

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TRÊS TÉCNICAS DE PREPARO DE LEITO IMPLANTAR NA ESTABILIDADE PRIMÁRIA DE IMPLANTES DENTÁRIOS EM OSSO DE BAIXA DENSIDADE: ESTUDO *EX VIVO*

Anderson Jara Ferreira*
Miriam Kemper**

RESUMO

Este estudo avaliou a estabilidade primária (EP) de implantes dentários em osso de baixa densidade, utilizando três técnicas de preparo de leito implantar (Controle: fresagem convencional, Sub-preparo e Expansores rotatórios), aferida por meio de torque final de inserção (TFI) e análise de frequência de ressonância (AFR). A amostra foi composta de 30 blocos de tíbia suína divididos em três grupos de acordo com a técnica de fresagem. Para padronizar o substrato, os blocos foram analisados utilizando parâmetros de microarquitetura óssea obtidos pela análise da Micro-tomografia Computadorizada e o Teste de Shapiro-Wilk avaliou a normalidade dos dados. Foram instalados 10 implantes para cada técnica de preparo e a EP avaliada por meio de TFI e AFR. Os dados foram submetidos a provas estatísticas (ANOVA one-way, Tuckey post-hoc e Correlação de Pearson). A técnica de sub-preparo obteve valores maiores de torque final de inserção ($p < 0,05$) e melhor resultado quanto aos valores de análise de frequência de ressonância ($p < 0,05$). O teste de correlação de Pearson mostrou forte correlação entre as variáveis ($p < 0,05$). De acordo com a metodologia empregada, a técnica de sub-preparo apresentou valores mais altos de TFI e AFR, demonstrando ser mais vantajosa do que as outras técnicas testadas em osso de baixa densidade.

Palavras-chave: Implante dentário. Microtomografia por Raio-X. Osseointegração.

ABSTRACT

This study evaluated the primary stability (PS) of dental implants in poor density bone using three surgical drilling techniques (Control: conventional, Undersized and Expander-osteotome) through final insertion torque (FIT) and resonance frequency analysis (RFA). The sample consisted of 30 specimens (porcine tibia) divided into three groups according to the drilling technique. To standardize the substrate, the specimens were analyzed using bone microarchitecture parameters obtained by the Computed Micro-Tomography Analysis and the Shapiro-Wilk Test assessed the normality of the data. Ten implants were installed by each technique and the PS evaluated through FIT and RFA. The data were submitted to statistical tests (one-way ANOVA, Tuckey post-hoc test and Pearson correlation). The undersized surgical technique obtained higher values of final insertion torque ($p < 0.05$) and better results regarding the resonance frequency analysis values ($p < 0.05$). Pearson's correlation test showed a strong correlation between the variables ($p < 0.05$). According to the methodology employed, the Undersized surgical technique obtained higher values of final insertion torque and Resonance Frequency Analysis, demonstrating to be more advantageous than the other tested techniques when a poor bone quality region is approached.

Keywords: Dental implants. X-ray microtomography. Osseointegration.

*Capitão Dentista do Serviço de Saúde. Especialista em Aplicações Complementares às Ciências Militares (EsFCEX 2012).

**Capitão Dentista do Serviço de Saúde. Graduada em Odontologia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 1995. Especialista em Dentística Restauradora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2003. Curso de Formação de Oficiais pela Escola de Saúde do Exército (EsSEx) em 2007. Especialista em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) em 2015.

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA

A Estabilidade Primária (EP) é crucial para o sucesso a longo prazo de implantes dentários, principalmente se tratando de protocolos de carga imediata (O'SULLIVAN *et al.*, 2004). Porém, quando regiões de baixa densidade óssea nos maxilares são abordadas, a obtenção de uma EP substancial pode ser considerada pouco previsível considerando a morfologia porosa que esta região possui. Uma EP baixa induz à micromovimentação durante os estágios iniciais de osseointegração, originando a formação de tecido fibroso na interface osso-implante, aumentando a mobilidade e a possível perda dos mesmos (BRÅNEMARK *et al.*, 1984; ALBREKTSSON *et al.*, 1986; O'SULLIVAN *et al.*, 2004; BILHAN *et al.*, 2010; JAVED *et al.*, 2013).

Do ponto de vista biológico, dois tipos de estabilidade ocorrem no processo de osseointegração: a EP ocorre no momento da instalação e deve ser suficiente para evitar micromovimentações na interface osso-implante; e a estabilidade secundária está relacionada com a resposta biológica que ocorrerá após a instalação, ou seja, a sequência de fenômenos celulares que acontece depois, sendo este último tipo de estabilidade dependente da primeira (VAYRON *et al.*, 2018).

A instalação de implantes, com sucesso, em leito implantar de regiões com baixa densidade óssea permitirá um adequado contato e proximidade entre osso-implante, garantido o início do processo de osseointegração (BRÅNEMARK *et al.*, 1984; ALBREKTSSON *et al.*, 1986; O'SULLIVAN *et al.*, 2004). Os fatores que podem influenciar a EP são qualidade e quantidade ósseas, geometria do implante e relação do diâmetro do leito implantar com a última fresa utilizada (O'SULLIVAN *et al.*, 2004). A escolha do tipo de implante a ser instalado e a técnica cirúrgica são fatores relacionados estritamente com o operador. O contrário ocorre com a qualidade óssea, pois independe do operador.

A presença de camada de osso cortical, seja na crista alveolar e/ou no assoalho do seio maxilar favorece a obtenção de um travamento suficiente do implante. Segundo Ivanoff, Sennerby e Lekholm (1996), ao atingir a cortical óssea do assoalho do seio maxilar a estabilidade primária será melhorada, gerando mais áreas de contato osso-implante.

O osso cortical fornece melhor suporte para os implantes, sendo rara a não obtenção de uma boa EP. Situação oposta ocorre no osso medular, em que a natureza

porosa deste tipo de osso pode gerar alguns problemas durante a fresagem, já que a resistência óssea não é igual a uma região de melhor qualidade (O'SULLIVAN *et al.*, 2004). Esse fato pode levar o operador a realizar angulação inadequada durante a fresagem e instalação do implante, podendo desviar o posicionamento ideal do leito, prejudicando dessa maneira, a futura reabilitação protética.

