



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Marcos Augusto Farias e Silva

**Avaliação da perfuração óssea: Comparação entre método único e escalonado
para implantes dentários – revisão da literatura.**

Florianópolis – SC
2025

Marcos Augusto Farias e Silva

Avaliação da precisão da perfuração óssea: Comparação entre método único e escalonado para implantes dentários – revisão da literatura.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Magalhães Benfatti

Coorientadora: Ana Clara Kuerten Gil

Florianópolis – SC
2025

Farias e Silva, Marcos Augusto

Avaliação da precisão da perfuração óssea: Comparação entre método único e escalonado para implantes dentários - revisão da literatura. / Marcos Augusto Farias e Silva ; orientador, Cesar Augusto Magalhães Benfatti, coorientador, Ana Clara Kuerten Gil , 2025.

29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. implantes dentários. 3. perfuração óssea. 4. broca única. 5. técnica sequencial; estabilidade primária. I. Magalhães Benfatti, Cesar Augusto. II. Kuerten Gil , Ana Clara. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Odontologia. IV. Título.

Marcos Augusto Farias e Silva

Avaliação da perfuração óssea: Comparação entre método único e escalonado para implantes dentários – revisão da literatura.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Cirurgião Dentista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Odontologia.

Florianópolis 20 de outubro de 2025

Profa Dra Ana Maria Heck Alves
Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Dr. Cesar Augusto Magalhães Benfatti
Orientador

Me. Ana Clara Kuerten Gil
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Me. Lucas Menezes dos Anjos
Universidade Federal de Santa Catarina

Me. Fernanda Grisotti Wonsovicz
Universidade Federal de Santa Catarina

Me. Thalles Yurgen Balduino
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2025.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o resultado de uma jornada repleta de desafios, aprendizados e conquistas, e não teria sido possível sem o apoio e incentivo das pessoas que estiveram ao meu lado durante todo esse processo. Por isso, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe e meu pai, pelo amor incondicional, pela força e pela dedicação que sempre demonstram em todos os momentos da minha vida. Vocês são meu porto seguro, minha inspiração e minha maior motivação. Obrigado por acreditarem em mim, mesmo quando eu duvidava de mim mesmo. Este trabalho é dedicado a vocês.

Ao meu irmão, **Maurício**, meu companheiro de vida e de todas as batalhas, obrigado por estar sempre ao meu lado, me apoiando e me incentivando a seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis. Sua presença e seu carinho são fundamentais para mim.

Aos meus amigos, que são minha segunda família, obrigado por todas as risadas, pelos momentos de descontração e pelo apoio incondicional. Vocês tornaram essa jornada mais leve e especial. Cada um de vocês tem um lugar muito especial no meu coração.

Agradeço ao meu orientador, Professor **Cesar Augusto Magalhães Benfatti** pela orientação ao longo deste trabalho. Sua experiência e contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste projeto. À minha coorientadora, Ana **Clara Kuerten Gil**, pelo apoio técnico, pelas valiosas contribuições e pela atenção dedicada a este trabalho. Sua sensibilidade e comprometimento foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço também a todos os professores e colegas do curso de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal. Cada aula, cada conversa e cada experiência compartilhada foram importantes para o meu crescimento.

Por fim, agradeço a Deus, por me guiar e me dar força em todos os momentos. A ele dedico todas as minhas conquistas.

Este trabalho é o reflexo de muito esforço, dedicação e, principalmente, do apoio de todos que menciono aqui. A cada um de vocês, meu eterno obrigado.

*“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”
— Robert Collier*

RESUMO

A preparação do leito ósseo é um dos principais fatores para o sucesso dos implantes dentários, influenciando diretamente a estabilidade primária, a osseointegração e a longevidade do *implante dentário*. Tradicionalmente, a perfuração escalonada, utilizando uma sequência de brocas de diâmetros progressivos, é o protocolo mais empregado. Entretanto, a técnica de broca única surge como uma proposta que visa simplificar o procedimento, reduzir o tempo operatório e minimizar o número de instrumentais. Diante disso, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura para comparar a eficácia dos protocolos de perfuração óssea — técnica única versus técnica escalonada — considerando parâmetros como estabilidade primária, geração de calor, qualidade da osteotomia e comportamento ósseo peri-implantar. A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, SciELO, Google Acadêmico, complementada por busca manual nas referências dos artigos selecionados. Os resultados demonstraram que ambas as técnicas são seguras e eficazes quando realizadas com parâmetros operatórios adequados, sem diferenças estatisticamente significativas na maioria dos desfechos avaliados. A técnica de broca única apresenta vantagens operacionais, como menor tempo cirúrgico, redução da morbidade e maiores índices de estabilidade primária, especialmente em ossos de baixa densidade, embora exija maior precisão técnica. Dentro das limitações da presente revisão, conclui-se que o protocolo de broca única se mostra uma alternativa confiável e viável ao protocolo escalonado, contribuindo positivamente para o sucesso do tratamento com implantes dentários.

Palavras-chave: implantes dentários; perfuração óssea; broca única; técnica sequencial; estabilidade primária.

ABSTRACT

Bone site preparation is one of the main factors for the success of dental implants, directly influencing primary stability, osseointegration, and implant longevity. Traditionally, the sequential drilling protocol, using a series of drills with progressively increasing diameters, is the most commonly employed method. However, the single-drill technique has emerged as an alternative aimed at simplifying the procedure, reducing surgical time, and minimizing the number of instruments. Therefore, this study aimed to conduct a literature review to compare the effectiveness of bone drilling protocols — single-drill versus sequential technique — considering parameters such as primary stability, heat generation, osteotomy quality, and peri-implant bone behavior. The search was conducted in the PubMed, SciELO, and Google Scholar databases, complemented by a manual search of the references in the selected articles. The results showed that both techniques are safe and effective when performed with proper operative parameters, with no statistically significant differences in most evaluated outcomes. The single-drill technique offers operational advantages, such as shorter surgical time, reduced morbidity, and higher primary stability, especially in low-density bone, although it requires greater technical precision. Within the limitations of this review, it is concluded that the single-drill protocol is a reliable and viable alternative to the sequential drilling protocol, contributing positively to the success of implant treatment.

