

A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE ÓSSEA NA PREVISIBILIDADE DOS PROTOCOLOS DE CARGA IMEDIATA EM IMPLANTES DENTÁRIOS

THE INFLUENCE OF BONE QUALITY ON THE PREDICTABILITY OF IMMEDIATE LOADING PROTOCOLS IN DENTAL IMPLANTS

Anselmo Junio Pedroso Matos

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Elaine Silva Rodrigues

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Jaqueline Miquelin Todesco

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Jordanny Santos Oliveira

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Juçara Brito Meirelles

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Mário Jorge Souza Ferreira Filho

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Patrícia Nahmias Costa

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Paula de Oliveira Cunha

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Regina Cristina Lima da Silva

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

Rodrigo Marrochio Pavane

Instituto de Ensino Superior Capixaba, Brasil

DOI: <https://doi.org/10.46550/ilustracao.v7i1.525>

Publicado em: 09.02.2026

Resumo: O presente trabalho, realizado por meio de uma revisão narrativa da literatura, teve como objetivo analisar a influência da qualidade óssea na previsibilidade dos protocolos de carga imediata aplicados a implantes dentários. A estabilidade primária, fator determinante para o êxito da osseointegração, demonstrou estar diretamente relacionada à densidade (D) e à microarquitetura



A Ilustração (ISSN 2675-908X) está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

do tecido ósseo receptor. Evidências apontam que ossos classificados como D1 e D2 proporcionam maior previsibilidade clínica, favorecendo a ancoragem inicial do implante e, consequentemente, o sucesso do protocolo de carga imediata. Em contrapartida, ossos do tipo D3 e D4, caracterizados por menor densidade trabecular e maior conteúdo medular, representam um desafio adicional para o clínico, exigindo adaptações no planejamento cirúrgico e protético. Dentre as estratégias recomendadas para otimizar os resultados em substratos ósseos menos densos, destacam-se a utilização de implantes com macrogeometria cônica, rosas de padrão mais agressivo, fresagem subdimensionada do leito ósseo e rigoroso controle de contatos oclusais durante a fase inicial da osseointegração. Os estudos analisados reforçam que, embora a carga imediata seja um protocolo consagrado e amplamente utilizado, sua aplicação requer uma avaliação criteriosa da qualidade óssea, aliada à adoção de parâmetros biomecânicos adequados para minimizar micro movimentações e garantir estabilidade. Conclui-se que os avanços tecnológicos no *design* dos implantes, nas superfícies tratadas e nas técnicas cirúrgicas, quando integrados a um planejamento individualizado e bem fundamentado, permitem a execução segura e eficaz da carga imediata, mesmo em condições ósseas desfavoráveis. Dessa forma, a correta interpretação das características do tecido ósseo e a seleção de abordagens clínicas apropriadas são fatores cruciais para o sucesso a longo prazo dos implantes dentários em protocolos de carga imediata.

Palavras-chave: qualidade óssea, carga imediata, implantes dentários, estabilidade primária, osseointegração.

Abstract: This study, conducted through a narrative literature review, aimed to analyze the influence of bone quality on the predictability of immediate loading protocols applied to dental implants. Primary stability, a determining factor for the success of osseointegration, has been shown to be directly related to the density (D) and microarchitecture of the recipient bone tissue. Evidence suggests that bones classified as D1 and D2 provide greater clinical predictability, favoring initial implant anchorage and, consequently, the success of the immediate loading protocol. In contrast, D3 and D4 type bones, characterized by lower trabecular density and higher medullary content, represent an additional challenge for the clinician, requiring adaptations in surgical and prosthetic planning. Among the strategies recommended to optimize results in less dense bone substrates, the following stand out: the use of implants with conical macrogeometry, more aggressive thread patterns, undersized bone bed milling, and rigorous control of occlusal contacts during the initial phase of osseointegration. The studies analyzed reinforce that, although immediate loading is a well-established and widely used protocol, its application requires a careful assessment of bone quality, combined with the adoption of appropriate biomechanical parameters to minimize micromovements and ensure stability. It is concluded that technological advances in implant design, treated surfaces, and surgical techniques, when integrated with individualized and well-founded planning, allow for the safe and effective execution of immediate loading, even in unfavorable bone conditions. Thus, the correct interpretation of bone tissue characteristics and the selection of appropriate clinical approaches are crucial factors for the long-term success of dental implants in immediate loading protocols.

Keywords: bone quality, immediate loading, dental implants, primary stability, osseointegration.

