



EGAS MONIZ SCHOOL
of HEALTH & SCIENCE

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
EGAS MONIZ

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA
DENTÁRIA**

**A INFLUÊNCIA DA ESTABILIDADE PRIMÁRIA NO
SUCESSO DE IMPLANTES DENTÁRIOS COM
CARGAS IMEDIATAS: UMA REVISÃO DA
LITERATURA**

Trabalho submetido por

Paulo Sérgio de Mello Guimarães Júnior

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2024



EGAS MONIZ SCHOOL
of HEALTH & SCIENCE

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
EGAS MONIZ

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**A INFLUÊNCIA DA ESTABILIDADE PRIMÁRIA NO
SUCESSO DE IMPLANTES DENTÁRIOS COM CARGAS
IMEDIATAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho submetido por

Paulo Sérgio de Mello Guimarães Júnior

grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Prof. Doutor Nuno Filipe Dourado Laranjeira

setembro de 2024

DEDICATÓRIA

“Aos meus pais, minhas avós, minha esposa e a minha família, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim para que eu pudesse alcançar os meus sonhos.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Nuno Laranjeira, por ter depositado sua confiança e ter me acolhido como seu orientando nesta rica pesquisa. Ao Instituto Universitário Egas Moniz, pela oportunidade de poder realizar o Mestrado Integrado em Medicina Dentária que serviu de grande aprendizado e crescimento profissional e pessoal.

Agradecer a Deus, por sempre iluminar e guiar o meu caminho. Agradeço também aos meus pais, minhas avós e ao meu padrinho por todo amor, carinho, incentivo, apoio e a atenção que me deram durante toda minha vida e que, mesmo distantes, sempre estiveram presentes.

Agradecer a minha esposa Iara, por todo amor, cumplicidade, paciência e por ter embarcado nessa jornada comigo, sempre me apoiando e dando forças para seguir em frente.

Não posso deixar de agradecer a senhora Madalena Martins, que nos acolheu, nos deu oportunidades e ajudou em momentos difíceis desde a nossa chegada a Portugal.

Ao meu amigo e Professor Luciano Praça, que tenho como exemplo e admiração na medicina dentária e que mesmo distante, sempre esteve disponível, me ouviu e me ensinou durante meus estudos. À Professora Ana Vieira e ao Professor Eduardo Guerreiro, que tornaram meus dias na clínica mais leves com boas trocas de conhecimento.

A todos meus amigos de faculdade, especialmente, Mohammed Ali, Rami Matri, Laroussi Belarbi, Jean, Maitê e sua família que, além de terem nos acolhido com todo amor, deixaram essa caminhada muito mais leve e se tornaram uma família para mim.

Resumo

A reabilitação com implantes irá depender fundamentalmente da integração biológica, funcional e estética dos implantes com as restaurações protéticas implanto-suportadas. Por esta razão, a osteointegração terá um papel importante no sucesso dos implantes e conseqüentemente das restaurações protéticas.

É conceptual que a estabilidade primária superior a 35N/cm é um bom indicador de sucesso dos implantes. Para que isso ocorra de forma eficiente, é essencial ter atenção a vários pontos, como a qualidade/tipo de osso, espessura de osso, o formato do implante, formato da rosca, o tipo de superfície do implante, as doenças sistémicas e hábitos dos pacientes, saúde periodontal, entre outros.

Atualmente existem meios e materiais disponíveis que podem auxiliar tanto na osteointegração quanto na quantificação da estabilidade primária do implante, permitindo a sua carga imediata.

Neste contexto, esta revisão bibliográfica tem como objetivo compreender o impacto da estabilidade primária no sucesso dos implantes com cargas imediatas.

Através desta revisão bibliográfica foi possível concluir que, embora a estabilidade primária seja importante na tomada de decisão da reabilitação com carga imediata, existem outros fatores que não devem ser descartados.

Palavras-chave: Estabilidade primária, carga imediata, Implante, Osteointegração.

Abstract

Rehabilitation with implants will fundamentally depend on the biological, functional, and aesthetic integration of implants with implant-supported prosthetic restorations. For this reason, osseointegration will play an important role in the success of implants and, consequently, prosthetic restorations.

It is conceptual that primary stability greater than 35N/cm is a good indicator of implant success. For this to occur efficiently, it is essential to pay attention to several points, such as the quality/type of bone, bone thickness, the shape of the implant, the shape of the thread, the type of implant surface, systemic diseases and habits of patients, periodontal health, among others.

Currently, there are means and materials available that can assist both in osseointegration and in quantifying the primary stability of the implant, allowing its immediate loading.

In this context, this literature review aims to understand the impact of primary stability on the success of implants with immediate loads.

Through this literature review, it was possible to conclude that, although primary stability is important in decision-making regarding immediate weight-bearing rehabilitation, there are other factors that should not be discarded.

Keywords: Primary stability, immediate loading, Implant, Osseointegration.

Resumen

La rehabilitación con implantes dependerá fundamentalmente de la integración biológica, funcional y estética de los implantes con las restauraciones protésicas implantosoportadas. Por este motivo, la osteointegración jugará un papel importante en el éxito de los implantes y, en consecuencia, de las restauraciones protésicas.

Es conceptual que una estabilidad primaria superior a 35 N/cm es un buen indicador del éxito del implante. Para que esto ocurra de manera eficiente, es fundamental prestar atención a varios puntos, como la calidad/tipo de hueso, espesor óseo, la forma del implante, la forma de la rosca, el tipo de superficie del implante, enfermedades sistémicas y hábitos de pacientes, salud periodontal, entre otros.

Actualmente existen medios y materiales disponibles que pueden ayudar tanto en la osteointegración como en la cuantificación de la estabilidad primaria del implante, permitiendo su carga inmediata.

En este contexto, esta revisión de la literatura tiene como objetivo comprender el impacto de la estabilidad primaria en el éxito de los implantes con cargas inmediatas.

A través de esta revisión de la literatura, fue posible concluir que, si bien la estabilidad primaria es importante en la toma de decisiones sobre la rehabilitación inmediata en carga, existen otros factores que no deben descartarse.

Palabras clave: Estabilidad primaria, carga inmediata, Implante, Osteointegración.

Índice Geral

I. INTRODUÇÃO.....	13
II. DESENVOLVIMENTO.....	15
1. Metodologia.....	15
2. Densidades Ósseas.....	15
2.1. Osso tipo D1.....	16
2.2. Osso tipo D2.....	17
2.3. Osso tipo D3.....	17
2.4. Osso tipo D4.....	17
2.5. Considerações sobre as densidades ósseas.....	18
3. Reabsorção e remodelação do tecido ósseo.....	20
4. Osteointegração.....	23
5. Implantes.....	26
6. Estabilidade Primária.....	32
6.1. Micromovimentação dos Implantes.....	34
7. Carga Imediata.....	37
III. CONCLUSÃO.....	41
IV. BIBLIOGRAFIA.....	43

