurgia Prof. Francisco MAGALHÃES e Prof. Pedro VIEIRA com quem aprendi muito durante este último ano.

Agradeço ao meu orientador pela ajuda na realização deste trabalho.

E finalmente, um pensamento a todas as pessoas que conheci durante este curso, permanente ou temporariamente, às velhas amizades e novas.

Obrigado Portugal, nunca vou te esquecer.

RESUMO:

Introdução: O seio maxilar é uma estrutura anatômica com proximidade aos dentes. Com a idade e perda de peças dentárias, o volume do osso diminui, provocando uma reabsorção da maxila e levando assim a uma pneumatização secundária do seio. A fim de resolver o problema da perda óssea, é possível elevar o soalho do seio maxilar e realizar um enxerto ósseo, evitando danos sobre a membrana de Schneider e tecidos vizinhos. Embora existam diferentes técnicas de osteotomia, hoje em dia, os instrumentos ultrassônicos e piezocirurgia são cada vez mais usados.

Objetivos: Analisar as aplicações da piezocirurgia ao nível da elevação do seio maxilar, estudando a técnica, vantagens e desvantagens desta cirurgia, em comparação aos métodos tradicionais.

Materiais e métodos: Foi realizada uma pesquisa na base de dados PubMed através de palavras-chave. Foram encontrados 717 artigos e, após processo de seleção através de critérios de inclusão e exclusão, foram escolhidos 22 artigos, e 13 artigos foram encontrados com pesquisa manual para este estudo.

Resultados: Foi observado que o sistema de piezocirurgia é complexo e que a irrigação é indispensável. No entanto, parece realizar corte ósseo de forma mais suave, sem aquecimento, através de uma boa irrigação. Além disso, as estruturas aparentam ser preservadas, evitando danos. Adicionalmente, o conforto do paciente durante o pós-operatório é satisfatório.

Conclusão: A osteotomia com sistema piezocirurgia aparenta ser uma boa alternativa às técnicas convencionais.

Palavras-chaves: "*Piezosurgery*", "*Sinus floor augmentation*" e "*Maxillary osteotomy*"

ABSTRACT:

Introduction: The maxillary sinus is an anatomical structure with proximity to the teeth. With age and loss of the dental piece, the volume of the bone decreases, causing a re-absorption of the maxilla, leading to a secondary pneumatisation of the sinus. In order to solve the problem of bone loss, it is possible to lift the floor of the maxillary sinus and perform a bone graft avoiding damage to the Schneider's membrane and the neighbouring tissues. There are different osteotomy techniques. Nowadays, ultrasonic instruments, piezosurgery are used more and more.

Objectives: To study its applications in terms of maxillary sinus elevation, studying the technique, advantages and disadvantages of this surgery in comparison with traditional methods.

Materials and methods: A search was conducted in the PubMed database with keywords. A total of 717 articles were found after a selection through inclusion and exclusion criteria, 22 articles were chosen, and 13 articles were found with manual search for this study.

Results: It was observed that the piezosurgery system is complex and irrigation is indispensable. However, it seems to have a smoother bone cut without heating due to good irrigation. Moreover, structures seem to be preserved and damage avoided. Finally, the postoperative patient comfort is satisfactory.

Conclusion: Osteotomy with piezosurgery system seems to be a good alternative to conventional techniques.

Key words: "*Piezosurgery*"; "*Sinus floor augmentation*" e "*Maxillary osteotomy*"

ÍNDICE GERAL:

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	3
3.1. Critérios de inclusão	3
3.2. Critérios de exclusão	3
4. RESULTADOS	5
5. DISCUSSÃO	15
5.1. A piezocirurgia	15
5.1.1. O conceito de piezoelectricidade	15
5.1.2. O efeito de cavitação	16
5.1.3. O dispositivo de piezocirurgia	17
5.1.4. Piezocirurgia e osteotomia	19
5.2. Comparação da piezocirurgia em relação a outras técnicas na elevação do seio maxilar	21
5.3. Vantagens e desvantagens da piezocirurgia	23
6. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ÍNDICE DE FIGURA:

Figura 1	4
Figura 2	16
Figura 3	16
Figura 4	17
Figura 5	18
Figura 6	19
Figura 7	20

ÍNDICE DE TABELA:

Tabela 1	5
----------------	---

1. INTRODUÇÃO

O seio maxilar é o primeiro seio paranasal a formar-se de entre 4 pares de seios paranasais, concretamente os seios frontal, etmóide, esfenoidal e maxilar, sendo este último aquele que apresenta a maior dimensão. A sua formação tem início entre a 10ª e 12ª semana de vida intrauterina, sendo que o seu crescimento se prolonga durante a adolescência e, em alguns casos, o seu processo de pneumatização não se conclui antes de se atingir a idade adulta. Esta estrutura anatómica foi descrita pela primeira vez em 1691 por Nathaniel Highmore, embora existam algumas referências mais antigas nos escritos de Hipócrates, Ingrassius, Júlio César. (1)

Em 1912, Arthur Underwood, após um estudo histológico das características morfológicas do seio maxilar, afirmou que este último está dividido em três compartimentos, nomeadamente os compartimentos anterior, medial e posterior, e que cada porção está relacionada com os gérmenes das peças dentárias, sendo que a porção anterior estaria relacionada com o germen dos pré-molares, a medial com o dos primeiros molares e a posterior com a dos segundos molares, ocupando o espaço libertado pelos gérmenes dos dentes erupcionados, à medida que os dentes irrompem na cavidade oral, conferindo-lhe uma forma piramidal, com uma base interna próxima da cavidade nasal, podendo conter até entre 12 e 15 mL de área no raio-X. (1,2)

Em termos de vascularização, o seio maxilar é irrigado por ramos da artéria maxilar interna, que anastomosam com a artéria infraorbital, sendo que o plexo pterigóide, a veia facial e a veia esfeno-palatina são os vasos responsáveis pelo retorno venoso. Quanto à inervação sensorial, esta é conferida pelo ramo maxilar (ramos dentários anterior, médio e posterior, assim como o nervo infraorbital), e a inervação vegetativa é proporcionada pelos ramos do gânglio esfenopalatino, sendo a drenagem linfática realizada através do óstio para os gânglios retrofaríngeos, a secção posterior da pirâmide nasal, a epifaringe e a cadeia jugular interna. (1,2)

É limitado internamente pela membrana de Schneider, sendo coberto pela mesma, cuja espessura varia entre 0,3 e 1,3 mm e que apresenta uma cor cinzento-azulado, podendo ser facilmente reconhecida durante a abordagem cirúrgica lateral e tendo como função o recobrimento do seio, de forma a proteger o epitélio de irritantes, mas também de vírus e bactérias. (1,2,3)

Com o tempo, a idade e a perda das peças dentárias, especialmente na região posterior da maxila, o volume ósseo diminui, provocando uma reabsorção da mesma e levando, assim, a uma pneumatização secundária do seio. Também uma extração dentária pode provocar uma modificação tridimensional do osso, devido à reabsorção no local de extração do dente, infligindo uma redução de cerca de 50% do volume ósseo transversal, sendo por este motivo que a realização das extrações dentárias deve ocorrer de forma não traumática, a fim de preservar a integridade óssea tanto quanto possível. (4,5,6)

Para solucionar o problema da perda óssea e da consequente pneumatização do seio maxilar, é possível elevar o seio e realizar um enxerto ósseo, sendo este procedimento cirúrgico executado acedendo através da crista óssea à zona cirúrgica, e tendo sido realizado pela primeira vez por Tatum, em 1986, e retomado e aprofundado por Summers, em 1994. (2,3,5)

Uma segunda técnica de elevação do seio por abordagem lateral, que foi descrita por George Caldwell em 1893 e, um ano depois, por Guy Luc, consiste em aceder à cavidade sinusal através de uma janela óssea criada na parede lateral do seio, permitindo levantar a membrana de Schneider e colocar o enxerto ósseo, o que pode levar a perfuração da membrana sinusal, sendo esta uma das razões pelas quais a piezocirurgia baseada em ultrassons tem sido gradualmente desenvolvida. (1,5,6,7)

2. OBJETIVO

O objetivo desta revisão sistemática consiste em adquirir conhecimentos sobre piezocirurgia e analisar as suas aplicações ao nível da elevação do seio maxilar, estudando a técnica e as vantagens e desvantagens desta cirurgia, comparativamente a métodos tradicionais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho de revisão, foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando as bases de dados PUBMED e GOOGLE SCHOLAR, limitando os resultados a artigos publicados entre 2000 e 2022.

As palavras-chave, recorrendo a MeshTerms, foram: "*Piezosurgery*", "*Sinus floor augmentation*" e "*Maxillary osteotomy*". Foi também realizada uma pesquisa manual de artigos, a fim de obter conteúdos teóricos de suporte à discussão.

3.1. Critérios de inclusão

- Artigos com idioma inglês, português, espanhol ou francês
- Artigos publicados entre 2000 e 2022
- Artigos relacionados com o tema estudado

3.2. Critérios de exclusão

- Artigos com idioma diferente de inglês, português, espanhol o francês
- Artigos com o título o resumo não relacionado com o tema do estudo
- Artigos sem acesso ao texto completo

Na pesquisa avançada na base de dados PubMed, colocaram-se os MeshTerms, "*Piezosurgery*", "*Sinus floor augmentation*" e "*Maxillary osteotomy*" com o operador Booleano "OR" entre cada conjunto de palavras-chave. Obteve-se um total de 717 artigos, dos quais 10 foram removidos por se encontrarem duplicados. Após a leitura de títulos e resumos de cada artigo, resultaram 96 publicações. Após uma leitura completa das mesmas, 22 artigos foram selecionados para integrar esta revisão.