Introdução

O avanço da implantodontia representou uma transformação paradigmática na reabilitação oral, proporcionando aos pacientes soluções terapêuticas altamente previsíveis, funcionais e esteticamente satisfatórias. A introdução do conceito de osseointegração, inicialmente descrito por Bränemark na década de 1960, estabeleceu um novo modelo biológico e clínico, baseado na integração direta e estável entre o tecido ósseo e a superfície do implante, sem a interposição de tecido conjuntivo (Bränemark et al., 1977). Tal conceito tornou-se o alicerce dos tratamentos implantossuportados, revolucionando os protocolos odontológicos e elevando os índices de sucesso a patamares superiores a 95% em longo prazo (Albrektsson et al., 1986).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, aprimoramento das superfícies implantáveis, evolução dos desenhos macro e microestruturais dos implantes, além do aprofundamento no entendimento dos processos biomecânicos e biológicos, emergiu a possibilidade da carga imediata, definida como a instalação de uma prótese provisória funcional dentro de um período de até 48 horas após a inserção do implante (Gallucci et al., 2018). Entretanto, para que este protocolo seja viável e previsível, é imprescindível que sejam respeitados critérios rigorosos relacionados à estabilidade primária, qualidade óssea, controle da micro movimentação e adequada distribuição de cargas (Javed, Romanos, 2010).

Entre os fatores críticos que impactam diretamente o sucesso da carga imediata, a qualidade óssea assume papel central. A densidade e a microarquitetura do tecido ósseo são determinantes para a obtenção da estabilidade primária — fator biomecânico indispensável para garantir a ausência de mobilidade excessiva do implante durante o período inicial de cicatrização (Coelho, Jimbo, 2015). A literatura científica é consistente ao demonstrar que falhas precoces estão frequentemente associadas a situações em que a densidade óssea é insuficiente para resistir às forças funcionais, comprometendo a osseointegração e favorecendo a formação de tecido fibroso ao redor do implante (Rosa et al., 2019; Tettamanti et al., 2019).

Considerando a importância desse tema para a prática clínica e a crescente demanda por tratamentos mais ágeis e eficientes, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura acerca da influência da qualidade óssea na aplicação da carga imediata em implantes dentários. Serão abordados os fundamentos biomecânicos, as principais classificações da densidade óssea e os critérios clínicos necessários para a indicação segura desse protocolo, contribuindo para a tomada de decisão baseada em evidências científicas.

Revisão de literatura

Implantodontia e evolução da carga imediata

A implantodontia contemporânea representa o resultado de avanços científicos, tecnológicos e biológicos que, nas últimas décadas, revolucionaram os métodos de reabilitação

oral, proporcionando aos pacientes alternativas terapêuticas altamente previsíveis, funcionais e esteticamente satisfatórias. A introdução do conceito de osseointegração, descrito inicialmente por Bränemark et al. (1977), foi um marco que possibilitou a ancoragem biomecânica estável do implante no tecido ósseo, sem a interposição de tecido conjuntivo, permitindo taxas de sucesso superiores a 95% quando associados a critérios rigorosos de planejamento e execução clínica (Albrektsson et al., 1986).

Os protocolos convencionais preconizavam um período de cicatrização óssea de três a seis meses antes da instalação da prótese, período considerado necessário para a formação da interface osso-implante e para garantir a osseointegração estável e duradoura (Misch, 2020). No entanto, os avanços nas superfícies dos implantes — com o desenvolvimento de tratamentos físico-químicos que aumentam a rugosidade e melhoram a molhabilidade — aliados à evolução da macrogeometria dos implantes, com rosas mais agressivas, design cônicoo e conexão interna, proporcionaram melhores índices de estabilidade primária e, consequentemente, a viabilidade de protocolos de carga imediata (Gallucci et al., 2018; Coelho, Jimbo, 2015).

A carga imediata é conceituada como a instalação de uma prótese — provisória ou definitiva — em um período de até 48 horas após a colocação do implante, desde que não apresente contatos oclusais em excêntrica, minimizando, assim, o risco de micromovimentações que possam comprometer o processo de osseointegração (Gallucci et al., 2018; Javed, Romanos, 2010). A adoção deste protocolo oferece benefícios clínicos e psicológicos relevantes, incluindo a redução do tempo total de tratamento, a preservação da arquitetura dos tecidos moles peri-implantares, melhoria na estética, especialmente em áreas anteriores, além de contribuir significativamente para o conforto, autoestima e satisfação do paciente (Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Contudo, apesar dos avanços que sustentam a carga imediata como uma alternativa previsível, seu sucesso depende de critérios fundamentais, entre eles: a obtenção de estabilidade primária adequada, controle biomecânico das cargas, avaliação da qualidade óssea e correto planejamento da oclusão. Nesse contexto, a densidade óssea emerge como um dos fatores críticos, influenciando diretamente na capacidade de resistência do tecido ósseo à instalação do implante e, por consequência, na viabilidade da carga imediata (Javed, Romanos, 2010).