Regiões de baixa densidade óssea são encontradas na região posterior de maxila, a isso associa-se a presença do seio maxilar, cujo grau de pneumatização restringe a disposição óssea e comprimento doo do implante a ser inserido.

De acordo com Gherke *et al.* (2018), os principais fatores que influenciam a EP são a quantidade de osso circundante ao implante e o papel que desempenham as forças compressivas que agem nas paredes do leito implantar e que são geradas durante a instalação.

Assim, têm sido propostas algumas modificações quanto à sequência de fresagem visando incrementar a EP em regiões de baixa densidade óssea, especialmente em protocolos de carregamento imediato (TOIA *et al.*, 2017).

A técnica de sub-preparo é a técnica mais comumente utilizada para aumentar a EP. Nesta técnica, o leito implantar apresenta um diâmetro reduzido quando comparado com o diâmetro externo do implante a ser instalado. Dessa forma, durante a inserção do implante são geradas forças compressivas laterais que melhoram o contato osso-implante e, por conseguinte, aumentam o torque final de inserção (TFI) e a EP (TOIA *et al.*, 2017; STOCCHERO *et al.*, 2018; GEHRKE *et al.*, 2018). Entretanto, alguns autores sugerem que forças compressivas laterais geram áreas de isquemia e necrose de osteócitos que podem comprometer a estabilidade secundária (TOIA *et al.*, 2017).

Outra técnica descrita na literatura para melhorar a EP é a utilização de expansores rosqueáveis. Este tipo de instrumental possui um formato similar a um parafuso e têm vários diâmetros. Os expansores compactam as trabéculas ósseas evitando o corte do osso e, dessa forma, favorece a obtenção de uma melhor EP (DE VICO *et al.*, 2009). Entre as aplicações dessa técnica pode-se citar a expansão de rebordos alveolares e a compactação óssea. Esse tipo de instrumento foi desenvolvido para melhorar a densidade do leito implantar e garantir melhor EP. O fundamento da técnica se baseia na preservação de tecido ósseo mediante o uso sequencial de expansores de diâmetros diferentes (DE VICO *et al.*, 2009), evitando algum tipo de fenestração óssea ou perda de EP.

Métodos invasivos e não invasivos têm se desenvolvido para mensurar a EP, cada qual apresentando limitações, vantagens e desvantagens. Estudos clínico-mecânicos, histológicos e imaginológicos têm sido propostos por vários autores para avaliar a EP (JAVED; ROMANOS, 2010; KOKOVIC *et al.*, 2014; MATHIEU *et al.*, 2014).

Entre os métodos clínicos de aferição da EP o valor do TFI é uma das ferramentas frequentemente utilizadas pelos profissionais para determinar um valor quantitativo de referência do grau de retenção que o implante obtém durante sua inserção. Um valor de TFI alto indica que o implante tem boa ancoragem mecânica no tecido ósseo. Apesar de o TFI ser importante na mensuração da EP, o surgimento da Análise de Frequência de Ressonância (AFR) apareceu na literatura como alternativa para mensurar e monitorar a estabilidade tanto no momento da inserção quanto em qualquer estágio do período de osseointegração, podendo ser utilizado para aferir a estabilidade primária e secundária dos implantes (MATHIEU *et al.*, 2014).

A classificação de densidade óssea dos maxilares mais utilizada na literatura científica é a de Lekholm e Zarb (1985), que divide em 4 tipos de densidades ósseas: I, II, III e IV, as quais foram estabelecidas de acordo com análises de densidade óssea de radiografias panorâmicas. O osso tipo I ou D1 apresenta menos vascularização, porém é mais homogêneo em sua composição, o tipo II ou D2 é uma combinação de osso cortical com cavidades medulares. O tipo III ou D3 é predominantemente composto de osso trabecular com cortical fina e o tipo IV ou D4 é descrito como um tipo de osso que apresenta uma cortical muito fina e abundante osso medular (LI *et al.*, 2017).

Para avaliar a densidade óssea, a Micro-Tomografia computadorizada (MTC) é uma ferramenta de exame imaginológico que utiliza detectores de alta resolução realizando projeções em várias direções de visualização de um objeto para produzir imagens reconstruídas em três dimensões, é muito útil na análise quantitativa de osso esponjoso (MULLER *et al.*, 1998). Tem sido utilizada para avaliar características anatômicas e morfológicas do esmalte dentário, concentração mineral de estrutura dentária, anatomia dos canais radiculares, avaliação de técnicas endodônticas de preparo radicular, crescimento e reparo ósseo de estruturas craniofaciais e processo de osseointegração de implantes dentários (SWAIN; XUE, 2009).

A qualidade óssea está associada com as características próprias da macro e microarquitetura de cada região (KIM *et al.*, 2015), estes parâmetros são avaliados

através da MTC e fornecem informações específicas da região. Os parâmetros mais utilizados ao volume ósseo (VO) de uma determinada região de interesse (RI) e o volume total tecidual (TT), a proporção volumétrica VO/TT indica o grau de mineralização óssea, ou seja, a sua resistência diante algum estímulo (DE FARIA VASCONCELOS *et al.*, 2017). Outros parâmetros que são mais utilizados para análise da região medular são: a densidade de conectividade (Conn.Den) que indica o grau de interconectividade trabecular, espessura de trabéculas (Tb.Th), separação de trabéculas (Tb.Sp) e número de trabéculas (Tb.N). Estes parâmetros estão mais voltados para análise da região de osso medular (PARFITT *et al.*, 1987). Desta forma, a MTC surge como uma ferramenta de análise de substratos para realização de estudos biomecânicos em Implantodontia, auxiliando na escolha de corpos de provas com parâmetros de micro-arquitetura óssea semelhantes, simulando alguma região de baixa ou alta densidade.

1.2 OBJETIVOS

A fim de destacar a importância de um adequado planejamento no pré-operatório em cirurgias odontológicas, o presente estudo pretende analisar comparativamente a estabilidade primária de implantes dentários, utilizando três técnicas de preparação de leito implantar em osso de baixa densidade, procurando determinar qual técnica pode promover melhor resultado.