Os 13 artigos de apoio foram procurados manualmente, ou seja, em "*hand-free*".

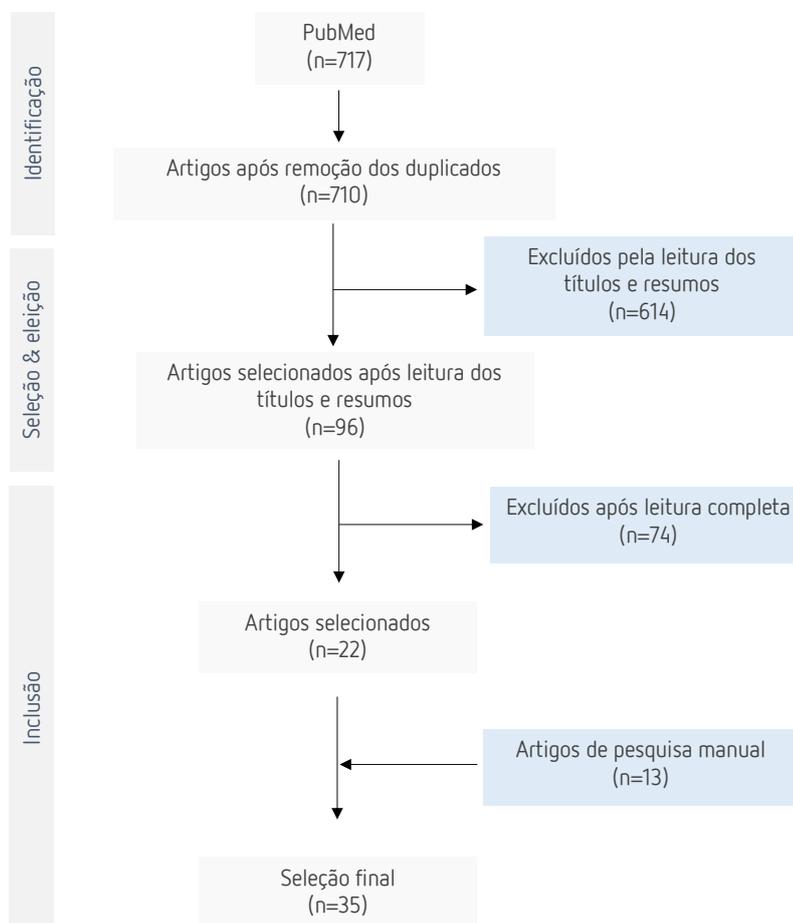


Figura 1: Fluxograma da pesquisa bibliográfica

4. RESULTADOS

Tabela 1: análise dos artigos selecionados pelo estudo

Titulo/Autor/Data	Objetivo	Métodos de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Titulo: Qu'est-ce que la Piezosurgery® ? Intérêt en chirurgie craniomaxillofaciale. À propos de deux ans d'expérience</p> <p>Data: 2007</p> <p>Autor: Beziat <i>et al.</i></p>	<p>Investigar e avaliar a utilidade da piezocirurgia em cirurgia craniomaxilofacial</p>	<p>Um dispositivo ultra-sônico (Mectron) foi utilizado em 7 procedimentos cirúrgicos craniofaciais diferentes. A integridade dos tecidos moles e o tempo cirúrgico foram avaliados</p>	<p>A análise dos resultados mostrou que a Piezocirurgia® permite um corte muito preciso; evita o corte ósseo utilizando um osteótomo; poupa tecidos moles como o cérebro, dura-mater, mucosa palatina e o nervo alveolar inferior; aumenta o tempo de corte ósseo, mas não o tempo operatório global, devido à ausência de proteção dos tecidos moles</p>	<p>A Piezocirurgia® é uma nova abordagem tecnológica que pode ser benéfica para o corte ósseo em vários cenários, ao mesmo tempo que protege os tecidos moles vizinhos. No entanto, o dispositivo requer energia elétrica, o que parece ser, no entanto, uma questão menor quando ponderada em função dos benefícios.</p>
<p>Titulo : A comparison of piezosurgery and conventional surgery by heat shock protein 70 expression</p> <p>Data: 2013</p> <p>Autor: Gülnahar <i>et al</i></p>	<p>Examinar a expressão da Hsp70 como um biomarcador potencial de stress pós operatório imediato em pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos com técnica convencional e com piezo.</p>	<p>Uma cirurgia foi realizada em 20 indivíduos que apresentavam terceiros molares mandibulares impactados, que eram bilaterais e simétricos. Para um dos lados, foram utilizadas as brocas tradicionais para remover o osso alveolar, enquanto para o lado oposto a piezocirurgia foi escolhida.</p> <p>Todas as cirurgias foram realizadas pelo mesmo cirurgião. Foram analisados a expressão da Hsp70, biomarcador potencial de stress pós-operatório imediato, nos pacientes dos dois grupos de cirurgias</p>	<p>No grupo convencional, a expressão Hsp70 foi duas vezes superior à do grupo piezo.</p> <p>Na fase pós-operatória imediata, os pacientes que foram submetidos a uma cirurgia mais invasiva, utilizando procedimentos convencionais, exibiram um aumento considerável de Hsp70.</p>	<p>A piezocirurgia, parece provocar menos stress, nos pacientes.</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: In Vivo Assessment of Bone Healing following Piezotome® Ultrasonic Instrumentation</p> <p>Data: 2015</p> <p>Autor: Reside <i>et al.</i></p>	<p>Avaliação, durante 3 semanas, da regeneração molecular, histológica e radiográfica do osso após instrumentação, utilizando dispositivos piezoelétricos ou rotatórios de alta velocidade.</p>	<p>14 ratos foram submetidos a osteotomias bilaterais da tíbia, preparadas num desenho aleatório de pernas divididas usando Piezotome® (P1), Piezotome 2® (P2), instrumentação de alta velocidade (R), ou cirurgia falsa (S). Foi usada, 1 semana depois, uma matriz de osteogénese para avaliar diferenças na expressão genética, enquanto a análise quantitativa avaliou a percentagem de preenchimento ósseo (PBF) e a densidade mineral óssea (BMD) no defeito, em zonas periféricas, e em zonas distantes, às 3 semanas. A avaliação histológica qualitativa das osteotomias cicatrizantes foi também realizada às 3 semanas.</p>	<p>Após 1 semana, a expressão dos genes 11 e 18 envolvidos na remodelação óssea foi mais baixa, após a instrumentação com P1 e P2, em relação a S, enquanto os genes 16 e 4 se mostraram mais baixos em comparação a R. Não foram detetadas diferenças ao nível do PBF e ao BMD entre os grupos, no local onde foi feita a osteotomia. No entanto, foram observadas diferenças significativas no PBF e BMD na periferia entre os grupos P2 e R, sendo R o grupo com os valores mais baixos.</p>	<p>A instrumentação piezoelétrica promove a preservação do osso adjacente às osteotomias, enquanto as variações na expressão genética sugerem diferenças nas taxas de regeneração, devido à modalidade cirúrgica. O osso instrumentado por cirurgia piezoelétrica parece ser mais favorável à cicatrização óssea do que o dispositivo R de alta velocidade.</p>
<p>Título: Heat Production and Drill Wear Following Osseous Resective Surgery: A Preliminary In Vitro SEM Study Comparing Piezosurgery and Conventional Drilling</p> <p>Data: 2018</p> <p>Autor: Tepedino <i>et al.</i></p>	<p>Avaliação do desgaste do material e variações de temperatura com irrigação fisiológica para realizar cirurgia de ressecção óssea em blocos ósseos bovinos, com insert-piezo e uma broca rotatória convencional.</p>	<p>Análise do tempo de corte para avaliar o desgaste do material, e utilização do microscópio electrónico de varrimento para avaliar os mecanismos de desgaste</p>	<p>A análise do tempo mostrou maior desgaste e libertação de calor com piezo, contudo os valores ainda estavam abaixo dos valores clínicos desfavoráveis, mesmo após 20 minutos. A superfície óssea aparenta irregularidades e lesões térmicas, provavelmente devido à ação da broca tradicional, quando o corte é feito por esta última.</p>	<p>Dentro dos limites deste estudo, pode concluir-se que as inserções piezoelétricas apresentam maiores desgaste e geração de calor, em comparação com as brocas revestidas de diamante. No entanto, esta última causa maior controlo sobre o osso, resultando em cortes mais irregulares e danos térmicos. Verificou-se a necessidade de controlar o nível de desgaste das inserções piezoelétricas, e de as substituir com uma maior frequência do que às brocas diamantadas, a fim de assegurar um bom corte do tecido ósseo</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: The use of piezosurgery as an alternative method of minimally invasive surgery in the authors' experience</p> <p>Data: 2013</p> <p>Autor: Rahnama <i>et al.</i></p>	<p>Conhecer a piezocirurgia, as suas várias aplicações e as suas vantagens em relação ao equipamento cirúrgico convencional.</p>	<p>Apresentação de 6 procedimentos de cirurgia oral realizados com um dispositivo piezoelétrico: Surgysonic.</p>	<p>Possibilidade de uma prática muito ampla em cirurgia oral, tal como Extração dentária; Procedimento de elevação do seio; Cistectomia; Fenda óssea; Osteotomia óssea ou Corticotomia; Colheita de blocos ósseos e enxerto ósseo graças às diferentes pontas ultra-sónicas e à possibilidade de variação de frequência do dispositivo.</p>	<p>De acordo com este artigo, o dispositivo piezoelétrico proporciona uma grande facilidade e torna-se quase indispensável. Este dispositivo permite uma cirurgia mais bem-sucedida, com risco mínimo de lesão do tecido mole subjacente, e pode revelar-se particularmente útil durante uma elevação de seio, permitindo preservação da membrana de Schneider.</p>
<p>Título: Sinus floor elevation using osteotomes or piezoelectric surgery</p> <p>Data: 2011</p> <p>Autor: Baldi <i>et al.</i></p>	<p>Descrever uma técnica de aumento do seio maxilar de 1 passo com osso residual de 7,5 mm</p>	<p>Colocação de 36 implantes após a elevação do seio maxilar em 25 pacientes com uma maxila atrofica.</p> <p>A elevação foi realizada por abordagem de cristais, quer com osteótomo, quer com piezocirurgia.</p> <p>Radiografias intra-orais foram registadas antes e 1 ano após a operação.</p>	<p>Após análise radiográfica, a altura óssea residual média foi de 5,6mm, e o ganho médio, 1 ano após a cirurgia, foi de 6,78mm.</p> <p>Deste estudo de 25 pacientes, 2 desistiram.</p> <p>A taxa de sucesso foi de 97%, dos 23 pacientes que completaram o estudo, 1 implante falhou, e 33 encontravam-se estáveis após 1 ano.</p>	<p>A altura óssea com implantes cónicos era significativamente mais alta do que com implantes cilíndricos.</p> <p>Não foi encontrada qualquer diferença estatística entre osteotoma e piezocirurgia, no entanto, a piezocirurgia foi considerada menos problemática para o paciente e mais conveniente para o profissional.</p>
<p>Título: Evaluation of the capability of a new water lift system to reduce the risk of Schneiderian membrane perforation during sinus elevation.</p> <p>Data: 2011</p> <p>Autor: Bensaha</p>	<p>Comparar o desempenho de um novo sistema de elevação de água utilizado como instrumento cirúrgico na abordagem crestal da operação de elevação da membrana sinusal e a sua capacidade de reduzir o risco de perfuração da membrana Schneideriana para uma abordagem lateral utilizando a cirurgia piezoelétrica.</p>	<p>Foram realizadas 50 operações de elevação da membrana sinusal. Os pacientes foram aleatorizados em 2 grupos para receberem ou a elevação do seio lateral com piezocirurgia, ou a elevação do seio crestal utilizando o novo dispositivo cirúrgico.</p>	<p>A perfuração da membrana de Schneider foi detectada em 6 pacientes (24%) no grupo submetido ao método de elevação do pavimento do seio lateral, mas não no grupo submetido à técnica de infiltração da crista (P = 0,01). Para além da perfuração da membrana, foi detetado hematoma em três (12%) dos pacientes com elevação do pavimento do seio lateral, mas não no outro grupo. Nos 50 casos avaliados, não foram encontradas infecções bacterianas.</p>	<p>Este estudo demonstrou que a elevação do soalho do seio maxilar utilizando o sistema de elevação de água, através da abordagem de cristais, é um procedimento previsível com uma baixa taxa de complicações, em comparação com a abordagem lateral com cirurgia piezoelétrica</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure A comparative study: piezoelectric device vs. conventional rotative instruments</p> <p>Data: 2008</p> <p>Autor: Barone <i>et al.</i></p>	<p>Avaliar o desempenho de instrumentos rotatórios e de um dispositivo piezoelétrico durante a elevação do seio maxilar.</p>	<p>Este estudo incluiu 13 pacientes que necessitavam de aumento bilateral do seio maxilar para a reabilitação implanto-protética. Foi realizado um estudo de controlo em cada paciente. A osteotomia para acesso aos seios nasais foi realizada utilizando piezocirurgia num lado da maxila (locais de teste) e a técnica convencional com instrumento rotatório no outro (locais de controlo). Foram medidos os seguintes parâmetros: comprimento da janela óssea (L), altura da janela óssea (H), espessura óssea (T), e área de osteotomia (A) que foi determinada multiplicando L e H. O tempo necessário para a osteotomia e elevação da membrana sinusal, bem como o a taxa complicações cirúrgicas, também foram calculados.</p>	<p>O comprimento médio e a altura da janela óssea, em ambos os grupos, eram comparáveis. O grupo de controlo tinha uma área de osteotomia (A) maior, determinada multiplicando L e H (151,2 20,4 mm²), do que o grupo de teste (137 24,2 mm²). Os instrumentos convencionais exigiam 10,2 2,4 minutos para a osteotomia e elevação da membrana sinusal, enquanto que o dispositivo piezoelétrico exigia 11,5 3,8 minutos. Além disso, a perfuração da membrana ocorreu em 30% dos seios maxilares no grupo de teste, e em 23% no grupo de controlo. Nenhuma das diferenças detetadas entre os dois grupos foi estatisticamente significativa.</p>	<p>No âmbito da investigação atual, é possível inferir que não houve alterações nos parâmetros clínicos estudados para a elevação do seio maxilar, entre a piezocirurgia e o equipamento convencional.</p>
<p>Título: Comparison of Piezosurgery and Conventional Rotative Instruments in Direct Sinus Lifting</p> <p>Data: 2013</p> <p>Autor: Cagri <i>et al.</i></p>	<p>Avaliar os efeitos intra e pós-operatórios da Piezocirurgia com dispositivos tradicionais de rotação, numa técnica de elevação direta do seio maxilar</p>	<p>No estudo foram recrutados 23 pacientes que necessitaram de levantamento direto dos seios maxilares. Foram utilizadas pontas de piezocirurgia, brocas diamantadas rotatórias, e elevadores manuais de membrana para completar a osteotomia e a elevação da membrana sinusal. Foi avaliado o tempo decorrido entre a abertura da janela óssea e a conclusão da elevação da membrana (duração), a incidência da perfuração da membrana, a visibilidade do local da operação, dor pós-operatória, inchaço, sono, alimentação, fisiologia, rotina diária e faltas dadas ao trabalho, bem como as expectativas do paciente antes e depois da operação.</p>	<p>Não houve diferença significativa entre a Piezocirurgia e os grupos tradicionais em termos de incidência de perfuração de membrana, duração e visibilidade do local da operação, nem entre as expectativas dos pacientes antes e depois da operação (P>0,05). Contudo, o grupo convencional registou dores e edemas consideravelmente mais elevados do que o grupo de piezocirurgia (P<0,05).</p>	<p>Quando comparada com a abordagem convencional, a operação de elevação dos seios maxilar realizada com Piezocirurgia resultou numa redução do desconforto e edema pós-operatórios. O procedimento cirúrgico não teve qualquer efeito sobre as atividades diárias dos pacientes nem sobre a sua percepção da cirurgia.</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: Cutting characteristics of ultrasonic surgical instruments</p> <p>Data: 2011</p> <p>Autor: Parmar <i>et al</i></p>	<p>Investigar como os instrumentos de corte ultrassónicos oscilam e como esta oscilação varia quando entram em contacto com superfícies ósseas expostas a diferentes cargas.</p>	<p>Foi utilizado um vibrómetro laser de varrimento para determinar o padrão de oscilação livre e a amplitude de uma sonda de corte ultrassónica sem carga. Esta ponta de sonda foi depois pressionada no osso sob pesos variados de forma a determinar como as características de oscilação mudariam. Os cortes foram feitos durante um intervalo de 10 segundos. A profilometria laser foi utilizada para detectar as profundidades dos defeitos nas superfícies ósseas cortadas.</p>	<p>Sob carga, a amplitude média de deslocamento vibratório na ponta da sonda era de 12 mm na direção longitudinal, sendo o modo de corte cortical o mais elevado. Sob as tensões testadas, o movimento da sonda elíptica foi satisfatoriamente mapeado. Foram descobertas profundidades de defeito até 0,36mm, sendo a maior quando a ponta estava em contacto com o osso sob uma carga de 100g.</p>	<p>Esta investigação demonstrou que as características da superfície a ser cortada podem ter um impacto considerável sobre a forma e magnitude da oscilação da sonda. A 100g de carga de contacto, a maior profundidade de corte foi atingida com a menor quantidade de restrição de movimento da ponta.</p>