Qualidade óssea: classificações e implicações clínicas

A qualidade óssea representa um fator crítico e determinante na previsibilidade da osseointegração e, especialmente, na viabilidade de protocolos cirúrgicos que envolvem a carga imediata em implantes dentários. Este conceito abrange não apenas a densidade mineral óssea, mas também a microarquitetura do osso trabecular e cortical, influenciando diretamente na resistência mecânica, na obtenção da estabilidade primária e, consequentemente, na longevidade dos implantes (Misch, 2020; Coelho, Jimbo, 2015).

Estudos demonstram que a qualidade óssea impacta diretamente a capacidade de distribuição de tensões ao redor do implante, a resposta biológica ao processo de cicatrização e a resistência às micromovimentações que podem comprometer a osseointegração, especialmente nos primeiros estágios pós-instalação (Javed, Romanos, 2010; Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Diferentes classificações foram propostas na literatura para categorizar a qualidade óssea, sendo as mais utilizadas na prática clínica aquelas propostas por Lekholm & Zarb (1985) e Misch (2008).

Classificação de Lekholm e Zarb (1985)

A classificação proposta por Lekholm & Zarb, em 1985, apresenta caráter qualitativo e baseia-se na avaliação subjetiva da proporção entre osso cortical e trabecular, observada tanto por meio de exames de imagem quanto durante a inspeção clínica no ato cirúrgico. Nesse sistema, o osso tipo 1 é descrito como aquele praticamente constituído por tecido cortical extremamente denso, apresentando quantidade mínima de osso trabecular.

Por sua vez, o tipo 2, é caracterizado pela presença de uma camada cortical espessa, associada a um trabeculado ósseo denso e bem organizado, conferindo boa resistência mecânica. Já o tipo 3 apresenta uma cortical mais delgada, combinada com um trabeculado de densidade intermediária, oferecendo estabilidade moderada. Por fim, o tipo 4 corresponde a uma estrutura óssea com cortical extremamente fina e um trabeculado ósseo frouxo e pouco denso, condição que representa maior desafio para obtenção de estabilidade primária, especialmente em protocolos que envolvem carga imediata.

Do ponto de vista anatômico, o osso tipo 1 é mais frequentemente observado na região anterior da mandíbula, considerado ideal para a obtenção de alta estabilidade primária. Por outro lado, o osso tipo 4, predominante na região posterior da maxila, representa um grande desafio biomecânico devido à sua baixa capacidade de resistência, elevando o risco de falhas, especialmente em protocolos de carga imediata (Lekholm, Zarb, 1985; De Medeiros et al., 2018).

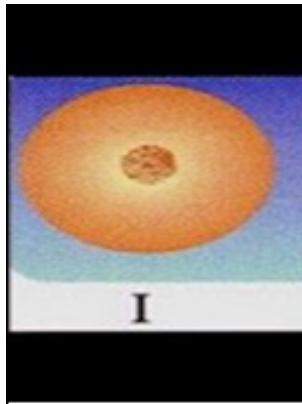
Classificação de Misch (2008)

Buscando maior objetividade na avaliação da qualidade óssea, Misch (2020) propôs uma classificação baseada na densidade óssea mensurada em Unidades *Hounsfield* (UH), obtidas por meio de exames de tomografia computadorizada. Este modelo permite uma análise quantitativa mais precisa, correlacionando a densidade óssea com o comportamento biomecânico durante a instalação do implante.

A Figura 1 representa o osso cortical extremamente denso, geralmente encontrado na região anterior da mandíbula ($D1: \geq 1250$ UH). Apresenta altíssima resistência mecânica, mas

também risco aumentado de necrose térmica se a fresagem não for adequada. Exemplo: dentes incisivos centrais inferiores (Misch, 2020).

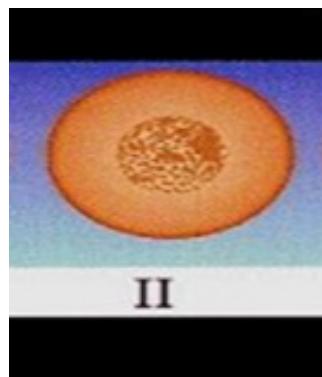
Figura 1 – Osso tipo I



Fonte: Misch, 2020.

Na sequência, a Figura 2 mostra o osso cortical espesso combinado a trabeculado denso (D2: 850–1250 UH). Oferece excelente estabilidade primária e é considerado ideal para carga imediata. Exemplo: dentes incisivos centrais superiores, pré molares inferiores e molares inferiores (Misch, 2020).

