

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

OSSEODENSIFICAÇÃO DE XENOENXERTO PARTICULADO PARA
MELHORAR A ESTABILIDADE PRIMÁRIA DE IMPLANTES
DENTÁRIOS: ESTUDO *EX VIVO*

TESE em Odontologia

HENRIQUE TADEU REGO FERREIRA

2023

.....

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO EM CAIXA ALTA,
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

OSSEODENSIFICAÇÃO DE XENOENXERTO PARTICULADO PARA MELHORAR
A ESTABILIDADE PRIMÁRIA DE IMPLANTES DENTÁRIOS: ESTUDO *EX VIVO*

HENRIQUE TADEU REGO FERREIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Odontologia (Área de Concentração: Clínica Odontológica).

Orientador:

Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Pereira

Co-orientador (a):

Prof. Dr. Plinio Mendes Senna

2023

**CATALOGAÇÃO NA FONTE UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE
BIBLIOTECAS**

ESPAÇO RESERVADO PARA A FICHA CATALOGRÁFICA

OSSEODENSIFICAÇÃO DE XENOENXERTO PARTICULADO PARA MELHORAR
A ESTABILIDADE PRIMÁRIA DE IMPLANTES DENTÁRIOS: ESTUDO EX VIVO

HENRIQUE TADEU REGO FERREIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Odontologia (Área de Concentração: Clínica Odontológica).

Aprovada em de de 20

Banca examinadora

Prof(a). Dr(a). Nome do Professor
Universidade do Grande Rio

Prof(a). Dr(a). Nome do Professor
Universidade XXXX

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos pacientes do curso, meus pacientes, que depositaram confiança e afeto, proporcionando-me enriquecimento profissional aos meus filhos e esposa, razão pela qual continuo estudando e trabalhando sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais uma conquista.

Aos meus pais pela possibilidade e incentivo nos estudos (in memoriam)

Aos meus irmãos pela companhia e incentivo.

A minha esposa pela cumplicidade contribuindo ativamente para minha formação acadêmica.

Aos meus filhos pela compreensão durante essa jornada

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Santos Pereira, pelo apoio e disposição de encarar novos desafios.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Plínio Mendes Senna, pelo apoio e contribuição para a realização deste trabalho

À Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO, na pessoa do Magnífico Reitor, Prof. Denis Lopes, pela bolsa de estudo recebida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Clínica e Experimental da Universidade do Grande Rio, na pessoa de seu Coordenador, Prof. Dr. Flavio Rodrigues Ferreira Alves, pelos ensinamentos recebidos.

Aos amigos do programa por todo o suporte recebido

Enfim, agradeço a todos, que mesmo indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é “muito” para ser insignificante.

Charles Chaplin

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	01
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVO.....	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
5. RESULTADOS	18
6. DISCUSSÃO	2
7. CONCLUSÃO	26
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
9. ANEXO 1 – Artigos produzidos no período.....	37
Artigo aceito para publicação.....	38

RESUMO

Objetivo. O presente estudo investigou a morfologia de uma parede óssea de xenoenxerto criada dentro do local de implantação e sua influência na estabilidade primária de implantes dentários.

Materiais e Métodos. Seis segmentos de 60 mm de costelas suínas foram utilizados para simular um osso de baixa densidade e quatro condições de perfuração foram criadas para cada seção óssea usando um sistema de brocas: no sentido horário (modo de corte - CW) ou no sentido anti-horário (modo de densificação - CCW) associado ao osso de xenoenxerto bovino. Imediatamente após a realização das osteotomias, as amostras ósseas foram colocadas individualmente em um equipamento de microtomografia. Foi definido um volume de interesse (VOI) 50% maior que a osteotomia e foram realizados cálculos matemáticos de volume ósseo, espessura e separação trabecular e porosidade total. Em seguida, um implante com 4,0 mm de diâmetro e 11,5 mm de comprimento (Medens, SP, Brasil) foi inserido em cada osteotomia. Foram registrados os valores de torque de inserção final (TI) e de análise de frequência de ressonância (ISQ). Os grupos foram comparados por meio do teste ANOVA e post-hoc de Tukey.

Resultados. O uso de XB produziu maior densificação na região do ápice, independente da direção de perfuração, com maior volume ósseo e espessura trabecular e redução da separação trabecular quando comparado ao grupo CW ($P < 0,05$). O grupo CW+XB produziu porosidade semelhante de CCW e valores semelhantes de TI e ISQ ($P > 0,05$). CCW+XB apresentou a menor porosidade percentual e os maiores valores de TI e ISQ ($P < 0,05$).

Conclusão. Dentro dos limites deste estudo, o uso de partículas de xenoenxerto antes da colocação do implante pode melhorar sua estabilidade primária dos implantes dentários.

Palavras-chave: implantes dentários; estabilidade primária; osseointegração.

ABSTRACT

Aim(s). The present study investigated the morphology of a xenograft bone wall created within the implantation site and its influence on the primary stability of dental implants.

Materials and Methods. Six 60-mm segments of porcine ribs were used to simulate a low density bone and four drilling conditions were created for each bone section using a drill system: clockwise (cutting mode - CW) or counterclockwise (densification mode - CCW) associated with bovine xenograft bone. Immediately after performing the osteotomies, the bone samples were placed individually in a microtomography equipment. A volume of interest (VOI) 50% larger than the osteotomy was defined and mathematical calculations of bone volume, trabecular thickness and separation and total porosity were performed. Then, an implant with 4.0 mm in diameter and 11.5 mm in length (Medens, SP, Brazil) was inserted into each osteotomy. Final insertion torque (TI) and resonance frequency analysis (ISQ) values were recorded. The groups were compared using ANOVA and Tukey's post-hoc test.

Results. The use of XB produced greater densification in the apex region, regardless of the drilling direction, with greater bone volume and trabecular thickness and reduced trabecular separation when compared to the CW group ($P < 0.05$). The CW+XB group produced similar porosity to CCW and similar TI and ISQ values ($P > 0.05$). CCW+XB presented the lowest percentage porosity and the highest TI and ISQ values ($P < 0.05$).

Conclusion(s). Within the limits of this study, the use of xenograft particles prior to implant placement may improve the primary stability of dental implants.

Keywords: dental implants; primary stability; osseointegration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema de fresas para osseodensificação utilizado no estudo.....	1
Figura 2.	Uma máscara cilíndrica (vermelha) com 4,5 mm de diâmetro (50% maior que o diâmetro da osteotomia) com 13 mm de comprimento determinou o volume de interesse para a análise matemática.	5
Figura 3.	Secções centrais representativas de cada grupo de osteotomia: Osteotomias utilizando direcções no sentido horário (CW) e no sentido anti-horário (CCW) combinadas ou não com grânulos ósseos do xenoenxerto (XB).....	1 6
		1 9
Figura 4.	Distribuição dos valores de TI dos implantes inseridos após as diferentes osteotomias.....	1
Figura 5.	Distribuição dos valores de ISQ dos implantes inseridos após as diferentes osteotomias.....	9
		2 0

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Grupos experimentais do estudo.....	1
Tabela 2.	Valores (média±s.d.) de volume ósseo (BV), espessura trabecular (TB.th), separação trabecular (TB.SP) e porosidade total (Po(tot)) das diferentes osteotomias com direções de perfuração no sentido horário (CW) e no sentido anti-horário (CCW) combinadas ou não com grânulos ósseos de xenoenxerto (XB).....	5
		1
		8

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

BAFO	Fração de área óssea formada
BIC	Contato osso-implante
CCW	Sentido anti-horário
CW	Sentido horário
ISQ	Quociente de estabilidade do implante
mCT	Microtomografia
OD	Osseodensificação
RFA	Análise da frequência de ressonância
TI	Torque de inserção

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

A implantodontia revolucionou de maneira significativa as reabilitações orais, e com os avanços científicos e tecnológicos há uma crescente taxa de sucesso mesmo em casos com alta demanda estética e funcional (Albrektsson e Lekholm, 1986). Porém, este sucesso das reabilitações implantossuportadas depende da osseointegração dos implantes dentários, cujo conceito pode ser definida como o contato direto e estrutural entre a superfície do implante e o tecido ósseo, que se mantém organizado quando o implante é submetido à carga mastigatória (Branemark, 1977).

Apesar de diversos fatores poderem influenciar o processo de osseointegração, a estabilidade mecânica adequada dos implantes dentários no momento da cirurgia é um pré-requisito para uma osseointegração bem sucedida (Al-Sabbagh *et al.*, 2019). Esta é conhecida como estabilidade primária e pode ser medida clinicamente usando o torque de inserção do implante (TI) em sua posição final, o que representa a resistência do implante a se mover como consequência do atrito entre o osso e o implante (Branemark, 1977). A análise de frequência de ressonância (RFA) é outra possível avaliação clínica que detecta o nível de travamento pela frequência de vibração do implante dentro do osso (Bilhan *et al.*, 2010).