<p>Título: Crestal minimally-invasive sinus lift on severely resorbed maxillary crest: prospective study</p> <p>Data: 2012</p> <p>Autor: Sisti <i>et al</i></p>	<p>Estudar os resultados clínicos da cirurgia de elevação do piso sinusal utilizando uma abordagem de cristais em pacientes com maxilares fortemente reabsorvidos.</p>	<p>17 pacientes desdentados obtiveram 20 implantes e elevação do piso sinusal na maxila posterior com alturas residuais de cristais de 1,2-5,0 mm e superiores a 7 mm. A perfuração foi realizada até que o piso do seio fosse sentido; a mucosa do seio foi levantada e foram implantados grânulos de hidroxiapatite enriquecidos com magnésio; e os implantes foram colocados imediatamente. As coroas definitivas foram cimentadas quatro meses mais tarde, e os pacientes foram monitorizados durante 24 meses. 24 meses após a carga protética, foram relatados falhas e problemas nos implantes, e a altura óssea regenerada radiográfica foi avaliada.</p>	<p>Não houve desistências e todos os implantes foram osteointegrados com sucesso. A dor pós-operatória foi mínima, e a única complicação foi uma pequena perfuração da membrana sinusal, sem consequências deletérias. A altura média da crista residual no momento da implantação do implante era de 4,12 mm. A altura óssea média após a cirurgia e no seguimento final foi de 13,51 e 12,98 mm, respectivamente.</p>	<p>Podemos concluir que o procedimento é um sucesso, obtivemos a elevação do seio e a osteointegração dos implantes</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: Piezoelectric surgery in maxillary sinus floor elevation with hydraulic pressure for xenograft and simultaneous implant placement</p> <p>Data: 2013</p> <p>Autor: Li <i>et al.</i></p>	<p>Avaliar os efeitos clínicos do método da elevação do seio maxilar por piezocirurgia em pacientes com osso residual maxilar insuficiente</p>	<p>Incluíram-se 23 pacientes com deficiência óssea na maxila, apresentando alturas do soalho do seio maxilar de 2 a 5 mm (com média $3,7 \pm 0,8$ mm). Um kit de piezocirurgia foi utilizado para realizar a elevação do seio maxilar (Piezotome, Satelec)</p>	<p>Foi observada uma altura óssea significativamente maior recorrendo a cirurgia piezoelétrica na elevação do soalho do seio maxilar com pressão hidráulica ($P < 0,05$). A perda óssea média foi de 0,32 mm durante o período de seguimento. Não houve falhas ou remoção das fixações, e foram mantidos 33 implantes até à recolha final.</p>	<p>O uso da piezocirurgia com pressão hidráulica permite que a cirurgia seja menos traumática e diminui o surgimento de algumas complicações.</p> <p>Esta técnica pode ser uma boa alternativa pelo enxerto de osso e posicionamento direto de implante.</p>
<p>Título: Comparison of 2 Crestal Sinus Floor Lift Techniques Performed on Human Cadavers</p> <p>Data: 2014</p> <p>Autor: Llopet <i>et al.</i></p>	<p>Comparar a eficácia de dois procedimentos alternativos para elevar o soalho do seio maxilar utilizando uma abordagem crestal em cabeças de cadáveres humanos frescos: o método de Piezocirurgia Intralift e a abordagem de Osteotomia de Summers</p>	<p>Em 11 cabeças de cadáveres humanos frescos, ou 22 seios maxilares, foram replicados dois métodos alternativos. Os critérios de inclusão implicavam maxilas desdentadas bilaterais com alturas residuais de cristas que variavam entre 3 e 9 mm. Foram obtidas tomografias computadorizadas em todas as cabeças de cadáveres frescos, antes e depois da cirurgia. Tanto os métodos Intralift como Summers foram utilizados no mesmo maxilar e em dois seios nasais. Para comparar os dois resultados, a cirurgia foi conduzida por dois clínicos diferentes, um qualificado e um principiante. O tempo de operação e a preservação da membrana sinusal foram as características avaliadas.</p>	<p>Quando o operador era mais experiente, o processo levava menos tempo. Havia uma ligação entre a destreza do operador e a quantidade de tempo necessária para a cirurgia. Os procedimentos de Intralift pareciam ser mais seguros para a preservação da membrana sinusal.</p>	<p>A técnica Intralift é uma alternativa que parece interessante para a técnica de Summers.</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: Two-stage closed sinus lift: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation</p> <p>Data: 2015</p> <p>Autor: Krasny et al.</p>	<p>Apresentação da técnica de elevação do seio fechado em duas fases, bem como avaliação da eficácia da reconstrução do rebordo alveolar da maxila na sua dimensão vertical com o uso de tistechnique.</p>	<p>A cirurgia foi concluída em 26 dos 28 indivíduos que se qualificaram para a investigação. A altura do rebordo alveolar no local do implante previsto era de 3 mm, e a largura do rebordo era de 5 mm. A elevação do seio foi realizada pela primeira vez durante a fase de tratamento 1. A cavidade recém-formada foi preenchida com granulado alógeno. Após 3-6 meses, foi realizada a fase 2, que incluiu outro elevador do seio e implante concomitante. Após 6 meses de osteointegração, a terapia foi terminada com a reparação protética.</p>	<p>A fase 1 foi concluída em 24 de 26 casos, com uma altura média de rebordo de 7,2 mm. Na fase 2, 26 implantes foram implantados concomitantemente com o segundo elevador sinusal, e não foram descobertas incidências de sinusite. Durante o período de seguimento, não foram perdidos quaisquer implantes.</p>	<p>O método dado é eficaz e combina os benefícios da técnica aberta, que permite o tratamento em situações com maior redução vertical, e a técnica fechada, que não necessita de abertura do seio maxilar.</p>
<p>Título: Direct Sinus Lift and immediate implant placement using piezosurgical approach – a case report</p> <p>Data: 2016</p> <p>Autor: Purushotham et al.</p>	<p>Relatar o procedimento cirúrgico efetuado num paciente de meia-idade que requeria elevação do seio e enxerto ósseo para colocação de implantes.</p>	<p>Num paciente com uma peça dentária em falta ao nível do dente 16, foi realizado um procedimento de elevação direta do seio maxilar para colocação de um implante dentário, com uma unidade de piezocirurgia.</p>	<p>Ao utilizar a unidade piezo-cirúrgica, o procedimento de elevação do seio com enxerto sinusal provou ser menos traumático e mais bem-sucedido, reduzindo assim o risco de danificar tecidos moles vitais como nervos, dura-máter e vasos sanguíneos.</p>	<p>A cirurgia de elevação do seio com enxerto sinusal mostrou ser menos stressante e mais eficaz quando realizada com uma peça piezocirúrgica.</p>
<p>Título: Incidence, Risk Factors, and Complications of Schneiderian Membrane Perforation in Sinus Lift Surgery: A Meta-Analysis</p> <p>Data: 2016</p> <p>Autor: Al-Dajani.</p>	<p>Avaliar a ocorrência de perfuração da membrana Schneideriana durante a cirurgia de elevação do seio, bem como estudar potenciais fatores de risco e consequências relacionadas.</p>	<p>Foi realizada uma pesquisa abrangente no MEDLINE, EMBASE, Scopus, Web of Science, Trip, Cochrane Oral Health Group's TrialsRegister, Cochrane Central Register of Controlled Trials, e ProQuest Dissertations & Theses para publicações datadas entre 1975 e 2015. A abordagem GRADE foi utilizada para avaliar a qualidade de cada estudo. Conforme especificado, todos os dados recuperados foram sintetizados utilizando modelos de efeito fixo ou aleatório.</p>	<p>Houve 388 perfurações de membrana sobre 1652 atos relatados em 12 ensaios. A perfuração teve uma taxa de incidência ponderada de 23,5%, variando de 3,6% a 41,8%. As perfurações foram exacerbadas tanto pela diminuição da espessura da membrana como pelos septos sinusais. A diferença nas taxas ponderadas de sobrevivência dos implantes entre os lados perfurados e não perfurados não foi estatisticamente significativa. A utilização de instrumentos piezoelétricos parece diminuir a hipótese de perfuração.</p>	<p>A perfuração da membrana é uma complicação cirúrgica frequente durante a cirurgia de elevação do seio, com uma relação de incidência 1:4. É importante lembrar que uma perfuração de membrana devidamente manuseada e tratada resulta numa sobrevivência equivalente ao implante, quando comparada com uma membrana intacta.</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: Ultrasonic vs Drill Implant Site Preparation: Post-Operative Pain Measurement Through VAS, Swelling and Crestal Bone Remodeling: A Randomized Clinical Study</p> <p>Data: 2018</p> <p>Autor: Scarano et al.</p>	<p>Comparar duas estratégias para a preparação do local do implante: um dispositivo ultrassónico e uma abordagem de perfuração.</p>	<p>Para este estudo, foi selecionado um total de cinquenta pacientes, que foram divididos em dois grupos, para receberem implantes dentários para reparação protética fixa no maxilar posterior. O local do implante no grupo A foi preparado utilizando um método de perfuração, enquanto o local do implante no grupo B foi preparado utilizando um dispositivo ultrassónico; também, a duração da operação foi documentada. A dor e o inchaço foram avaliados em 1, 2, 4, e 6 dias após a cirurgia. Foi utilizado um exame tridimensional por TC para avaliar a reabsorção óssea da crista três meses após a inserção do implante.</p>	<p>De acordo com os resultados, as osteotomias feitas com um instrumento ultrassónico geraram menos desconforto e edema. A preparação piezoelétrica, por outro lado, resultou num aumento significativo do tempo de operação. Não houve diferenças significativas na reabsorção óssea de cristais entre as duas técnicas.</p>	<p>De acordo com os resultados do estudo, a preparação ultrassónica do leito do implante pode ser utilizada com sucesso em implantologia e pode ser uma alternativa viável aos procedimentos de perfuração padrão para a instalação de implantes dentários.</p>
<p>Título: Is Piezoelectric Surgery Really Harmless to Soft Tissue?</p> <p>Data: 2019</p> <p>Autor: Demirbilek et al.</p>	<p>Analisar o efeito da cirurgia piezoelétrica nos tecidos moles.</p>	<p>Um total de 30 pacientes que sujeitos a septorrinoplastia foram distribuídos aleatoriamente por dois grupos. A corcunda de cartilagem foi excisada usando um bisturi número 15 e a corcunda óssea com um cinzel no primeiro grupo (grupo clássico). Foram utilizados Sharpeosteotomes com um diâmetro de 4 mm para realizar osteotomias laterais e mediais. A raspagem foi feita no dorso para tratar as anomalias ósseas. Em seguida, foi obtida uma biópsia. No segundo grupo (grupo piezoelétrico), a cirurgia piezoelétrica foi utilizada para realizar a excisão da corcunda, osteotomias e raspagem. Em seguida, foi obtida uma biópsia. As biópsias foram analisadas histopatologicamente sob um microscópio para edema, necrose e inflamação.</p>	<p>Foi encontrado edema no tecido mole em 86,7% dos casos após a osteotomia no grupo convencional, mas apenas 26,7% no grupo de piezocirurgia. A distinção foi estatisticamente significativa. Embora a necrose não tivesse sido observada em nenhum dos grupos antes da osteotomia, a taxa de necrose no grupo clássico era de 13,3% e 66,7% no grupo piezocirúrgico. A necrose era consideravelmente diferente no grupo da piezocirurgia relativamente ao grupo da osteotomia tradicional.</p>	<p>A piezocirurgia não é totalmente segura para tecidos moles. Os danos a longo prazo dos tecidos moles gerados por vibrações piezoelétricas podem explicar o aumento estatisticamente significativo da necrose subcutânea em comparação com o grupo de controlo. Acreditamos que o desenvolvimento da necrose pode levantar problemas mais tardios, particularmente em pacientes com pele fina.</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título: Does Piezosurgery Decrease Patient Morbidity in Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion Compared With Saw and Burrs</p> <p>Data: 2020</p> <p>Autor: Küçükkurt et al.</p>	<p>O estudo atual examinou o desconforto pós-operatório, o edema, a satisfação do paciente, e o tempo de operação no procedimento de expansão palatina rápida cirurgicamente assistida para a reparação da insuficiência maxilar transversal com piezocirurgia, uma micro-serra recíproca, e as brocas tradicionais.</p>	<p>A presente experiência aleatória mono-cega inclui pacientes que receberam SARPE com piezocirurgia, uma micro-serra recíproca, ou brocas tradicionais. Para avaliar as normas faciais e o edema facial pós-operatório, foram medidas quatro distâncias anatómicas nos rostos dos pacientes utilizando o método da régua flexível modificada. A pontuação média do edema facial foi calculada para examinar e comparar o edema geral entre grupos. Para avaliar a dor e satisfação pós-operatória dos pacientes, foram utilizadas duas medidas análogas visuais separadas. Os comprimentos das osteotomias foram medidos.</p>	<p>O edema e o desconforto foram mais elevados para as brocas e micro-serras convencionais nos 80 pacientes, com diferenças estatisticamente significativas. A piezocirurgia apresenta uma taxa de satisfação aumentada da parte dos doentes em comparação com os outras técnicas. No entanto, a duração das osteotomias foi 50% mais longa no grupo da piezocirurgia.</p>	<p>Os resultados do estudo atual indicam que a piezocirurgia é uma excelente estratégia para reduzir o edema facial e a morbidade do paciente, ao mesmo tempo que aumenta a satisfação do paciente durante a SARPE. Além disso, a utilização de brocas e micro-serras tradicionais prolongou a duração do edema facial.</p>
<p>Título: Comparison of piezosurgery and conventional rotary instruments in Schneider's membrane sinus lifting: A pilot randomized trial</p> <p>Data: 2021</p> <p>Autor: Martins et al.</p>	<p>Analisar e comparar os efeitos pós-operatórios do dispositivo piezoelétrico e de instrumentos rotatórios tradicionais na técnica de elevação do seio na membrana de Schneider</p>	<p>Vinte pacientes foram escolhidos para o aumento bilateral do enxerto ósseo maxilar na área posterior da maxila. De um lado, foi realizada a cirurgia piezoelétrica, enquanto do outro foi realizada a cirurgia convencional com uma broca diamantada rotatória. A dor, inchaço, edema, e abertura da boca foram avaliados após uma hora, e dois e sete dias após as intervenções. A um nível de 5% de significância, todas as variáveis foram submetidas a testes de Friedman ou Wilcoxon.</p>	<p>A comparação de grupos revelou que a dor pós-operatória foi significativamente reduzida no grupo do dispositivo piezoelétrico após uma hora e dois dias. Em termos de edema, os resultados de ambas as abordagens foram comparáveis em todos os períodos. Apenas durante o exame de 48 horas a piezocirurgia foi significativamente ligada a maior abertura bucal.</p>	<p>Quando comparada com a abordagem padrão, a osteotomia usando um dispositivo piezoelétrico resulta em menos desconforto e maior abertura bucal pós-operatória.</p>