Keywords: dental implant; bone drilling; single-drill; sequential technique; primary stability.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

| Sigla | Significado |
|-----------------|---|
| BIC: | Bone-to-Implant Contact (Contato osso-implante) |
| BV: | Bone Volume (Volume ósseo) |
| ISQ: | Implant Stability Quotient (Índice de Estabilidade do Implante) |
| IT: | Insertion Torque (Torque de Inserção) |
| RFA: | Resonance Frequency Analysis (Análise de Frequência de Ressonância) |
| RPM: | Revolutions Per Minute (Rotações por minuto) |
| µm: | Micrômetro (micrômetro linear, usado para micromovimentação) |
| HQ: | Hole Quality (Qualidade do Furo) |
| VAM: | Vertical Apparent Micromotion (Micromovimentação Vertical Aparente) |
| D1, D2, D3, D4: | Classificação de densidade óssea segundo Lekholm & Zarb, do mais denso (D1) ao menos denso (D4) |
| ± : | Mais ou menos |
| %: | Porcentagem |
| Ncm: | Newton-centímetro |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2. OBJETIVOS..... | 12 |
| 2.1 objetivo geral | 12 |
| 2.2 objetivos específicos..... | 12 |
| 3. METODOLOGIA | 13 |
| 3.1 Desenho do estudo..... | 13 |
| 3.2 Estratégia de busca..... | 13 |
| 3.3 Critérios de inclusão..... | 13 |
| 3.4 Critérios de exclusão..... | 13 |
| 3.5 Seleção dos estudos..... | 13 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 4.1 Seleção e característica dos estudos..... | 14 |
| 4.2 Perfuração óssea em implantodontia..... | 17 |
| 4.3 Avaliação da precisão e experiência clínica com diferentes técnicas.. | 18 |
| 4.4 Avaliação térmica das técnicas de perfuração..... | 19 |
| 4.5 Estabilidade e comportamento ósseo | 21 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 26 |
| REFERÊNCIAS..... | 27 |
| ANEXO - ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE | |
| CURSO..... | 29 |

1. INTRODUÇÃO

A instalação de implantes tornou-se um procedimento comum entre cirurgiões-dentistas no contexto de reabilitações orais, sejam elas parciais ou totais (Mistry et al., 2021). Para garantir o sucesso a longo prazo dos implantes dentários, é fundamental uma compreensão abrangente da variedade de fatores distintos que influenciam esse processo (Nulty, 2024). Diversos estudos experimentais têm demonstrado que a realização de um procedimento cirúrgico o menos traumático possível na preparação do leito ósseo é um fator determinante para garantir implantes dentários estáveis e funcionalmente adequados (Eliasa et al., 2012).

Sendo o principal fator para o sucesso dos implantes dentários, a osseointegração é definida como o contato direto entre o tecido ósseo e o implante. Para que haja osseointegração, é necessário o equilíbrio entre o implante e o tecido ósseo, por meio de critérios como a biocompatibilidade do material, sua morfologia de superfície e as condições favoráveis do leito ósseo (Gehrke et al., 2018). A ocorrência simultânea de traumas mecânicos e térmicos durante a cirurgia pode resultar em necrose do tecido ósseo e comprometer a osseointegração. Esses fatores constituem as principais causas de insucesso dos implantes (Davidson & James., 2003). Assim, a qualidade da perfuração se torna uma etapa crucial para uma instalação satisfatória (Gehrke et al., 2018).

A precisão da perfuração óssea é, portanto, de grande importância no equilíbrio entre a precisão no posicionamento exigido pelo implante, incluindo a inclinação, o diâmetro e o formato da osteotomia, buscando uma estabilidade ideal dos implantes (Gehrke et al., 2018). Tradicionalmente, o preparo do leito ósseo é realizado por meio da técnica escalonada, que consiste no uso progressivo de brocas de diâmetros crescentes até alcançar a dimensão final desejada. Esse método permite a remoção gradual do tecido ósseo, reduzindo a resistência ao corte e controlando a geração de calor durante a osteotomia (Gehrke et al., 2015; Gil et al., 2017). Entretanto, o protocolo escalonado requer múltiplas trocas instrumentais e maior tempo cirúrgico, o que pode aumentar o risco de desvios angulares e desgaste das brocas (Möhlhenrich et al., 2016).

Como alternativa, foi proposta a técnica de broca única, na qual o leito é preparado com uma única broca que atinge diretamente o diâmetro final do implante (Marheineke et al., 2018). Essa abordagem visa simplificar o procedimento, reduzindo o tempo operatório e o número de instrumentais utilizados, sem comprometer a precisão, a estabilidade primária ou a resposta óssea peri-implantar (Gehrke et al., 2018; Trisi et al., 2020). Estudos relatam, ainda, que a técnica de broca única pode gerar compactação óssea nas paredes da osteotomia, favorecendo a densificação e o contato osso-implante (Trisi et al., 2020). Contudo, essa técnica requer maior habilidade operatória, uma vez que toda a perfuração é realizada em um único passo, concentrando o atrito e as forças de corte em uma etapa isolada. Assim, o controle de fatores como eixo de perfuração, velocidade, pressão e irrigação torna-se essencial para evitar desvios e superaquecimento do tecido ósseo (Marheineke et al., 2018).