A estabilidade primária do implante tem sido amplamente discutida na literatura como um fator preponderante para a osseointegração (Al-Sabbagh *et al.*, 2019). Em função disso, inúmeras modificações têm sido sugeridas em relação ao desenho do implante (macro e microgeometrias) e à técnica cirúrgica com o objetivo de aumentar a estabilidade primária e assim aumentaur também as taxas de sobrevivência dos implantes dentários (Lioubavina *et al.*, 2006). Neste sentido, algumas técnicas cirúrgicas são especialmente importantes para abordagens em osso

de baixa densidade para garantir o sucesso do processo de osseointegração devido à dificuldade em alcançar estabilidade primária adequada ((Trisi *et al*, 2016).

Dentre estas técnicas cirúrgicas, podemos destacar a osseodensificação (OD), que é uma instrumentação cirúrgica onde o osso é compactado apicalmente e lateralmente em espaços abertos da medula (Huwais, 2015). Como resultado, há aumento da porcentagem de contato osso-implante que melhora a estabilidade primária (Trisi *et al*, 2016). Deste modo, a técnica de osseodensificação consiste em preservar o tecido ósseo ao mesmo tempo que causa a densificação da interface pela deformação viscoelástica e plástica das trabéculas durante a instrumentação (Trisi *et al*, 2016; Huwais, 2017). Para isto, é necessário o uso de brocas específicas que apresentam capacidade compactante quando rotacionam no sentido anti-horário. Apesar de ter sido desenvolvida com o objetivo de aumentar a estabilidade primária do implante em sítios ósseos com baixa densidade (Huwais, 2015), é uma técnica que depende da própria densidade da região operada e novas abordagens ainda são necessárias.

1.1 IMPLANTES DENTÁRIOS

O processo de osseointegração dos implantes dentários se inicia logo após sua instalação no tecido ósseo e depende de uma dinâmica favorável entre a reabsorção e neoformação óssea ao redor do implante (Berglundh *et al*, 2003). O sucesso da osseointegração está relacionada com a ausência de radiolucência perimplantar, perda óssea vertical menor que 1,0 mm no primeiro ano e menor que 0,2 mm nos anos subsequentes, e ausência de dor (Albrektsson *et al*, 1986).

Atualmente, os desenhos dos implantes osseointegráveis têm sido desenvolvidos para garantir uma estabilidade primária mesmo em locais de baixa densidade (Sakoh *et al.*, 2006; Ogle, 2015). Implantes cônicos, quando comparado ao desenho cilíndrico, apresentam estabilidade superior quando instalado em tecido de densidade óssea tipo III e tipo IV através da compressão a nível do osso cortical (Glauser *et al.*, 2001, 2004). Por outro lado, os implantes híbridos (cilíndrico de ápice cônico) apresentam torque de instalação superiores quando comparados aos implantes cônicos (Sakoh *et al.*, 2006) por causa de maior interação com o tecido ósseo na região apical (Bilhan *et al.*, 2010; Moon *et al.*, 2010).

A rosca presentes no corpo dos implantes, além de maximizar a superfície de contato tecido ósseo e implante, favorece a dissipação de forças interfaciais e promovem a estabilidade inicial dos implantes (Steigenga *et al.*, 2003). Entretanto, implantes mais modernos têm trabalhado o perfil da rosca entre triangular e quadrada ao longo de sua macrogeometria para contribuir com a estabilidade primária (Butcher *et al.*, 2003). O perfil triangular está mais associado ao corte do tecido ósseo enquanto o perfil quadrado à compactação do osso (Coelho *et al.*, 2009).

1.2 DENSIDADE ÓSSEA

De acordo com a literatura, a densidade óssea exerce um papel relevante no processo de osseointegração, influenciando diretamente na técnica cirúrgica, no tempo de cicatrização tecidual, assim como na interface osso/implante e consequentemente na sobrevivência dos implantes dentários (Adell *et al.*, 1981; Albrektsson, 1993). Alguns índices de perda óssea e de implantes têm sido

relacionados a tecidos ósseos de baixa qualidade, tornando necessário o conhecimento da densidade óssea (Albrektsson, 1983).

A avaliação da densidade pode ser feita de maneira rápida e precisa no momento da cirurgia, através visualização da espessura da crista ossea cortical e da sensação tátil do trabeculado ósseo durante a instrumentação cirurgica (Caúla *et al.*, 2000). Entretanto, para que a avaliação da densidade ossea não dependa apenas da capacidade do cirurgião no momento do preparo do leito cirurgico, uma classificação previa da densidade ossea deve ser estabelecida com objetivo de auxiliar o planejamento cirurgico (Vidigal Júnior, 2004).

Truhlar e colaboradores (1997) avaliaram a qualidade óssea em 2.839 implantes instalados em diferentes regiões de maxila e mandíbula, segundo a classificação de Lekholm-Zarb, encontrando maiores índices de densidade (tipo 1) na região de anterior de mandíbula, seguida da região anterior de maxila (tipo 2 e tipo 3) e região posterior de maxila e mandíbula (tipo 3 e 4). As falhas dos implantes instalados estavam relacionadas ao osso tipo 3 (42%) e tipo 4 (17%), respectivamente. Portanto, a taxa de sobrevivência dos implantes está diretamente relacionada com a qualidade da densidade óssea (Turkyilmaz, 2007).

Mordenfeld e colaboradores (2004) avaliaram 52 pacientes num estudo retrospectivo onde foram instalados 78 implantes de diâmetro largo, em regiões posteriores sendo 23 instalados em maxila e 55 na região de mandíbula. A taxa de sobrevivência total dos implantes foi de 89,8%, 8 implantes foram perdidos, sendo 5 implantes na maxila e 3 implantes na mandíbula, com os seguintes valores de sobrevivência 78,3% na maxila e 94,5% na mandíbula.

A qualidade óssea está diretamente relacionada com as propriedades químicas e estruturais do tecido, grau de mineralização da matriz óssea e arquitetura

influenciando o comportamento mecânico do tecido ósseo no processo de osseointegração (Johns *et al.*, 1993).

1.3 ESTABILIDADE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

O processo de osseointegração dos implantes dentários se inicia logo após sua instalação no tecido ósseo e depende de uma dinâmica favorável entre a reabsorção e neoformação óssea ao redor do implante (Berglundh *et al.*, 2003). O sucesso da osseointegração está relacionada com a ausência de radiolucência perimplantar, perda óssea vertical menor que 1,0 mm no primeiro ano e menor que 0,2 mm nos anos subsequentes, e ausência de dor (Albrektsson *et al.*, 1986).

Atualmente, os desenhos dos implantes osseointegráveis têm sido desenvolvidos para garantir uma estabilidade primária mesmo em locais de baixa densidade (Sakoh *et al.*, 2006; Ogle, 2015). Implantes cônicos, quando comparado ao desenho cilíndrico, apresentam estabilidade superior quando instalado em tecido de densidade óssea tipo III e tipo IV através da compressão a nível do osso cortical (Glauser *et al.*, 2004). Por outro lado, os implantes híbridos (cilíndrico de ápice cônico) apresentam torque de instalação superiores quando comparados aos implantes cônicos (Sakoh *et al.*, 2006) por causa de maior interação com o tecido ósseo na região apical (Bilhan *et al.*, 2010; Moon *et al.*, 2010).

A rosca presentes no corpo dos implantes, além de maximizar a superfície de contato tecido ósseo e implante, favorece a dissipação de forças interfaciais e promovem a estabilidade inicial dos implantes (Steigenga *et al.*, 2003). Entretanto, implantes mais modernos têm trabalhado o perfil da rosca entre triangular e quadrada ao longo de sua macrogeometria para contribuir com a estabilidade primária (Butcher

et al., 2003). O perfil triangular está mais associado ao corte do tecido ósseo enquanto o perfil quadrado à compactação do osso (Coelho *et al.*, 2009).

De acordo com a literatura, a estabilidade é primordial para a osseointegração (Albrektsson *et al.*, 1983), podendo ser classificada em primária e secundária (Cho *et al.*, 2009). A ausência de movimentação do implante após sua completa inserção no leito cirúrgico, que possam comprometer posteriormente o processo de remodelação óssea ao redor do implante, caracteriza a estabilidade primária; É obtida por imbricamento mecânico do implante no alvéolo cirúrgico (Huwais, 2017), podendo avaliada clinicamente de acordo com Johansson e Strid (1994) através do torque de instalação no momento de inserção do implante podendo ser afetada pela qualidade e quantidade óssea, técnica cirúrgica, além do tratamento de superfície dos implantes (Nedir *et al.*, 2004), dessa forma a estabilidade inicial tem como objetivo principal facilitar o processo de remodelação óssea através da vascularização e neoformação óssea ao redor da superfície do implante, entretanto de acordo com a literatura altos torques iniciais não são necessariamente favoráveis a osseointegração dos implantes (Wong *et al.*, 1995).