Título/Autor/Data	Objetivo	Método de estudo	Resumo do estudo	Conclusão sobre piezocirurgia
<p>Título : Temperature and time variations during osteotomies performed with different piezosurgical devices: an in vitro study</p> <p>Data: 2016</p> <p>Autor: Delgado-Ruiz et al</p>	<p>Verificar como o efeito de um dispositivo piezoelétrico nas variações de temperatura e tempo das osteotomias padronizadas, realizadas em blocos ósseos bovinos com pontas diferentes</p>	<p>O OE-F15 e o Surgystone foram os dois dispositivos piezocirúrgicos utilizados. Cada dispositivo foi emparelhado com pontas serrilhadas de geometria idêntica (ponta ST94/teste A e ponta P0700/teste B). Com e sem irrigação, foram feitas osteotomias de 10 mm de comprimento e 3 mm de profundidade em blocos ósseos que imitavam densidades ósseas do tipo II (denso) e tipo IV (mole). Foram medidas as flutuações termodinâmicas e temporais. Foram investigados os efeitos da densidade óssea, irrigação, e tipo de dispositivo nas flutuações de temperatura e no tempo que levou para completar as osteotomias.</p>	<p>A análise térmica revelou que as temperaturas eram significativamente mais elevadas durante as osteotomias piezocirúrgicas em osso duro sem irrigação ($P < 0,05$). As variações térmicas não foram afetadas pelo tipo de dispositivo piezocirúrgico ($P > 0,05$). A análise temporal revelou que os valores médios de tempo necessários para realizar osteotomias no osso mole eram inferiores aos do osso denso ($P < 0,05$).</p>	<p>A temperatura aumenta mais nas osteotomias piezocirúrgicas em osso denso sem irrigação; o tempo para realizar a osteotomia piezocirúrgica é menor em osso mole em comparação com osso duro; e o dispositivo piezocirúrgico tem uma influência mínima nas variações de temperatura e na duração da cirurgia, quando um desenho de ponta semelhante é usado durante as osteotomias piezocirúrgicas.</p>
<p>Título : Comparison of conventional transcrestal sinus lift and ultrasound-enhanced transcrestal hydrodynamic cavitational sinuslift to fill the sub-antral space: human cadaver study</p> <p>Data: 2015</p> <p>Autor: Catros et al.</p>	<p>Comparar duas técnicas de elevação do soalho do seio maxilar: osteotome (janela lateral) e instrumentos hidrodinâmicos ultrassônicos (Intralift®) em cadáveres. Avaliação da altura e largura de osso.</p>	<p>84 seios maxilares foram operados. Em cada cadáver selecionado foram executadas duas elevações do seio, uma com cada técnica. As medidas foram aferidas por software de CBCT.</p>	<p>O uso dos instrumentos ultrassônicos permitiu um aumento maior da elevação do seio nos sentidos mesio-distal e buco-palatino ($p < 0,001$). Existiu correlação quando usados os instrumentos ultrassônicos, nas dimensões mesiodistal e bucopalatino.</p>	<p>O uso do sistema de instrumentos hidrodinâmicos ultrassônicos (Intralift®) é uma boa alternativa no aumento do soalho do seio maxilar.</p>

