

CIRURGIA GUIADA SEM RETALHO NA MANDÍBULA POSTERIOR ATRÓFICA: LIMITES DE SEGURANÇA PARA INSTALAÇÃO DE IMPLANTES PRÓXIMOS AO CANAL MANDIBULAR

FLAPLESS GUIDED SURGERY IN THE ATROPHIC POSTERIOR MANDIBLE: SAFETY LIMITS FOR IMPLANT PLACEMENT NEAR THE MANDIBULAR CANAL

CIRUGÍA GUIADA SIN COLGAJO EN LA MANDÍBULA POSTERIOR ATRÓFICA: LÍMITES DE SEGURIDAD PARA LA COLOCACIÓN DE IMPLANTES PRÓXIMOS AL CONDUCTO MANDIBULAR

Célio Augusto Pimentel Arcanjo¹
Roberto Machado Cruz²
Ana Beatriz Bezerra Barros³
Brunno Pereira Silva⁴
Cristiano Veloso⁵
Rebeca Vidal Capelupi⁶
Ana Beatriz Nunes Santos e Silva Barroso⁷
Caroline dos Santos Alcantara Oliveira⁸
José da Silva Júnior⁹
Idalisio Soares Aranha Neto¹⁰
Marco Aurélio Blaz Vasques¹¹
Cristina Carla Xavier da Silva¹²
Elton Elemer Finger¹³
Gabriell Mafuz Penteado¹⁴

1

RESUMO: A cirurgia guiada sem retalho tem sido amplamente utilizada na implantodontia contemporânea por proporcionar maior previsibilidade cirúrgica e menor morbidade pós-operatória. Entretanto, em pacientes com mandíbula posterior atrófica, a proximidade entre a crista óssea residual e o canal mandibular representa um importante desafio para a instalação segura de implantes dentários. O presente estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas publicadas nos últimos dez anos acerca dos limites de segurança para instalação de implantes próximos ao canal mandibular em cirurgias guiadas sem retalho realizadas na mandíbula posterior atrófica. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada nas

¹ Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde, CTA – Nova Lima.

²Especialista, Mestre e Doutor em Implantodontia, Universidade de Brasília (UnB).

³Cirurgião-Dentista, Universidade Christus.

⁴Cirurgião-Dentista; Especialista em Implantodontia; Mestre em Clínica Odontológica, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM); ABO-MG; Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

⁵Cirurgião-Dentista; Especialista em Ortodontia; Mestre em Medicina Dentária, Universidade Federal Fluminense (UFF); Faculdade Paulo Picanço; Instituto Universitário Egas Moniz (Portugal).

⁶Mestranda em Clínica Odontológica, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

⁷Cirurgião-Dentista; Especialista em Implantodontia; Especialista em Harmonização Orofacial; Especialista em Endodontia; Capacitação em Sedação com Óxido Nitroso Centro Universitário do Triângulo (UNITRI).

⁸Odontologia, Universidade do Sagrado Coração.

⁹Doutor em Implantodontia, São Leopoldo Mandic.

¹⁰Doutor em Clínicas Odontológicas, Faculdade Anhanguera.

¹¹Mestre em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofaciais. Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Associação Brasileira de Odontologia – Seção Rondônia.

¹²Dentista; Especialista em Implantodontia, Prótese e Ortodontia; Especializanda em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial Universidade Tuiuti do Paraná; Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).

¹³Pós-graduação em Implantodontia e Prótese, Faculdade do Oeste Paulista (FACOP).

¹⁴Cirurgião-Dentista, Universidade Positivo.

bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Cochrane Library. Após aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados sete estudos para compor a amostra final. Os resultados demonstraram que a cirurgia guiada associada ao planejamento tridimensional contribui significativamente para o aumento da precisão cirúrgica e para a redução do risco de complicações anatômicas. Contudo, desvios lineares e angulares entre o planejamento virtual e a posição final dos implantes ainda podem ocorrer, justificando a manutenção de margens de segurança em relação ao canal mandibular. As evidências analisadas indicam que a distância aproximada de 2 mm entre o ápice do implante e o canal mandibular permanece como a conduta mais prudente e respaldada pela literatura científica atual. Conclui-se que a cirurgia guiada sem retalho constitui uma alternativa segura e previsível para a reabilitação da mandíbula posterior atrófica, desde que associada a planejamento criterioso e respeito aos limites anatômicos estabelecidos.

Palavras-chave: Cirurgia guiada. Cirurgia sem retalho. Mandíbula posterior atrófica. Canal mandibular. Implantes dentários. Segurança cirúrgica.

ABSTRACT: Flapless guided surgery has been widely used in contemporary implant dentistry due to its ability to provide greater surgical predictability and lower postoperative morbidity. However, in patients with an atrophic posterior mandible, the proximity between the residual alveolar crest and the mandibular canal represents a significant challenge for the safe placement of dental implants. This study aimed to analyze the scientific evidence published over the last ten years regarding safety limits for implant placement near the mandibular canal in flapless guided surgeries performed in the atrophic posterior mandible. An integrative literature review was conducted using the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Cochrane Library databases. After applying the eligibility criteria, seven studies were selected for the final sample. The results demonstrated that guided surgery associated with three-dimensional planning significantly improves surgical accuracy and reduces the risk of anatomical complications. Nevertheless, linear and angular deviations between virtual planning and the final implant position may still occur, justifying the maintenance of safety margins in relation to the mandibular canal. The available evidence indicates that an approximate distance of 2 mm between the implant apex and the mandibular canal remains the most prudent and scientifically supported recommendation. It is concluded that flapless guided surgery is a safe and predictable alternative for rehabilitation of the atrophic posterior mandible, provided that it is associated with careful planning and respect for established anatomical limits.