Valores altos de torque de inserção dos implantes podem comprometer a interface osso/implante, além de possibilitar a fratura do implante durante sua instalação no leito cirúrgico. (Schmid *et al.*, 2002). Assim, valores de estabilidade inicial (primária) de 32 Ncm são suficientes para o sucesso da osseointegração (Ottoni *et al.*, 2005). Rabel e colaboradores (2007) em um estudo clínico avaliaram estabilidade primária através do torque de inserção, análise de frequência de ressonância e Quociente de estabilidade do implantes de 602 implantes dentários Ankylos encontrando valores de torque de instalação abaixo de 28,8 Ncm e obtiveram índices de 98,9% de osseointegração.

A estabilidade secundária consiste em um evento biológico, que se inicia após a fixação do implante através da remoção da camada de tecido ósseo danificado resultante do processo de instrumentação cirúrgica pelo macrofagos permitindo neoformação óssea através dos osteoblastos. O processo de cicatrização é caracterizado pela remodelação óssea através de uma neoformação na interface osso/implante estando diretamente relacionada com a estabilidade primária (Nedir *et al.*, 2004).

Mustafa e Hassanien (2020) avaliaram a estabilidade dos implantes e sua relação com a densidade óssea e concluíram que estabilidade primária induz a uma estabilidade secundária mais eficiente, em seu estudo todos os implantes obtiveram um aumento de índices de estabilidade 3 meses após sua instalação independente da densidade óssea, entretanto, altos índices de estabilidade primária podem não ser benéficos para a osseointegração.

De acordo com Martinez e colaboradores (2001), os implantes com baixa estabilidade primária apresentaram aumento do quociente de estabilidade do implante na fase de cicatrização, enquanto os implantes com alta estabilidade primária apresentam diminuição dos valores de estabilidade primária no mesmo período, entretanto, independente da densidade óssea e estabilidade primária alta ou baixa, a estabilidade secundária é semelhante.

1.3 TÉCNICA CIRÚRGICA

O preparo do leito cirúrgico influencia diretamente a estabilidade primária. A técnica de instrumentação para instalação de implantes, tem sido basicamente a

mesma, no entanto adaptações têm sido sugeridas principalmente com objetivo de melhorar a estabilidade dos implantes em regiões com baixa qualidade óssea (Büchter *et al.*, 2006). Em osso com alta densidade poderá ocorrer maior dificuldade de penetração da broca no tecido ósseo conseqüentemente haverá maior pressão durante a confecção do alvéolo cirúrgico podendo gerar um aumento da temperatura, além disso, caso haja alguma dificuldade de inserção do implante, o alvéolo cirúrgico deve ser retificado ampliando a osteotomia (Cavallaro *et al.*, 2009). Já em casos de densidade óssea média ou baixa a técnica cirúrgica poderá ser subdimensionada com objetivo obtenção da estabilidade primária (Bilhan *et al.*, 2010, Friberg *et al.*, 1999).

Summers (1994) propôs uma modificação na técnica cirúrgica convencional para região de maxila que consiste na utilização compactadores com objetivo de melhorar a qualidade óssea além da expansão do alvéolo cirúrgico em regiões com diâmetros reduzidos, entretanto, a utilização de osteótomos pode induzir a microfraturas ósseas trabeculares que podem comprometer a estabilidade, e conseqüentemente atrasar a cicatrização (Büchter *et al.*, 2006, Fanuscu *et al.*, 2007).

1.3.1 Técnica de Osseodensificação

Desenvolvida por Huwais em 2015, com objetivo de aumentar a estabilidade primária do implante, através da utilização de brocas específicas com desenhos que não preconizam o corte mas sim a possibilidade de compactação óssea, quando trabalham com rotação no sentido anti horário, permitindo ao mesmo tempo uma expansão óssea gradual no alvéolo cirúrgico, além de uma camada mais densa e forte de tecido ósseo ao longo de suas paredes resultante do autoenxerto de micropartículas ósseas oriundas do processo de confecção do alvéolo cirúrgico,

possibilitando aumento do torque do implante durante sua instalação (Trisi *et al.*, 2016). Nessa técnica não subtrativa diferentemente da técnica de fresagem convencional (subtrativa) as partículas ósseas que são despreendidas durante a confecção do alvéolo cirúrgico são incorporadas nos trabeculados ósseos principalmente pela viscoelasticidade do tecido ósseo preservando assim a massa óssea pré existente (Huwais e Meyer, 2017).

De acordo com Huwais (2015), a osseodensificação permite trabalhar em regiões com predominância de tecido medular com a plasticidade do tecido ósseo “afastando-o” em áreas limítrofes e/ou enxertadas evitando a remoção de tecido ósseo pela técnica convencional para a confecção do alvéolo cirúrgico. Trisi e colaboradores (2016), utilizaram a técnica de osseodensificação através de estudo *in vitro* com ovelhas, onde foram inseridos nas cristas ilíacas dez implantes Dynamix (Cortex) 3,8 × 10 mm pelo método de fresagem convencional (grupo controle) e dez implantes Dynamix 5 × 10 mm (Cortex) usando a técnica de osseodensificação, sendo observado um aumento significativo da largura da crista e da porcentagem de volume ósseo (% BV) de aproximadamente 30% no grupo teste além de valores de torque de remoção e micromovimentos significativamente melhores sob forças laterais para o grupo teste em relação ao grupo controle.

Slete e colaboradores (2018) avaliaram *in vitro* histomorfometricamente amostras de tíbias frescas de porco para comparar o contato imediato osso-implante (BIC) e a porcentagem do volume ósseo dentro de uma zona de 2 mm ao redor do implante. A preparação cirúrgica foi realizada por meio da técnica convencional, técnica de summers e técnica de osseodensificação, sendo realizadas 18 osteotomias de acordo com cada técnica específica (N= 6 para cada grupo) onde foram inseridos 18 implantes cónicos (4,7x13mm). Os preparos por osseodensificação foram superiores tanto em promover volume (62%) quanto no BIC (contato osso/implante)

(60,3%), os menores valores observados para BIC foi observado no grupo controle de fresagem tradicional (16,3%), concluindo que o preparo cirúrgico pode influenciar o BIC assim como o percentual de osso circundante ao redor do implante.

Hawais e colaboradores (2017) avaliaram parâmetros de torque de fresagem, torque de inserção do implante, torque de remoção, quociente de estabilidade do implante (ISQ), temperatura de fresagem, histomorfologia do contato osso implante, e densidade óssea com instalação de implantes em tíbias suínas frescas utilizando a técnica de osseodensificação Sistema Densah (Versah, EUA) sentido horário (grupo I experimental), sentido anti-horário (grupo II experimental) e fresagem convencional (grupo III controle) através de um alargamento realizado por brocas com diâmetros crescentes, com profundidade de fresagem pré estabelecida observando um aumento significativo nas forças e torques de fresagem, principalmente nas brocas de maior calibre, a favor do grupo II experimental fresagem anti-horária (osseodensificação), atribuindo esse aumento ao efeito da condensação e expansão óssea, além disso, os torques de inserção e remoção também se mostraram aumentados para o mesmo grupo, não sendo observada diferença nenhuma diferença estatística entre os grupos em relação ao ISQ ou aumento de temperatura.

Padhye e colaboradores (2020), em uma revisão sistemática encontraram aumento no torque de inserção, BIC (contato osso/implante) e BAFO (fração de área óssea formada) no grupo osseodensificação em comparação ao grupo de perfuração convencional concluindo que a osseodensificação pode melhorar a estabilidade primária de implantes em ossos de baixa densidade óssea, entretanto, deverá ser utilizada com cautela principalmente em regiões com tecido ósseo mais corticalizados podendo aumentar a temperatura resultando em necrose dos osteoblastos vizinhos se não houver irrigação abundante durante o procedimento cirúrgico.

De acordo com a literatura o aumento da temperatura no leito cirúrgico durante a confecção do alvéolo é multifatorial (Augustin *et al.*, 2008, Brisman, 1996) podendo estar relacionados com ausência de movimentos intermitentes durante a fresagem, excesso de carga impressa pelo profissional durante a técnica cirúrgica, assim como falta de controle da velocidade com redução e torques adequados do motor, irrigação adequada além de utilização de brocas com desgastes excessivos principalmente quando se confecciona alvéolos cirúrgicos em tecido ósseo cortical compacto (Lavelle, 1980; Haider *et al.*, 1993).