5. DISCUSSÃO

Para facilitar a estruturação da discussão, a mesma será dividida em duas partes. A primeira terá como função introduzir o conceito de piezocirurgia, e a segunda, consistirá numa comparação com outra técnica de elevação do soalho do seio maxilar.

5.1. A piezocirurgia

5.1.1. O conceito de piezoelectricidade

Os efeitos da piezo-eletricidade foram descritos inicialmente por Jean e Marie Curie, mas em Medicina Dentária este conceito foi introduzido na piezocirurgia, desenvolvida em 1988 pelo cirurgião oral Tomaso Vercellotti, que criou o primeiro sistema PIEZOSURGERY®. (3,7,8,9)

A palavra “piezo” deriva da palavra grega “*piezein*”, que significa “pressão”, e efetivamente, a piezocirurgia depende do processo de “pressão de eletrificação”, ou seja, uma tensão elétrica nalguns materiais como sais de Rochelle, quartzo ou ainda algumas cerâmicas (como, hoje em dia, o zirconato titanato), irão induzir uma contração e expansão do material, produzindo vibrações ultrassónicas. (8,10)

Mrinalini *et al.* e Esha *et al.* explicaram que estas vibrações ultrassónicas podem induzir desorganização e fragmentação de algumas superfícies, nomeadamente em interfaces sólido-sólido, devido ao efeito de vibração, e em interfaces sólido-líquido, pelo efeito de cavitação, sendo que aquando da aplicação deste fenómeno ao instrumento cirúrgico, estas vibrações serão amplificadas e transmitidas no mesmo (figura 2). (8,10)

Muitos autores debruçam-se sobre o princípio de cavitação, um conceito relevante para a compreensão daquilo que ocorre quando se utiliza a técnica de piezocirurgia.

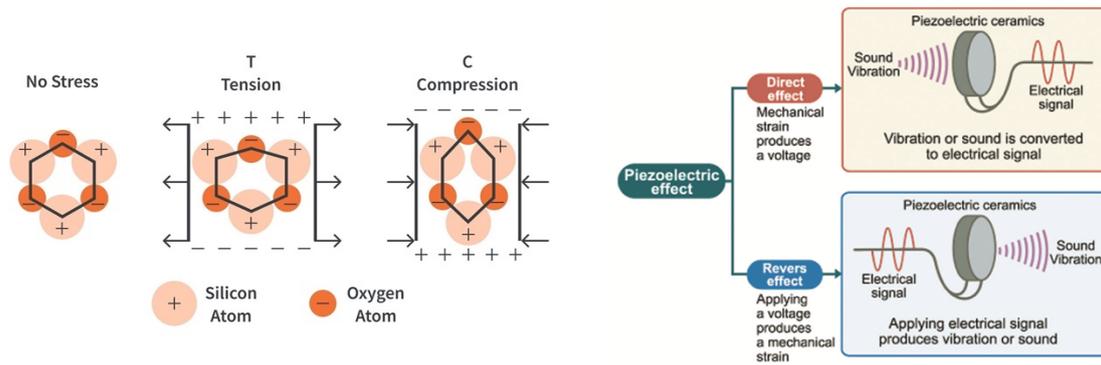


Figura 2: O efeito piezoelétrico direto e reverso IN "Piezowave in periodontology and oral implantology – an overview" (2016), Mrinalini et al.