Nesse contexto, a proposta de analisar a comparação entre as sequências convencionais, utilizando uma única broca, e o uso de um sistema de brocas escalonadas, visa fornecer dados de precisão ideais (Gehrke et al., 2018). Tendo em vista a variedade de fatores que podem influenciar o preparo do leito ósseo, o objetivo desta revisão é analisar e comparar os resultados dos diferentes protocolos de perfuração, considerando aspectos mecânicos, térmicos, histológicos e clínicos. Diante dessas particularidades, compreender as vantagens e limitações de ambos os protocolos é fundamental para selecionar o método mais adequado a cada situação clínica e otimizar os resultados biomecânicos e biológicos dos implantes dentários.

A realização desta revisão da literatura se justifica pela necessidade de compreender de forma comparativa a eficácia dos diferentes protocolos de perfuração óssea utilizados na implantodontia. A técnica de broca única tem sido proposta como uma alternativa promissora à técnica escalonada, com potenciais vantagens operatórias, como menor tempo cirúrgico, redução de instrumentais e preservação da vitalidade óssea. No entanto, ainda há divergências na literatura quanto à sua influência sobre a geração de calor, a precisão da osteotomia e o comportamento ósseo peri-implantar. Diante disso, esta revisão busca reunir e discutir criticamente as evidências disponíveis, contribuindo para o embasamento científico e clínico sobre a aplicabilidade da técnica de broca única em comparação ao protocolo escalonado.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Essa revisão de literatura teve como objetivo reunir e discutir evidências disponíveis na literatura sobre o protocolo de perfuração única e o protocolo escalonado, com foco na precisão do preparo do leito implantário, controle térmico intraósseo e influência na osseointegração.

2.2. Objetivos específicos

- Discutir os desfechos da técnica de broca única e da técnica escalonada sobre:
 - 2.2.1. A estabilidade primária dos implantes, considerando parâmetros como torque de inserção (IT) e índice de estabilidade do implante (ISQ).
 - 2.2.2. O comportamento térmico, verificando a influência da técnica na geração de calor e nos riscos de necrose óssea térmica.
 - 2.2.3. A qualidade do preparo ósseo, especialmente na precisão da osteotomia, no contato osso-implante (BIC) e no volume ósseo peri-implantar (BV).
- Analisar as vantagens e limitações operatórias de cada método, incluindo tempo cirúrgico, número de instrumentais e a resposta biológica do tecido ósseo após a perfuração, avaliada por meio de análises histológicas e histomorfométricas.

3. METODOLOGIA

3.1. Desenho do estudo

Trata-se de uma revisão da literatura, realizada no dia no dia 19 de dezembro de 2024, nas bases de dados PubMed, Scielo, e Google Scholar.

3.2. Estratégia de busca

Palavras-chave apropriadas foram selecionadas. Foi utilizada a combinação dos seguintes termos: (single bur OR single drill OR single drilling) AND (multiple burs OR multiple drills OR multi-step drilling OR multiple drilling) AND (accuracy OR precision) AND (dental implants OR implant dentistry).

3.3. Critérios de inclusão

Foram incluídos estudos clínicos, pré-clínicos em animais, estudos laboratoriais, artigos publicados na língua portuguesa, inglesa ou espanhola, sem restrições de ano de publicação.

3.4. Critérios de exclusão

Foram excluídas revisões de literatura, revisões sistemáticas, editoriais, resumos de congresso, capítulos de livros, cartas ao editor, artigos onde não comparam a técnica de perfuração única com a técnica de perfuração escalonada.

3.5. Seleção dos estudos

A seleção dos estudos ocorreu em 4 etapas. Na primeira, *os artigos foram identificados em cada bases de dados*, na segunda etapa, foram lidos títulos e resumos, sendo aplicados os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Artigos duplicados foram identificados e removidos. Em seguida, na quarta etapa, os artigos elegíveis foram lidos na íntegra para confirmar sua adequação aos objetivos desta revisão. Por fim, os estudos selecionados foram organizados e analisados de acordo com suas características metodológicas e resultados apresentados.

4. RESULTADOS

4.1. Seleção e característica dos estudos

Os artigos incluídos foram publicados entre 2013 e 2024, contemplando uma análise abrangente da literatura da última década sobre protocolos de perfuração óssea em implantodontia.

Em termos de desenho de estudo, a maioria foi conduzida *in vitro* (10 estudos), utilizando blocos ósseos sintéticos ou animais para avaliar parâmetros como geração de calor, precisão da osteotomia e estabilidade primária. Seis estudos foram realizados *in vivo*, focando na análise histológica e biomecânica da resposta óssea peri-implantar. Apenas um estudo foi um ensaio clínico randomizado em humanos, avaliando resultados clínicos e de pacientes.

Observa-se que, entre os estudos incluídos, destaca-se a contribuição recorrente de Sergio Alexandre Gehrke e colaboradores (2013, 2015, 2018a, 2018b), que representam um dos grupos de pesquisa mais produtivos e relevantes sobre o tema. As publicações desse grupo abrangem diferentes dimensões de análise térmica, biomecânica e histológica, fornecendo resultados consistentes e comparáveis acerca do desempenho das técnicas de perfuração óssea com broca única e escalonada. Essa concentração de estudos provenientes de um mesmo grupo reforça a solidez metodológica, a coerência dos achados e o impacto científico de suas contribuições para o entendimento da influência dos protocolos de perfuração sobre a estabilidade e a resposta óssea peri-implantar.

Os desfechos avaliados variaram entre os estudos. A geração de calor durante a osteotomia foi o desfecho primário em 6 estudos, que utilizaram termopares ou termografia infravermelha para mensuração. O contato osso-implante (%BIC) e o volume ósseo (%BV) foram analisados em 5 estudos, os quais realizaram análise histomorfométrica. A estabilidade primária e secundária (torque de inserção, ISQ, micromovimentação) foi avaliada em 8 estudos. Além disso, a precisão da osteotomia foi investigada em 2 estudos.