1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES

Devido às diversas possibilidades de técnicas para instalação de implantes dentários que existem na literatura e à busca de um melhor método de aferição de EP, surge a necessidade de estudos para a compreensão dos fatores que possam interferir em tal situação clínica. Sendo assim, a avaliação da interferência de diferentes técnicas de preparo do leito implantar pode fornecer informações importantes para a escolha mais apropriada em cada situação.

A escolha do substrato ideal para servir de corpo de prova para ensaios biomecânicos não encontra uma definição absoluta na literatura, variando de materiais sintéticos a espécimes animais *in-vivo* ou *ex-vivo*. A busca de uma amostra padronizada visa contribuir para difusão do conhecimento e para servir de parâmetro para futuros estudos.

A forma em que se define a amostra, ou seja, o corpo de prova, deve obedecer rígidos requisitos pra se mostrar eficaz e confiável. A histologia é considerada o padrão-ouro, por oferecer leitura microscópica do substrato. No entanto, muitas vezes se apresenta inviável pois o corpo de prova necessita ser seccionado e isso causa perda de estrutura e observações importantes. A Micro-CT aparenta ser a melhor solução para avaliar esses requisitos sem perda das propriedades estruturais e físico-químicas do substrato.

Estudos sobre qualidade óssea, técnicas de perfuração e avaliação da estabilidade primária variam na literatura. Entretanto, apesar dos diferentes métodos utilizados, existe ainda necessidade de analisar alguns parâmetros para elucidar e até mesmo extrapolar para a clínica a melhor aplicabilidade de determinada técnica.

Espera-se, com base em adequada metodologia, que seja possível estabelecer indicações e uso oportuno de técnicas apropriadas diante de casos desafiadores como os de implantodontia em área óssea de baixa densidade, propiciando correto planejamento, que é a base para concepção do pré-operatório em cirurgias odontológicas.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho constou de um estudo *ex-vivo*, utilizando como substrato tíbias suínas e comparando a estabilidade primária de implantes dentários por meio de três técnicas cirúrgicas, baseado em uma criteriosa revisão bibliográfica.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Alghamdi, Anand e Anil (2011) compararam duas técnicas de preparo de leito implantar em implantes instalados tanto na mandíbula quanto na maxila. Em 26 casos realizou-se a fresagem convencional de acordo com orientações do fabricante e nos 26 restantes foi realizada a técnica de sub-preparo. Todos os implantes instalados apresentaram as mesmas dimensões e foram registrados os valores de TFI utilizando o motor cirúrgico; a AFR foi utilizada para obter o valor do coeficiente de estabilidade primária (ISQ) em dois tempos: No momento da inserção e na reabertura. Os implantes foram acompanhados por um ano sendo avaliados de acordo com critérios de sobrevivência: 1) ausência de mobilidade; 2) ausência de dor e sinais de infecção; e 3) ausência de imagem radiolúcida na região apical do implante. Não houve

diferenças estatisticamente significantes entre os dois grupos quanto ao valor de TFI e ISQ.

Para avaliar um novo protocolo de perfuração híbrido, através da análise das alterações térmicas *in-vitro*, e seus efeitos na perda óssea e no contato osso-implante *in-vivo*, Calvo-Guirado *et al.* (2015) realizaram mudanças de temperatura durante osteotomias simuladas com uma técnica de perfuração híbrida *versus* uma técnica de perfuração incremental. Cento e vinte osteotomias aleatórias de até 3,75 mm de diâmetro e profundidade de 10mm foram realizadas (60 por grupo) em porcos. Mudanças térmicas e tempo foram registrados. Em um experimento paralelo, pré-molares inferiores bilaterais e o primeiro molar foram extraídos de seis cães. Após o reparo de 2 meses, os locais de implante foram aleatoriamente preparados usando qualquer uma das técnicas de perfuração. Quarenta e oito implantes de 3,75 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento foram inseridos. Os cães foram sacrificados aos 30 e 90 dias, então a perda óssea e contato osso-implante foram avaliados. Ambos os grupos foram semelhantes, sem diferenças significativas, tanto em temperatura quanto em contato osso-implante. Os autores concluíram que o novo protocolo híbrido para a preparação de leito implantar sem irrigação, aumentou a temperatura de forma semelhante ao protocolo convencional, e requereu o dobro do tempo para a conclusão do procedimento de perfuração *in-vitro*. A perda óssea da crista e o contato osso-implante no protocolo de perfuração híbrida foram comparáveis com o protocolo de perfuração convencional e não afetaram o processo de osseointegração *in-vivo*.

O objetivo do trabalho de Rovaris *et al.* (2018) foi comparar dois métodos diferentes de segmentação de imagens disponíveis no software Micro-CT em relação à morfometria óssea humana. Dezesesseis amostras contendo parafusos de fixação cobertos por 0,5-1mm de osso foram digitalizadas usando o scanner SkyScan 1173. Três examinadores segmentaram as imagens Micro-CT subjetivamente e registraram os valores. Posteriormente, também foi feita uma segmentação objetiva. A análise 3D foi realizada para ambas as imagens utilizando os valores previamente determinados. Cinco parâmetros morfométricos ósseos foram calculados (BV / TV, Tb.Th, Tb.N, Tb.Sp, Conn.Den) e usados como variáveis dependentes. ANOVA não mostrou diferenças significativas entre os métodos relativos a BV/TV ($p= 0,424$), Tb.N ($p= 0,672$), Tb.Th ($p= 0,183$), Tb.Sp ($p= 0,973$) e Conn.Den ($p= 0,204$). A concordância intra e interobservador variou de satisfatória à excelente. Os resultados obtidos permitiram concluir que a segmentação objetiva deve ser a primeira escolha em Micro-

CT para estudos que tratam da homogeneidade e da amostra de osso humano de alta resolução.