Eriksson e Albrektsson (1984) avaliaram o efeito do calor na regeneração óssea utilizando temperaturas de 44°C, 47°C e 50°C durante 1 minuto, e concluíram que a temperatura limite para regeneração óssea está na faixa de 44 a 47°C quando medida a uma distância de 0,5 mm do implante em um tempo de exposição de 1 minuto, e que temperaturas de 50°C, podem perturbar gravemente a capacidade regenerativa do tecido ósseo vital. Trisi e colaboradores (2015) avaliaram a influência da temperatura do sítio de fresagem na osseointegração do implante em ovelhas comparando temperaturas de 50° e 60° e concluíram que apesar de não haver falhas no processo de osseointegração o grupo com a temperatura mais alta (60°) apresentou diminuição no BIC além de perda óssea marginal ao redor dos implantes.

2. JUSTIFICATIVA

Para o sucesso da osseointegração dos implantes dentários é fundamental a obtenção de adequada estabilidade primária durante o ato cirúrgico. Entretanto, a necessidade de reabilitação oral em regiões ósseas com baixa qualidade é comum. Faz-se então necessário o desenvolvimento de técnicas cirúrgicas que possam garantir adequada estabilidade primária durante a instalação de implantes dentários.

Neste sentido, o xenoenxerto particulado tem sido utilizado ao longo dos anos para preenchimento de defeitos, lacunas implante-osso ou reconstruções ósseas guiadas, contudo, ainda não foi investigado como alternativa para melhorar o efeito de densificação da técnica de OD.

3. OBJETIVO(S)

O presente estudo investigou o efeito densificação ao combinar o osso do xenoenxerto com OD e sua influência na estabilidade primária dos implantes dentários.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise de potência a priori foi utilizada para calcular o tamanho da amostra com base nos resultados do torque de inserção de um estudo piloto. Considerando o erro do tipo 1 de 0,05 e a potência de 0,8, o teste t de duas caudas determinou um mínimo de 6 amostras em cada grupo para atingir um tamanho de efeito médio (G*Power 3,1.9,7; Universität Düsseldorf, Germany).

Neste estudo ex vivo, as costelas de porco foram obtidas de um mercado de carne de varejo e utilizadas após a remoção do periósteo. Foram utilizados seis segmentos de 60 mm de costelas de porco de espessura cortical igual de 2 mm para simular um osso de baixa densidade (Vidyasagar *et al.*,2004). As amostras foram preservadas a -20 °C e descongeladas por 1 h à temperatura ambiente antes do início do estudo. Quatro implantes foram atribuídos a cada seção óssea, um para cada grupo experimental, para garantir que enfrentam densidade óssea semelhante. A posição do implante na seção óssea foi randomizada pelo método de envelope selado. A distância entre implantes foi de pelo menos 5 mm e todas as brocas foram substituídas após 10 osteotomias.

Todas as osteotomias foram realizadas por um cirurgião especialista utilizando um micromotor elétrico cirúrgico (BLM 600 plus; K Driller, São Paulo, Brasil), contra-Ângulo com redução 20:1 (Kavo) e um sistema de osseodensificação (Densah; Versah) (Figura 1). Foi utilizada a seguinte sequência de brocas a 1.200 rpm sob irrigação salina: piloto de 2,0 mm, 2,3 mm e 3,0 mm. Foram utilizadas as direções no sentido horário (modo de corte) e no sentido anti-horário (modo OD) até 11,5 mm de profundidade. Os grupos experimentais estão descritos na Tabela 1.

Figura 1. Sistema de fresas para osseodensificação utilizado no estudo.



Tabela 1. Grupos experimentais do estudo.

Grupo	Direção da fresagem	Presença de xenoenxerto
CW	Sentido horario	Não
CW	Sentido horario	Sim
CCW	Sentido anti-horário	Não
CCW	Sentido anti-horário	Sim

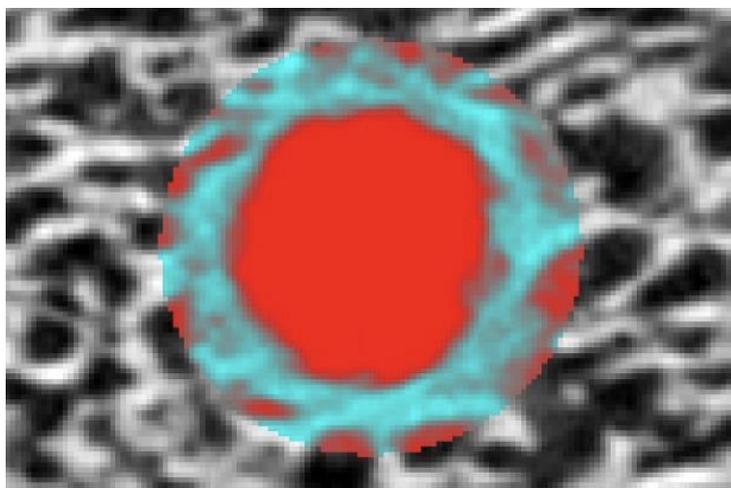
A preparação do leito do implante, metade das osteotomias foram preenchidas com 0,05 g de osso xenoenxerto (XB) (grânulos bovinos de 0,5-1,0 mm; Straumann Cerabone). A última broca da sequência de perfuração foi utilizada após a rotação de cada grupo para compactar o enxerto ósseo. Foram utilizadas 1200 rpm sem irrigação. Imediatamente após a realização de osteotomias, as amostras ósseas foram colocadas individualmente em um equipamento de microtomografia (Skyscan 1174; Bruker, Kontich, Belgium).

Cada segmento ósseo foi digitalizado usando tensão de 50 kV, corrente de 800 μ A, filtro de alumínio de 0,5 mm, tempo de exposição de 5200 ms, tamanho de pixel de 28 μ m e resolução de sensor de 1304 1024 pixels. A aquisição de imagens

foi realizada utilizando a etapa de rotação de 1 grau, média de 3 quadros. A duração do exame foi de aproximadamente 120 min. As projeções de raios X foram reconstruídas (NRecon, versão 1.6.9.18; Bruker) usando as seguintes configurações: Suavização #5, compensação automática de desalinhamento, redução de artefato de anel #5 e correção de endurecimento de feixe de 20%.

O conjunto de dados da imagem foi carregado no programa de software DataViewer (versão 1,5.1,2; Bruker) para obter secções transaxiais de cada osteotomia. Com o programa de software CTAn (versão 1.14.4.1; Bruker), um volume de interesse (VOI) foi definido 50% maior que a osteotomia (Figura 2), correspondendo a aproximadamente 175 mm³, e a imagem foi binarizada considerando um limiar de cinza entre 46 e 255. Em seguida, os cálculos matemáticos de volume ósseo (BV), espessura trabecular (TB.th), separação trabecular (TB.SP) e porosidade total (Po(tot)) foram realizados utilizando a ferramenta 'análise 3D' no software com tamanho de pixel de 57.5µm.

Figura 2. Uma máscara cilíndrica (vermelha) com 4,5 mm de diâmetro (50% maior que o diâmetro da osteotomia) com 13 mm de comprimento determinou o volume de interesse para a análise matemática.



Após o escaneamento, foi inserido um implante com 4,0mm de diâmetro e 11,5 mm de comprimento (Medens, SP, Brasil) em cada osteotomia. Todos os implantes foram instalados com chave manual e foram registrados na posição final do implante utilizando um torquímetro digital (TQ-8800; Lutron). Os valores de cada implante foram coletados e posteriormente submetidos à análise estatística. A análise da frequência de ressonância também foi realizada. Para isso, os transdutores foram montados em cada implante e apertados com pressão manual. Foram realizadas duas medidas perpendiculares, e o valor médio foi registrado (Osstell ISQ; Suécia) e definido como o ISQ.

Após a verificação da normalidade com o teste de Shapiro-Wilk, os grupos foram comparados utilizando ANOVA e teste post-hoc de Tukey em nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS v.20 (IBM, EUA).

5. RESULTADOS

As diferentes abordagens de osteotomia produziram diferentes aspectos de densidade (Figura 3). A combinação do sentido CCW com XB produziu uma densificação mais forte no corpo e no ápice do local de implantação. Na análise matemática (Tabela 2), XB aumentou o percentual de volume ósseo e espessura trabecular dentro do VOI, independentemente do sentido de perfuração (p menor que 0,05). O grupo OD combinado ou não com XB reduziu a separação trabecular (p 0,05). A combinação CCW-XB reduziu a porosidade percentual dentro do VOI (p menor que 0,05).

Tabela 2. Valores (média±s.d.) de volume ósseo (BV), espessura trabecular (Tb.th), separação trabecular (Tb.SP) e porosidade total (Po(tot)) das diferentes osteotomias com direções de perfuração no sentido horário (CW) e no sentido anti-horário (CCW) combinadas ou não com grânulos ósseos de xenoenxerto (XB).