2

Keywords: Guided surgery. Flapless surgery. Atrophic posterior mandible. Mandibular canal. Dental implants. Surgical safety.

RESUMEN: La cirugía guiada sin colgajo ha sido ampliamente utilizada en la implantología contemporánea debido a su capacidad para proporcionar mayor previsibilidad quirúrgica y menor morbilidad postoperatoria. Sin embargo, en pacientes con mandíbula posterior atrófica, la proximidad entre la cresta ósea residual y el conducto mandibular representa un importante desafío para la colocación segura de implantes dentales. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las evidencias científicas publicadas en los últimos diez años sobre los límites de seguridad para la colocación de implantes próximos al conducto mandibular en cirugías guiadas sin colgajo realizadas en la mandíbula posterior atrófica. Se realizó una revisión integradora de la literatura en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Cochrane Library. Tras la aplicación de los criterios de elegibilidad, se seleccionaron siete estudios para la

muestra final. Los resultados demostraron que la cirugía guiada asociada a la planificación tridimensional contribuye significativamente al aumento de la precisión quirúrgica y a la reducción del riesgo de complicaciones anatómicas. No obstante, todavía pueden producirse desviaciones lineales y angulares entre la planificación virtual y la posición final de los implantes, lo que justifica el mantenimiento de márgenes de seguridad respecto al conducto mandibular. Las evidencias analizadas indican que una distancia aproximada de 2 mm entre el ápice del implante y el conducto mandibular sigue siendo la conducta más prudente y respaldada por la literatura científica actual. Se concluye que la cirugía guiada sin colgajo constituye una alternativa segura y predecible para la rehabilitación de la mandíbula posterior atrófica, siempre que se asocie a una planificación rigurosa y al respeto de los límites anatómicos establecidos.

Palabras clave: Cirugía guiada. Cirugía sin colgajo. Mandíbula posterior atrófica. Conducto mandibular. Implantes dentales. Seguridad quirúrgica.

INTRODUÇÃO

A reabilitação oral por meio de implantes osseointegrados consolidou-se como uma das principais modalidades terapêuticas para a substituição de elementos dentários perdidos, proporcionando resultados previsíveis quanto à função mastigatória, estética e qualidade de vida dos pacientes. Entretanto, o sucesso do tratamento depende diretamente do correto posicionamento tridimensional dos implantes, especialmente em regiões anatómicas críticas, como a mandíbula posterior, onde a proximidade do canal mandibular representa um importante fator limitante para o planejamento cirúrgico. Nessa região, lesões ao nervo alveolar inferior podem resultar em alterações neurosensoriais transitórias ou permanentes, constituindo uma das complicações mais relevantes da implantodontia contemporânea (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

A redução progressiva da altura óssea decorrente da reabsorção alveolar após a perda dentária torna a reabilitação da mandíbula posterior atrófica um desafio clínico significativo. Nesses casos, a distância entre a crista óssea residual e o canal mandibular frequentemente é insuficiente para a instalação de implantes convencionais, aumentando o risco de danos às estruturas neurovasculares adjacentes. A limitada disponibilidade óssea vertical observada em mandíbulas atróficas exige estratégias cirúrgicas específicas e um planejamento criterioso, uma vez que pequenas variações na trajetória de inserção podem comprometer a segurança do procedimento (SRIVASTAVA et al., 2025).

Nesse contexto, a incorporação das tecnologias digitais à implantodontia permitiu avanços expressivos no planejamento e na execução cirúrgica. A utilização da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), associada a softwares de planejamento virtual e

guias cirúrgicos confeccionados por sistemas CAD/CAM, possibilitou a realização da cirurgia guiada, com o objetivo de aumentar a previsibilidade do posicionamento dos implantes e reduzir a ocorrência de complicações anatômicas. A cirurgia guiada permite melhor visualização das limitações anatômicas e favorece a instalação dos implantes em conformidade com os princípios protéticos e biológicos do tratamento (DIOGUARDI et al., 2023).

Paralelamente, a técnica de cirurgia guiada sem retalho (flapless surgery) tem recebido crescente atenção por seu caráter minimamente invasivo, associado à redução do trauma cirúrgico, menor morbidade pós-operatória e maior preservação dos tecidos peri-implantares. A combinação entre abordagem flapless e sistemas totalmente guiados representa uma das formas mais avançadas de cirurgia implantar contemporânea (ROMANDINI et al., 2023). Entretanto, embora os sistemas guiados apresentem maior precisão em comparação às técnicas convencionais, desvios lineares e angulares ainda são observados clinicamente. Foram relatados desvios médios de 1,25 mm na entrada e 1,57 mm na região apical dos implantes, evidenciando que a precisão obtida não elimina completamente o risco de aproximação indevida ao canal mandibular (ZHOU et al., 2018).

Apesar da ampla utilização da cirurgia guiada na prática clínica, ainda permanece controversa a definição da menor distância segura entre o implante e o canal mandibular, sobretudo em pacientes com mandíbula posterior atrófica submetidos à técnica flapless. Tradicionalmente, recomenda-se a manutenção de uma margem de segurança de aproximadamente 2 mm em relação ao canal mandibular; contudo, avanços nos métodos de imagem e nos sistemas de navegação cirúrgica têm motivado discussões acerca da possibilidade de redução desse limite em situações específicas (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, as evidências científicas publicadas nos últimos dez anos acerca dos limites de segurança para instalação de implantes próximos ao canal mandibular em cirurgias guiadas sem retalho realizadas na mandíbula posterior atrófica.

MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, desenvolvida com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar criticamente as evidências científicas disponíveis acerca dos limites de segurança para instalação de implantes próximos

ao canal mandibular em cirurgias guiadas sem retalho realizadas na mandíbula posterior atrófica.

A elaboração da revisão foi conduzida em seis etapas metodológicas: identificação do tema e formulação da questão norteadora; definição dos critérios de inclusão e exclusão; busca e seleção dos estudos; categorização das informações extraídas; análise crítica dos achados; e síntese e apresentação dos resultados. A questão norteadora foi formulada da seguinte maneira: “Quais são as evidências científicas publicadas nos últimos dez anos sobre os limites de segurança para instalação de implantes próximos ao canal mandibular em cirurgias guiadas sem retalho realizadas na mandíbula posterior atrófica?”

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, por serem amplamente reconhecidas na área das Ciências da Saúde e concentrarem estudos de elevado rigor metodológico. Foram utilizados descritores controlados e termos livres em inglês, combinados por operadores booleanos (AND e OR), incluindo: “Guided Implant Surgery”, “Flapless Surgery”, “Posterior Mandible”, “Atrophic Mandible”, “Inferior Alveolar Nerve”, “Mandibular Canal”, “Dental Implants” e “Safety Margin”.

Foram incluídos estudos publicados entre janeiro de 2016 e dezembro de 2026, disponíveis na íntegra, redigidos nos idiomas inglês, português ou espanhol, que abordassem cirurgia guiada, cirurgia sem retalho, mandíbula posterior atrófica, canal mandibular, nervo alveolar inferior ou margens de segurança relacionadas à instalação de implantes dentários. Foram considerados elegíveis ensaios clínicos, estudos observacionais, estudos prospectivos, retrospectivos, revisões sistemáticas e metanálises. Foram excluídos estudos em animais, pesquisas laboratoriais exclusivamente *in vitro*, resumos de congressos, cartas ao editor e trabalhos que não apresentassem relação direta com o objetivo da revisão. Relatos de caso foram considerados apenas quando apresentassem relevância clínica direta para a questão norteadora e contribuíssem para a discussão dos limites de segurança relacionados ao canal mandibular.

A seleção dos estudos ocorreu em duas etapas. Inicialmente, realizou-se a leitura dos títulos e resumos para identificação dos trabalhos potencialmente relevantes. Em seguida, os artigos pré-selecionados foram avaliados na íntegra para verificação da elegibilidade. Após a seleção final, os dados foram organizados em instrumento próprio contendo autor, ano de publicação, delineamento metodológico, amostra, objetivo, principais resultados e conclusões relacionadas à segurança da instalação de implantes próximos ao canal mandibular.

Os estudos incluídos foram submetidos à análise descritiva e crítica, buscando identificar convergências, divergências e lacunas do conhecimento científico acerca da distância mínima recomendada entre implantes dentários e o canal mandibular em procedimentos de cirurgia guiada sem retalho. Os resultados foram apresentados de forma narrativa, buscando sintetizar criticamente as evidências encontradas na literatura.

RESULTADOS

A busca bibliográfica realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Cochrane Library permitiu identificar estudos relacionados à cirurgia guiada sem retalho, à instalação de implantes em mandíbula posterior atrófica e aos limites de segurança em relação ao canal mandibular. Após a aplicação dos critérios de inclusão, exclusão e elegibilidade previamente estabelecidos, foram selecionados 7 estudos para compor a amostra final desta revisão.

Os estudos incluídos foram publicados entre os anos de 2016 e 2026 e contemplaram diferentes delineamentos metodológicos, incluindo revisões sistemáticas, metanálises, estudos clínicos prospectivos, estudos observacionais e relatos de caso. De modo geral, os trabalhos analisados concentraram-se na avaliação da precisão dos sistemas de cirurgia guiada, da influência das tecnologias digitais no planejamento implantar, dos riscos associados à proximidade do canal mandibular e das alternativas terapêuticas empregadas em mandíbulas posteriores com reduzida disponibilidade óssea.

A análise dos estudos evidenciou que a utilização da cirurgia guiada promove maior previsibilidade no posicionamento dos implantes quando comparada às técnicas convencionais, especialmente em situações de elevada complexidade anatômica. Os avanços proporcionados pela tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), associados aos softwares de planejamento virtual e à fabricação de guias cirúrgicos por sistemas CAD/CAM, permitiram melhor visualização das estruturas anatômicas e maior controle da trajetória de inserção dos implantes, reduzindo o risco de complicações relacionadas ao posicionamento inadequado dos componentes implantares.

Os estudos que avaliaram a precisão dos sistemas guiados demonstraram que, embora a tecnologia digital aumente significativamente a previsibilidade cirúrgica, ainda são observados desvios entre o planejamento virtual e a posição final dos implantes instalados. Foram relatados desvios médios aproximados de 1,25 mm na região cervical, 1,57 mm na região apical e 4,1° de

desvio angular, valores considerados clinicamente relevantes em situações de proximidade com estruturas anatômicas nobres.