Gehrke *et al.* (2018) compararam o torque de inserção e o ISQ entre diferentes designs de fresa para a preparação do local do implante. Blocos sintéticos de osso (densidade tipo I) foram usados para as perfurações. Três grupos foram avaliados: Grupo G1 - perfuração com fresa única para implante cônico de 4,2mm; Grupo G2 e Grupo G3 - perfuração com três fresas consecutivas para implante cilíndrico de 4,1mm e para implante cônico de 4,3mm, respectivamente. Para cada grupo, 15 perfurações foram realizadas sem irrigação por 10mm de profundidade. O controle de qualidade da osteotomia para preparação do local do implante foi aferido nos cinco primeiros orifícios através de um instrumento de circularidade/cilindricidade totalmente automatizado em três níveis (topo, meio e parte inferior do sítio implantar). O valor do torque final de inserção (TFI) foi alcançado com um torquímetro computadorizado e os valores do quociente de estabilidade do implante (ISQ) foram medidos usando um aparelho de análise de frequência de ressonância. A única fresa (grupo 1) alcançou um TFI e ISQ significativamente maior do que as múltiplas fresas para osteotomia (grupos 2 e 3). As conclusões foram de que a qualidade do furo, além do torque final de inserção, pode afetar significativamente a estabilidade primária do implante.

2.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Tíbias suínas foram dissecadas e preparadas de forma homogênea, então foram cortadas transversalmente em fragmentos de 3cm. Todos esses blocos ósseos foram descongelados e colocados em solução salina sob baixa temperatura para minimizar mudanças nas propriedades mecânicas e físico-químicas do osso. Para analisar a microarquitetura óssea através de Micro Tomografia Computadorizada (Micro-CT), três dispositivos circulares foram colocados, separados a 2mm de distância entre eles, e colados na região cortical de cada bloco ósseo (Figura 1). Esses dispositivos circulares foram colocados com a intenção de delimitar a região de interesse (ROI) para futura análise pela Micro-CT. O exame Micro-CT de cada espécime foi realizado pela unidade SkyScan 1174 Micro-CT (Bruker, Kontich, Bélgica). Durante a aquisição de imagem, os blocos ósseos foram imersos em um recipiente cilíndrico de plástico com água, para simular tecido mole. Os parâmetros de scaneamento foram de 50 kV, corrente elétrica de 800 μ A, tamanho de 31.03 μ m

pixel, rotação de 0.5° , -180° de scaneamento, e tempo de 60 min de scanner para cada amostra. As imagens foram reconstruídas usando o software NRecon (versão 1.6.6.0; Bruker, Kontich, Bélgica) após aplicação de filtro e ferramentas de correção de artefato e endurecimento. Somente blocos com microarquitetura óssea homogênea e com mesmo padrão de similaridade foram selecionados. Os cálculos de microarquitetura óssea foram realizados com o software CT Analyzer (Bruker, Kontich, Bélgica) (Figura 2).

Os parâmetros utilizados incluíram: volume ósseo/volume total (BV/TV - %), espessura trabecular (Tb.Th - mm), número de trabéculas (Tb.N - n), separação entre trabéculas (Tb.Sp - mm) e densidade de conectividade (Conn.Den - $1/\text{mm}^3$) da mesma ROI.

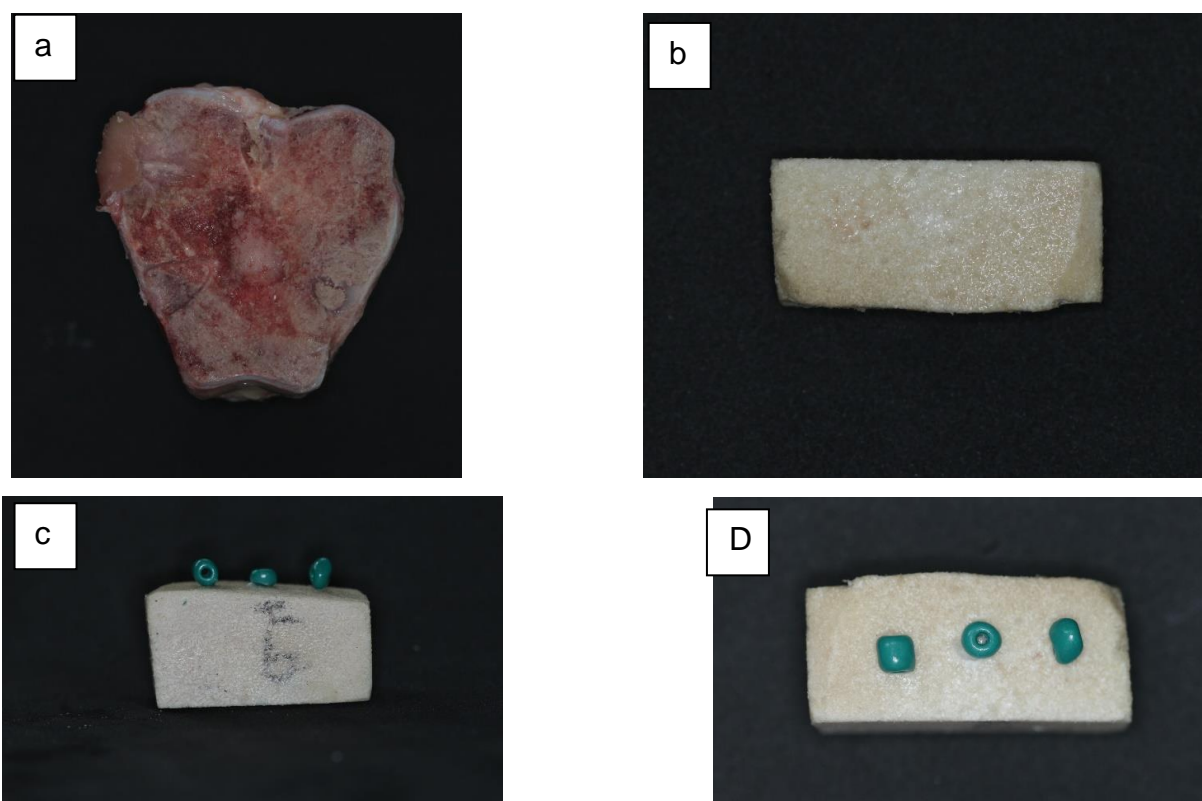


FIGURA 1 – preparação dos blocos ósseos: (a) vista axial da tibia suína descongelada, (b) bloco ósseo dissecado e seccionado, (c) e (d) dispositivos circulares colados
Fonte: O autor