	CW	CW+XB	CCW	CCW+XB
BV (%)	37,0 ± 1,1 ^A	55,2 ± 1,9 ^B	50,6 ± 2,3 ^C	56,8 ± 2,1 ^B
Tb.Th (mm)	0,41 ± 0,02 ^A	0,76 ± 0,02 ^B	0,61 ± 0,03 ^C	0,78 ± 0,03 ^B
Tb.Sp (mm)	2,40 ± 0,16 ^A	2,11 ± 0,12 ^B	2,14 ± 0,12 ^B	2,01 ± 0,11 ^B
Po(tot) (%)	64,0 ± 3,1 ^A	48,3 ± 1,9 ^B	49,9 ± 2,9 ^B	43,5 ± 2,4 ^C

Diferentes letras indicam diferença significativa entre os grupos (ANOVA/Tukey, P menor que 0,05).

Os valores de TI e ISQ são exibidos nas figuras 4 e 5. A combinação de CCW e XB produziu os maiores valores DE TI e ISQ, seguida de CCW, CW e CW.

Figura 3. Secções centrais representativas de cada grupo de osteotomia: Osteotomias utilizando direções no sentido horário (CW) e no sentido anti-horário (CCW) combinadas ou não com grânulos ósseos do xenoenxerto (XB).

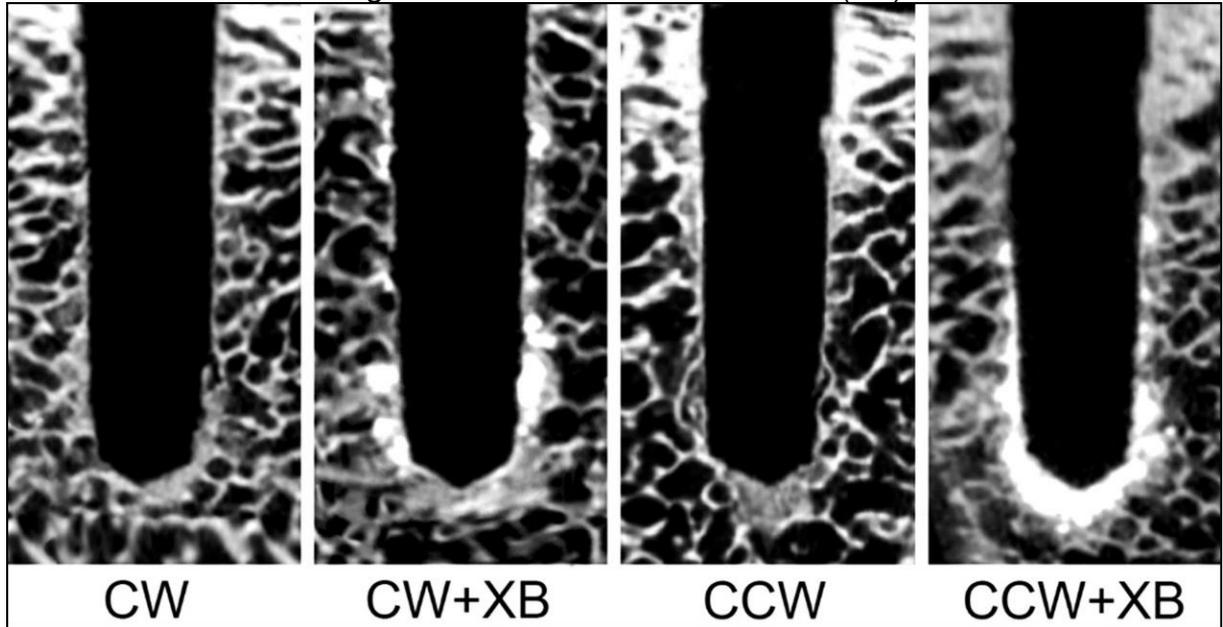


Figura 4. Distribuição dos valores de TI dos implantes inseridos após as diferentes osteotomias.

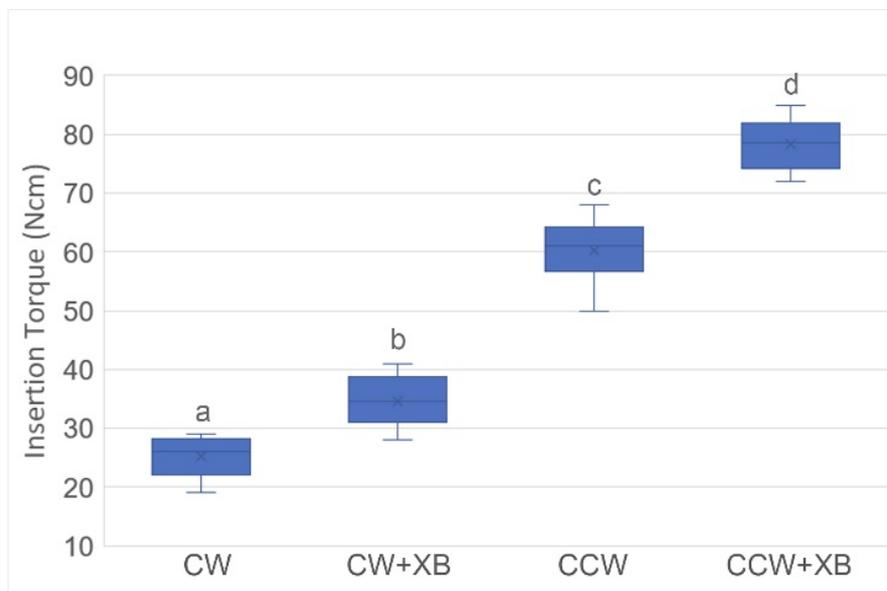
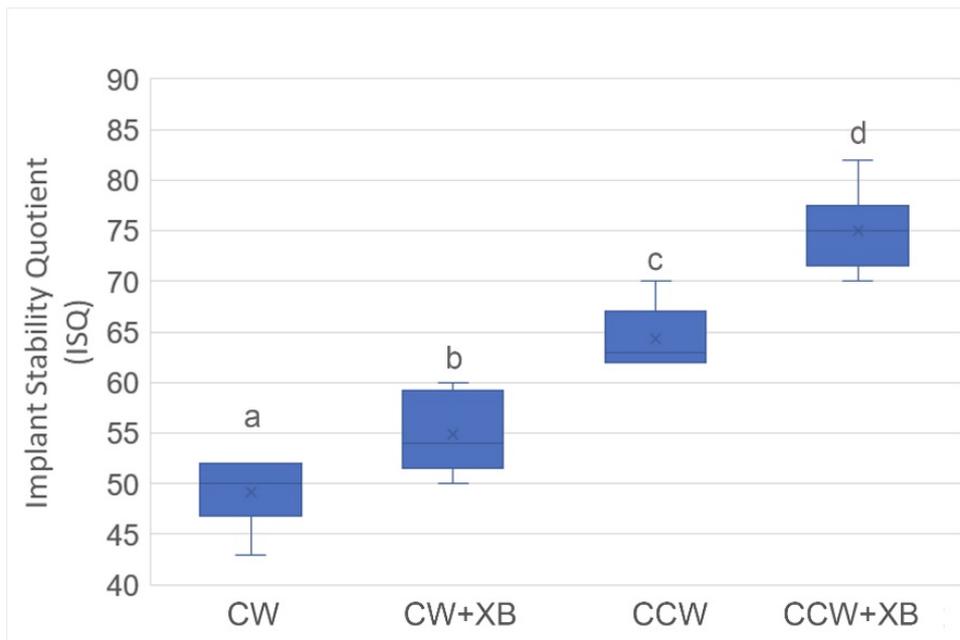


Figura 5. Distribuição dos valores de ISQ dos implantes inseridos após as diferentes osteotomias.



6. DISCUSSÃO

A técnica de osseodensificação do osso do xenoenxerto durante a preparação do leito do implante para condensar uma camada do enxerto ao longo da superfície do local da osteotomia para melhorar a estabilidade primária. Assim, há uma preservação e condensação do leito do implante que é especificamente importante para ossos de baixa densidade (Beutel *et al.*, 2016). Após atingir o diâmetro final durante a osteotomia, o leito de implantação é preenchido com partículas ósseas de xenoenxerto e condensado contra as paredes ósseas para uma ótima estabilidade primária, superando qualquer deficiência de densidade do tecido hospedeiro. No presente estudo, foram observados avanços notáveis no volume ósseo, na espessura trabecular e nos parâmetros de estabilidade do implante, amplificados significativamente ao empregar paredes ósseas de xenoenxerto em conjunto com a osseodensificação no sentido anti-horário (Lahens *et al.*, 2016).