Índice de Figuras

- Figura 1:** Representação esquemática das diferentes densidades ósseas demonstrando a quantidade de osso cortical e trabecular presente nos ossos tipo 1, tipo 2, tipo 3 e tipo 4 respectivamente (Adaptado de Misch, 2015).....18
- Figura 2:** Representação esquemática do tipo de ossos encontrados na mandíbula e na maxila, de acordo com a espessura e anatomia nos diferentes maxilares com suas respectivas densidades (Adaptado de Misch, 2015).....19
- Figura 3:** Cortes sagitais demonstrando as diferentes características e densidades encontradas na mandíbula (D1 e D2) e no maxilar (D3 e D4) (Adaptado de Misch, 2015).....19
- Figura 4:** Ilustração das fases de reabsorção e remodelação óssea..... 22
- Figura 5:** Diferentes tipos de *Fretting* de acordo com o sentido da força transmitida ao osso (Adaptado de Gao et al., 2013)..... 24
- Figura 6:** Componentes de um implante dentário: 1-coroa; 2-parafuso de fixação da coroa; 3- pilar protético; 4- implante propriamente dito (Adaptado de Miguel & Borges, 2015)..... 26
- Figura 7:** (a) Implante do grupo controle, (b) macrogeometria do implante controle, (c) superfície do implante do grupo controle, (d) implante do grupo teste, (e) macrogeometria do implante do grupo teste, (f) superfície do implante do grupo teste. Fotos feitas através de microscópio de varredura antes de serem instalados no osso (Adaptado de Gehrke et al., 2021)..... 29
- Figura 8:** Nas imagens superiores são referentes aos implantes comuns do grupo controle que apresentaram baixa taxa de adesão da matriz óssea ao implante. Nas imagens inferiores é possível observar uma maior aposição de tecido osteóide na superfície do implante do grupo teste. Fotos feitas através de microscópio de varredura após 4 semanas da instalação dos implantes (Adaptado de Gehrke et al., 2021)..... 30

Figura 9: Crescimento de tecido ósseo após 4 semanas da implantação. Microfotografias panorâmicas (a esquerda) e detalhadas (a direita) dos implantes SAE-Ti e 70M30T mostram o tecido ósseo gerado ao redor da superfície do implante (Adaptado de Araújo-Gomes et al., 2018)..... 31

Figura 10: Osstell® - Aparelho de análise de frequência de ressonância (Disponível em: www.osstell.com.us)..... 36

Figura 11: Representação de uma aferição sendo feita com o Osstell® em 90° e 45°, respectivamente (Disponível em: www.osstell.com.us).....36

Índice de gráficos

Gráfico 1: Gráfico de estabilidade primária e secundária do implante de acordo com o torque inicial (em percentagem) na linha X em relação ao Tempo (em semanas), linha Y (Gráfico feito pelo autor).....33

Lista de abreviaturas

AFR: Análise de Frequência de Ressonância

CBCT: Cone Beam Computed Tomography

ECR: Ensaios Clínicos Randomizados

ISQ: Implant Stability Quotient

kHz: Kilo Hertz

µm: Micrômetro

I. INTRODUÇÃO

A medicina dentária tem evoluído mundialmente na prática de procedimentos e técnicas de reabilitação oral, visando tanto a saúde quanto a estética do indivíduo. Neste contexto, a reabilitação com implantes dentários (um pino em forma de parafuso feito de um material biocompatível inserido cirurgicamente no osso maxilar ou mandibular para suportar uma prótese unitária ou múltipla) é uma opção de tratamento popular e eficaz para pacientes que perderam dentes devido a trauma, cáries, doenças periodontais ou outras causas (Cunha & Dias, 2022; Heimes et al., 2023).

São oferecidas muitas vantagens sobre as opções de substituição dentária tradicionais (como próteses removíveis ou próteses fixas sobre dentes), que incluem função, durabilidade e melhoria da estética, com uma alta taxa de sucesso (maior que 95%). Isso deve-se à biocompatibilidade do material do implante, que lhe permite unir-se ao osso maxilar e formar uma base estável para a reabilitação, sendo um dos maiores avanços da medicina dentária, reabilitando pacientes com ausência parcial ou total de elementos dentários de modo seguro e eficaz (Cunha & Dias, 2022; Heimes et al., 2023).

A reabilitação com implantes irá depender fundamentalmente da integração biológica, funcional e estética dos implantes com as restaurações protéticas implanto-suportadas. O implante deve integrar-se totalmente com o osso para suportar a restauração protética funcionalmente, o que é chamado de osteointegração (Zita Gomes et al., 2017).

Ao mesmo tempo, é de grande importância que haja integração com os tecidos moles, o que garantirá a manutenção do processo de ligação entre o osso e o implante ao longo do tempo, sendo uma condição vital para o sucesso estético e funcional da reabilitação (Cunha & Dias, 2022; Zita Gomes et al., 2017).

Existe um consenso de que a estabilidade primária é fundamental para um bom prognóstico e sucesso dos implantes. Para que isso ocorra de forma eficiente, é essencial prestar atenção a vários pontos, como a qualidade/tipo de osso, espessura de osso, o formato do implante, formato da rosca, o tipo de superfície do implante, as doenças sistêmicas do paciente, saúde periodontal, entre outros (Cunha & Dias, 2022; Zita Gomes et al., 2017).

Com estes fatores controlados, o médico dentista estará seguro e terá uma boa previsibilidade de como ocorrerá a instalação do implante e a estabilidade primária.

Em ambos os casos, deve-se respeitar a curva de estabilidade do implante, que é apresentada na literatura como mandatória. A partir do momento em que um implante é inserido, a estabilidade primária obtida durante o procedimento cirúrgico diminui devido a uma reação inflamatória local que resultará na cicatrização dos tecidos. (Kananda et al., 2020; Gao et al., 2013).

Atualmente existem meios e materiais disponíveis que podem auxiliar na quantificação da estabilidade primária do implante (Zita Gomes et al., 2017).

Neste contexto, a pesquisa tem como objetivo determinar se a estabilidade primária realmente tem influência no sucesso da reabilitação com implantes em carga imediata.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Metodologia

Para esta revisão da literatura, foram utilizados vários motores de pesquisa e bases de dados secundários, incluindo Cochrane Library®, PubMed®, MEDLINE®, SciELO®, Google Scholar®, b-On®, Scopus®, Science Direct®, e Wiley®. As palavras-chave “PRIMARY STABILITY; IMMEDIATE LOADING OF IMPLANTS; IMPLANTS, OSTEOINTEGRATION; foram introduzidas separadamente ou combinadas com os operadores de pesquisa booleanos “AND”, “OR” e “NOT”. Os artigos escritos em português, inglês e espanhol foram examinados. A seleção dos artigos foi feita com base no título, no resumo e incluíram revisões sistemáticas, revisões narrativas, ensaios clínicos e estudos observacionais. Artigos adicionais relevantes foram encontrados e incluídos, através da pesquisa de listas de referências. Foram incluídos também alguns artigos anteriores a 2019, quando historicamente relevantes ou contendo informações consideradas importantes para uma melhor abordagem dos temas.

2. Densidades Ósseas:

O tecido ósseo é composto de uma parte orgânica e uma parte mineralizada. Os fatores como idade, sexo, função física e carga mecânica variam na composição do osso, tornando-o uma estrutura extremamente heterogênea e necessitando de vascularização, o que aumenta a complexidade do tecido. Existem diversos tipos de tecido ósseo no corpo humano, cada um com diferentes características. Dentro da implantologia são considerados quatro tipos principais: D1 (cortical óssea espessa, trabéculas ósseas grossas e pouco espaço medular), D2 (corticais ósseas densas, trabéculas ósseas grossas com espaço medular pequeno a moderado), D3 (corticais ósseas porosas e trabéculas ósseas finas com espaços medulares moderados) e D4 (corticais finas e grande espaço medular) (Isabel & Gomes, 2018; Misch, 2015).