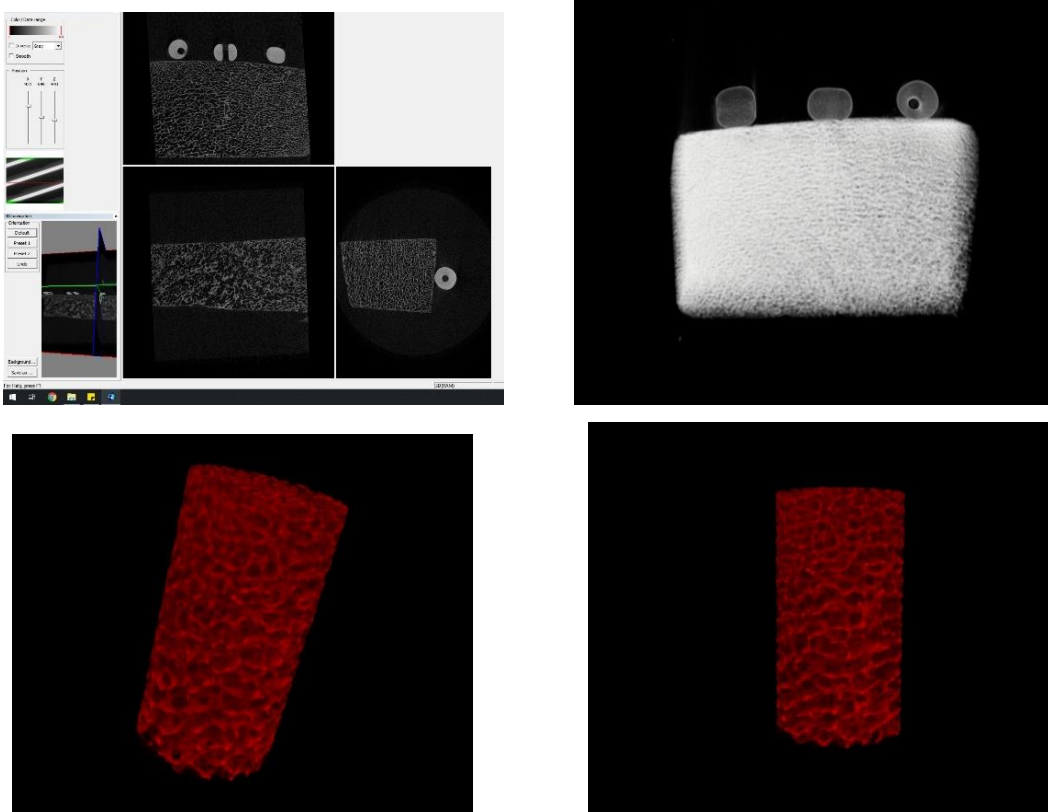


FIGURA 2 – Aquisições pela Micro-CT. Reconstruções em 3D da microarquitetura óssea.
Fonte: O autor

2.3 PROTOCOLO DE PREPARO DO LEITO IMPLANTAR

Trinta implantes dentários (ID) (TitaossMax Cone Morse Extract, de dimensões 3,75 x 9mm, da marca IntraOss®) foram divididos em três grupos (N=10), Controle: Técnica convencional (conforme recomendações do fabricante); Sub-preparo e uso de Expansorrotatório. Antes da perfuração, os blocos foram firmemente fixados a uma morça para não movimentarem. A técnica cirúrgica do grupo controle obedeceu a seguinte sequência: fresa lança, 2.0; 2/3; 2.8 e 3.0 (IntraOss®, Itaquaquetuba, São Paulo, Brasil); no grupo de Sub-preparo, lança, 2.0, 2/3 e 2.8 foram usadas; e finalmente, no grupo de Expansores rotatórios: lança, expansores 2.2, 2.6, 2.9 e 3.2.

As perfurações foram realizadas pelo contra-ângulo redutor 20:1 (L micro Series Bien Air®) conectado a um motor cirúrgico (IChiroPro®). Para garantir a direção perpendicular durante a fresagem, o contra-ângulo foi acoplado à máquina de testes mecânicos Instron 4411 (Instron Corp., Norwood, MA, Estados Unidos), a qual foi calibrada para descer 30mm/min (Figura 3).

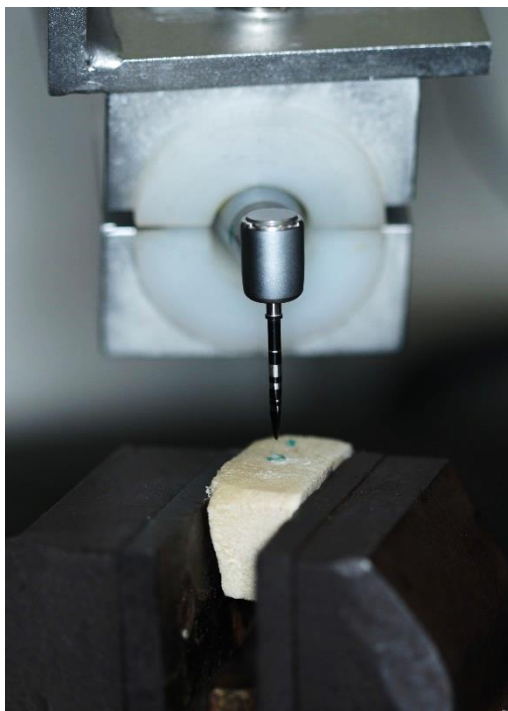


FIGURA 3 – Perfuração do leito implanter
Fonte: O autor

2.4 PROTOCOLO DE INSTALAÇÃO DOS IMPLANTES

Todos os implantes foram instalados pelo mesmo operador e ficaram inseridos 2mm infraósseos (Figura 4). O valor de torque final de inserção (TFI) foi registrado pelo software do motor cirúrgico (iChiropro IOS App – Bien Air®). Após isso, um transdutor (Smart Peg® tipo 16, código 100388) foi rosqueado no implante para aferir a estabilidade primária através da análise de frequência de ressonância (AFR), medida por meio do aparelho Osstell®. As aferições foram realizadas em duas direções para simular os sentidos méσιο-distal e vestibulo-lingual, três vezes em cada direção, de acordo com as recomendações do fabricante, então a média dos valores do quociente de estabilidade do implante (QEI – do inglês ISQ) foram calculados (Figura 5).