Essa abordagem não apenas fundamenta o crescimento. conjunto de evidências que defende esta combinação para melhorar a estabilização precoce do implante, mas também destaca os benefícios da utilização de osso de baixa qualidade para fortalecer os espaços trabeculares. Aproveitando os princípios da osseodensificação, esta estratégia integra substitutos ósseos que tenham sido preferencialmente submetidos a um processo de sinterização durante a mesma fase cirúrgica, promovendo potencialmente um scaffold que garante maior estabilidade das partículas no momento da instalação do implante, garantindo assim uma estabilidade primária mais vantajosa (Mello-Machado *et al.*, 2021).

Os resultados do presente estudo estão alinhados com os achados apresentados na revisão sistemática e meta-análise conduzida por Inchingolo e colaboradores (2021). Na avaliação abrangente de vários estudos, eles destacaram

as vantagens da osseodensificação no sentido anti-horário, particularmente em termos de melhor contato osso-implante e torque de inserção em comparação com a osseodensificação no sentido horário. Vale destacar que o BAFO permaneceram relativamente consistentes entre as duas técnicas. Os resultados da microCT deste estudo apoiam os benefícios mecânicos da osseodensificação, com densificação localizada que se alinha estreitamente com as melhorias biomecânicas observadas na meta-análise. Essas descobertas sugerem uma mudança potencial nas estratégias para otimizar os preparativos do local do implante (Bhargava et al., 2023; Bätz *et al.*, 2020).

Por outro lado, a técnica utilizada na presente pesquisa caracterizou-se pela compactação do osso do xenoenxerto durante a preparação do leito do implante para criar uma camada de enxerto ao longo da superfície do local da osteotomia para melhorar a estabilidade primária. Isso pode levar à preservação e condensação do leito do implante, o que é especificamente importante para ossos de baixa densidade (Alifarag *et al.*, 2018; Trisi *et al.*, 2016;). Assim que a osteotomia atinge seu diâmetro final, o leito de implantação é preenchido com partículas ósseas de xenoenxerto. Usando brocas de osseodensificação, as partículas são condensadas contra as paredes ósseas para atingir uma estabilidade primária com IT maior que 30 Ncm (Mello-Machado *et al.*, 2021). Isso é feito para garantir que qualquer deficiência de densidade no tecido hospedeiro seja superada, resultando em estabilidade ideal (Lahens *et al.*, 2019; Karl, 1985).

Além disso, continua a ser imperativo destacar que a utilização destes substitutos em diferentes momentos cirúrgicos pode não produzir as mesmas vantagens clínicas, sinalizando potencialmente um declínio na eficácia cooperativa entre a osseodensificação e a aplicação de substitutos ósseos em intervalos cirúrgicos distintos. Após um procedimento de enxerto ósseo, os materiais substitutos ósseos,

como xenoenxertos e biomateriais aloplásticos, assumem um papel fundamental como suporte que promove a formação de novo osso. Porém, o osso que eventualmente se materializa no sítio cirúrgico pós-cicatrização retém esses biomateriais, conseqüentemente diminuindo a concentração de colágeno presente, componente fundamental que facilita a movimentação óssea durante o processo de osseodensificação (de Carvalho Formiga et al., 2023; Bergamo et al., 2021; Das et al., 2019). Diante desses achados, o estudo defende o emprego simultâneo de técnicas de osseodensificação e biomateriais durante a preparação do local imediatamente anterior à inserção do implante dentário.

Pesquisas recentes sugerem que o método de Osseodensificação pode melhorar a estabilidade primária dos implantes dentários, com uma taxa de sobrevivência de 98,1% após um ano (Delgado-Ruiz *et al.*, 2020). No presente estudo, o uso de um xenoenxerto particulado combinado com a técnica de osseodensificação aumentou o volume ósseo e a espessura trabecular, levando ao aumento da estabilidade primária. Este pode ser um fator que poderia manter e/ou as taxas de sobrevivência dos implantes dentários, principalmente nos casos que necessitam de enxerto ósseo ao redor do implante durante o procedimento cirúrgico (Misch *et al.*, 1990). Além disso, o uso de um enxerto ósseo particulado, como um xenoenxerto, na parede óssea pode ser benéfico para protocolos de carga imediata (do Carmo Filho *et al.*, 2019).

O presente estudo *ex vivo* do modelo ósseo de costela fornece evidências promissoras dos benefícios das paredes ósseas do xenoenxerto em ambientes ósseos de baixa densidade. No entanto, é crucial reconhecer algumas limitações. Em um ambiente *in vivo*, fatores como remodelação óssea e vascularização durante um período de tempo prolongado podem impactar a integração de xenoenxertos e a estabilidade do implante a longo prazo (Ren *et al.*, 2022; Javed *et al.*, 2013). A

comparação de diferentes topografias de superfície de implante e materiais de enxerto, como aloenxertos, ajudaria a otimizar as técnicas (Delgado-Ruiz *et al.*, 2020). Mais importante ainda, estudos *in vivo* de longo prazo em animais e ensaios clínicos em humanos que avaliam a viabilidade, a relação custo-eficácia e a eficácia no mundo real são essenciais antes da adoção clínica generalizada. Embora encorajadores, estes resultados *ex vivo* representam um passo inicial e, posteriormente, a investigação *in vivo* é imperativa para compreender plenamente o potencial destas intervenções.

6. CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, foi possível concluir que a osseodensificação de partículas ósseas do xenoenxerto antes da colocação do implante pode melhorar sua estabilidade primária.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albrektsson T, Zarb GA, Worthington P, et al. (1986) The long-term efficacy of currently used dental implants; a review and proposed criteria of success. *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 1, 1-25.

Albrektsson T, Wennerberg A (2019). On osseointegration in relation to implant surfaces. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 21, 4-7.

Alifarag AM, Lopez CD, Neiva RF, Tovar N, Witek L, Coelho PG (2018). A temporal osseointegration: early biomechanical stability through osseodensification. *Journal of Orthopaedic Research* 36, 1-8.

Aparicio C, Rangert B, Sennerby L (2003). Immediate/early loading of dental implants: a report from the sociedad española de implantes world congress consensus meeting in Barcelona, Spain. *Clinical Implant and Dental Related Research* 5, 57-60.

Augustin G, Davila S, Mihoci K, Udiljak T, Vedrina DS, Antabak A (2008). Thermal osteonecrosis and bone drilling parameters revisited. *Archives of Orthopedic and Trauma Surgery* 128, 71-77.

Balshi TJ, Wolfinger GJ, Balshi SF, Nevins M, Kim DM (2018). Thirty-two-year success of dental implants in periodontally compromised dentition. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 38, 827-831.

Barberá-Millán J, Larrazábal-Morón C, Enciso-Ripoll JJ, Pérez-Pevida E, Chávarri-Prado D, Gómez-Adrián MD (2012). Evaluation of the primary stability in dental implants placed in low density bone with a new drilling technique, osseodensification: an in vitro study. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal* 26, (3), e361-e367.

Barone A, Alfonsi F, Derchi G, Tonelli P, Toti P, Marchionni S, Covani U (2016). The effect of insertion torque on the clinical outcome of single implants: a randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 18, 588-600.

Bätz J, Syrigos S, Vorbeck M, Prüch E, Campbell G, Morlock M (2020). The influence of broach design on bone friction and osseodensification in total hip arthroplasty. *Clinical Biomechanics* 73, 234-240.

Bavetta G, Bavetta G, Randazzo V, Cavataio A, Paderni C, et al (2019). A retrospective study on insertion torque and implant stability quotient (ISQ) as stability parameters for immediate loading of implants in fresh extraction sockets. *Biomed Research International*, 9720419.

Bergamo ET, Zahoui A, Barrera RB, Huwais S, Coelho PG, Karateew ED, Bonfante EA (2021). Osseodensification effect on implants primary and secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 23, 317-328.

Berglundh T, Abrahamsson I, Lang NP, Lindhe J (2003). De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. A model study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* 14, 251-262.

Beutel BG, Danna NR, Granato R, Bonfante EA, Marin C, Tovar N, Suzuki M, Coelho PG (2016). Implant design and its effects on osseointegration over time within cortical and trabecular bone. *Journal of Biomedical Materials Research Part B* 104, 1091-1097.

Bhargava N, Perrotti V, Caponio VCA, Matsubara VH, Patalwala D, Quaranta A (2023). Comparison of heat production and bone architecture changes in the implant site preparation with compressive osteotomes, osseodensification technique, piezoelectric devices, and standard drills: an ex vivo study on porcine ribs. *Odontology* 111, 142-153.

Bilhan H, Geckili O, Mumcu E, Bozdog E, Sünbuloğlu E, Kutay O (2010). Influence of surgical technique, implant shape and diameter on the primary stability in cancellous bone. *Journal of Oral Rehabilitation* 37, 900-907.

Branemark PI (1983). Osseointegration and its experimental background. *Journal of Prosthetic Dentistry* 50, 399-410.