De forma geral, os resultados apontaram que a técnica de broca única apresenta desempenho equivalente ou superior ao protocolo escalonado de múltiplas brocas na maioria dos parâmetros avaliados. Nos estudos *in vitro*, a broca única não gerou um aumento de temperatura significativamente maior quando associada à irrigação adequada. Já nos estudos *in vivo*, observou-se uma

tendência de maior %BIC e %BV ao redor dos implantes instalados com a técnica simplificada, frequentemente associada a um fenômeno de compactação ou "osseocorticalização" do osso esponjoso.

A Tabela 1 sumariza as principais características metodológicas e resultados desses estudos.

Tabela 1 – Descrição dos estudos incluídos para a revisão.

| Autor/Ano | Objetivo | Desenho do estudo | Metodologia | Resultados |
|------------------------------|---|--------------------------|---|---|
| Gehrke, S. A. et al. (2013). | Comparar a variação de temperatura entre perfuração com broca única e protocolo escalonado. | Estudo in vitro. | Perfuração em blocos de osso cortical bovino com broca única e escalonado brocas; avaliação por termopares. | Não houve diferença significativa na variação térmica sob irrigação; sem irrigação, brocas escalonadas geraram maior aquecimento. |
| Gehrke, S. A. et al. (2018). | Comparar estabilidade e comportamento ósseo peri-implantar entre broca única e brocas escalonadas. | Estudo In vivo. | 54 implantes instalados em três grupos (broca única, sequência cilíndrica e sequência cônica); avaliação de torque, ISQ e histomorfometria. | Não houve diferenças significativas de torque e BIC; broca única apresentou valores levemente superiores. |
| Gehrke, S. A. (2015). | Comparar reação do osso cortical utilizando broca final de uso único versus sequência convencional. | Estudo In vivo. | 48 implantes instalados em tíbias de coelhos, avaliados após 30 e 60 dias; análise histológica. | Ambos os grupos apresentaram boa osseointegração; grupo da broca única apresentou maior deposição de osso novo. |
| Gil et al. (2017). | Comparar cicatrização óssea peri-implantar entre protocolo simplificado e convencional | Estudo In vivo. | Implantes instalados com protocolo simplificado (menos brocas) e convencional a 400 rpm; análise | Ambos os protocolos apresentaram boa cicatrização óssea e níveis semelhantes de |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | em baixa rotação. | | histológica e de contato osso-implante. | contato osso-implante. |
| Guazzi, P.; Grandi, T.; Grandi, G. (2015). | Comparar o resultado clínico de implantes instalados com protocolo de broca única versus escalonado. | Ensaio clínico randomizado multicêntrico. | 40 pacientes divididos em dois grupos: broca única e escalonado. Implantes reabilitados após 4 meses; avaliados tempo cirúrgico, preferência do operador, dor, edema e perda óssea marginal. | Não houve falhas de implantes. O grupo da broca única apresentou menor tempo cirúrgico, menor morbidade pós-operatória e resultados semelhantes quanto à perda óssea marginal. |
| Marheineke, N. et al. (2018). | Avaliar a precisão da osteotomia entre protocolos de broca única e escalonado. | Estudo in vitro. | Comparação entre perfurações guiadas e livres realizadas por operadores experientes e inexperientes, utilizando broca única e escalonadas. | A técnica de broca única apresentou maior precisão que o protocolo escalonado, principalmente com operadores experientes; guias cirúrgicos melhoraram a precisão para inexperientes. |
| Trisi et al. (2020) | Avaliar os efeitos da técnica de broca única em osso de baixa densidade. | Estudo in vivo | Implantes inseridos apenas com broca piloto (grupo teste) versus protocolo convencional (grupo controle). Análise histológica, histomorfométrica e biomecânica após 2 meses. | Grupo de broca única apresentou maior BIC%, maior densidade óssea peri-implantar e melhor estabilidade secundária. |
| Möhlhenrich, S. C. et al. (2016). | Avaliar a influência do protocolo de perfuração na geração de calor em diferentes | Estudo in vitro. | Perfurações realizadas em blocos ósseos artificiais (D1–D4), comparando protocolo de broca única e escalonado, com | A perfuração com broca única gerou maior aquecimento em algumas densidades, especialmente em ossos de |

| | | | | |
|---|---|------------------|--|--|
| | densidades ósseas. | | mensuração térmica por câmera infravermelha. | baixa densidade, enquanto o protocolo escalonado mostrou menor variação térmica. |
| Rugova; Abboud. (2024) | Avaliar o impacto térmico da perfuração com protocolo de broca única em comparação ao escalonado. | Estudo in vitro. | Osteotomias realizadas em blocos ósseos artificiais, monitoradas com termografia infravermelha. Comparação entre protocolos de broca única e escalonado. | O protocolo de broca única apresentou menor temperatura máxima e menor tempo de exposição térmica em comparação ao escalonado. |
| Frösch, Leonie <i>et al.</i> (2019). | Comparar geração de calor em perfuração guiada e convencional. | Estudo in vitro. | Perfurações realizadas em blocos ósseos artificiais com diferentes diâmetros de broca; medição por termografia infravermelha. | Perfuração guiada mostrou maior retenção de calor, principalmente com brocas largas; broca única teve desempenho superior em dissipação térmica. |
| Gehrke, Sergio Alexandre <i>et al.</i> (2018b). | Avaliar torque de inserção, ISQ e qualidade do furo entre diferentes brocas. | Estudo in vitro. | Perfuração em blocos de poliuretano (osso tipo I); três grupos (broca única e escalodas); avaliação de torque, ISQ e circularidade do furo. | Grupo broca única apresentou torque e ISQ mais altos, além de maior precisão na circularidade do furo. |

Fonte: autoria própria

4.2. PERFURAÇÃO ÓSSEA EM IMPLANTODONTIA

O preparo adequado do leito ósseo é um dos fatores determinantes para o sucesso da osseointegração e estabilidade dos implantes dentários. Tradicionalmente, utilizam-se protocolos de perfuração escalonada, que consistem

no uso sequencial de brocas com diâmetros crescentes. Essa abordagem visa minimizar danos térmicos e mecânicos ao osso, já que a fricção gerada durante a perfuração está diretamente relacionada à quantidade de tecido removido e ao tempo de exposição (Marheineke et al., 2017).