A qualidade do osso irá depender da sua posição tanto na maxila quanto na mandíbula. O osso mais cortical geralmente é observado na região anterior da mandíbula, seguida pela região anterior do maxilar e posterior da mandíbula, e o osso menos denso é tipicamente encontrado na região posterior da maxila. Portanto, o osso tipo D1 é

encontrado em região anterior da mandíbula (mento e sínfise). O osso do tipo D2 é mais frequentemente encontrado em região anterior e posterior de mandíbula. Já o osso do tipo D3 pode ser encontrado em região anterior e posterior de maxila, bem como na região posterior de mandíbula. O osso D4 é encontrado comumente em região posterior de maxila (molares superiores) (Silva et al., 2022; Misch, 2015).

Para constatar a qualidade do tecido ósseo antes da cirurgia, são necessários exames de imagem. Radiografias cefalométricas, ortopantomografias e periapicais não são nítidas o suficiente, pois apresentam grandes distorções para visualização do tecido ósseo, da sua cortical, do seu trabeculado e são apenas imagens bidimensionais. Deste modo, o exame de maior confiabilidade é a tomografia computadorizada de feixe cônico (*Cone Beam Computed Tomography* - CBCT) que trará maior detalhes do tecido ósseo a ser observado, além de proporções mais condizentes com a realidade e imagens tridimensionais (Isabel & Gomes, 2018; Misch, 2015).

2.1. Osso Tipo D1

O osso tipo D1 é frequentemente encontrado na região anterior da mandíbula ou mento e sínfise, como mostra a figura 1. Este tecido ósseo é característico pela sua densidade e homogeneidade, e é capaz de suportar cargas significativas (Mish, 2015).

Por tratar-se de um osso predominantemente cortical, o mesmo possui menor aporte sanguíneo, tornando a sua nutrição mais dependente do periósteo, de modo a dificultar a remodelação óssea após a cirurgia de colocação de implante, principalmente quando houver deslocamento significativo deste periósteo (Sennerby & Meredith, 2008).

Para evitar o superaquecimento do tecido durante a cirurgia, principalmente por conta da sua densidade, a irrigação deve ser abundante e contínua, com pausas a cada três a cinco segundos. Para garantir uma melhor distribuição das forças aplicadas sobre o osso, é importante que a área de contacto entre o osso e o implante seja a maior possível (Misch, 2015; Miguel & Borges, 2015; Heimes et al., 2023).

Tendo em conta o torque de inserção, o mesmo não deve exceder 50 N/cm. Caso exceda, a pressão transmitida ao osso será bastante elevada, trazendo riscos para a cicatrização (Misch, 2015; Miguel & Borges, 2015; Heimes et al., 2023).

2.2. Osso Tipo D2

O osso tipo D2 é caracterizado por uma combinação de tecido ósseo cortical denso externamente e tecido trabecular internamente (figuras 2 e 3). Este osso é mais frequentemente localizado nas porções anterior e posterior da mandíbula. Devido à sua excelente capacidade de regeneração e previsibilidade, é o preferido para vários protocolos de implante. Como tem um maior aporte sanguíneo, pode-se perfurar o osso durante 5 a 10 segundos antes de remover a broca. Em cerca de 4 meses, consegue regenerar aproximadamente 70%. O valor do torque de inserção considerado ideal é de 35 N/cm, não sendo recomendado passar de 50 N/cm, mesmo em um osso que possui maior limite de elasticidade (Misch, 2015; Miguel & Borges, 2015).

2.3. Osso Tipo D3

O osso tipo D3 é formado por tecido ósseo denso na crista alveolar e tecido ósseo trabecular no rebordo alveolar, conforme mostrado nas figuras 1 e 3. É mais comumente encontrado nas áreas anteriores da maxila e posteriores de maxila e mandíbula. Ao contrário dos dois tipos anteriores, o tecido ósseo D3 é fresado em menos tempo devido à sua composição (Misch, 2015).

Implantes muito finos aumentam a probabilidade de falha e devem ser evitados, pois é um tecido aproximadamente 50% mais frágil que o D2. Quando são realizadas cirurgias de elevação do seio maxilar este tipo de osso é encontrado após 6 a 8 meses de regeneração (Misch, 2015).

Em relação às brocas utilizadas para fresagem deste tipo de osso, é que seja feita uma subfresagem (mantendo um diâmetro do leito cirúrgico menor que o diâmetro do implante), diferentemente do tipo de fresagem utilizada para ossos de densidade D1 e D2. A última broca deve ser passada apenas uma vez pelo leito do implante para evitar um alargamento excessivo. O torque de inserção ideal do implante é de 35N/cm (Miguel & Borges, 2015).

2.4. Osso Tipo D4

O trabeculado fino de muita pouca densidade, característico deste tipo de osso, é mais prevalente na região posterior da maxila de pacientes que são edêntulos há um longo

período. Pode ser até dez vezes mais frágil que o tipo D3, o que significa que a compactação do leito cirúrgico durante a perfuração, prévia à colocação do implante, é recomendada (Misch, 2015).

Este é o tecido ósseo em que é mais difícil de obter um bom torque/inserção dos implantes, por isso um valor de 20 N/cm como torque de inserção já é considerado satisfatório, não sendo um tipo de osso favorável para cargas imediatas (Misch, 2015).

Deve-se ter muita atenção durante a colocação do implante em osso D4 dado o risco de mudanças de direção em relação a fresagem realizada (Misch, 2015).

2.5. Considerações sobre as densidades ósseas

É extremamente importante que a técnica cirúrgica utilizada para a colocação de implantes seja adaptada ao tipo de osso existente. Ossos com densidades D2 e D3 são ideais para a colocação de implantes. No entanto, ossos do tipo D1 e D4 apresentam algumas limitações (Ibrahim & Chrcanovic, 2021).

O osso D4 é muito esponjoso, pouco denso e com uma cortical pouco espessa. Regiões que apresentam esta qualidade óssea (mais comuns na maxila) podem afetar negativamente as taxas de sucesso dos implantes. Estas características do osso maxilar podem levar a uma redução do torque de inserção dos implantes com consequentes complicações na obtenção de uma maior estabilidade primária (Ibrahim & Chrcanovic, 2021).

Além disso, foi observado que implantes colocados na maxila têm uma taxa de insucesso nove vezes maior em comparação com aqueles colocados na mandíbula. Portanto, em locais onde predomina o osso D4, a probabilidade de “perda” de implantes é significativamente maior (Miguel & Borges, 2015).

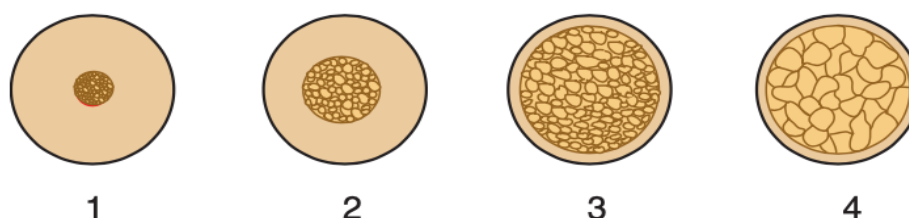


Figura 1: Representação esquemática das diferentes densidades ósseas demonstrando a quantidade de osso cortical e trabecular presente nos ossos tipo 1, tipo 2, tipo 3 e tipo 4, respectivamente (Adaptado de Misch, 2015).