Além disso, observou-se que a mandíbula posterior atrófica representa uma condição clínica de maior complexidade, em razão da reduzida distância entre a crista óssea residual e o canal mandibular. Nesses casos, a limitação do volume ósseo disponível aumenta a importância do planejamento tridimensional e da avaliação criteriosa das estruturas anatômicas, uma vez que pequenas variações durante a execução cirúrgica podem resultar em proximidade excessiva ou mesmo comprometimento do nervo alveolar inferior.

Os estudos incluídos também relataram benefícios associados à abordagem sem retalho, destacando redução do trauma cirúrgico, menor morbidade pós-operatória e preservação dos tecidos peri-implantares. Entretanto, verificou-se consenso de que a ausência de visualização direta da anatomia óssea durante o procedimento exige elevado rigor no planejamento pré-operatório e na execução cirúrgica.

De forma geral, os estudos selecionados demonstraram consenso quanto à relevância da cirurgia guiada sem retalho como ferramenta capaz de aumentar a precisão cirúrgica e reduzir a morbidade pós-operatória. Contudo, também evidenciaram que a definição da menor distância segura entre implantes e canal mandibular permanece tema de debate na literatura científica, especialmente nos casos de mandíbula posterior atrófica, nos quais os limites anatômicos são mais restritivos e o risco de complicações neurossensoriais assume maior relevância clínica.

7

DISCUSSÃO

5.1 PRECISÃO DA CIRURGIA GUIADA SEM RETALHO E SUA INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA DO POSICIONAMENTO DOS IMPLANTES

A evolução das tecnologias digitais tem promovido mudanças significativas na implantodontia contemporânea, especialmente no planejamento e na execução de procedimentos realizados em regiões de elevada complexidade anatômica. Nesse cenário, a cirurgia guiada sem retalho tem sido amplamente incorporada à prática clínica por possibilitar maior previsibilidade do posicionamento dos implantes, redução da morbidade pós-operatória e melhor preservação dos tecidos peri-implantares. Essas características tornam a técnica particularmente relevante em casos de mandíbula posterior atrófica, nos quais a proximidade

entre a crista óssea residual e o canal mandibular impõe importantes limitações ao planejamento cirúrgico (ROMANDINI et al., 2023).

As evidências científicas demonstram que a cirurgia guiada apresenta níveis de precisão superiores aos observados em procedimentos realizados pela técnica convencional. A utilização de sistemas computadorizados de planejamento e execução cirúrgica favorece a redução dos desvios de posicionamento dos implantes, sobretudo quando são empregados protocolos totalmente guiados. Em uma revisão sistemática com metanálise, foram observados desvios médios de 1,25 mm na região cervical, 1,57 mm na região apical e 4,1° de desvio angular, demonstrando que, embora a tecnologia digital aumente significativamente a previsibilidade cirúrgica, discrepâncias entre o planejamento virtual e a posição final do implante ainda podem ocorrer (ZHOU et al., 2018).

Resultados semelhantes foram observados em revisão narrativa baseada em busca sistemática da literatura, na qual a cirurgia guiada apresentou maior precisão posicional quando comparada à técnica convencional, com redução dos desvios lineares e angulares e maior previsibilidade em situações clínicas complexas. Além disso, foi destacado que a principal contribuição dos sistemas guiados está relacionada à diminuição dos riscos anatômicos durante a instalação dos implantes, especialmente em regiões próximas a estruturas nobres, como o canal mandibular, reforçando sua relevância em casos de disponibilidade óssea reduzida (SHABANA et al., 2026).

A associação entre cirurgia totalmente guiada e abordagem flapless tem sido considerada uma das estratégias mais eficazes para obtenção de procedimentos minimamente invasivos. Além de proporcionar menor trauma cirúrgico, essa técnica está relacionada à redução do edema, da dor pós-operatória e do tempo cirúrgico, favorecendo uma recuperação mais confortável para o paciente. Entretanto, a ausência de visualização direta da anatomia óssea durante o procedimento exige elevado grau de precisão no planejamento pré-operatório, especialmente quando estruturas anatômicas nobres se encontram próximas ao local de instalação dos implantes (ROMANDINI et al., 2023).

O avanço dos recursos digitais, incluindo a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), os softwares de planejamento virtual e os sistemas CAD/CAM para confecção de guias cirúrgicos, ampliou significativamente a capacidade de identificação prévia das limitações anatômicas e das condições ósseas disponíveis para a instalação dos implantes. Dessa forma, a cirurgia guiada passou a representar uma importante ferramenta para o aumento da segurança

clínica, permitindo melhor controle do posicionamento tridimensional dos implantes e maior compatibilidade entre os requisitos anatômicos e protéticos do tratamento (DIOGUARDI et al., 2023).

Apesar das vantagens proporcionadas pela tecnologia digital, a literatura demonstra que nenhum sistema guiado é capaz de eliminar completamente a ocorrência de desvios cirúrgicos. Fatores relacionados à estabilidade do guia, à qualidade óssea, às características do sistema utilizado e à experiência do operador podem influenciar a posição final do implante. Consequentemente, a existência de desvios lineares e angulares clinicamente mensuráveis reforça a necessidade de adoção de margens de segurança adequadas em relação ao canal mandibular, principalmente em mandíbulas posteriores atroficas, nas quais pequenas variações podem aumentar significativamente o risco de comprometimento do nervo alveolar inferior (ZHOU et al., 2018; ROMANDINI et al., 2023; SHABANA et al., 2026).