No entanto, protocolos simplificados, como a técnica de perfuração com broca única, vêm sendo propostos como alternativas menos invasivas. Segundo Marheineke et al. (2018) essa técnica consiste em um único passo de perfuração com broca de diâmetro final, o que reduz o tempo cirúrgico e as trocas instrumentais.

4.3. AVALIAÇÃO DA PRECISÃO E EXPERIÊNCIA CLÍNICA COM DIFERENTES TÉCNICAS

O estudo comparativo realizado por Marheineke et al. (2018) em mandíbulas suínas cadavéricas, avaliou a precisão de perfurações realizadas com broca única versus brocas escalonadas, tanto de forma manual quanto guiada, levando em consideração diferentes níveis de experiência dos operadores e o uso de guias cirúrgicos. A precisão dimensional foi analisada por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), comparando o diâmetro obtido com o diâmetro planejado para cada osteotomia, utilizando software para análise de valores médios e desvios padrões. Os resultados indicaram que, entre operadores experientes, a técnica de broca única proporcionou maior precisão no diâmetro dos furos quando comparada à técnica escalonada, especialmente quando realizada com auxílio de guias. Além disso, observou-se que operadores menos experientes se beneficiaram significativamente do uso de guias cirúrgicos na técnica escalonada, atingindo níveis mais altos de precisão. Já sem guia, esses mesmos operadores apresentaram maior variação nos diâmetros dos furos, especialmente com a técnica escalonada.

Guazzi et al., 2015 realizaram um ensaio clínico randomizado multicêntrico comparando duas técnicas em 40 pacientes, que foram distribuídos em dois grupos: um grupo submetido à perfuração com única broca cônica, e outro à técnica convencional com brocas escalonadas. Todos os implantes foram instalados com cicatrizadores logo após a cirurgia, permanecendo por três meses antes de receberem as coroas metalocerâmicas. Após quatro meses da carga, os resultados

mostraram ausência de falhas e complicações em ambos os grupos, com níveis de perda óssea marginal similares e sem diferença estatisticamente significativa. O tempo cirúrgico, no entanto, foi significativamente menor no grupo de broca única ($2,10 \pm 0,25$ minutos) em comparação com o grupo de brocas escalodas ($5,77 \pm 0,99$ minutos). Além disso, os pacientes do grupo de broca única relataram menor dor pós-operatória, menor duração do inchaço e menor consumo de analgésicos. Ambos os operadores demonstraram preferência pela técnica de broca única, evidenciando vantagens clínicas e operacionais desse protocolo simplificado (Guazzi et al., 2015)

4.4. AVALIAÇÃO TÉRMICA DAS TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO

A geração de calor durante a perfuração óssea representa um fator crítico para a viabilidade óssea peri-implantar. Temperaturas superiores a $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ por mais de um minuto já se mostraram capazes de induzir necrose óssea e comprometer a osseointegração (Frösch et al. 2019).

Nesse contexto, Rugova; Abboud (2024) avaliaram os efeitos térmicos da técnica de broca única no preparo do leito ósseo para implantes dentários. Utilizando blocos ósseos artificiais padronizados e termografia infravermelha, demonstraram que, quando utilizada a 1000 rpm, a técnica de broca única resultou em temperaturas máximas inferiores às observadas em velocidades mais altas, como 1500 e 2000 rpm. Além disso, os limites críticos de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 segundos e $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ para dano térmico irreversível não foram atingidos em nenhuma das condições testadas, o que indica a segurança térmica da técnica. O design da broca utilizada no protocolo de uma única etapa, especialmente as versões com três estágios de corte, mostrou ser mais eficiente na dissipação de calor. Essa geometria permitiu a remoção incremental do material ósseo, reduzindo o atrito e, conseqüentemente, a geração de calor.

Além da segurança térmica, o estudo destaca outras vantagens do protocolo de broca única, como o menor tempo cirúrgico, a simplificação do fluxo de trabalho e o conforto para o paciente. Essas características são especialmente relevantes em casos clínicos que envolvem carga imediata, reabilitações extensas e pacientes com condições sistêmicas que comprometem a cicatrização (Rugova; Abboud, 2024).

Por outro lado, Möhlhenrich et al. (2016a, 2016b) realizaram uma investigação experimental com o objetivo de comparar a temperatura gerada durante a preparação do leito de implante utilizando os protocolos de perfuração única e escalonado em blocos ósseos artificiais de diferentes densidades (D1 a D4) para simular diferentes densidades ósseas, sendo que, os blocos de espuma de poliuretano rígido sólido (SRPF) usados neste estudo são classificados de acordo com a densidade: D1, 0,48 g/cm³; D2, 0,32 g/cm³; D3, 0,16 g/cm³; e D4, 0,08 g/cm³. A mensuração da temperatura foi realizada por meio de termografia infravermelha, após a perfuração de 10 sítios por grupo, com diferentes diâmetros de brocas (2,8 mm, 3,5 mm e 4,2 mm), sob velocidade constante de 1500 rpm e irrigação externa.