FIGURA 4 – Instalação do implante

Fonte: O autor

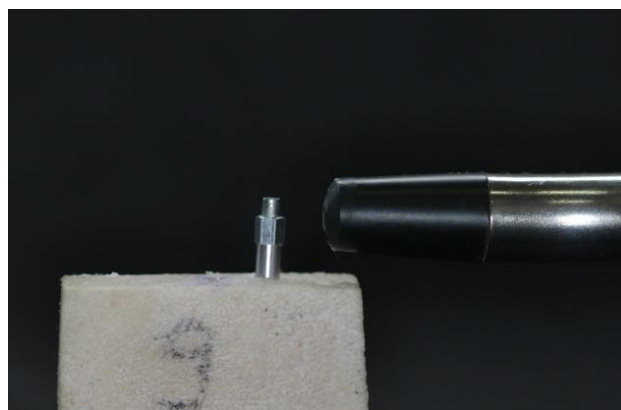


FIGURA 5 – Aferição do ISQ (QEI)

Fonte: O autor

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados de Micro-CT foram analisados usando o software SPSS versão 22.0 (IBM Corp, Armonk, NY, Estados Unidos) com nível de 5% de significância. Os dados de Micro-CT foram submetidos ao teste de Shapiro–Wilk para verificar normalidade da amostra. Teste de ANOVA One-way, com postulado de Tukey, foi usado para comparar os valores de TFI do implante e ISQ entre os grupos e também a diferença entre ISQ mesio-distal e vestibulo-lingual. O Teste de correlação de Pearson foi usado para verificar a relação entre TFI, AFR vestibulo-lingual (AFR-VL), AFR mesio-distal (AFR-MD) e AFR média.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 demonstra as médias, desvio padrão e valores de parâmetros de microarquitetura óssea, correspondendo a osso de baixa densidade. O teste de Shapiro-Wilk mostrou normalidade na distribuição da amostra ($p>0.05$).

TABELA 1: Média e desvio padrão de parâmetros de microarquitetura óssea

Parâmetros de Microarquitetura Óssea	Média (DP)
BV/TV	18.0 (4.8) %
Tb.Th	0.14 (0.01) mm
Tb.N	1.16 (0.23) /mm
Tb.Sp	0.49 (0.07) mm
Conn.Den	16.5 (6.8) /mm ³

Fonte: O autor

Com relação a TFI, AFR-V e AFR média, a técnica de sub-preparo obteve valores mais altos quando comparada ao grupo controle (convencional), com diferença estatisticamente significativa ($p<0.05$), mas não houve diferença significativa entre os dois grupos (convencional e sub-preparo) e o de expansores ($p>0.05$). Considerando a AFR-MD, a técnica de sub-preparo apresentou valores mais altos quando comparada tanto ao grupo controle quanto ao grupo de expansores ($p<0.05$) (Tabela 2).

O teste de correlação de Pearson apresentou associação entre as variáveis TFI, AFR-VL, AFR-MD e AFR média. Nos grupos sub-preparo e expansor houve relação estatisticamente significativa entre as variáveis, indicando uma forte relação entre eles (Tabela 3).

TABELA 2: Média e desvio padrão dos valores de TFI, AFR-VL, AFR-MD e AFR média em cada grupo

Grupos	TFI	AFR-VL	AFR-MD	AFR média
(Técnica cirúrgica)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
<i>Controle</i>	19.19 (5.8) B	66.0 (5.1) B	68.6 (4.9) B	67.3 (4.2) B
<i>Sub-preparo</i>	31.26 (6.5) A	77.5 (5.3) A	79.1 (6.4) A	78.3 (5.5) A
<i>Expansor</i>	26.05 (8.8) AB	70.7 (8.6) AB	70.2 (8.4) B	70.4 (7.9) AB

Observação: Letras diferentes na coluna refletem diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$), segundo teste de ANOVA one-way com postulado de Tukey.

Fonte: O autor

TABELA 3: Valores do teste de correlação de Pearson e desvio padrão

Grupos		AFR-VL	AFR-MD	AFR média
<i>Controle</i>	TFI	0,577 (0,081)	0,686 (0,029)	0,741 (0,014)
	AFR-VL		0,446 (0,196)	0,857 (0,002)
	AFR-MD			0,843 (0,002)
<i>Sub-preparo</i>	TFI	0,706 (0,02)	0,905 (<0,001)	0,872 (0,001)
	AFR-VL		0,749 (0,013)	0,921 (<0,001)
	MD-RFA			0,948 (<0,001)
<i>Expansor</i>	TFI	0,860 (0,001)	0,734 (0,016)	0,849 (0,002)
	AFR-VL		0,766 (0,010)	0,941 (<0,001)
	AFR-MD			0,938 (<0,001)

Fonte: O autor

Radiografias pré-cirúrgicas são frequentemente usadas como ferramenta para identificar a qualidade óssea antes de procedimentos de implante dentário (FU *et al.*, 2017). Embora a classificação de Lekholm e Zarb (1985) tenha sido amplamente utilizada como parâmetro de densidade óssea por cirurgiões orais, tal classificação não apresenta valores fidedignos para prever se haverá melhor ou pior resultado na instalação de implantes dentários. A avaliação da qualidade óssea desempenha um papel importante em termos de planejamento e resultados de estabilidade primária, a Micro-CT é considerada o padrão-ouro para avaliar a microestrutura trabecular (PARFIT *et al.*, 1987; BURGHARDT; LINK; MAJUMDAR, 2011; PARSA *et al.*, 2015; MONJE *et al.*, 2015; FU *et al.*, 2017; NAKASHIMA *et al.*, 2019).

Considerando que o foco deste estudo foi comparar três diferentes protocolos de preparo do local do implante dentário em regiões de baixa densidade óssea, a avaliação da microestrutura trabecular do substrato é de suma importância, por influenciar a estabilidade primária do referido implante.

Este estudo simulou uma situação especificamente clínica utilizando osso animal como substrato para desenvolver um modelo laboratorial cirúrgico para avaliação biomecânica, evitando osso cadavérico humano. Além disso, de acordo com Pearce *et al.* (2007), os processos de remodelação e a densidade mineral óssea de suínos são semelhantes aos humanos. Provavelmente, se existisse uma classificação de parâmetros de microarquitetura óssea dos ossos da mandíbula, seria mais fácil escolher um substrato comparável.