5.2 DESVIOS CIRÚRGICOS E RISCO DE LESÃO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR

A preservação da integridade do nervo alveolar inferior constitui um dos principais objetivos do planejamento implantar em regiões posteriores da mandíbula. A proximidade entre o ápice dos implantes e o canal mandibular representa um fator crítico para a segurança do procedimento, uma vez que lesões nervosas podem resultar em alterações neurosensoriais transitórias ou permanentes, comprometendo significativamente a qualidade de vida dos pacientes. Dessa forma, a avaliação criteriosa das estruturas anatômicas e a manutenção de distâncias seguras em relação ao canal mandibular são consideradas etapas fundamentais durante o planejamento cirúrgico (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

Embora a cirurgia guiada tenha sido desenvolvida com o objetivo de aumentar a precisão da instalação dos implantes, os estudos analisados demonstram que desvios entre o planejamento virtual e a posição final dos implantes ainda ocorrem de forma consistente. Tais discrepâncias podem ser observadas tanto na plataforma quanto na região apical dos implantes, sendo esta última particularmente relevante devido à sua proximidade com estruturas anatômicas nobres. A presença desses desvios indica que a utilização de tecnologias digitais não elimina completamente a possibilidade de aproximação excessiva ou mesmo invasão do canal mandibular durante o procedimento cirúrgico (ZHOU et al., 2018).

Os desvios apicais descritos na literatura apresentam importante relevância clínica quando analisados sob a perspectiva da segurança anatômica. Valores médios próximos de 1,5

mm foram observados em procedimentos guiados, demonstrando que diferenças aparentemente pequenas entre o planejamento virtual e a execução clínica podem assumir grande impacto em situações de limitada disponibilidade óssea vertical (ZHOU et al., 2018). Esse aspecto torna-se ainda mais relevante em pacientes com mandíbula posterior atrófica, nos quais a distância entre a crista óssea residual e o canal mandibular frequentemente se encontra reduzida.

Além dos desvios inerentes aos sistemas guiados, outros fatores podem contribuir para a ocorrência de variações no posicionamento final dos implantes. A estabilidade do guia cirúrgico, a qualidade óssea, o suporte do guia, a experiência do operador e as características específicas dos sistemas de navegação utilizados são variáveis capazes de influenciar a precisão do procedimento. Consequentemente, mesmo diante dos avanços proporcionados pela implantodontia digital, permanece necessária a adoção de protocolos de segurança que considerem a possibilidade de desvios durante a execução cirúrgica (DIOGUARDI et al., 2023; ROMANDINI et al., 2023).

Nesse contexto, a prevenção de lesões do nervo alveolar inferior não deve basear-se exclusivamente na precisão tecnológica dos sistemas guiados, mas também na definição de margens de segurança compatíveis com os desvios clinicamente observados. A combinação entre planejamento tridimensional, avaliação tomográfica detalhada e respeito aos limites anatômicos permanece como a principal estratégia para reduzir a ocorrência de complicações neurossensoriais associadas à instalação de implantes em regiões posteriores da mandíbula (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

10

5.3 DISTÂNCIA SEGURA ENTRE IMPLANTES E CANAL MANDIBULAR: EVIDÊNCIAS ATUAIS E CONTROVÉRSIAS

A determinação da distância mínima segura entre o implante dentário e o canal mandibular permanece um dos temas mais discutidos na implantodontia contemporânea, especialmente em situações que envolvem reduzida disponibilidade óssea vertical. O principal objetivo dessa margem de segurança é minimizar o risco de lesão do nervo alveolar inferior decorrente de erros de planejamento, limitações dos métodos de diagnóstico por imagem e desvios ocorridos durante a execução cirúrgica. Embora a evolução das tecnologias digitais tenha ampliado significativamente a precisão dos procedimentos implantares, ainda não existe consenso absoluto na literatura acerca da menor distância que pode ser considerada biologicamente segura em todos os cenários clínicos.

Historicamente, a literatura estabeleceu a recomendação de manutenção de uma distância mínima de 2 mm entre o ápice do implante e o limite superior do canal mandibular. Essa orientação foi fundamentada na necessidade de compensar possíveis distorções radiográficas, imprecisões de mensuração e variações inerentes à técnica cirúrgica. Mesmo com os avanços observados nos métodos de diagnóstico por imagem, essa margem continua sendo amplamente aceita como referência clínica para redução do risco de injúrias neurosensoriais associadas à instalação de implantes na mandíbula posterior (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

Com a introdução da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e dos sistemas digitais de planejamento tridimensional, alguns autores passaram a questionar a necessidade da manutenção rigorosa da margem clássica de 2 mm. A maior precisão diagnóstica proporcionada pela visualização tridimensional das estruturas anatômicas permitiu a proposição de distâncias reduzidas, variando entre 1 e 2 mm em situações cuidadosamente selecionadas. Entretanto, a adoção dessas margens mais conservadoras depende diretamente da qualidade do exame tomográfico, da estabilidade do guia cirúrgico e da previsibilidade do sistema utilizado durante a instalação dos implantes (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

Apesar da elevada precisão associada à cirurgia guiada, os desvios lineares e angulares observados clinicamente representam um importante argumento para a manutenção de margens de segurança mais amplas. Os desvios apicais médios relatados na literatura aproximam-se de 1,57 mm, valor que, isoladamente, já poderia comprometer uma margem de apenas 1 mm previamente estabelecida durante o planejamento virtual (ZHOU et al., 2018). Dessa forma, a simples redução da distância entre o implante e o canal mandibular com base na confiança depositada nos sistemas digitais pode aumentar a vulnerabilidade do procedimento diante das limitações inerentes à técnica.