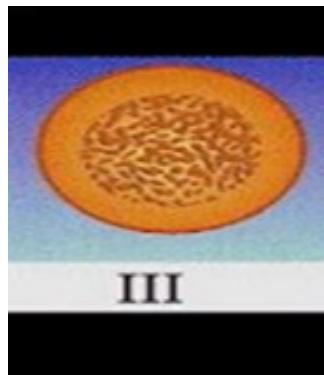
Figura 2 – Osso tipo II



Fonte: Misch, 2020.

O caso seguinte, ilustrado pela Figura 3, traz o osso com cortical delgada e trabeculado de densidade intermediária (D3: 350–850 UH). Necessita de protocolos cirúrgicos modificados para alcançar estabilidade satisfatória. Exemplo: dentes pré molares superiores e inferiores, molares inferiores próximos ao tuber (Misch, 2020).

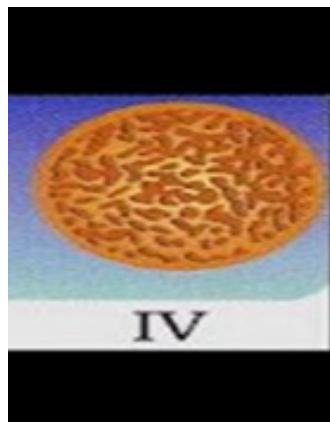
Figura 3 – Osso tipo III



Fonte: Misch, 2020.

Finalmente, a Figura 4 evidencia o osso com cortical muito delgada e trabeculado frouxo (D4:150–350 UH). Comporta-se como substrato de baixa resistência, tornando-se altamente desafiador para a obtenção de estabilidade primária adequada. Exemplo: dentes molares superiores (Misch, 2020).

Figura 4 – Osso tipo IV



Fonte: Misch, 2020.

Implantes instalados em ossos D1 e D2 apresentam comportamento biomecânico favorável, permitindo alcançar torques de inserção superiores a 30 Ncm, parâmetro considerado mínimo para viabilizar a carga imediata (Javed, Romanos, 2010; Gallucci et al., 2018).

Por outro lado, os ossos D3 e D4 demandam a adoção de estratégias clínicas compensatórias, como:

- a. Fresagem subdimensionada, reduzindo o diâmetro do leito ósseo para maximizar o efeito compressivo do implante.
- b. Escolha de implantes cônicos e com roscas de perfil agressivo, que favorecem a compactação óssea e o aumento da estabilidade primária.
- c. Distribuição estratégica dos implantes, com aumento do número de unidades, quando possível, para diluir as forças mastigatórias.
- d. Controle rigoroso da oclusão provisória, evitando contatos prematuros, sobretudo em movimentos excêntricos.

Além disso, a utilização de biomateriais osteocondutores ou técnicas de melhoria da qualidade óssea, como enxertos ou plasma rico em fibrina (PRF), tem sido indicada como adjuvante em casos de osso D4, embora seu efeito imediato na estabilidade primária ainda seja tema de estudos (Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Portanto, a compreensão acurada da qualidade óssea, por meio de classificações fundamentadas e ferramentas de diagnóstico precisas, é essencial para o planejamento cirúrgico e para o êxito dos protocolos de carga imediata, impactando diretamente na taxa de sucesso e na longevidade dos implantes.

Biomecânica da interface osso-implante na carga imediata

O sucesso dos implantes dentários, especialmente em protocolos de carga imediata, está diretamente relacionado aos princípios biomecânicos que regem a interface osso-implante. Nesse contexto, dois fatores são fundamentais para garantir a osseointegração e a longevidade do implante: a estabilidade primária e a estabilidade secundária.

A estabilidade primária é de natureza mecânica, representando o travamento físico do implante no tecido ósseo imediatamente após sua instalação. Ela é determinada, sobretudo, pela qualidade óssea, pela macrogeometria do implante, pelo protocolo de fresagem e pela técnica cirúrgica empregada (Javed, Romanos, 2010; Gallucci et al., 2018). Por sua vez, a estabilidade secundária é de caráter biológico, resultante da resposta regenerativa do tecido ósseo ao redor do implante, envolvendo processos de remodelação, neoformação óssea e mineralização, que consolidam a osseointegração ao longo do tempo (Coelho, Jimbo, 2015).

Para que o protocolo de carga imediata seja bem-sucedido, é essencial que o implante atinja níveis adequados de estabilidade primária, minimizando micro movimentações na fase inicial, as quais poderiam levar à formação de tecido fibroso ao invés de tecido ósseo, comprometendo a osseointegração (De Medeiros et al., 2018).