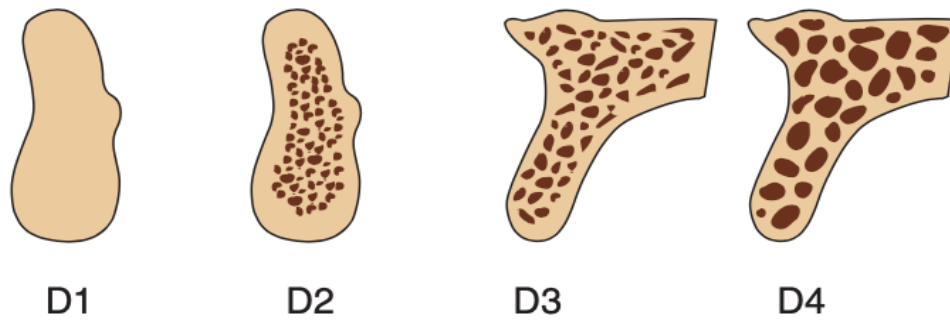


Figura 2: Representação esquemática do tipo de ossos encontrados na mandíbula e na maxila, de acordo com a espessura e anatomia nos diferentes maxilares com suas respectivas densidades (Adaptado de Misch, 2015).

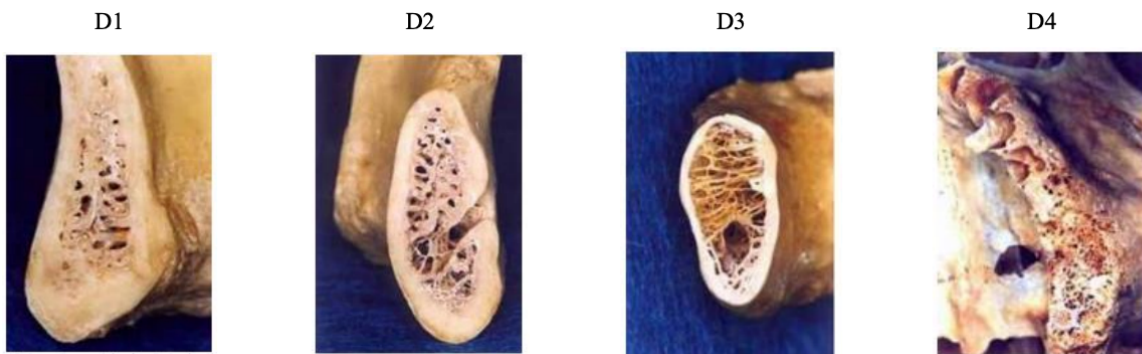


Figura 3: Cortes sagitais demonstrando as diferentes características e densidades encontradas na mandíbula (D1 e D2) e no maxilar (D3 e D4) (Adaptado de Misch, 2015).

3. Reabsorção e remodelação do tecido ósseo

Para que o processo de reabsorção e remodelação óssea ocorra de forma organizada, é fundamental a presença e interação das principais células ósseas: os osteoblastos, osteoclastos, osteócitos e as células de revestimento ósseo (Shen & Shi, 2022).

Os osteoblastos, que são células de forma arredondada, são responsáveis pela formação do tecido ósseo. As células mesenquimais, que também são capazes de produzir adipócitos e células de suporte da medula, são responsáveis por produzir esses aglomerados de células ao longo da superfície óssea (Shen & Shi, 2022).

Os osteoblastos são considerados células jovens com intensa atividade metabólica e são responsáveis pela produção da parte orgânica da matriz óssea, composta por colagénio tipo I, glicoproteínas e proteoglicanos. É o responsável pela produção dos constituintes da matriz óssea, que acontecem sucessivamente. Tem início com a produção de uma matriz orgânica (ainda não calcificada) conhecida como matriz osteóide (Shen & Shi, 2022).

Após a conclusão da síntese da matriz, cerca de 15% dos osteoblastos maduros ficam contidos nesta matriz nova, diferenciando-se em osteócitos, os demais (aproximadamente 85%), permanecem na superfície do osso, formando as células de revestimento achatadas (Knothe Tate et al., 2004).

Os osteócitos encontram-se presentes na matriz óssea formada pelos osteoblastos (figura 4), e permanecem em contacto com as células de revestimento e com osteócitos vizinhos através de processos celulares longos com microfilamentos, que se conectam por meio de *gap junctions*, formando então, uma rede de canalículos finos. Essas células interligadas formam uma rede complexa no interior do osso que atua como sensores mecânicos, convertendo energia mecânica em sinais elétricos e bioquímicos, o que permite uma resposta metabólica a estímulos mecânicos, ou o recrutamento específico de osteoclastos para sítios onde há falta destes (Isabel & Gomes, 2018; Netter, 2013; Hadjidakis & Androulakis, 2006).

Os osteócitos funcionam como sensores capazes de detectar estímulos mecânicos através de mudanças no fluxo de fluido intersticial dados por uma determinada força mecânica para enviar um sinal químico para o recrutamento dos osteoclastos. Os osteoclastos (figura 4) são células multinucleadas especializadas na reabsorção óssea e

são provenientes de células hematopoiéticas de macrófagos ou monócitos. Estas células ligam-se à superfície mineralizada do osso e libertam enzimas lisossômicas, principalmente a catepsina K, que possui a capacidade de degradar a matriz óssea, o que inicia o processo de reabsorção (Isabel & Gomes, 2018; Netter, 2013; Hadjidakis & Androulakis, 2006).

A remodelação é contínua e dependente do equilíbrio entre as atividades de células altamente especializadas, os osteoblastos e os osteoclastos. Este equilíbrio é adaptativo; o sistema responde a tensões mecânicas e afetado pelos processos envolvidos na manutenção da saúde óssea e na regeneração óssea (Zita Gomes et al., 2017).

Deste modo, este ciclo de remodelação é dividido em reabsorção, reversão e formação. Na reabsorção ocorre a migração dos pré-osteoclastos mononucleares para a superfície óssea, onde se formam os osteoclastos multinucleares. Posteriormente, em um período de uma a duas semanas entre o final da reabsorção e o início da formação óssea, ocorre a reversão, em que a superfície do osso não contém osteoclastos, mas sim, células mononucleares, que preparam a superfície para a formação óssea. Por fim ocorre a formação óssea com a síntese da matriz osteóide pelos osteoblastos, seguida por uma mineralização extracelular (Isabel & Gomes, 2018; Netter, 2013; Hadjidakis & Androulakis, 2006).