Essa preocupação torna-se ainda mais evidente nos casos de mandíbula posterior atrófica. Nessa condição clínica, a reduzida altura óssea disponível frequentemente impõe ao profissional o desafio de equilibrar a obtenção de estabilidade primária adequada e a preservação das estruturas anatômicas adjacentes. Em muitos casos, a proximidade do canal mandibular constitui o principal fator limitante para a escolha do comprimento dos implantes, tornando indispensável a realização de planejamento tridimensional minucioso e a adoção de protocolos cirúrgicos capazes de maximizar a segurança do procedimento (SRIVASTAVA et al., 2025).

Embora a manutenção da margem de segurança de 2 mm permaneça amplamente recomendada, alguns estudos recentes têm demonstrado a possibilidade de utilização de distâncias menores em situações cuidadosamente planejadas e executadas com recursos tecnológicos avançados. Em relato clínico envolvendo mandíbula posterior severamente atrófica, a utilização de sistema de navegação dinâmica permitiu a instalação de implantes em proximidade aproximada de 1,7 mm do nervo alveolar inferior, sem ocorrência de alterações neurossensoriais pós-operatórias. Os autores destacaram que a elevada precisão obtida foi diretamente dependente do planejamento tridimensional detalhado, da navegação em tempo real e da criteriosa seleção do caso clínico, não devendo tais resultados ser generalizados para todas as situações clínicas (CHEN et al., 2022).

Os estudos analisados nesta revisão demonstram consenso quanto à superioridade da cirurgia guiada em relação à previsibilidade do posicionamento dos implantes, porém não fornecem evidências suficientes para justificar o abandono da margem de segurança tradicionalmente recomendada. Ao contrário, os desvios ainda observados na prática clínica sugerem que a manutenção de aproximadamente 2 mm de distância entre o ápice do implante e o canal mandibular continua representando a conduta mais prudente, sobretudo em pacientes com mandíbula posterior atrófica e em situações nas quais a disponibilidade óssea é limitada (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016; ZHOU et al., 2018).

Diante das evidências atualmente disponíveis, observa-se que os avanços tecnológicos contribuíram para aumentar a precisão dos procedimentos e reduzir os riscos cirúrgicos, porém não eliminaram completamente a possibilidade de desvios capazes de comprometer estruturas anatômicas críticas. Assim, a recomendação de uma margem de segurança de aproximadamente 2 mm permanece respaldada pela literatura científica e continua sendo considerada um importante parâmetro para o planejamento seguro da instalação de implantes próximos ao canal mandibular. Ao mesmo tempo, experiências clínicas recentes indicam que distâncias menores podem ser viáveis em situações altamente controladas e apoiadas por tecnologias avançadas de navegação, evidenciando a necessidade de novos estudos clínicos que permitam definir, com maior precisão, os limites de segurança aplicáveis aos diferentes cenários anatômicos encontrados na prática implantológica.

5.4 MANDÍBULA POSTERIOR ATRÓFICA: DESAFIOS ANATÔMICOS E IMPLICAÇÕES CLÍNICAS PARA A INSTALAÇÃO DE IMPLANTES

A reabilitação implantar da mandíbula posterior atrófica representa um dos maiores desafios da implantodontia contemporânea devido às limitações anatômicas impostas pela perda progressiva de volume ósseo após a exodontia. O processo de reabsorção óssea alveolar ocorre de forma contínua ao longo do tempo e tende a ser mais acentuado na mandíbula do que na maxila, resultando em redução significativa da altura óssea disponível para instalação de implantes. Como consequência, a distância entre a crista óssea residual e o canal mandibular torna-se progressivamente menor, aumentando a complexidade do planejamento cirúrgico e o risco de comprometimento do nervo alveolar inferior (SRIVASTAVA et al., 2025).

Nessas condições, a obtenção de estabilidade primária adequada frequentemente entra em conflito com a necessidade de preservação das estruturas anatômicas adjacentes. A utilização de implantes mais longos pode favorecer a estabilidade mecânica inicial, porém aumenta o risco de aproximação excessiva ao canal mandibular. Por outro lado, a utilização de implantes curtos reduz o risco de lesão neurosensorial, mas pode impor limitações biomecânicas dependendo das condições ósseas e protéticas de cada caso. Dessa forma, a escolha do comprimento e da posição dos implantes exige análise individualizada e criteriosa, considerando simultaneamente aspectos anatômicos, funcionais e protéticos (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

13

A introdução da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) promoveu avanços significativos na avaliação pré-operatória dessas regiões anatômicas. A visualização tridimensional da mandíbula permite identificar com maior precisão a localização do canal mandibular, mensurar a altura óssea disponível e avaliar possíveis variações anatômicas que poderiam passar despercebidas em exames bidimensionais. Consequentemente, o planejamento virtual passou a desempenhar papel fundamental na redução de riscos cirúrgicos e na definição de estratégias terapêuticas mais seguras para pacientes com severa reabsorção óssea (DIOGUARDI et al., 2023).