Brisman DL (1996). The effect of speed, pressure and time on bone temperature during the drilling of implant sites. *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 11, 35-37.

Brizuela-Velasco A, Álvarez-Arenal Á, Gil-Mur FJ, Herrero-Climent M, Chávarri-Prado D, Chento-Valiente Y et al (2015). Relationship between insertion torque and resonance frequency measurements, performed by resonance frequency analysis, in micromobility of dental implants: an in vitro study. *Implant Dentistry* 24, 607-611.

Buser B, Sennerby L, de Bruyn H (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology* 2000 73, 7-21.

Carmo Filho LC, Faot F, de Matos Madruga M, Marcello-Machado RM, Bordin D, Cury AA (2019). Effect of implant macrogeometry on peri-implant healing outcomes: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations* 23, 567-575.

Cavallaro J, Greenstein B, Greenstein G (2009). Clinical methodologies for achieving primary dental implant stability - the effects of alveolar bone density. *The Journal of the American Dental Association* 140, 1366-1372.

Chauhan CJ, Shah DN, Sutaria FB (2018). Various biomechanical factors affecting heat generation during osteotomy preparation: A systematic review. *Indian Journal of Dental Research* 29, 81.

Cho IH, Lee YI, Kim YM (2009). A comparative study on the accuracy of the devices for measuring the implant stability. *The Journal of Advanced Prosthodontics* 1, 124-128.

Coelho PG, Granjeiro JM, Romanos GE, et al (2009). Basic research methods and current trends of dental implant surfaces. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 88, 579-596.

Coelho PG, Suzuki M, Guimaraes MV, Marin C, Granato R, Gil JN, Miller R (2010). Early bone healing around different implant bulk designs and surgical techniques: a study in dogs. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 12, 202-208.

Das N (2019). The new bone drilling concept-osseodensification (hydrodynamic bone preparation). *Dental Science* 18, 2345-2355.

de Carvalho Formiga M, da Silva HDP, Ghiraldini B, Siroma RS, Ardelean LC, Piattelli A, et al (2023). Effects of osseodensification on primary stability of cylindrical and conical implants-an ex vivo study. *Journal of Clinical Medicine* 12, 3736.

de Oliveira P, Bergamo ETP, Neiva R, Bonfante EA, Witek L, Tovar N, Coelho PG (2018). Osseodensification outperforms conventional implant subtractive instrumentation: a study in sheep. *Materials Science and Engineering C* 90, 300-307.

Degidi M, Daprile G, Piattelli A (2015). Influence of under preparation on primary stability of implants inserted in poor quality bone sites: an in vitro study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 73, 1084-1088.

Delgado-Ruiz R, Gold J, Somohano MT, Romanos G (2020). Under-drilling versus hybrid osseodensification technique: differences in implant primary stability and bone density of the implant bed walls. *Materials* 13, 390.

Devlin H, Horner K, Ledgerton, D (1998). A comparison of maxillary and mandibular bone mineral densities. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 79, 323-327.

Eriksson RA, Albrektsson T (1984). The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 42, 705–711.

Esposito M (2007). The effectiveness of immediate, early, and conventional loading of dental implants: a cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 22, 893-904.

Fanuscu M, Chang TL, Akça K (2007). Effect of surgical techniques on primary implant stability and peri implant bone, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 65, 2487-2491.

Friberg B, Sennerby L, Meredith N, Lekholm U (1999). A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements of maxillary implants: a 20-month clinical study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 28, 297-303.

Gaikwad AM, Joshi AA, Nadgere JB (2020). Biomechanical and histomorphometric analysis of endosteal im-plants placed by using the osseodensification technique in animal models: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 127, 61-70.

Glauser R, Sennerby L, Meredith N, et al (2004). Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clinical Oral Implants Research* 15, 428-434.

Huwais S, Mazor Z, Ioannou AL, Gluckman H, Neiva R (2018). A multicenter retrospective clinical study with up-to-5-year follow-up utilizing a method that enhances bone density and allows for transcresal sinus augmentation through compaction grafting. *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 33, 1305-1311.

Huwais S, Meyer EG (2017). An oval osseous densification approach in implant osteotomy preparation to increase biomechanical primary stability, bone mineral density, and bone-to-implant contact. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 32, 27-36.

Inchingolo AD Inchingolo AM, Bordea I R, Xhajanka E, Romeo D M, Romeo M, Zappone C M F, et al (2021). The effectiveness of osseodensification drilling protocol

for implant site osteotomy: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Materials* 14, 1147.

Ivanoff CJ, Grondahl K, Bergstrom C, et al (2000). Influence of bicortical or monocortical anchorage on maxillary implant stability: a 15-year retrospective study of Branemark System implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 15, 103-110.

Javed F, Ahmed HB, Crespi R, Romanos GE (2013). Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation. *Interventional Medicine & Applied Science* 5, 162-167.

Jimbo R, Giro G, Marin C, Granato R, Suzuki M, Tovar N et al (2013). Simplified drilling technique does not decrease dental implant osseointegration: a preliminary report. *Journal of Periodontology* 84, 1599-1605.

Johansson P, Strid KG (1994). Assessment of bone quality from placement resistance during implant surgery. *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 9, 279-288.

Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, et al (2012). Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clinical Oral Implants Research* 23, 2-21.

Karl M, Grobecker-Karl T (2018). Effect of bone quality, implant design, and surgical technique on primary implant stability. *Quintessence international* 49, 189-198.

Kold S, Bechtold J, Ding M, et al (2003). Compacted cancellous bone has a spring-back effect. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 74, 591-595.

Lages FS, Oliveira DWD, Costa FO (2018). Relationship between implant stability measurements obtained by insertion torque and resonance frequency analysis: a systematic review. *Clinical Implant and Dental Related Research* 20, 26-33.

Lahens B, Neiva R, Tovar N, Alifarag AM, Jimbo R, Bonfante EA, et al (2016). Biomechanical and histologic basis of osseodensification drilling for endosteal implant placement in low density bone. an experimental study in sheep. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 63, 56-65.

Lavelle C, Wedgwood D (1980). Effect of internal irrigation on frictional heat generated from bone drilling. *J Oral Surgery* 38, 499-503.

Lioubavina-Hack N, Lang NP, Karring T (2006). Significance of primary stability for osseointegration of dental implants. *Clinical Oral Implants Research* 17, 244-250.

Lopez CD, Alifarag AM, Torroni A, et al (2017). Osseodensification for enhancement of spinal surgical hardware fixation. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 69, 275-281.

Machado RCM, da Gama CS, Batista SH, Rizzo D, Valiense H, Moreira RF (2018). Tomographic and clinical findings, pre-, trans-, and post-operative, of osseodensification in immediate loading. *International Journal of Growth Factors and Stem Cells in Dentistry* 1, 101.

Marin C, Granato R, Suzuki M, Gil JN, Janal MN, Coelho PG (2010). Histomorphologic and histomorpho-metric evaluation of various endosseous implant healing chamber configurations at early implantation times: a study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 21, 577-583.

Marquezan M, Osório A, Santanna E, et al (2012). Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. *Clinical Oral Implants Research* 23, 767-774.

Martinez H, Davarpanah M, Missika P, et al (2001). Optimal implant stabilization in low density bone. *Clinical Oral Implants Research* 12, 423-432.

Mello-Machado RC, de Almeida Barros Mourão CF, Javid K, Ferreira HT, Montemezzi P Calasans-Maia, MD, et al (2021). Clinical assessment of dental implants placed in

low-quality bone sites prepared for the healing chamber with osseodensification concept: a double-blind, randomized clinical trial. *Applied Sciences* 11, 640.

Misch CE (1990). Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive boen loading. *The International Journal of Oral Implantology* 6, 23.

Moon SH, Ulm HS, Lee JK, Chang BS, Lee MK (2010). The effect of implante shape and bone preparation on primary stability. *Journal of Periodontal & Implant Science* 40, 239-243.

Mordenfeld MH, Johansson A, Hedin M, Billstrom C, Fyrberg KA (2004). A retrospective clinical study of wide-diameter implants used in posterior edentulous areas. *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 19, 387-392.

Mustafa FJA, Hassanien A (2019). The relationship between primary (mechanical) and secondary (biological) implant stability: a new measurement technique. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 34, 7-23.

Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J (2004). Predicting osseointegration by means of implant primary stability. A resonance-frequency analysis study with delayed and immediately loaded ITI SLA implants. *Clinical Oral Implants Research* 15, 520–528.

Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K, Radespiel-Tröger M, Neukam FW, Engelke K (2003). Dental implant stability and histomorphometry: a correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clinical Oral Implants Research* 14, 601–609.

O`Sullivan D, Sennerby L, Meredith N et al (2000). Measurements comparing the initial stability of dental implants: a human cadaver study. *Clinical Oral Implants Research* 15, 428-434.