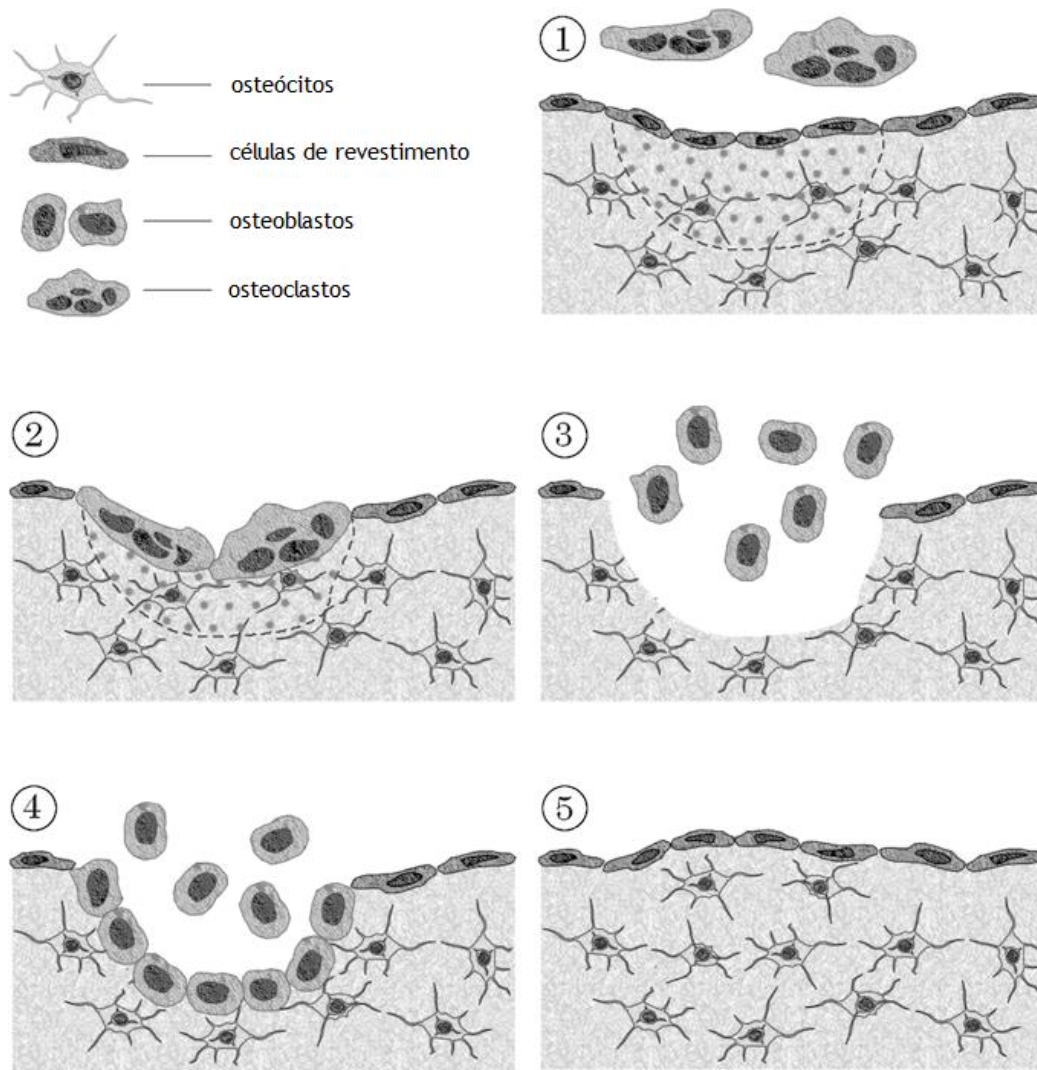


Figura 4: Ilustração das fases de reabsorção e remodelação óssea (Adaptado de Belinha, 2014).

4. Osteointegração

Desde o início do estudo sobre a osteointegração com o Dr. Brånemark em 1969, sendo o primeiro a descobrir a capacidade do titânio de se integrar ao osso, foi observada uma conexão direta estrutural, histológica e funcional entre o osso vivo e ordenado e a superfície do implante, um achado que revolucionou a medicina dentária e a cirurgia ortopédica (Mozzi, 2022).

A osteointegração é um processo crucial para a implantologia, referindo-se à integração direta do osso ao implante de titânio que em condições ideais inicia uma cascata de atividades celulares e moleculares, incluindo formação de coágulos sanguíneos, diferenciação/formação das redes de fibrina, angiogênese, migração de células osteoprogenitoras, aposição de tecido ósseo em lacunas osso-implante, remodelação secundária do tecido ósseo e remodelação de osso peri-implantar pré-existente. Esta incrível capacidade do osso ancorar-se ao implante é fundamental para o sucesso de procedimentos de reabilitação na medicina dentária (Mozzi, 2022; Albrektsson & Wennerberg, 2019; Trindade et al., 2018a; Trindade et al., 2018b).

Por outro lado, quando há condições desfavoráveis, como micromovimentos excessivos do implante devido à falta de estabilidade mecânica, essa cascata de eventos pode ser desorientada, resultando em encapsulamento fibroso, antigamente chamado de fibroplasia, que por sua vez não permite que haja osteointegração, o que normalmente levará ao insucesso do implante (Yeh & Rodan, 1984).

A osteointegração é um excelente prognóstico para que se tenha sucesso com o implante dentário, contudo, o contacto entre o implante e o tecido ósseo a sua volta, possibilita que ocorra uma movimentação entre a interface osso/implante. A estabilidade primária é o fator chave para a osteointegração precoce, no entanto quando há mobilidade do implante após a osteointegração é visto como um sinal de falha deste implante (Gao et al., 2013).

A mobilidade do implante pode ser dividida em macromobilidade, micromobilidade e micron-mobilidade. A macromobilidade ($>0,5\text{mm}$) pode ser observada a olho nu, o que significa falha na osteointegração mesmo na ausência de outros sinais ou sintomas. A micromobilidade ($0,1-0,5\text{mm}$) não pode ser observada a olho nu e precisa ser verificada por instrumentos específicos, como os equipamentos de análise de frequência de ressonância (AFR). A micron-mobilidade ($<0,1\text{mm}$) em implantes

dentários não pode ser verificada pela maioria dos instrumentos específicos (Gao et al., 2013).

Quando a amplitude de mobilidade é inferior a 100 μ m (micrómetros), essa micromobilidade é chamada de *fretting* (figura 5). *Fretting* por definição, é um processo de desgaste gerado entre dois materiais sob carga que estarão sujeitos a movimentos repetitivos, torções ou algum outro tipo de força (Gao et al., 2013).

Este fenômeno pode ocorrer na colocação de uma carga imediata. A seleção e instalação de componentes protéticos e a interface osso-implante são fatores que, individualmente ou somados, podem possibilitar uma micromovimentação mínima que pode prejudicar a osteointegração (Gao et al., 2013).