Além da limitação vertical, a mandíbula posterior atrófica frequentemente apresenta alterações morfológicas que podem influenciar a trajetória de inserção dos implantes e a estabilidade dos guias cirúrgicos. Modificações na espessura óssea vestibulolingual, irregularidades da crista alveolar e alterações relacionadas à qualidade óssea constituem fatores capazes de interferir na precisão da instalação dos implantes. Nessas situações, mesmo pequenas discrepâncias entre o planejamento virtual e a execução clínica podem assumir relevância

significativa devido à reduzida margem de segurança existente entre o implante e o canal mandibular (ZHOU et al., 2018).

Diante dessas limitações anatômicas, a cirurgia guiada sem retalho tem sido apontada como uma alternativa capaz de aumentar a previsibilidade do procedimento e minimizar a morbidade cirúrgica. Entretanto, sua utilização não elimina a necessidade de criteriosa seleção dos casos e de rigoroso planejamento pré-operatório. A segurança da técnica depende diretamente da qualidade das informações obtidas por meio dos exames de imagem, da precisão do planejamento digital e da correta execução do protocolo cirúrgico. Assim, em mandíbulas posteriores atróficas, a adoção de margens de segurança compatíveis com os desvios clinicamente observados continua sendo um dos principais fatores para prevenção de complicações neurosensoriais e para obtenção de resultados clínicos previsíveis (ROMANDINI et al., 2023).

Os achados da presente revisão sugerem que a associação entre planejamento tridimensional, cirurgia guiada e respeito aos limites anatômicos representa atualmente a abordagem mais segura para instalação de implantes em mandíbulas posteriores atróficas. Entretanto, a escassez de estudos especificamente direcionados à definição da menor distância segura entre implantes e canal mandibular demonstra que ainda existem lacunas importantes na literatura, reforçando a necessidade de investigações futuras voltadas para o estabelecimento de protocolos clínicos mais precisos e baseados em evidências.

5.5 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados analisados nesta revisão demonstram que a cirurgia guiada sem retalho representa um importante avanço na implantodontia, especialmente em situações de elevada complexidade anatômica. A integração entre exames tomográficos tridimensionais, planejamento virtual e guias cirúrgicos confeccionados por sistemas digitais tem contribuído para maior previsibilidade no posicionamento dos implantes, reduzindo a ocorrência de complicações relacionadas ao planejamento inadequado e favorecendo abordagens menos invasivas. Além disso, a diminuição da morbidade pós-operatória e a preservação dos tecidos peri-implantares constituem vantagens clínicas frequentemente associadas à utilização dessa técnica (ROMANDINI et al., 2023; DIOGUARDI et al., 2023).

Entretanto, as evidências científicas disponíveis indicam que a elevada precisão proporcionada pelos sistemas guiados não deve ser interpretada como garantia absoluta de

segurança. Os desvios lineares e angulares observados entre o planejamento virtual e a posição final dos implantes permanecem clinicamente relevantes, particularmente em regiões onde a disponibilidade óssea é limitada e as estruturas anatômicas encontram-se próximas à área cirúrgica. Dessa forma, a confiança exclusiva na tecnologia digital, sem a consideração das limitações inerentes aos sistemas de navegação e guias cirúrgicos, pode aumentar o risco de complicações potencialmente graves (ZHOU et al., 2018).

Sob a perspectiva clínica, os achados reforçam a importância da manutenção de protocolos rigorosos de planejamento pré-operatório. A avaliação detalhada da anatomia local por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico, associada à análise criteriosa da qualidade e da quantidade óssea disponíveis, continua sendo fundamental para a definição do posicionamento ideal dos implantes. Em mandíbulas posteriores atroficas, essa etapa assume importância ainda maior, uma vez que a reduzida distância entre a crista óssea residual e o canal mandibular limita significativamente a margem de erro aceitável durante a execução do procedimento (SRIVASTAVA et al., 2025).

Outro aspecto relevante refere-se à necessidade de individualização do planejamento cirúrgico. Embora a literatura apresente a margem de segurança de aproximadamente 2 mm como referência amplamente aceita para proteção do nervo alveolar inferior, a aplicação desse parâmetro deve considerar as particularidades anatômicas de cada paciente, bem como as características do sistema guiado empregado. Dessa forma, a tomada de decisão clínica deve resultar da associação entre evidências científicas, experiência profissional e análise das condições específicas encontradas em cada caso (GARCIA BLANCO; PUJA, 2016).

Além dos aspectos relacionados à precisão cirúrgica e à segurança anatômica, evidências recentes têm demonstrado benefícios clínicos relevantes associados à cirurgia guiada sem retalho. A redução do trauma cirúrgico, da morbidade pós-operatória e do desconforto relatado pelos pacientes constitui uma das principais vantagens dessa abordagem minimamente invasiva. Tais características contribuem para uma experiência terapêutica mais favorável e reforçam o potencial da cirurgia guiada para otimizar não apenas os resultados cirúrgicos, mas também aspectos relacionados à qualidade do tratamento e à satisfação dos pacientes (ROMANDINI et al., 2023).

Em relação às perspectivas futuras, observa-se crescente interesse pelo desenvolvimento de tecnologias capazes de ampliar ainda mais a precisão dos procedimentos implantares. Sistemas de navegação dinâmica em tempo real, softwares de inteligência artificial aplicados ao

planejamento cirúrgico e métodos avançados de integração de imagens tridimensionais despontam como ferramentas promissoras para a redução dos desvios operatórios e para o aumento da segurança clínica. Resultados clínicos recentes obtidos com sistemas de navegação dinâmica sugerem que tais tecnologias poderão desempenhar papel importante na ampliação da previsibilidade dos procedimentos realizados em regiões anatômicas críticas, especialmente quando a disponibilidade óssea é limitada (CHEN et al., 2022).