5.1.2. O efeito de cavitação

O fenómeno de cavitação ocorre numa interface sólido-líquido, e Dular *et al.* propuseram duas explicações para a erosão causada pela mesma: a energia potencial contida numa macro-cavidade é transformada na radiação de ondas de pressão acústica e, posteriormente, no potencial erosivo contido nas estruturas de cavitação microscópicas, ou então em bolhas individuais, que colapsam nas proximidades dos limites do material (figura 3). (10,11,12)

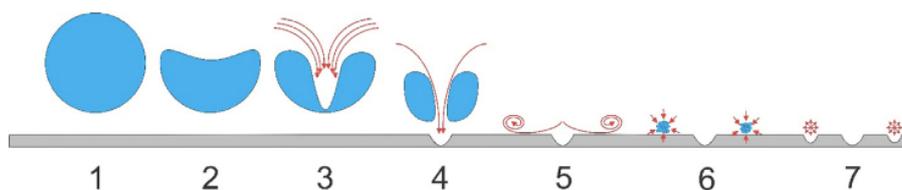


Figura 3: Esquema apresentando os mecanismos de ação da erosão por cavitação IN "High speed observation of damage created by a collapse of a single T cavitation bubble" (2018), Dular et al.

No sistema de piezocirurgia em Medicina Dentária, este fenómeno é assegurado pela irrigação, indispensável durante o procedimento de osteotomia. Esta propriedade dos movimentos de fluidos provocado por forças sónicas, denominado "microstreams", cria uma perda de coesão das células ósseas e, adicionalmente, o efeito de cavitação ocorre apenas nos tecidos mineralizados, ou seja, não são infligidos danos sobre os tecidos moles, o que é uma vantagem incontestável. (3,5,9)

5.1.3. O dispositivo da piezocirurgia

Geralmente, o kit do piezotomo é composto por uma peça de mão, um pedal, uma unidade central (figura 4) e de diferentes kits de pontas, já que o uso desta tecnologia é pluridisciplinar, incluindo, nomeadamente, as áreas da endodontia, periodontia, implantologia e cirurgia oral. (8,9,10,11)

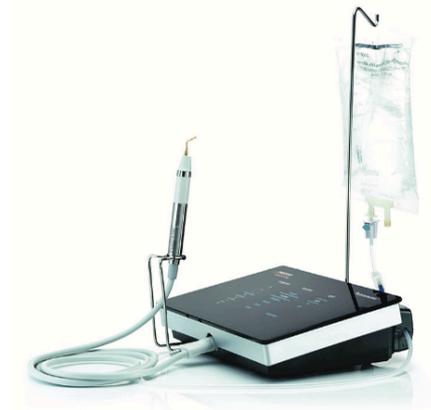


Figura 4: Equipamento piezoelétrico (Mectron India Pvt Ltd) IN *"Piezowave in periodontology and oral implantology – an overview"* (2016), Mrinalini *et al.*

A unidade central compreende vários modos, em função da utilização pretendida pelo clínico:

- O modo baixo é útil para o tratamento de canais radiculares em dentisteria;
- O modo alto é útil para a limpeza e alisamento dos bordos ósseos;
- O modo Boosted é mais frequentemente utilizado na cirurgia oral e maxilo-facial para osteoplastia e osteotomia.

A potência ideal para conciliar potência e precisão é de 5W. Altas frequências de oscilações (24000–29500Hz) são moduladas nas frequências mais baixas, compreendidas entre 10 e 60Hz, o que permite uma utilização eficiente e controlada. Desta forma, apenas o tecido mineralizado é cortado seletivamente, e por outro lado o tecido neurovascular e outros tecidos moles seriam cortados apenas por uma frequência superior a 50kHz. Os micromovimentos têm uma amplitude de 60 a 200µm, ou seja, para cada vibração, a ponta

move-se de 60 a 200µm horizontalmente e de 20 a 60µm verticalmente, funcionando como uma broca micropneumática. (8,9,10,11)

Vários kits de pontas estão disponíveis no mercado, como já mencionado, dependendo do fim pretendido (figura 5), existem pontas cortantes, não cortantes ou ainda para alisamento, de acordo com o procedimento a ser realizado. Em Cirurgia Oral, as pontas de osteotomia (OT), osteoplastia (OP) ou as de preparo para posicionamento de um implante (TKW, IM) são as mais utilizadas. (5,8,10,11)



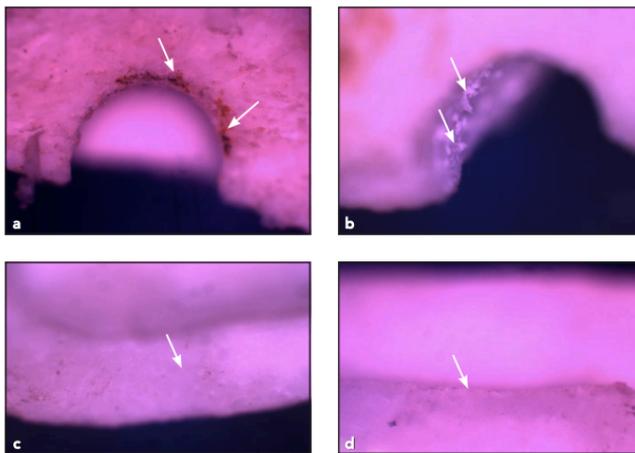
Figura 5: Pontas Piezo: pontas de periopiezo e pontas de osteotomia *IN "Piezowave in periodontology and oral implantology – an overview" (2016), Mrinalini et al.*

É também necessário mencionar a importância da irrigação, nesta técnica, dado que durante o procedimento, a unidade central permite injetar um irrigante, geralmente soro fisiológico (0,9% de solução salina), na peça de mão a uma taxa de fluxo ajustável (0 a 60mL/min). Além da sua função de limpar a zona dos detritos ósseos, este irrigante encontra-se a baixa temperatura (4°C), o que irá permitir arrefecer a área do procedimento e evitar assim, os danos indiretos térmicos nos tecidos vizinhos. (7,9,10,11)

No seu estudo *in vitro*, Delgado-Ruiz *et al.* mostraram que as temperaturas são mais elevadas em osteotomias realizadas sem irrigação, em comparação com as que se executam na presença de irrigação, e que as mesmas são também mais elevadas nas osteotomias do osso duro, sendo que para um procedimento com piezotomo

(frequência=30kHz, potência=10, irrigação=50mL/min) a temperatura média máxima do osso duro, sem irrigação, é de 35,293°C, o que é significativamente ($p<0,05$) mais alto do que a temperatura com irrigação, a qual se encontra nos 29,526°C. (13)

Adicionalmente, Tepedino *et al.* analisaram a tipografia dos instrumentos ao microscópio eletrônico, de forma a analisar o desgaste durante o corte, e o aquecimento induzido pelo mesmo. Neste estudo, foi utilizada uma broca diamantada montada em peça de mão a 35000rpm e uma ponta ultrassônica OP5. Foram observados resultados contrários a outros estudos, uma vez que constaram que a temperatura era mais alta com o uso de pontas ultrassônicas (24°C) do que com instrumentos rotatórios (19°C). Contrariamente, ao



observarem os cortes ao microscópio, verificou-se a existência de danos térmicos na superfície cortada com instrumentos rotatórios diamantados, com linhas de corte irregulares, o que não se verificou na piezocirurgia (figura 6). (14)

Figura 6: imagens microscópicas de margens de corte de osteotomia executadas com broca Komet 242 (a,b) e ponta piezocirúrgica OP5 (c,d) IN "Heat Production and Drill Wear Following Osseous Resective Surgery: A Preliminary In Vitro SEM Study Comparing Piezosurgery and Conventional Drilling" (2018), Tepedeni *et al.*

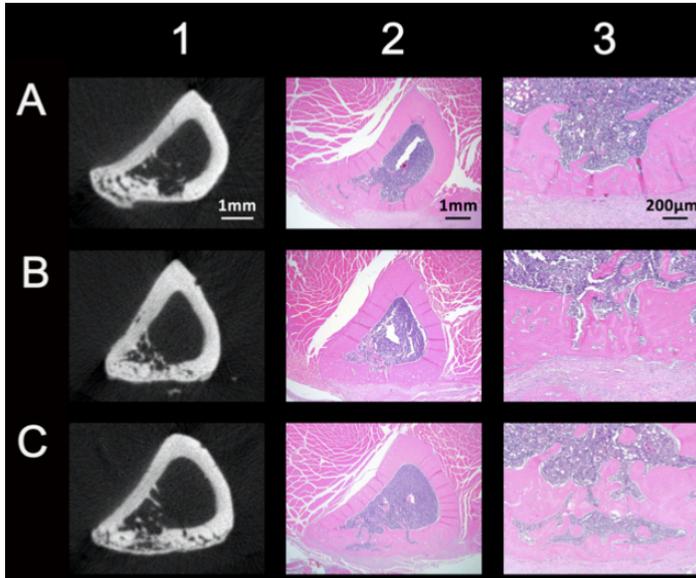
5.1.4. Piezocirurgia e osteotomia

Os efeitos no osso da osteotomia por piezocirurgia estão bem relatados em estudos histológicos, e mesmo moleculares, que avaliam diversos parâmetros relativos ao osso cortado.