A literatura recomenda, como parâmetro biomecânico mínimo, um torque de inserção de, no mínimo, 30 Ncm, sendo valores entre 35 e 45 Ncm considerados ideais para protocolos de carga imediata. Valores superiores, quando excessivos, devem ser evitados para não gerar necrose óssea por compressão, especialmente em ossos de alta densidade (D1) (Gallucci et al., 2018; Javed, Romanos, 2010).

De forma geral, os ossos D1 e D2 oferecem substrato biomecânico favorável para alcançar esses valores de torque, devido à sua alta densidade e resistência mecânica. Em contrapartida, os ossos D3 e D4 representam um desafio clínico, pois a baixa densidade e a menor quantidade de cortical dificultam a obtenção de estabilidade primária adequada, exigindo a adoção de técnicas cirúrgicas específicas, como fresagem subdimensionada e uso de implantes com macrogeometria cônica e roscas agressivas (Coelho, Jimbo, 2015; Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Além do torque de inserção, outro parâmetro amplamente utilizado na prática clínica é o *Implant Stability Quotient* (ISQ), obtido por meio da técnica de análise de frequência de ressonância (RFA). Este método não invasivo permite mensurar a estabilidade do implante em escala numérica, variando de 1 a 100, sendo que valores acima de 65 são considerados ideais para a indicação de carga imediata, refletindo uma estabilidade biomecânica suficiente para suportar as cargas funcionais no período de cicatrização (Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Portanto, a análise biomecânica da interface osso-implante deve considerar não apenas a qualidade óssea, mas também variáveis como o desenho do implante, o protocolo cirúrgico adotado e a monitorização da estabilidade através de métodos objetivos, como o ISQ, o que permite maximizar as chances de sucesso dos implantes submetidos à carga imediata.

Evidências científicas sobre qualidade óssea e carga imediata

As evidências científicas contemporâneas reforçam, de forma consistente, que a qualidade óssea constitui um dos principais fatores preditivos para o sucesso de protocolos de carga imediata em implantodontia. A densidade e a microarquitetura óssea exercem influência direta na obtenção de estabilidade primária, que é imprescindível para suportar as cargas funcionais impostas nos estágios iniciais do processo de osseointegração (Javed, Romanos, 2010; Gallucci et al., 2018).

Em uma metanálise de grande relevância, De Medeiros et al. (2018) demonstraram que implantes instalados em ossos de baixa densidade, classificados como D3 e D4, apresentam uma incidência significativamente maior de perda óssea marginal e falhas precoces, especialmente quando submetidos à carga imediata sem o cumprimento rigoroso dos critérios biomecânicos estabelecidos. Esses achados corroboram que o substrato ósseo insuficiente compromete a capacidade do implante de resistir às micromovimentações durante a fase crítica de cicatrização, favorecendo o desenvolvimento de tecido fibroso em detrimento da formação óssea estável.

Corroborando essa perspectiva, Wang et al. (2006) e Wittneben et al. (2023) destacam que a adoção de estratégias cirúrgicas e protéticas específicas é essencial para mitigar os riscos associados à baixa densidade óssea. Entre as principais recomendações técnicas encontram-se:

- a. A utilização de implantes com macrogeometria cônica, que promovem compressão lateral e maior travamento no osso trabecular;
- b. O emprego de rosas de padrão agressivo, que aumentam a superfície de contato e favorecem o torque de inserção;
- c. A realização de fresagem subdimensionada, reduzindo o diâmetro do leito ósseo e potencializando a estabilidade mecânica inicial;
- d. A distribuição estratégica das cargas, por meio de um maior número de implantes, quando possível, e de um controle rigoroso da oclusão, especialmente no período inicial, evitando contatos prematuros e forças excêntricas.

Apesar dos desafios impostos pela baixa densidade óssea, a literatura atual é unânime em afirmar que a carga imediata é um protocolo seguro e previsível, desde que baseada em uma avaliação criteriosa da qualidade óssea e na adoção de parâmetros biomecânicos rigorosos, tanto na fase cirúrgica quanto na protética (Coelho, Jimbo, 2015; Gallucci et al., 2018).

Portanto, conclui-se que, embora o protocolo de carga imediata esteja amplamente consolidado na prática clínica, sua viabilidade e longevidade estão intrinsecamente condicionadas à correta avaliação da qualidade óssea, sendo indispensável que o cirurgião implantodontista domine os princípios biomecânicos e as estratégias de compensação necessárias, especialmente em situações de osso tipo D3 e D4, que representam maior desafio biológico e mecânico.