Contudo, apesar do avanço tecnológico contínuo, ainda são necessários estudos clínicos prospectivos e de longo prazo que investiguem especificamente a relação entre a precisão da cirurgia guiada sem retalho e os limites mínimos de segurança em relação ao canal mandibular. A definição de protocolos baseados em evidências robustas poderá contribuir para maior padronização dos procedimentos e para redução da variabilidade observada entre diferentes sistemas de planejamento e execução cirúrgica.

Dessa forma, os achados da presente revisão sugerem que a cirurgia guiada sem retalho constitui uma alternativa segura e previsível para a instalação de implantes em mandíbulas posteriores atróficas, desde que associada a planejamento tridimensional rigoroso e ao respeito às margens de segurança recomendadas pela literatura. Ao mesmo tempo, evidenciam a necessidade de fortalecimento das pesquisas voltadas para a definição de parâmetros clínicos mais precisos que orientem a tomada de decisão em situações de reduzida disponibilidade óssea e elevado risco anatômico.

CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa permitiu analisar as evidências científicas disponíveis acerca dos limites de segurança para instalação de implantes próximos ao canal mandibular em cirurgias guiadas sem retalho realizadas na mandíbula posterior atrofica. Os estudos avaliados demonstraram que a utilização da cirurgia guiada associada ao planejamento tridimensional contribui significativamente para o aumento da precisão cirúrgica, favorecendo o correto posicionamento dos implantes e reduzindo o risco de complicações relacionadas às estruturas anatômicas adjacentes.

Entretanto, verificou-se que a elevada precisão proporcionada pelos sistemas digitais não elimina completamente a ocorrência de desvios lineares e angulares entre o planejamento virtual e a posição final dos implantes. Dessa forma, a adoção de margens de segurança adequadas permanece fundamental para a prevenção de lesões do nervo alveolar inferior,

especialmente em pacientes com mandíbula posterior atrófica, nos quais a disponibilidade óssea vertical encontra-se reduzida.

As evidências analisadas indicam que a manutenção de uma distância aproximada de 2 mm entre o ápice do implante e o canal mandibular continua representando a conduta mais prudente e respaldada pela literatura científica atual. Embora avanços tecnológicos tenham ampliado a previsibilidade dos procedimentos e estimulado discussões sobre a possibilidade de redução dessa margem em situações específicas, ainda não existem evidências suficientes para recomendar, de forma ampla e segura, a adoção de distâncias menores em regiões de elevado risco anatômico.

Conclui-se, portanto, que a cirurgia guiada sem retalho constitui uma alternativa segura e eficaz para a reabilitação da mandíbula posterior atrófica, desde que associada a planejamento tomográfico detalhado, criteriosa avaliação anatômica e respeito aos limites de segurança estabelecidos. Além disso, observa-se a necessidade de novos estudos clínicos prospectivos que permitam estabelecer parâmetros mais precisos para a definição da menor distância segura entre implantes e canal mandibular, contribuindo para o aprimoramento dos protocolos clínicos e para a segurança dos pacientes submetidos à terapia implantar.

REFERÊNCIAS

CHEN, L. W.; LI, X. F.; ZHANG, Y. et al. Dynamic navigation system-guided trans-inferior alveolar nerve implant placement in the atrophic posterior mandible: a case report. *World Journal of Clinical Cases*, Beijing, v. 10, n. 12, p. 3907-3915, 2022. DOI: 10.12998/wjcc.v10.i12.3907.

DIOGUARDI, Mario; SPIRITO, Francesca; QUARTA, Cristian et al. Guided dental implant surgery: systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, Basel, v. 12, n. 4, p. 1490, 2023. DOI: 10.3390/jcm12041490.

GARCIA BLANCO, M.; PUIA, S. A. Safety zone to mandibular canal for posterior mandible implant surgeries. *Journal of Dentistry & Oral Disorders*, Austin, v. 2, n. 6, p. 1030, 2016.

ROMANDINI, Mario; RUALES-CARRERA, Edwin; SADILINA, Sofya et al. Minimal invasiveness at dental implant placement: a systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. *Periodontology 2000*, Copenhagen, v. 91, n. 1, p. 89-112, 2023. DOI: 10.1111/prd.12440.

SHABANA, Hamzah; MARKOVIC, Lobo; DI FELICE, Roberto; LOMBARDI, Tommaso; PEREZ, Alexandre. Guided versus freehand dental implant placement: where we stand? A narrative review based on a systematic literature search. *Applied Sciences*, Basel, v. 16, p. 5071, 2026. DOI: 10.3390/app16105071.

SRIVASTAVA, Vandita; BANSAL, Rajesh; CHATTOPADHYAY, Kausik; BANSAL, Monika. Implant placement in the atrophic mandibular posterior region using the inferior alveolar nerve bypass technique after assessing the bone relative to the mandibular canal: a prospective interventional pilot study. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, Mumbai, v. 16, n. 1, p. 109-117, 2025. DOI: 10.4103/njms.njms_49_24.

ZHOU, Wenjuan; LIU, Zhonghao; SONG, Liansheng; KUO, Chia-Ling; SHAFER, David M. Clinical factors affecting the accuracy of guided implant surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, St. Louis, v. 18, n. 1, p. 28-40, 2018. DOI: 10.1016/j.jebdp.2017.07.007.