Os resultados revelaram que, de forma geral, a perfuração única gerou temperaturas significativamente maiores do que o protocolo escalonado, especialmente nos extremos de densidade óssea (D1 e D4). Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) foram observadas para a perfuração única, com maiores elevações de temperatura na broca de 4,2 mm em osso tipo D1 e D4, e na broca de 3,5 mm em D3 e D4. Por outro lado, nos ossos de densidade intermediária (D2 e D3), o aumento térmico tendeu a ser mais equilibrado entre os métodos, sugerindo que a densidade óssea exerce influência direta na dissipação de calor durante a osteotomia (Möhlhenrich et al. 2016b)

Para Guazzi et al., 2015 o uso de brocas novas e afiadas, especialmente aquelas de uso único, minimiza esse risco de geração de calor e pode contribuir para melhor prognóstico clínico em cirurgias de implante, particularmente em situações de maior risco, como pacientes com baixa densidade óssea ou cicatrização comprometida. Anteriormente Gehrke et al. (2015) conduziram um estudo in vitro com o objetivo de comparar a variação de temperatura gerada durante a osteotomia com uma única broca cônica em relação à perfuração convencional com brocas escalonadas de diâmetro crescente. Utilizando blocos ósseos sintéticos de alta densidade (tipo I), foram avaliados três grupos: dois com sequência de brocas para implantes cilíndricos e cônicos, e um grupo com broca única para implante cônico. As perfurações foram realizadas com e sem irrigação, e as temperaturas foram medidas por meio de termopares instalados junto ao local de perfuração.

Os resultados demonstraram que, sob irrigação, não houve diferença significativa na variação de temperatura entre o grupo da broca única e os grupos de perfuração escalonada. Em condições sem irrigação, o grupo que utilizou a sequência de brocas para o implante cônico (Grupo 2) apresentou um aumento térmico significativamente maior. Já o grupo que utilizou a sequência de brocas para o implante cilíndrico (Grupo 1) e o grupo que utilizou a broca única para o implante cônico (Grupo 3) apresentaram desempenho térmico semelhante entre si (não significativamente diferente), embora ambos tenham sido melhores (gerado menos calor) que o Grupo 2. A técnica de broca única não gera mais calor do que a técnica convencional, desde que haja irrigação eficiente, assim, os autores concluem que a técnica pode ser segura do ponto de vista térmico (Gehrke et al. 2015).

4.5. ESTABILIDADE E COMPORTAMENTO ÓSSEO

Gehrke et al. 2018a em estudo pré-clínico comparou os efeitos de três protocolos distintos de perfuração, incluindo o uso de uma única broca sobre o comportamento biomecânico e histológico do osso peri-implantar em tíbias de coelhos. Utilizando 54 implantes dentários de titânio, divididos em três grupos: Grupo 1, com broca única para implantes cônicos; Grupo 2, com sequência de três brocas cilíndricas; e Grupo 3, com sequência de três brocas cônicas. As análises incluíram avaliação de estabilidade pelo método de frequência de ressonância (ISQ), torque de remoção (RTt) e análise histomorfométrica do contato osso-implante (BIC%).

Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos nos parâmetros de torque de remoção e porcentagem de contato osso-implante. Embora o grupo da broca única tenha apresentado valores levemente superiores de ISQ e RTt, essas diferenças não foram consideradas significativas, sugerindo que o protocolo de perfuração simplificado não compromete a estabilidade ou os processos biológicos de osseointegração (Gehrke et al., 2018a)

A análise histológica demonstrou organização óssea adequada e níveis de mineralização compatíveis em todos os grupos após seis semanas. Os autores destacam que, apesar da semelhança nos resultados, a técnica de broca única pode representar uma alternativa vantajosa, por reduzir o tempo cirúrgico, diminuir o

número de instrumentais e potencialmente gerar menor trauma ao tecido ósseo (Gehrke et al. 2018a).

De forma complementar, Gil et al. (2017) investigaram, em modelo experimental com cães, a resposta óssea em torno de implantes instalados a partir de protocolos de perfuração simplificado (broca piloto seguida da broca final) e convencional (sequência progressiva de brocas), ambos realizados a baixa rotação (400 rpm), com irrigação abundante. Foram utilizados 48 implantes de titânio inseridos em tíbias de 12 cães beagle, avaliados em 3 e 5 semanas pós-operatórias. Os resultados histológicos demonstraram formação de osso imaturo em três semanas e início da substituição por osso lamelar em cinco semanas, em ambos os grupos. Na análise histomorfométrica, o protocolo convencional apresentou maiores valores de contato osso-implante (BIC) e fração de área óssea (BAFO) em três semanas, mas, em cinco semanas, ambos os protocolos alcançaram resultados equivalentes. Além disso, implantes de maior diâmetro (4,2 mm) apresentaram maiores valores de BAFO quando comparados aos de 3,75 mm, independentemente do protocolo. Os autores concluíram que, em condições de baixa rotação e irrigação abundante, o protocolo simplificado apresenta comportamento comparável ao convencional após cinco semanas de cicatrização, embora possa demonstrar resposta óssea inicial discretamente inferior (GIL et al., 2017).

Gehrke et al. (2018b) realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de avaliar o desempenho de diferentes desenhos de brocas quanto ao torque de inserção (IT), índice de estabilidade do implante (ISQ) e qualidade do furo (hole quality, HQ). Foram comparados três grupos: o Grupo 1 utilizou uma única broca de 4,2 mm para implantes cônicos (broca única), enquanto os Grupos 2 e 3 seguiram protocolos escalonados com três brocas para implantes cilíndricos e cônicos, respectivamente. As medições foram realizadas em blocos de poliuretano de densidade tipo I.

O Grupo 1 (broca única) apresentou torque de inserção significativamente maior ($71,5 \pm 4,1$ Ncm) e valores superiores de ISQ ($84 \pm 2,29$) em comparação aos grupos com brocas escalonadas. Além disso, demonstrou maior precisão no formato do furo osteotômico (93% de circularidade), fator que favorece o encaixe tridimensional entre o implante e o osso, contribuindo para uma maior estabilidade inicial.