Metodologia

O presente estudo consiste em uma revisão de literatura narrativa, cujo objetivo é analisar criticamente as principais evidências científicas disponíveis sobre a influência da qualidade óssea na viabilidade dos protocolos de carga imediata em implantes dentários. A escolha deste delineamento metodológico justifica-se pela possibilidade de realizar uma síntese abrangente e interpretativa dos conhecimentos atuais, considerando diferentes abordagens teóricas e práticas existentes na literatura especializada (Overcash, 2003).

A estratégia de busca foi estruturada a partir de pesquisas realizadas nas bases de dados *PubMed*®, *Scopus*®, *Scientific Electronic Library Online (SciELO)* e Literatura Latino- Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), reconhecidas pela ampla indexação de publicações científicas na área da saúde e odontologia. Foram utilizados como descritores os termos '*Bone Quality*', '*Immediate Loading*', '*Dental Implants*', '*Primary Stability*' e '*Osseointegration*', combinados entre si por meio dos operadores booleanos *AND* e *OR*, com o intuito de abranger o maior número possível de estudos relevantes que tratassem da interrelação entre qualidade óssea e estabilidade primária no contexto da carga imediata em implantodontia. Foram adotados como critérios de inclusão os artigos publicados no período compreendido entre 2010 e 2024, nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordassem de maneira direta e consistente a influência da qualidade óssea na aplicabilidade dos protocolos de carga imediata em implantes dentários, tanto em contextos clínicos quanto em revisões sistemáticas e estudos experimentais com aplicabilidade direta à prática clínica.

Por outro lado, foram excluídos da análise os estudos que apresentavam duplicidade nas bases, pesquisas realizadas exclusivamente com modelos animais que não apresentassem correlação direta com a prática clínica humana, além de resumos de eventos, dissertações, teses e artigos não disponibilizados na íntegra.

O processo de análise dos dados consistiu em uma leitura criteriosa dos textos completos dos artigos selecionados, com ênfase na identificação e extração das informações (fichamento) relacionadas à classificação da qualidade óssea, aos parâmetros biomecânicos necessários para a execução da carga imediata, aos índices de sucesso e falhas associadas a diferentes densidades

ósseas, bem como às estratégias cirúrgicas e protéticas adotadas para compensação dos desafios biomecânicos, especialmente em substratos ósseos de baixa densidade. As informações extraídas foram organizadas de forma a possibilitar uma discussão crítica e integrativa, permitindo compreender de que maneira a qualidade óssea impacta os desfechos clínicos em protocolos de carga imediata.

Discussão

A análise dos estudos selecionados permite confirmar que a qualidade óssea exerce influência direta e determinante na previsibilidade dos protocolos de carga imediata em implantodontia, especialmente no que se refere à obtenção de estabilidade primária, considerada o principal pré-requisito biomecânico para o sucesso desse protocolo (Javed, Romanos, 2010; Gallucci et al., 2018).

De acordo com De Medeiros et al. (2018), há uma correlação estatisticamente significativa entre baixa densidade óssea — especialmente em substratos classificados como D3 e D4 — e o aumento da incidência de perda óssea marginal precoce, além de maiores taxas de falhas na osseointegração quando não são adotadas medidas biomecânicas compensatórias. Este achado é corroborado por Wang et al. (2006) e Wittneben et al. (2023), que ressaltam a importância da aplicação rigorosa de critérios técnicos, tanto no ato cirúrgico quanto na fase protética, para assegurar a longevidade dos implantes submetidos à carga imediata.

Os avanços tecnológicos na indústria de implantes têm desempenhado papel fundamental na superação dos desafios impostos pela baixa qualidade óssea. A introdução de implantes com macrogeometria cônica, rosas de perfil agressivo e superfícies bioativas contribui significativamente para o aumento da área de contato osso-implante, favorecendo a obtenção de torques de inserção adequados mesmo em ossos menos densos (Coelho, Jimbo, 2015). Esses dispositivos são especialmente indicados para substratos D3 e D4, que historicamente representavam contraindicação relativa aos protocolos de carga imediata.

Além do torque de inserção, a utilização de ferramentas complementares como o *Implant Stability Quotient* (ISQ), obtido pela análise de frequência de ressonância (RFA), tem sido amplamente validada na literatura como um método confiável para a mensuração da estabilidade primária e para a tomada de decisão quanto à viabilidade da carga imediata. Estudos indicam que valores de ISQ superiores a 65 estão associados a taxas de sucesso elevadas, mesmo em condições ósseas desfavoráveis, desde que associados a protocolos de controle oclusal rigorosos e planejamento adequado da distribuição das cargas (Galucci et al., 2018; Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Importante destacar que a qualidade óssea não deve ser analisada isoladamente. Ela se insere em um contexto multifatorial que inclui variáveis como a macro e microgeometria do implante, o protocolo de fresagem, o controle da oclusão funcional, bem como as condições

sistêmicas do paciente, como densidade mineral óssea global, tabagismo, controle glicêmico e metabolismo ósseo (De Medeiros et al., 2018).