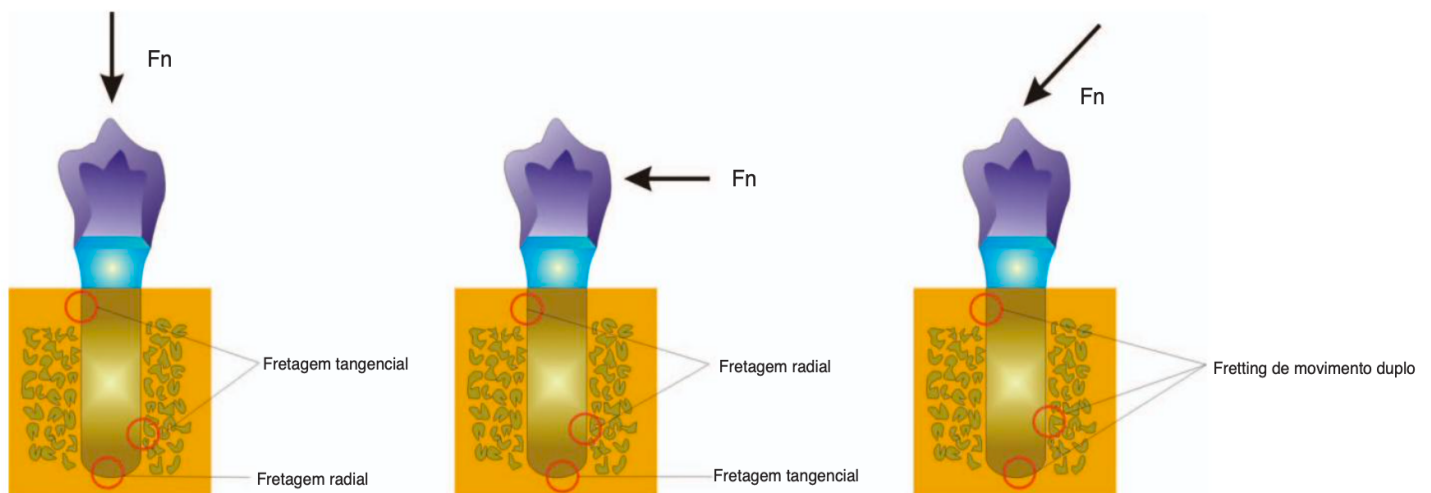


Figura 5: Diferentes tipos de *Fretting* de acordo com o sentido da força transmitida ao osso (Adaptado de Gao et al., 2013).

Ao longo dos anos, as superfícies dos implantes dentários sofreram modificações e passaram de superfícies relativamente lisas a superfícies extremamente ásperas. Além disso, modificações na rugosidade da superfície foram realizadas a níveis nanométricos (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

A razão para o desenvolvimento destes tratamentos de superfície foi a busca pela aceleração do processo de osteointegração criando possibilidades para um carregamento antecipado (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

Supõe-se que as macrogeometrias dos implantes proporcionem melhor travamento biomecânico e as novas superfícies de tratamento e biomateriais permitam uma melhor adesão às proteínas iniciais que entrarão em contato com a superfície do implante e serão importantes no processo de osteointegração (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

5. Implantes

A implantologia tem sido amplamente estudada e evoluiu rapidamente, minimizando cada vez mais as complicações e dificuldades no processo cirúrgico de colocação dos implantes, proporcionando uma melhor qualidade de vida para os pacientes com ausências dentárias (Albrektsson et al., 2014; Ivanovski et al., 2017; Chrcanovic & Albrektsson, 2017).

Normalmente o implante dentário é composto por quatro componentes diferentes: o implante propriamente dito: um parafuso em titânio que substitui a raiz; parafuso de fixação para a conexão implante-pilar; pilar: assemelha-se ao preparo protético e é responsável pela ligação implante-coroa; coroa: é um substituto artificial da coroa dentária (Miguel & Borges, 2015; Silva, 2020).

Em casos em que não há suficiente espaço protético, a coroa poderá ser fixada com o parafuso de fixação diretamente no implante, utilizando assim apenas três componentes, bem como em implantes de corpo único (onde apresentam implante e pilar em uma peça única) (Miguel & Borges, 2015; Silva, 2020).

A figura 6 demonstra os diferentes componentes que constituem um implante dentário.



Figura 6: Componentes de um implante dentário: 1 - coroa; 2 - parafuso de fixação da coroa; 3 - pilar protético; 4 - implante propriamente dito (Adaptado de: Miguel & Borges, 2015).

Cada vez mais procura-se estudar soluções para complicações ao nível da interface osso-implante, como perda óssea, micromovimentos e concentração de tensões na superfície do osso e do implante. A engenharia tem se concentrado na resolução de problemas relacionados a temas como perda de torque e estabilidade primária (pré-carga), os efeitos da fadiga na interface implante-pilar e o impacto da macrogeometria no comportamento mecânico dos implantes (Miguel & Borges, 2015).

Com o intuito de proporcionar conforto, melhorar a autoestima dos pacientes e reduzir o tempo de tratamento com implantes, foram desenvolvidas técnicas para colocação de carga funcional prematura, cargas imediatas, tratamentos de superfície dos implantes a fim de acelerar o processo de osteointegração, inserção dos implantes logo após as extrações dentárias (implantes imediatos), além do desenvolvimento de sistemas padronizados de brocas e kits cirúrgicos mais simples e intuitivos, que facilitam a fase transoperatória para o médico dentista, proporcionando mais agilidade, rapidez e assertividade na colocação dos implantes (Cariello et al., 2016).

Estas alternativas surgem de modo a que possa acelerar o processo de regeneração/cicatrização, otimizar o tempo de tratamento com maior previsibilidade e aumentar o conforto dos pacientes ao tratamento com implantes osteointegrados (Cariello et al., 2016).

Diante disto, é de suma importância que os implantes também acompanhem essa evolução, o que tem sido observado nos estudos dos últimos anos com o desenvolvimento da macrogeometria, que demonstraram claramente que a qualidade óssea do paciente e a macrogeometria do implante dentário são os principais fatores capazes de influenciar significativamente a estabilidade do implante (Falco et al., 2018).

A macrogeometria do implante possui características de superfície, tamanho e forma que promovem papel crítico na sua estabilidade primária. No momento da colocação, a estabilidade inicial de um implante é determinada pela sua área de contacto com o osso circundante. Por isso, a escolha do formato dos implantes e das roscas do parafuso torna-se importante no momento da sua instalação, de modo que o contacto seja íntimo e as roscas possam exercer maior compressão, maior perfuração, menos ou mais atrito com o osso adjacente (Falco et al., 2018).

Essa seleção de uma geometria específica ou desenho de rosca, tem como objetivo melhorar a estabilidade primária do implante, especialmente no caso de um osso de baixa densidade (D3 ou D4) ou implante pós extração imediata. Por esse motivo, é importante

comparar a estabilidade primária de diferentes geometrias de implantes, em diferentes densidades ósseas e em diferentes locais pós extração, tornando mais claro e certo o formato ou geometria do implante que irá garantir melhor estabilidade primária em cada condição clínica (Falco et al., 2018).

Ainda sobre a macrogeometria do implante e instrumentação cirúrgica, estes sempre tiveram como objetivo o aumento da estabilidade inicial entre o osso e o implante. Contudo, a estabilidade primária refere-se apenas aos fatores mecânicos, não levando em conta as respostas biológicas subsequentes, que começam no início da osteoindução e que determinarão a estabilidade secundária (Carmo Filho et al., 2019).

Portanto, algumas características devem ser observadas ao escolher a geometria ideal do implante, incluindo fatores locais, como a condição do osso e dos tecidos moles no local do implante, e fatores sistêmicos e específicos do paciente, como osteoporose, diabetes ou doenças autoimunes. Ao considerar essas variáveis, o correto manejo pode garantir o maior sucesso terapêutico possível e minimizar o risco de falha do implante (Heimes et al., 2023).

Os implantes cónicos e cilíndricos podem ser usados de acordo com a preferência do operador. Estes mesmos tipos de implantes podem ser benéficos em situações clínicas para evitar lesões na estrutura anatômica ou diminuindo a chance de haver frestrações apicais. Além disso, em situações em que é necessário um maior torque de inserção, estes implantes também podem ser considerados (Heimes et al., 2023).

Os implantes dentários longos (são aqueles com 15mm ou mais de comprimento) destinam-se a casos de perdas ósseas significativas ou para suportarem uma restauração protética mais extensa. Oferecem uma área de superfície maior para osteointegração, consequentemente terão mais osso em contacto consigo, resultando em maior estabilidade primária. São implantes comumente usados em região posterior da maxila e mandíbula, onde a densidade óssea é menor, porém com maior altura óssea (Heimes et al., 2023).