Vários estudos têm analisado os parâmetros da microarquitetura óssea a fim de comparar a precisão de outras modalidades de imagem com Micro-Ct (BURGHARDT; LINK; MAJUMDAR, 2011; GONZÁLEZ-GARCÍA; MONJE, 2013a; PARSA *et al.*, 2015; KIM; HENKIN, 2015; MONJE *et al.*, 2015; NAKASHIMA *et al.*, 2019; KULAH *et al.*, 2019). Este estudo utilizou tíbias suínas frescas como substrato, sendo os valores dos parâmetros da microarquitetura óssea (BV / TV = 17%) mais próximos de outros estudos que coletaram porções ósseas humanas da região posterior da maxilla - valores de BV / TV comparáveis (18%) – como os estudos de Kim *et al.* (2015) e Fu *et al.* (2017), porém divergem de outros estudos que encontraram uma média de 33% (GONZÁLEZ-GARCÍA; MONJE, 2013b; MONJE *et al.*, 2015; KULAH *et al.*, 2019).

De acordo com os resultados deste estudo, a técnica de sub-preparo é a melhor técnica em termos de estabilidade primária. No entanto, uma revisão sistemática recente mostrou evidências fracas sugerindo que técnicas de sub-preparo, osteótomo, piezocirurgia ou osseodensificação poderiam melhorar com sucesso a osseointegração quando uma região de baixa qualidade óssea é abordada (EL-KHOLEY; ELKOMY, 2019). Provavelmente em um estágio inicial da osseointegração, a técnica cirúrgica de sub-preparo fornece melhor estabilidade, o que é muito útil quando se trata de protocolos de carga imediata do implante, mas não deixa de ser uma importante etapa no processo de reparo e osseointegração dos implantes dentários convencionais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Melhorar as propriedades ósseas locais por meios cirúrgicos é relevante em locais de qualidade óssea reduzida. O uso da técnica do expansor rotatório evita cortar o osso. O aumento da estabilidade primária pode ser devido a alterações na micromorfologia do osso trabecular peri-implantar causadas pela condensação apicolateral do expansor (SHADID; SADAQAH; OTHMAN, 2014). Essa condensação apicolateral é bastante semelhante ao princípio de compressão, usado na técnica de sub-preparo; provavelmente pouca resistência devido à qualidade óssea reduzida à aplicação dos expansores e a compressão gerada durante a inserção do implante tenha levado ao efeito desfavorável na estabilidade primária. Alta concentração de estresse leva a resultados insatisfatórios, pode induzir a interrupção do suprimento sanguíneo, bem como gerar microfissuras ósseas (STOCCHERO *et al.*, 2018). Essa ideia parece ser mais aceitável quando uma região cortical é abordada, portanto, técnicas cirúrgicas de sub-preparo e expansores rotatórios não devem ser aplicadas em regiões corticais. Por outro lado, em regiões de qualidade óssea reduzida, existe uma rica rede de vascularização devido à característica medular local que pode prevenir complicações.

Comparando as técnicas testadas, a técnica de sub-preparo indica melhor estabilidade primária. Outros estudos podem ser realizados para verificar a influência

de outros protocolos de preparo do local do implante dentário na estabilidade primária, como oseodensificação e piezocirurgia.

De acordo com a metodologia empregada neste estudo, a técnica de sub-preparo resultou em maior estabilidade primária, demonstrando ser mais vantajosa do que as outras técnicas testadas em osso de baixa densidade.

REFERÊNCIAS

- ALBREKTSSON T, ZARB G, WORTHINGTON P, ERIKSSON AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. **Int J Oral Maxillofac Implants**. 1986;1(1):11-25.
- ALGHAMDI H, ANAND PS, ANIL S. Undersized implant site preparation to enhance primary implant stability in poor bone density: a prospective clinical study. **J Oral Maxillofac Surg**. 2011 Dec;69(12):e506-12.
- BRÅNEMARK PI, ADELL R, ALBREKTSSON T, LEKHOLM U, LINDSTRÖM J, ROCKLER B. An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. **J Oral Maxillofac Surg**. 1984;42(8):497-505.
- BILHAN H, GECKILI O, MUMCU E, BOZDAG E, SÜNBÜLOĞLU E, KUTAY O. Influence of surgical technique, implant shape and diameter on the primary stability in cancellous bone. **J Oral Rehabil**. 2010;37(12):900-907.
- BURGHARDT AJ, LINK TM, MAJUMDAR S. High-resolution computed tomography for clinical imaging of bone microarchitecture. **Clin Orthop Relat Res**. 2011;469(8):2179-2193.
- CALVO-GUIRADO JL, DELGADO-PEÑA J, MATÉ-SANCHEZ JE, BUENO JM, DELGADO-RUIZ RA, ROMANOS GE. Novel hybrid drilling protocol: evaluation for the implant healing – thermal changes, crestal bone loss, and bone-to-implant contact. **Clin Oral Implants Res**. 2015;26:753-760.
- De FARIA VASCONCELOS K, DOS SANTOS CORPAS L, DA SILVEIRA BM, LAPERRE K, PADOVAN LE, JACOBS R, *et al*. MicroCT assessment of bone microarchitecture in implant sites reconstructed with autogenous and xenogenous grafts: a pilot study. **Clin Oral Implants Res [Internet]**. 2017 Mar;28(3):308–13.
- DE VICO G, BONINO M, SPINELLI D, POZZI A, BARLATTANI A. Clinical indications, advantages and limits of the expansion-condensing osteotomes technique for the creation of implant bed. **Oral Implantol (Rome)**. 2009;2(1):27-36.
- EL-KHOLEY KE, ELKOMY A. Does the Drilling Technique for Implant Site Preparation Enhance Implant Success in Low-Density Bone? A Systematic Review. **Implant Dent**. June 2019:1-10.
- FU M-W, SHEN E-C, FU E, LIN F-G, WANG T-Y, CHIU H-C. Assessing Bone Type of Implant Recipient Sites by Stereomicroscopic Observation of Bone Core Specimens: A Comparison With the Assessment Using Dental Radiography. **J Periodontol**. 2017;88(6):593-601.
- GEHRKE SA, GUIRADO JLC, BETTACH R, FABBRO M DEL, MARTÍNEZ CP-A, SHIBLI JA. Evaluation of the insertion torque, implant stability quotient and drilled hole quality for different drill design: an in vitro Investigation. **Clin Oral Implants Res**. 2018;29(6):656-662.