Apesar dos avanços, a literatura ainda evidencia que a aplicação da carga imediata em regiões de osso tipo D4, como na maxila posterior, permanece desafiadora e exige critérios extremamente rigorosos. Nesses casos, a adoção de estratégias como maior número de implantes, fresagem subdimensionada, uso de enxertos particulados para compactação óssea, bem como a utilização de biomateriais adjuvantes, como plasma rico em fibrina (PRF), são abordagens recomendadas para mitigar o risco de falhas (Wang et al., 2006; Wittneben et al., 2023).

Portanto, evidencia-se que, embora a qualidade óssea represente um fator de risco relevante, os avanços nas tecnologias implantológicas, aliados ao rigor no planejamento cirúrgico e protético, permitem expandir de forma segura e previsível a aplicação dos protocolos de carga imediata, inclusive em substratos ósseos considerados desafiadores.

Conclusão

A análise crítica da literatura científica evidencia, de forma inequívoca, que a qualidade óssea exerce um papel determinante na previsibilidade e no sucesso dos protocolos de carga imediata em implantodontia. A estabilidade primária, reconhecida como requisito biomecânico essencial para viabilização desse protocolo, está diretamente associada à densidade óssea e à microarquitetura trabecular e cortical. Substratos ósseos classificados como D1 e D2, por apresentarem maior resistência mecânica e capacidade de travamento inicial, favorecem significativamente a obtenção dessa estabilidade, tornando-os mais indicados para protocolos que envolvem carga imediata.

Por outro lado, em situações clínicas nas quais predominam condições ósseas desfavoráveis, especialmente nos tipos D3 e D4, a implementação da carga imediata demanda a adoção de estratégias cirúrgicas e protéticas altamente específicas. Nessas circunstâncias, torna-se imprescindível o uso de implantes com macrogeometria cônica, rosca de padrão mais agressivo, fresagem subdimensionada, incremento no número de implantes para redistribuição das forças oclusais e controle meticoloso da oclusão funcional. Paralelamente, a utilização de parâmetros biomecânicos objetivos, como torque de inserção mínimo de 30 Ncm e valores de ISQ superiores a 65, configura-se como uma ferramenta decisiva no processo de tomada de decisão clínica, impactando diretamente na previsibilidade do tratamento.

Apesar dos desafios inerentes aos casos de baixa densidade óssea, os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas, notadamente no desenvolvimento de superfícies implantáveis bioativas, na evolução dos desenhos macro e microgeométricos dos implantes e na incorporação de métodos precisos de monitoramento da estabilidade, têm possibilitado a expansão segura e previsível dos protocolos de carga imediata. Tais inovações têm permitido superar limitações que, anteriormente, representavam contraindicações relativas a esse tipo de abordagem.

Os achados deste estudo reforçam que o êxito dos protocolos de carga imediata não se limita exclusivamente às características da qualidade óssea, mas resulta da interação complexa entre múltiplos fatores biomecânicos, biológicos, cirúrgicos e protéticos. A adequada avaliação e o controle desses fatores, desde o planejamento até a execução clínica, são fundamentais para assegurar resultados reabilitadores duradouros, previsíveis e de alta performance funcional e estética.

Diante das limitações inerentes a uma revisão narrativa, somadas à constante evolução científica e tecnológica da implantodontia, torna-se imperativa a condução de estudos futuros que explorem temas emergentes e altamente relevantes para a especialidade. Entre as lacunas identificadas, destaca-se a necessidade de investigações que analisem a eficácia de superfícies implantáveis nanotecnológicas no incremento da osseointegração, especialmente em substratos ósseos com baixa densidade.

Além disso, há demanda por pesquisas clínicas longitudinais que avaliem a efetividade de biomateriais adjuvantes, como o plasma rico em fibrina (PRF) e *scaffolds* osteocondutores, na promoção da estabilidade primária em protocolos de carga imediata. Estudos randomizados e controlados que estabeleçam correlações robustas entre parâmetros objetivos de estabilidade — como torque de inserção e ISQ —, tipos ósseos e diferentes macrogeometrias de implantes são igualmente necessários para subsidiar o aperfeiçoamento dos critérios clínicos adotados.