Os implantes de plataformas mais largas, são projetados para terem maior estabilidade mecânica e poderem suportar cargas mais elevadas. Esses implantes têm diâmetro maior e podem ser usados onde restaurações protéticas maiores precisam ser suportadas ou onde há alta carga oclusal. São frequentemente usados na região posterior da maxila ou mandíbula (Falco et al., 2018).

As roscas dos implantes também podem ter essa comparação, onde as roscas de formatos quadrados possuem menor poder de corte, porém maior área de contato com o

osso adjacente, tornando-se uma vantagem quando são utilizadas em ossos de baixa densidade, como o tipo D3 e D4 (Falco et al., 2018).

Num estudo realizado em Espanha, que demonstrou a diferença na osteointegração entre as macrogeometrias presentes em diferentes tipos de implantes (figura 7 e figura 8), verificou-se que no período de observação de 3 a 4 semanas de cicatrização, o grupo de implantes que apresentavam diferentes macrogeometrias, com câmara de cicatrização presentes, colocados por técnica de não compressão do tecido ósseo durante a instalação do implante, beneficiou e acelerou a osteointegração comparado a implantes de macrogeometrias convencionais colocados pela mesma técnica de não compressão (Gehrke et al., 2021).

Isso demonstra que os novos protocolos de perfuração óssea associados a certas macrogeometrias de implantes, resultam em lacunas entre o leito cirúrgico e o implante. Estas “câmaras de coágulo” ou “câmaras de cicatrização” são completadas pelo coágulo sanguíneo logo após a instalação do implante (ainda que não contribua para a estabilidade primária, essa condição biológica é considerada um componente essencial e útil para a estabilidade secundária - biológica) (Gehrke et al., 2021).

Posteriormente, a formação óssea ocorrerá por matriz óssea intra-membranosa, promovendo a neoformação óssea diretamente em contacto com a superfície do implante, o que reduz drasticamente a ossificação aposicional, exigindo a remoção do tecido ósseo necrótico para posterior formação de novo tecido (Gehrke et al., 2021).

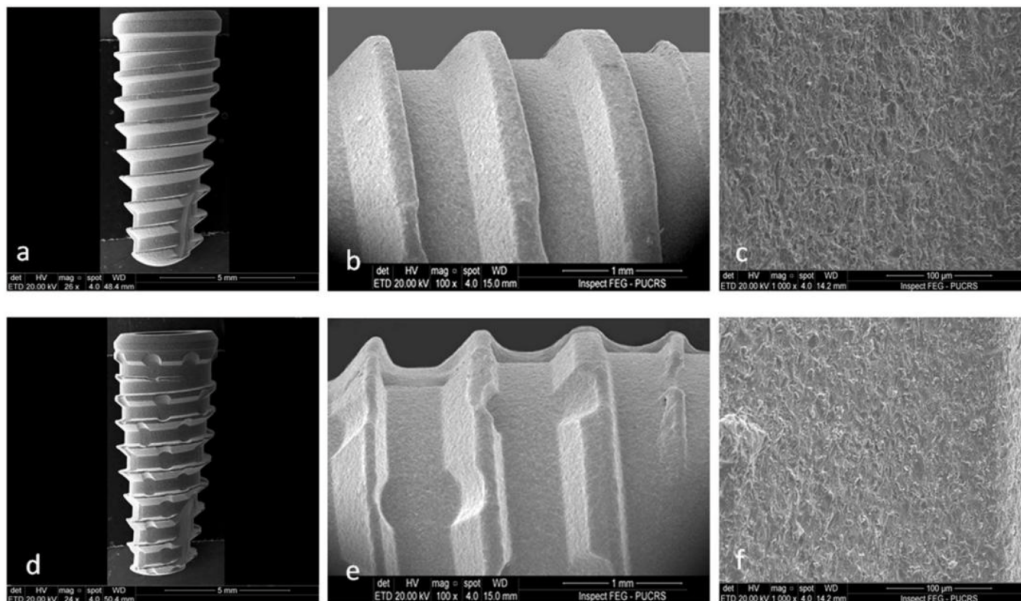


Figura 7: (a) Imagem do implante do grupo controle, (b) macrogeometria do implante controle, (c) superfície do implante do grupo controle, (d) implante do grupo teste, (e) macrogeometria do implante

do grupo teste, (f) superfície do implante do grupo teste. Fotos feitas através de microscópio de varredura antes de serem instalados no osso (Adaptado de Gehrke et al., 2021).

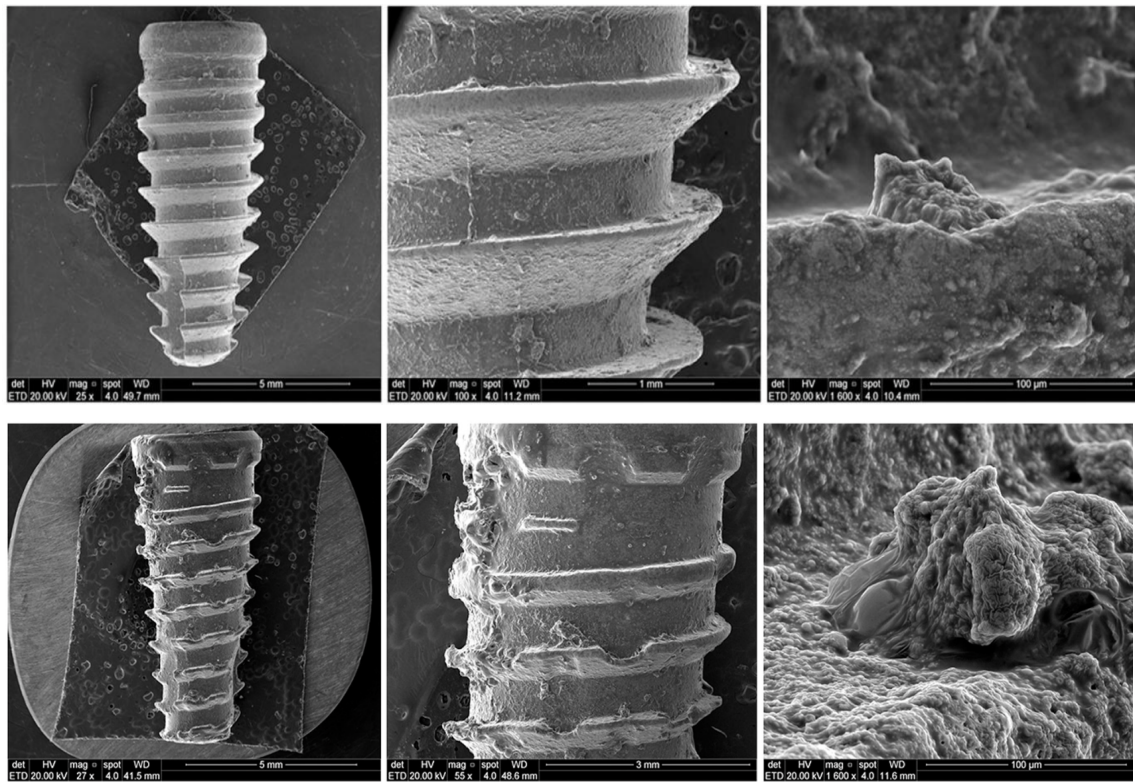


Figura 8: Nas imagens superiores são referentes aos implantes comuns do grupo controle que apresentaram baixa taxa de adesão da matriz óssea ao implante. Nas imagens inferiores é possível observar uma maior aposição de tecido osteóide na superfície do implante do grupo teste. Fotos feitas através de microscópio de varredura após 4 semanas da instalação dos implantes (Adaptado de: Gehrke et al., 2021).