Como já mencionado anteriormente, a irrigação é muito importante para arrefecer o osso, de forma a evitar danos térmicos, como foi descrito por Agarwal *et al.*, que no seu

estudo histológico de corte ósseo com diferentes tipos de instrumentos, verificaram que o corte com instrumentos piezo registava menor aquecimento e que, além disso, o corte histológico com piezo apresentava um menor trauma nas estruturas adjacentes e ausência de osteonecrose, ou seja, tratava-se de um corte mais limpo. (10,13)

Reside *et al.*, no seu estudo *in vivo*, mostraram também que as margens da osteotomia



se encontravam lisas e muito melhor definidas nas amostras, sugerindo uma necrose pós-operatória mínima do osso marginal, durante o processo de cicatrização após instrumentação piezoelétrica, comparativamente aos instrumentos rotatórios (figura 7). (15)

Figura 7: Comparação de tomografia microcomputorizada e imagens histológicas com coloração de hematoxilina e eosina, às 3 semanas de pós-operatório. São mostradas vistas representativas, comparando fatias de microCT (1) e secções histológicas (2 e 3) ao mesmo nível para Piezotome (A), Piezotome 2 (B), e rotatória (C). *IN "In Vivo Assessment of Bone Healing following Piezotome® Ultrasonic Instrumentation"* (2013), Reside *et al.*

De um ponto de vista molecular, Reside *et al.* mostraram que, de 84 genes examinados para averiguar a saúde óssea, existiam 19 genes com diferenças significativas entre o uso de instrumentos piezo e rotatórios. Poderá haver um aumento da Proteína Morfogénica Óssea (BMP-4), TGF beta-2, Factor de Necrose Tumoral e Interleucina-1, 10 e diminuição de algumas das citocinas pró-inflamatórias presentes nos ossos, tendo-se evidenciado que a neoosteogénese é consistentemente mais ativa nos casos em que a piezocirurgia é utilizada. (10,15)

Reside *et al.* avaliaram igualmente a qualidade óssea e explicaram que, em zonas periféricas do osso, a instrumentação piezoelétrica permite uma percentagem de preenchimento ósseo (PBF) estatisticamente maior do que aquele que ocorre com os

instrumentos rotatórios imediatamente na zona da osteotomia. Com efeito, verificaram 79,70% de preenchimento ósseo após osteotomia piezocirúrgica, e apenas 59,43% após osteotomia com instrumentos rotatórios. A densidade mineral óssea (BMD) encontrava-se, também, aumentada após instrumentação piezoelétrica (980mg/cc) em relação à instrumentação decorrente de instrumentos rotatórios (790mg/cc). Nas áreas centrais, não verificaram diferenças significativas. (15)

Alguns autores observaram a qualidade do corte executado pelos instrumentos, dependendo do seu uso. Claire *et al.* mostraram que, no osso cortical, a ponta produz rapidamente um aumento de profundidade de cargas de 50 para 100g, verificando, no entanto, que se dá uma diminuição a 200g, o que reflete a diminuição da amplitude de deslocamento (0,190 m de profundidade). Notaram ainda que não ocorre alteração global na oscilação quando a ponta contacta com o osso esponjoso sob carga crescente. Microscopicamente, as arestas do osso cortado apresentavam-se sólidas e lisas.

Parmar *et al.* reiteram o anteriormente descrito, demonstrando que, no osso cortical, a 200g ocorreu uma redução significativa da amplitude máxima de deslocamento. Observaram também que as profundidades de defeito produzidas abaixo de 50g de carga eram significativamente mais baixas do que as produzidas a 10g e 200g ($p < 0.0001$). Os dois estudos salientaram que os defeitos produzidos no osso esponjoso não puderam ser analisados, devido a sua consistência. (16,17)

5.2. Comparação da piezocirurgia em relação a outras técnicas na elevação do seio maxilar

Hoje em dia, a piezocirurgia é cada vez mais utilizada, sendo uma técnica de destaque em otorrinolaringologia, para execução de craniotomias, ou ainda em cirurgia ortognática, mais concretamente nas osteotomias de Le Fort, por exemplo. Em cirurgia oral, os instrumentos ultrassónicos também têm adquirido cada vez maior representação, aparentando somar várias vantagens em relação a instrumentos convencionais (como é o caso da broca diamantada). (9,18,19,20)

Primeiro, na continuidade dos estudos histológicos mencionados anteriormente, Gülnahar *et al.* analisaram a expressão da proteína Heat Shock 70 (Hsp70), um marcador de stress e de prognóstico durante um procedimento. Foi observado que a quantidade de proteína expressa era de 18,94pg/(ml sn) e de 8,26pg/(ml sn) para o método convencional e piezoelétrico, respectivamente. Isto significa que a cirurgia convencional produz 2,29 vezes mais Hsp70 nas células ósseas, sendo mais agressivo do que a piezocirurgia ($p = 0,003$, $p < 0,05$). (16,17,21)

Novos sistemas a base de instrumentos hidrodinâmicos e ultrassônicos têm sido selecionados para elevação do seio maxilar, nomeadamente o sistema Intralift® com as pontas TKW. Dois estudos foram realizados em cadáveres a fim de comparar a técnica ultrassônica com as técnicas convencionais, e ambos concluíram que a técnica com o sistema Intralift® é uma excelente alternativa, parecendo ser mais seguro. (5,22,23)

Catros *et al.* observaram que as dimensões do preenchimento sub-antral por piezocirurgia eram significativamente maiores do que aquelas produzidas com técnica convencional ($p < 0,001$). Em média, o preenchimento com piezocirurgia obteve uma altura de 11,6mm, contra 9,87mm obtidos pela técnica convencional. Li *et al.* corroboraram estes resultados, concluindo que a elevação do seio maxilar com piezocirurgia apresentava uma média de altura óssea significativa maior ($p < 0,05$). (23,24)

Ao contrário, Barone *et al.* e Baldi *et al.*, nos seus estudos, demonstraram que não existiam diferenças significativas nas alturas ósseas, após elevação do seio maxilar pelas diferentes técnicas: técnica convencional e piezocirurgia. (25,26)

Um estudo avaliou também a estabilidade dos implantes em relação a diferentes instrumentações. Quando comparados os quocientes de estabilidade implantar (ISQ) nos mesmos períodos temporais, o grupo de piezocirurgia obteve consistentemente melhor estabilidade do que o grupo convencional ($p < 0,001$). (27)

É também importante, quando falamos de elevação do seio maxilar, mencionar a manutenção da membrana de Schneider.

Numa meta-análise, Al-Dajani *et al.* observaram uma preponderância de perfuração média, nos 12 estudos, de 23,5% (irando de 3,6% a 41,8%). Tanto a espessura reduzida da membrana como os septos sinusais aumentaram o risco de perfuração. Notaram ainda que o uso da piezocirurgia tende a diminuir o risco de perfuração. Bensaha *et al.* observaram a associação entre a piezocirurgia e uma nova técnica: infiltração com Metronidazol na crista, a fim de elevar a membrana de Schneider. Em comparação a uma elevação do seio por via lateral, esta técnica não apresenta nenhuma perfuração, infecção ou hematoma. (28,29,30)

No seu estudo realizado em cadáveres, Catros *et al.* observaram 15 perfurações da membrana de Schneider após aplicação da técnica de Summers (35,7%), enquanto após piezocirurgia apenas um caso de perfuração foi relatado. (23)

Por último, também o conforto do paciente é um fator a considerar. Ao nível deste parâmetro, o score "*Visual Analog Scale*" (VAS) foi usado nalguns estudos para definir a dor dos pacientes após a cirurgia. Scaralo *et al.* mostraram que o score VAS era significativamente mais baixo com a piezocirurgia após 48 horas, com um score de 15,32 contra 19,22 ($p < 0,05$). Também ao nível do edema, este é bastante menos frequente após a seleção da piezocirurgia. Os resultados dos estudos de Martins *et al.* e Delilbasi *et al.* corroboraram os resultados acima relatados, descrevendo que a piezocirurgia permite uma diminuição da dor pós-operatória. (19,31,32,33)

Martins *et al.* não observaram diferenças significativas ao nível da presença de edema em redor do local da cirurgia. No entanto, os pacientes apresentavam uma maior abertura bucal, estatisticamente significativa, apenas dois dias após a cirurgia com piezocirurgia. Demirbilek *et al.* mostraram também que os pacientes com piezocirurgia apresentaram menos edema (estatisticamente significativo, $p < 0,05$), no entanto, neste estudo observaram também que 10 pacientes (66,7%) tiveram necrose nos tecidos moles após piezocirurgia, o que foi significativamente maior no grupo da piezocirurgia em comparação com o grupo da osteotomia clássica ($p < 0,05$). (33,34)

5.3. Vantagens e desvantagens da piezocirurgia

Na sua maioria, os autores estão em concordância, afirmando e demonstrando que a piezocirurgia apresenta muitas vantagens em relação à osteotomia convencional. Mrinalini *et al.* e Rahnama *et al.* enumeraram algumas dessas vantagens: (8,11,35)

- Fornece grande precisão de corte, com segurança;
- Reduz a dor pós-operatória e não há risco de edema;
- Permite uma maior regeneração e saúde do osso, minimizando a inflamação;
- Permite uma melhor visão durante procedimento, devido a ausência de sangue na área cirúrgica;
- Permite diminuir o stress traumático associado ao procedimento;
- Menos riscos associados aos tecidos moles.