GONZÁLEZ-GARCÍA R, MONJE F. Is micro-computed tomography reliable to determine the microstructure of the maxillary alveolar bone? **Clin Oral Implants Res.** 2013;24(7):730-737.

GONZÁLEZ-GARCÍA R, MONJE F. The reliability of cone-beam computed tomography to assess bone density at dental implant recipient sites: a histomorphometric analysis by micro-CT. **Clin Oral Implants Res.** 2013;24(8):871-879.

JAVED F, ROMANOS GE. The role of primary stability for successful immediate loading of dental implants. A literature review. **J Dent.** 2010;38(8):612-620.

JAVED F, AHMED HB, CRESPI R, ROMANOS GE. Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation. **Interv Med Appl Sci.** 2013;5(4):162-167.

IVANOFF C-J, SENNERBY L, LEKHOLM U. Influence of mono- and bicortical anchorage on the integration of titanium implants. **Int J Oral Maxillofac Surg [Internet].** 1996 Jun;25(3):229–35.

KIM J-E, YI W-J, HEO M-S, LEE S-S, CHOI S-C, HUH K-H. Three-dimensional evaluation of human jaw bone microarchitecture: correlation between the microarchitectural parameters of cone beam computed tomography and micro-computer tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.** 2015;120(6):762-770.

KIM YJ, HENKIN J. Micro-Computed Tomography Assessment of Human Alveolar Bone: Bone Density and Three-Dimensional Micro-Architecture. **Clin Implant Dent Relat Res.** 2015;17(2):307-313.

KOKOVIC V, KRSLJAK E, ANDRIC M, *et al.* Correlation of bone vascularity in the posterior mandible and subsequent implant stability: A preliminary study. **Implant Dent.** 2014;23(2):200-205.

KULAH K, GULSAHI A, KAMBUROĞLU K, *et al.* Evaluation of maxillary trabecular microstructure as an indicator of implant stability by using 2 cone beam computed tomography systems and micro-computed tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.** 2019;127(3):247-256.

LI J, YIN X, HUANG L, MOURARET S, BRUNSKI JB, CORDOVA L, *et al.* Relationships among Bone Quality, Implant Osseointegration, and Wnt Signaling. **J Dent Res [Internet].** 2017 Jul 22;96(7):822–31.

MATHIEU V, VAYRON R, RICHARD G, *et al.* Biomechanical determinants of the stability of dental implants: Influence of the bone-implant interface properties. **J Biomech.** 2014;47(1):3-13.

MONJE A, GONZÁLEZ-GARCÍA R, MONJE F, *et al.* Microarchitectural Pattern of Pristine Maxillary Bone. **Int J Oral Maxillofac Implants.** 2015;30(1):125-132.

MULLER R, VAN CAMPENHOUT H, VAN DAMME B, *et al.* Morphometric analysis of human bone biopsies: A quantitative structural comparison of histological sections and micro-computed tomography. **Bone** 1998;23:59-66.

NAKASHIMA D, ISHII K, NISHIWAKI Y, *et al.* Quantitative CT-based bone strength parameters for the prediction of novel spinal implant stability using resonance frequency analysis: a cadaveric study involving experimental micro-CT and clinical multislice CT. **Eur Radiol Exp**. 2019;3(1):1-10.

O'SULLIVAN D, SENNERBY L, JAGGER D, MEREDITH N. A comparison of two methods of enhancing implant primary stability. **Clin Implant Dent Relat Res**. 2004;6(1):48-57.

PARFITT AM, DREZNER MK, GLORIEUX FH, *et al.* Bone histomorphometry: standardization of nomenclature, symbols, and units. Report of the ASBMR Histomorphometry Nomenclature Committee. **J Bone Miner Res**. 1987;2(6):595-610.

PARSA A, IBRAHIM N, HASSAN B, VAN DER STELT P, WISMEIJER D. Bone quality evaluation at dental implant site using multislice CT, micro-CT, and cone beam CT. **Clin Oral Implants Res**. 2015;26(1):e1-e7.

PEARCE A, RICHARDS R, MILZ S, SCHNEIDER E, PEARCE S. Animal models for implant biomaterial research in bone: A review. **Eur Cells Mater**. 2007;13(0):1-10.

ROVARIS K, QUEIROZ PM, VASCONCELOS KF, CORPAS LS, SILVEIRA BM, FREITAS DQ. Segmentation methods for Micro CT images: A comparative study using human bone samples. *Brazilian Dental Journal*. 2018;29(2):150-153.

SHADIDRM, SADAQAH NR, OTHMAN SA. Does the implantsurgical technique affect the primary and/or secondary stability of dental implants? A systematic review. **International Journal of Dentistry**. 2014;1:1-17.

STOCCHERO M, TOIA M, JINNO Y, CECCHINATO F, BECKTOR JP, NAITO Y, *et al.* Influence of different drilling preparation on cortical bone: A biomechanical, histological, and micro-CT study on sheep. **Clin Oral Implants Res [Internet]**. 2018 Jul;29(7):707–15.

SWAIN M V, XUE J. State of the Art of Micro-CT Applications in Dental Research. **Int J Oral Sci [Internet]**. 2009 Dec;1(4):177–88.

TOIA M, STOCCHERO M, CECCHINATO F, CORRÀ E, JIMBO R, CECCHINATO D. Clinical Considerations of Adapted Drilling Protocol by Bone Quality Perception. **Int J Oral Maxillofac Implants**. 2017;32(6):1288-1295.

VAYRON R, NGUYEN V-H, LECUELLE B, HAIAT G. Evaluation of dental implant stability in bone phantoms: Comparison between a quantitative ultrasound technique and resonance frequency analysis. **Clin Implant Dent Relat Res [Internet]**. 2018 Aug;20(4):470–8.