Os autores destacaram que a precisão da osteotomia e a menor geração de calor, quando associadas à geometria ideal da broca, são determinantes para minimizar micromovimentos e preservar a vitalidade óssea, elementos essenciais para o sucesso da osseointegração. Assim, apesar das limitações do modelo laboratorial, o protocolo de broca única demonstrou desempenho mecânico superior e viabilidade clínica promissora.

Em um contexto in vivo, Trisi; Falco; Berardini (2020) conduziram um estudo para avaliar os efeitos clínicos, histológicos e biomecânicos de um protocolo simplificado de preparação óssea subdimensionada utilizando apenas uma broca piloto de 1,8 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento para inserir um implante de 3,8 mm de diâmetro por 10 mm de comprimento em osso esponjoso de crista ilíaca de ovelha. O grupo teste foi submetido a esta técnica. Em contraste, o grupo controle foi submetido ao protocolo escalonado completo, utilizando a sequência de brocas fornecida pelo fabricante: broca piloto de 1,8 mm, broca helicoidal de 2,8 mm e broca final de 3,2 mm. Após o preparo com a broca final de 3,2 mm, foram inseridos implantes de 3,8 × 10 mm. Os valores de torque de inserção, medidos durante a instalação, já indicaram uma superior estabilidade primária no grupo teste (broca unica), que atingiu torque entre 45 e 60 N/cm, comparado aos 30-45 N/cm registrados no grupo controle. Após dois meses, os resultados revelaram diferenças estatisticamente significativas a favor do grupo teste, com percentual de contato osso-implante (%BIC) de $70,91 \pm 7,95$ contra $49,33 \pm 10,73$ do controle, e percentual de volume ósseo (%BV) de $41,83 \pm 6,30$ contra $29,61 \pm 5,05$. Os autores relataram um fenômeno de "osseocorticalização" no grupo teste, com compactação óssea ao redor do implante. É crucial destacar que, neste estudo, a variável 'técnica cirúrgica' (broca única subdimensionada) está intrinsicamente associada à variável 'design do implante' (Expander® para compressão), o que impossibilita isolar o efeito exclusivo de cada fator nos resultados superiores observados. A técnica baseia-se na compactação óssea, onde o implante, maior que o osteótomo preparado, comprime as trabéculas ósseas ao ser inserido, e não na fresagem tradicional.

Conclui-se que a técnica de perfuração com broca única, quando aplicada com planejamento adequado e em associação a implantes com macrogeometria compatível, é capaz de gerar resultados superiores em osso tipo IV, superando os

índices de contato e densidade óssea peri-implantar observados em protocolos escalonados tradicionais.

O preparo do leito ósseo representa uma etapa crítica para o sucesso dos implantes dentários, influenciando diretamente a estabilidade primária, a preservação da vitalidade óssea e, conseqüentemente, a osseointegração. Neste cenário, a comparação entre os protocolos de perfuração broca única e técnica escalonada, tem sido foco de diversos estudos, que buscaram avaliar parâmetros clínicos, biomecânicos e histológicos associados a cada método.

De acordo com os achados de Marheineke et al. (2018), a técnica de broca única demonstra ser tão precisa quanto a técnica escalonada na preparação do leito ósseo, especialmente quando realizada por operadores experientes e com o auxílio de guias cirúrgicos. Estes dados são corroborados pelos resultados de Grandi (2015), que em seu estudo clínico constatou que ambos os protocolos resultaram em taxas semelhantes de sucesso clínico, sem falhas de osseointegração, porém com uma clara vantagem da broca única na redução do tempo operatório e no conforto pós-operatório dos pacientes.

No aspecto térmico, a literatura apresenta resultados parcialmente divergentes, embora convergentes quanto à segurança dos dois métodos quando utilizados sob irrigação adequada. Rugova e Abboud (2024) demonstraram que a técnica de broca única, operando a 1000 rpm, não ultrapassa os limites críticos de temperatura que poderiam induzir necrose óssea, o que reforça a segurança deste protocolo. Por outro lado, estudos como os de Möhlhenrich et al. (2016) sugerem que a perfuração única pode gerar maior elevação térmica, especialmente em ossos com densidade extrema (D1 e D4), quando comparada ao protocolo escalonado. Esses dados indicam que, embora a técnica de broca única seja segura, é imprescindível um rigoroso controle dos parâmetros operatórios, como velocidade, pressão e irrigação.

Quando se analisa a estabilidade primária, os estudos são consistentes em apontar que a broca única promove maiores valores de torque de inserção e ISQ, conforme observado nos trabalhos de Gehrke et al. (2016) e Gehrke et al. (2018). A superioridade na estabilidade inicial pode ser atribuída à melhor congruência tridimensional entre o implante e o leito ósseo, decorrente da maior precisão geométrica do furo, além da preservação da densidade óssea ao redor do implante, já que a técnica reduz o volume de tecido removido.

A análise histológica reforça esses achados. Trisi et al. (2020) observaram que a técnica de broca única, associada a implantes cônicos auto-roscantes com geometria que favorece a compactação óssea, promoveu não apenas maior contato osso-implante (%BIC), mas também induziu um fenômeno denominado osseocorticalização, caracterizado pela densificação óssea peri-implantar durante o processo de cicatrização em osso de baixa densidade. Esses achados sugerem que a técnica de broca única, quando associada ao preparo subdimensionado e à geometria adequada do implante, pode estimular uma resposta óssea peri-implantar favorável, contribuindo para o sucesso do tratamento implantológico.

No entanto, é importante destacar algumas limitações. Embora os resultados apontem benefícios evidentes da técnica de broca única, como menor tempo cirúrgico, maior estabilidade primária e boa resposta óssea, há consenso na literatura de que essa técnica exige maior precisão operatória, sobretudo no controle do eixo de perfuração e da estabilidade da mão do cirurgião. Isso pode representar uma limitação para operadores menos experientes ou em situações clínicas que exijam angulações complexas.