No entanto, esta técnica comporta também algumas desvantagens. A título de exemplo, o tempo operatório é maior, tendo Gülnahar *et al.* observado que o mesmo foi de $1150,60 \pm 306,59s$ com piezocirurgia, enquanto o método convencional demorou $751,70 \pm 167,03s$, sendo significativamente mais baixo. Adicionalmente, o custo do material é superior, assim como a curva de aprendizagem associada à técnica. Como já referido anteriormente, também o uso de irrigação é um fator indispensável à piezocirurgia. (8,21,35)

Não existem contra-indicações absolutas à utilização deste sistema, no entanto não é recomendado escolher a piezocirurgia para pacientes com pacemaker. Como nas maiorias das cirurgias, a idade é também uma contra-indicação relativa. (8)

6. CONCLUSÃO

O procedimento de elevação do seio maxilar é um procedimento complexo, que tem vindo a ser cada vez melhor controlado pelos clínicos. Existem diferentes vias para elevação do seio maxilar – lateral ou pela crista óssea. A evolução da tecnologia permitiu desenvolver novos materiais e instrumentos para facilitar o ato cirúrgico.

Geralmente, costumam ser usados instrumentos rotatórios clássicos, associados a uma peça de mão. No entanto, hoje em dia, os instrumentos ultrassónicos permitem fazer osteotomia com diferentes pontas. O sistema de piezocirurgia permite uma qualidade de corte de grande precisão e que traumatiza menos o osso, provocando menos stress, o que parece ser um marcador de bom prognóstico da cirurgia. O conforto pós-operatório dos pacientes também é tendencialmente maior.

Atualmente, esta nova técnica já é aplicada, mas será certamente, e cada vez mais, o futuro na área da cirurgia oral e implantologia, permitindo uma abordagem menos agressiva. Apesar de se tratar de um procedimento que implica aprendizagem e que é ainda dispendioso, com o desenvolvimento de novos equipamentos, a piezocirurgia tenderá a ter um lugar preponderante no consultório dos especialistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Delgadillo Ávila JR. Crecimiento y desarrollo del seno maxilar y su relación com las raíces dentarias. *Kiru* 2005; 2: 46-51.
2. Gosau M, Rink D, Driemel O, et al. Maxillary sinus anatomy : a cadaveric study with clinical implications. *Anat. Rec.* 2009;292:352–4
3. 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 Oct;42(5):451-3.
4. Sisti A, Canullo L, Mottola MP, Iannello G. Crestal minimally-invasive sinus lift on severely resorbed maxillary crest: Prospective study. *Biomedizinische Technik. Walter de Gruyter;* 2012 Jan;57(1):45-51.
5. Troedhan AC, Kurrek A, Wainwright M, Jank S. Hydrodynamic ultrasonic sinus floor elevation--an experimental study in sheep. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010 May;68(5):1125-30.
6. Jordi C, Mukaddam K, Lambrecht JT, Kühl S. Membrane perforation rate in lateral maxillary sinus floor augmentation using conventional rotating instruments and piezoelectric device—a meta-analysis. *International Journal of Implant Dentistry.* 2018 Dec;4(1):1-9.
7. Pavlíková G, Foltán R, Horká M, Hanzelka T, Borunská H, Šedý J. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2011 May;40(5):451–7.

8. Bhatnagar M, Deepa D. Piezowave in periodontology and oral implantology - an overview. *Tanta Dental Journal*. 2017;14(1):1.
9. Beziat JL, Vercellotti T, Gleizal A. Qu'est-ce que la Piezosurgery® ? Intérêt en chirurgie craniomaxillofaciale. À propos de deux ans d'expérience. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-Faciale*. 2007 Apr;108(2):101–7.
10. Agarwal E, Masamatti SS, Kumar A. Escalating role of piezosurgery in dental therapeutics. Vol. 8, *Journal of Clinical and Diagnostic Research*.; 2014 Oct;8(10):8-11.
11. Gleizal A, Bera JC, Lavandier B, Beziat JL. Piezoelectric osteotomy: A new technique for bone surgery - Advantages in craniofacial surgery. *Child's Nervous System*. 2007 May;23(5):509–13.
12. Dular M, Pozar T, Zevnik J, Petkovšek R. High speed observation of damage created by a collapse of a single cavitation bubble. *Wear*. 2019 Jan 15;418–419:13–23.
13. Delgado-Ruiz RA, Sacks D, Palermo A, Calvo-Guirado JL, Perez-Albacete C, Romanos GE. Temperature and time variations during osteotomies performed with different piezosurgical devices: an in vitro study. *Clinical Oral Implants Research*. 2016 Sep 1;27(9):1137–43.
14. Tepedino M, Romano F, Indolfi M, Aimetti M. Heat Production and Drill Wear Following Osseous Resective Surgery: A Preliminary In Vitro SEM Study Comparing Piezosurgery and Conventional Drilling. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2018 May;38(3): e33-e40.
15. Reside J, Everett E, Padilla R, Arce R, Miguez P, Brodala N, et al. In vivo assessment of bone healing following piezotome® ultrasonic instrumentation. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2015 Apr 1;17(2):384–94.

16. Claire S, Lea SC, Walmsley AD. Characterisation of bone following ultrasonic cutting. *Clinical Oral Investigations*. 2013 Apr 1;17(3):905–12.
17. Parmar D, Mann M, Walmsley AD, Lea SC. Cutting characteristics of ultrasonic surgical instruments. *Clinical Oral Implants Research*. 2011 Dec;22(12):1385–90.
18. Muñoz-Guerra MF, Naval-Gías L, Capote-Moreno A. Le Fort I Osteotomy, Bilateral Sinus Lift, and Inlay Bone-Grafting for Reconstruction in the Severely Atrophic Maxilla: A New Vision of the Sandwich Technique, Using Bone Scrapers and Piezosurgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009 Mar;67(3):613–8.
19. Küçükkurt S, Değerliyurt K. Does Piezosurgery Decrease Patient Morbidity in Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion Compared With Saw and Burrs? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2020 Jun 1;78(6):1019.e1-1019.e10.
20. Purushotham S, Raveendran AM, Kripalani BK, D'Souza ML. Direct sinus lift and immediate implant placement using piezosurgical approach- a case report. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016 Jan 1;10(1):20–2.
21. Gülnahar Y, Hüseyin Köşger H, Tutar Y. A comparison of piezosurgery and conventional surgery by heat shock protein 70 expression. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2013 Apr;42(4):508–10.
22. Llopet J, Montaudon M, Guillaud E, Ella B. Comparison of 2 crestal sinus floor lift techniques performed on human cadavers. *Implant Dentistry*. 2014;23(5):626–32.
23. Catros S, Montaudon M, Bou C, Da Costa Noble R, Fricain J-C, Ella B, Comparison of conventional transcrestal sinus lift and ultrasound-enhanced transcrestal hydrodynamic cavitation sinuslift to fill the sub-antral space: human cadaver study. 2015 Dec;41(6):657-61.

24. Li J, Lee K, Chen H, Ou G. Piezoelectric surgery in maxillary sinus floor elevation with hydraulic pressure for xenograft and simultaneous implant placement. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013 Nov;110(5):344–8.
25. 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. *Clinical Oral Implants Research*. 2008 May;19(5):511–5.
26. Baldi D, Menini M, Pera F, Ravera G, Pera P. Sinus floor elevation using osteotomes or piezoelectric surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2011 May;40(5):497–503.
27. da Silva Neto UT, Joly JC, Gehrke SA. Clinical analysis of the stability of dental implants after preparation of the site by conventional drilling or piezosurgery. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2014 Feb;52(2):149–53.
28. Al-Dajani M. Incidence, risk factors, and complications of schneiderian membrane perforation in sinus lift surgery: A meta-analysis. *Implant Dentistry*. 2016 Jun 1;25(3):409–15.
29. Krasny K, Krasny M, Kamiński A. Two-stage closed sinus lift: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Cell and Tissue Banking*. 2015 Dec 1;16(4):579–85.
30. Bensaha T. Evaluation of the capability of a new water lift system to reduce the risk of Schneiderian membrane perforation during sinus elevation. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2011;40(8):815–20.
31. Scarano A, Carinci F, Lorusso F, Festa F, Bevilacqua L, de Oliveira PS, et al. Ultrasonic vs drill implant site preparation: Post-operative pain measurement through vas,

- swelling and crestal bone remodeling: A randomized clinical study. *Materials*. 2018 Dec 11(12):1-13.
32. Delilbasi C, Gurler G. Comparison of piezosurgery and conventional rotative instruments in direct sinus lifting. *Implant Dentistry*. 2013 Dec;22(6):662–5.
 33. Martins M, de Andrade Vieira W, Paranhos LR, Motta RHL, dos Santos-Ribeiro da Silva CEX, Rodriguez AC, et al. Comparison of piezosurgery and conventional rotary instruments in schneider’s membrane sinus lifting: A pilot randomized trial. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2021;13(8):802–8.
 34. Demirbilek N, Evren C. Is Piezoelectric Surgery Really Harmless to Soft Tissue? *Journal of Craniofacial Surgery*. 2019 Oct 1;30(7):1966–9.
 35. Rahnama M, Czupkałto Ł, Czajkowski L, Graszka J, Wallner J. The use of piezosurgery as an alternative method of minimally invasive surgery in the authors’ experience. *Wideochirurgia I Inne Techniki Maloinwazyjne*. 2013;8(4):321–6.