Ogle OE (2015). Implant surface material, design, and osseointegration. *Dental Clinics* 59, 505-520.

Padhye NM, Padhye AM, Bhatavadekar NB (2020). Osseodensification - a systematic review and qualitative analysis of published literature. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research* 10, 375-380.

Pikos MA, Miron RJ (2019). Osseodensification: an overview of scientific rationale and biological background. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 40, 217-222.

Punnoose K, Kumar A, Mahesh B, Govindarajulu R, Amalorpavam V, Ebinu A, et al (2022). Osseodensification implant site preparation technique and subsequent implant stability: a pilot study. *Journal of Orthodontic Science* 11, 50.

Rabel A, Köhler SG, Schmidt-Westhausen AM (2007). Clinical study on the primary stability of two dental implant systems with resonance frequency analysis. *Clinical Oral Investigations* 11, 257–265.

Ren Y, Senarathna J, Grayson WL, Pathak AP (2022). State-of-the-art techniques for imaging the vascular microenvironment in craniofacial bone tissue engineering applications. *American journal of physiology. Cell Physiology* 323, 1524-1538.

Sakoh J, Wahmann U, Stender E, Al-Nawas B, Wagner W (2006). Primary stability of a conical implant and a hybrid, cylindrical screw-type implant in vitro, *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 21, 560-566.

Sennerby L, Pagliani L, Petersson A, et al (2015). Two different implant designs and impact of related drilling protocols on primary stability in different bone densities: an in vitro comparison study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 30, 564-568.

Slete FB, Olin P, Prasad H (2018). Histomorphometric comparison of 3 osteotomy techniques. *Implant Dentistry* 27, 424-428.

Steigenga JT, Al-Shammari KF, Nociti FH, Misch CE, Wang HL (2003). Dental implant design and its relationship to long-term implant success. *Implant Dentistry* 12, 306–317.

Tian JH, Neiva R, Coelho PG, et al (2019). Alveolar ridge expansion: comparison of osseodensification and conventional osteotome techniques. *Journal of Craniofacial Surgery* 30, 607–610.

Trisi P, Berardini M, Falco A, Vulpiani MP (2015). Effect of temperature on the dental implant osseointegration development in low-density bone. *Implant Dentistry* 24, 96–100.

Trisi P, Berardini M, Falco A, Vulpiani MP (2016). New osseodensification implant site preparation method to increase bone density in low-density bone: In vivo evaluation in sheep. *Implant dentistry* 25, 24.

Trisi P, Berardi D, Paolantonio M, Spoto G, D'Addona A, Perfetti G (2013). Primary stability, insertion torque, and bone density of conical implants with internal hexagon: is there a relationship? *Journal Of Craniofacial Surgery* 24, 841–844.

Truhlar RS, Orenstein IH, Morris HF, et al (1997). Distribution of bone quality in patients receiving endosseous dental implants. *The Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 55, 38-45.

Turkyilmaz I, McGlumphy EA (2008). Influence of bone density on implant stability parameters and implant success: a retrospective clinical study. *BMC Oral Health* 8, 1-8.

Vidyasagar L, Salms G, Apse P, Teibe UJS (2004). The influence of site preparation (countersinking) on initial dental implant stability, an in vitro study using resonance frequency analysis. *Stomatologija* 6, 14-16.

Witek L, Neiva R, Alifarag A, et al (2019). Absence of healing impairment in osteotomie prepared via osseodensification drilling. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 39, 65-71.

Wong M, Eulenberger J, Schenk R, Hunziker E. (1995). Effect of surface topology on the osseointegration of implant materials in trabecular bone. *Journal of Biomedical Materials Research* 29:1567–1575.

Artigos produzidos no período



Article

Clinical Assessment of Dental Implants Placed in Low-Quality Bone Sites Prepared for the Healing Chamber with Osseodensification Concept: A Double-Blind, Randomized Clinical Trial

Rafael Coutinho Mello-Machado ¹, Carlos Fernando de Almeida Barros Mourão ^{2,*}, Kayvon Javid ¹, Henrique T. Ferreira ³, Pietro Montemezzi ⁴, Mônica Diuana Calasans-Maia ⁵ and Plínio Mendes Senna ^{3,6}

¹ Graduate Program, Dentistry School, Universidade Federal Fluminense, Niterói 24020-140, Brazil; rafaelcouthodmello@yahoo.com.br (R.C.M.-M.); onecune@aol.com (K.J.)

² Post-Graduation Program in Biotechnology, Universidade Federal Fluminense, Niterói 24020-140, Brazil

³ Graduate Program, Universidade do Grande Rio (Unigranrio University), Rio de Janeiro 25071-202, Brazil; drferreira@implantodontia.rio.br (H.T.F.); plinio.senna@outlook.com (P.M.S.)

⁴ Private Practice, 24128 Bergamo, Italy; m.montemezzi@libero.it

⁵ Oral Surgery Department, Universidade Federal Fluminense, Niterói 24020-140, Brazil; monicacalasansmaia@gmail.com

⁶ Department of Prosthodontics, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro 20551-030, Brazil

* Correspondence: mouraocef@gmail.com; Tel.: +1-941-830-1302



Citation: Mello-Machado, R.C.; de Almeida Barros Mourão, C.F.; Javid, K.; Ferreira, H.T.; Montemezzi, P.; Calasans-Maia, M.D.; Senna, P.M. Clinical Assessment of Dental Implants Placed in Low-Quality Bone Sites Prepared for the Healing Chamber with Osseodensification Concept: A Double-Blind, Randomized Clinical Trial. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 640. <https://doi.org/10.3390/app11020640>

Received: 18 December 2020

Accepted: 2 January 2021

Published: 11 January 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The present study aimed to compare the stability of dental implants placed in low-quality bone prepared for the healing chamber with osseodensification technique and a standard undersized drilling. Sixteen subjects presenting D3 or D4 bone density according to Misch's classification were randomly distributed to receive dental implants following either osseodensification (G1: $n = 29$) or standard undersized drilling (G2: $n = 26$) preparation techniques. Implant insertion torque (IT) and implant stability quotient (ISQ) were measured immediately after implant placement. Implant survival and secondary stability (ISQ) were evaluated after six months. The G1 group showed higher IT (39.0 ± 6.4 Ncm) than G2 (32.0 ± 3.4 Ncm) ($p < 0.001$). ISQ values were similar ($p > 0.05$) at the implant insertion (67.1 ± 3.2 and 65.5 ± 2.7 for G1 and G2, respectively). After six months healing, implant survival was equally comparable in both groups ($p > 0.05$), and ISQ values were higher than those of implant insertion ($p < 0.001$) but similar ($p > 0.05$) for both groups (74.0 ± 3.6 and 73.3 ± 3.2 for G1 and G2, respectively). Within the limitations of this study, the present RCT demonstrated that a wider surgical bed prepared by osseodensification instrumentation allowed for the bone healing-chamber concept in low-quality bone without any reduction in implant stability and success rate.

Keywords: osseodensification; clinical trial; bone chamber healing; clinical assessment; bone-implant interactions

1. Introduction

The survival of dental implants depends on the bone's ability to remodel at the bone-implant interface [1,2]. This process requires the mechanical engagement of the dental implant with bone at the point of insertion clinically defined as primary stability [3]. The newly formed bone at the implant surface produces the secondary stability which consolidates the osseointegration [3,4]. In a recent study, osseointegration was defined as a direct and functional connection between bone and an artificial implant [5]. Nevertheless, adequate primary stability is necessary to predict the survival of dental implants. This has led to the practice of under-preparing the implant bed to be significantly narrower in diameter than the thread diameter of the implant, especially in soft bone. This is associated with the self-tapping screw implant design, which guarantees a close fit of the dental implant and

Artigo aceito para publicação

Promote Your Work with New Features at SciProfiles.com Caixa de entrada x

Applied Sciences Editorial Office <applsci@mdpi.com>

para mim, Calin ▾

🌐 inglês ▾ > português ▾ [Traduzir mensagem](#)

Dear Dr. Ferreira,

Congratulations on your paper being accepted for publication in Applied Sciences.

Welcome back to SciProfiles (<https://sciprofiles.com/profile/3234477>). We have performed major updates to features that empower your research:

1. Your internet presence in one place

Now you can link your profile to more than new 14 major platforms. It is convenient for other researchers to discover you quickly.

2. We only include content that interests you

You can meet researchers with the same academic interests by choosing your research subject (<https://sciprofiles.com/researcher-info/user-info>).

3. Your influence multiplied

Other users can now share your posts within SciProfiles.

If you have any questions, please feel free to visit the FAQs page (<https://sciprofiles.com/help-center>) or contact us at info@sciprofiles.com or via the contact form here (<https://sciprofiles.com/contact>).

Kind regards,

Dr. Shu-Kun Lin and the SciProfiles Team