Além disso, apesar dos avanços e dos dados positivos obtidos, observa-se que muitos dos estudos analisados foram realizados em modelos laboratoriais (in vitro) ou animais, assim, não refletem completamente as condições biológicas encontradas em humanos. Além disso, a maioria das pesquisas prioriza parâmetros biomecânicos e térmicos, deixando de lado desfechos clínicos importantes, como dor, cicatrização, estética, qualidade de vida do paciente e longevidade dos implantes.

Estudos que avaliem o desempenho das brocas após múltiplos usos, bem como pesquisas que estratifiquem os resultados de acordo com diferentes densidades ósseas específicas para cada região anatômica são escassos na literatura. Portanto, sugere-se que futuros estudos sejam conduzidos com ensaios clínicos randomizados em humanos, com amostras maiores, maior tempo de acompanhamento e inclusão de variáveis clínicas e subjetivas inerentes ao caso, proporcionando uma análise mais ampla, robusta e aplicável à prática clínica.

5. CONCLUSÃO:

Com base nesta revisão, conclui-se que tanto o protocolo de perfuração escalonada quanto a técnica de broca única são métodos viáveis e seguros para a instalação de implantes dentários, sem diferenças estatisticamente significativas em desfechos como torque de inserção, ISQ, BIC e BV. A técnica de broca única apresenta vantagens, como menor tempo cirúrgico, redução da morbidade e boa estabilidade primária, sendo uma alternativa confiável ao protocolo convencional, desde que realizada com precisão técnica. Contudo, reforça-se a necessidade de mais estudos clínicos controlados, com maior amostragem, para consolidar esses achados.

REFERÊNCIAS

DAVIDSON, Sean R. H.; JAMES, David F. Drilling in bone: Modeling heat generation and temperature distribution. **Journal of Biomechanical Engineering**, v. 125, n. 3, p. 305–314, jun. 2003.

ELIASA, Carlos Nelson *et al.* Influence of implant shape, surface morphology, surgical technique and bone quality on the primary stability of dental implants. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 16, n. 1, p. 169–180, 2012.

FRÖSCH, Leonie *et al.* Comparison of heat generation between guided and conventional implant surgery for single and sequential drilling protocols—An in vitro study. **Clinical Oral Implants Research**, v. 30, n. 2, p. 121–130, 1 fev. 2019.

GEHRKE, Sergio Alexandre *et al.* Temperature Changes in Cortical Bone after Implant Site Preparation Using a Single Bur versus Multiple Drilling Steps: An In Vitro Investigation. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 17, n. 4, p. 700–707, 1 ago. 2015.

GEHRKE, Sergio Alexandre *et al.* Peri-Implant Bone Behavior after Single Drill versus Multiple Sequence for Osteotomy Drill. **BioMed Research International**, v. 2018, 2018a.

GEHRKE, SERGIO ALEXANDRE *et al.* Evaluation of the insertion torque, implant stability quotient and drilled hole quality for different drill design: an in vitro Investigation. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 6, p. 656–662, 1 jun. 2018b.

GIL, LUIZ *et al.* Bone Healing Around Dental Implants: Simplified vs Conventional Drilling Protocols at Speed of 400 rpm. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 32, n. 2, p. 329–336, mar. 2017.

GRANDI, GIOVANNI. **Implant site preparation using a single bur versus multiple drilling steps: 4-month post-loading results of a multicenter randomised controlled trial** *Article in European Journal of Oral Implantology*. [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<http://www.consort-statement.>>.

MARHEINEKE, NADINE *et al.* Evaluation of accuracy in implant site preparation performed in single- or multi-step drilling procedures. **Clinical Oral Investigations**, v. 22, n. 5, p. 2057–2067, 1 jun. 2018.

MISTRY, AMIT *et al.* 3d guided dental implant placement: Impact on surgical accuracy and collateral damage to the inferior alveolar nerve. **Dentistry Journal**, v. 9, n. 9, 1 set. 2021.

MÖHLHENRICH, S. C. *et al.* Thermal evaluation by infrared measurement of implant site preparation between single and gradual drilling in artificial bone blocks of different densities. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 45, n. 11, p. 1478–1484, 1 nov. 2016a.

MÖHLHENRICH, S. C. *et al.* Thermal evaluation by infrared measurement of implant site preparation between single and gradual drilling in artificial bone blocks of different densities. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 45, n. 11, p. 1478–1484, 1 nov. 2016b.

NULTY, ADAM. A literature review on prosthetically designed guided implant placement and the factors influencing dental implant success. **British Dental Journal**, v. 236, n. 3, p. 169–180, 9 fev. 2024.

RUGOVA, SIHANA; ABBOUD, MARCUS. Thermal Evaluation of Bone Drilling with a One-Drill Protocol. **Bioengineering**, v. 11, n. 10, p. 1022, 14 out. 2024.

TRISI, PAOLO; FALCO, ANTONELLO; BERARDINI, MARCO. Single-drill implant induces bone corticalization during submerged healing: an in vivo pilot study. **International Journal of Implant Dentistry**, v. 6, n. 1, dez. 2020.

ANEXO I - ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 20 dias do mês de outubro de 2025, às 14:00 horas,
em sessão pública no (a) CEPID desta Universidade, na presença da
Banca Examinadora presidida pelo Professor

Lesar A. M. Benfatti

e pelos examinadores:

1 - Lucas Menezes dos Anjos

2 - Fernando Grisotti Wonsowicz

o aluno Marcelo Augusto Farias e Silva

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado:

Avaliação da perfuração óssea: comparação
entre método único e escalonado para implantes dentá-

rios. -

como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e

a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após

reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela aprovação do

referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao

aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a

presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca

Examinadora e pelo aluno orientando.

[Assinatura]
Presidente da Banca Examinadora

[Assinatura]
Examinador 1

Lucas M. dos Anjos
Examinador 2

[Assinatura]
Aluno