Outro eixo de investigação altamente promissor refere-se à aplicação dos recursos da implantodontia digital, que engloba o planejamento virtual, o uso de guias cirúrgicos prototipados, a fresagem guiada e a impressão tridimensional. Tais recursos têm o potencial de aprimorar significativamente a previsibilidade dos protocolos de carga imediata, sobretudo em pacientes que apresentam padrões ósseos heterogêneos ou comprometidos.

Adicionalmente, faz-se necessário aprofundar o entendimento acerca da influência de condições sistêmicas, como osteopenia, osteoporose, diabetes mellitus e tabagismo, sobre a resposta óssea frente à carga imediata, bem como sobre o processo global de osseointegração. Esses fatores, frequentemente presentes na prática clínica, podem impactar de maneira decisiva a estabilidade primária e a longevidade dos implantes.

Diante desse panorama, se conclui que a contínua produção científica, aliada ao desenvolvimento tecnológico e à qualificação dos profissionais, é condição indispensável para o fortalecimento da base científica da implantodontia. Tal esforço permitirá não apenas aprimorar a previsibilidade e a segurança dos protocolos de carga imediata, mas também ampliar as possibilidades terapêuticas, oferecendo aos pacientes soluções reabilitadoras cada vez mais eficientes, seguras, personalizadas e sustentáveis no longo prazo.

Referências

- Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. International Journal of Oral and

Maxillofacial Implants 1986, 1(1): 11-25. Available from: URL: https://www.researchgate.net/publication/19633876_The_long-term_efficacy_of_currently_used_dental_implants_A_review_and_proposed_criteria_of_success

Bränemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period.

Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery 1977, 16:1-132. Available from: URL: https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/356184/Osseointegrated_implants_in_the_treatment_of_the_edentulous_jaw_Experience_from_a_10_year_period

Coelho PG, Jimbo R. Osseointegration: hierarchical designing encompassing the macrometer, micrometer, and nanometer length scales. Dental Materials 2015, 31(1): 37-52 Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25467952/>

De Medeiros FCFL, Kudo GAH, Leme BG, Saraiva PP, Verri FR, Honório HM, et al. Dental implants in patients with osteoporosis: a systematic review with meta-analysis. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery/Dental Implants 2018, 47(4): 480-91. Available from: URL: [https://www.ijoms.com/article/S0901-5027\(17\)31484-4/abstract](https://www.ijoms.com/article/S0901-5027(17)31484-4/abstract)

Gallucci GO, Benic G, Eckert SE, Papaspyridakos P, Schimmel M, Schrott TAR, et al. Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols. International Journal of Oral and Maxillofacial Implants 2018, 33: 229-34. Available from: URL: https://www.researchgate.net/publication/261035088_Consensus_Statements_and_Clinical_Recommendations_for_Implant>Loading_Protocols

Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading of dental implants: a literature review. Journal of Dentistry 2010, 38(8): 612-20. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300571210001223>

Lekholm U, Zarb GA. Tissue integrated dental prostheses. Quintessence International 1985, 16(1): 39-42. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3883391/>

Misch CE. Contemporary Implant Dentistry. 4. ed. St. Louis (MO): Mosby Elsevier; 2020.

Overcash JA. Narrative research: a review of methodology and relevance to clinical practice. Critical reviews in oncology/hematology 2003, 48(2):179–84. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14607381/>

Rosa EC, Deliberador TM, Nascimento TC de L do, Kintopp CC de A, Orsi JSR, et al. Does the implant-abutment interface interfere on marginal bone loss? A systematic review and meta-analysis. Braz. Oral. Res 2019, 33(suppl), e068. Available from: URL: <https://www.scielo.br/j/bor/a/Rs87cCpHGZCMN4vP5zFbwfM/?format=pdf&lang=en>

Tettamanti L, Andrisani C, Bassi MA, Vinci R, Silvestre-Rangil J, Tagliabue A. Immediate loading implants: review of the critical aspects. ORAL & Implantology 2017, 10(2): 129–39. Available from: URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5965071/>

Wang H-L, Ormianer Z, Palti A, Perel ML, Trisi P, Sammartino G. Consensus Conference on Immediate Loading: The Single Tooth and Partial Edentulous Areas. Implant Dentistry 2006, 15(4).

Wittneben JG, Molinero-Mourelle P, Hamilton A, Alnasser M, Obermaier B, Morton, D.;

Gallucci, G. O.; Wismeijer, D. Desempenho clínico de implantes unitários imediatamente instalados e imediatamente carregados na zona estética: uma revisão sistemática e meta-análise. Clinical Oral Implants Research 2023, 34(Suppl. 26): 266-303. Available from: URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/action/showCitFormats?doi=10.1111%2Fclr.14172&mobileUi=0>