No estudo realizado por Araújo-Gomes et al (2018) foi observado o potencial osteointegrativo de dois biomateriais distintos de revestimento de superfície dos implantes: titânio jateado com ácido (70M30T) e o outro com revestimento híbrido sol-gel de sílica (SAE-Ti). Foram realizados estudos *in vitro*, *in vivo* e proteômico dos dois materiais (Araújo-Gomes et al., 2018).

Os resultados demonstraram que o crescimento de células nessas superfícies pode aumentar os níveis de mineralização e conseqüentemente acelerar o processo de osteointegração. Os implantes revestidos com sol-gel de sílica apresentaram melhor crescimento ósseo *in vivo* em comparação com o titânio não revestido (apenas jateado com ácido) (figura 9). Os implantes revestidos com sol-gel de sílica demonstraram propriedades osteoindutoras, enquanto os implantes não revestidos apresentaram

características osteocondutoras. Em ambos os casos houve diminuição do tempo de aposição de tecido osteóide na superfície do implante (Araújo-Gomes et al., 2018).

Essa rápida ligação de tecido ósseo ao implante irá refletir em uma menor perda da estabilidade primária durante as primeiras semanas, o que serve de bastante ajuda quando se quer uma regeneração rápida e principalmente quando se pretende aplicar uma carga precoce ou até mesmo imediata nesse tipo de implante (Araújo-Gomes et al., 2018).

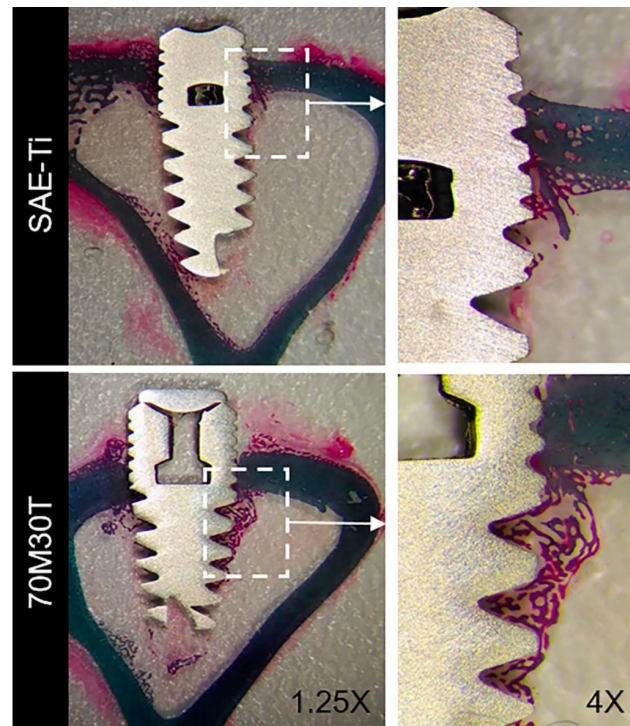


Figura 9: Crescimento de tecido ósseo após 4 semanas da implantação. Microfotografias panorâmicas (a esquerda) e detalhadas (a direita) dos implantes SAE-Ti e 70M30T mostram o tecido ósseo gerado ao redor da superfície do implante (Adaptado de Araújo-Gomes et al., 2018).

6. Estabilidade Primária

A estabilidade primária é a resistência mecânica conseguida assim que o implante é colocado no osso. Esta estabilidade mecânica diminui gradativamente durante as fases iniciais da cicatrização devido ao processo de inflamação, atividade celular e posterior remodelação óssea (figura 4). À medida que é formado um novo osso ao longo da superfície do implante, a estabilidade secundária é estabelecida (Brunski, 1993).

A estabilidade primária representa o primeiro passo para uma osteointegração bem-sucedida. O conhecimento da correlação entre a densidade óssea, o torque de inserção e a macrogeometria do implante é fundamental para obter um travamento suficiente do implante, tanto para que o mesmo possa ter uma boa estabilidade secundária (osteointegração), quanto para a colocação de cargas imediatas (Carmo Filho et al., 2019; Falco et al., 2018).

Alguns autores demonstraram que o grau de estabilidade primária alcançada imediatamente após a colocação do implante depende de vários fatores como, densidade óssea, formato, desenho e características da superfície do implante, técnica cirúrgica, tipo de perfuração óssea, etc (Cariello et al., 2016; Heimes et al., 2023; Falco et al., 2018; Gehrke et al., 2021).

Na literatura não há um consenso a respeito do valor de torque ideal para ter-se estabilidade primária satisfatória. O que é mais aceito e visto clinicamente seria um torque entre 35N/cm a 72N/cm para que se pudesse carregar com uma prótese geralmente em infra oclusão (Cariello et al., 2016; Duarte & Ramos, 2005).

De modo a ser considerada um fator preponderante na hora de optar pela colocação de cargas imediatas, a estabilidade primária que irá ditar a resistência ao desrosqueamento (será o mesmo torque em que é dado o rosqueamento) e dependerá da quantidade de osso compacto ao seu redor. Implantes instalados em osso medular apresentam uma maior aposição de matriz óssea histomorfometricamente que, conseqüentemente, aumentarão o torque à remoção (desrosqueamento) ao longo do tempo. Implantes colocados em osso cortical apresentam elevado índice de torque de desrosqueamento e, ao passar do tempo, esse valor não aumenta (Cariello et al., 2016; Duarte & Ramos, 2005).

Foi constatado que o torque necessário para remover um implante com ancoragem bicortical (em ossos de densidade tipo D2 ou D3), após períodos de seis a doze semanas,

é de duas a três vezes maior do que em fixações monocorticais. Por isso é fundamental um bom planeamento e análise das áreas de instalação e densidade óssea presentes, de modo que a ancoragem do implante junto a uma estabilidade primária aceitável proporcione posteriormente a possibilidade da instalação de uma prótese imediata (Cariello et al., 2016; Duarte & Ramos, 2005).

No entanto, deve-se atentar a obtenção de estabilidades mecânicas muito elevadas (>50 N/cm), pois torque de inserção muito maiores que o descrito pela literatura têm sido questionados. Embora antigamente fosse considerado que um maior torque era sinónimo de maior osteointegração, foi verificado que tensões exageradas podem ter maiores probabilidades de causar um stress excessivo sobre o tecido peri-implantar, recessões dos tecidos moles, compressão do fluxo sanguíneo na região com o aumento de áreas isquémicas, aumento do risco de microfraturas, reabsorção óssea desencadeada por necrose dos osteócitos e, conseqüentemente, um processo de cicatrização mais lento e deficiente tornando a estabilidade secundária incerta (Barone et al., 2016; Carmo Filho et al., 2019; Insua et al., 2017; Padovan et al., 2008).

Por outro lado, os implantes colocados com um baixo torque de inserção apresentaram deformações compressivas significativamente menores no osso peri-implantar e morte celular mínima, atenuando o frequente relato de “mergulho” em gráficos de estabilidade do implante ao longo do tempo (gráfico 1) (Carmo Filho et al., 2019; West & Oates, 2007; Zhou et al., 2009).

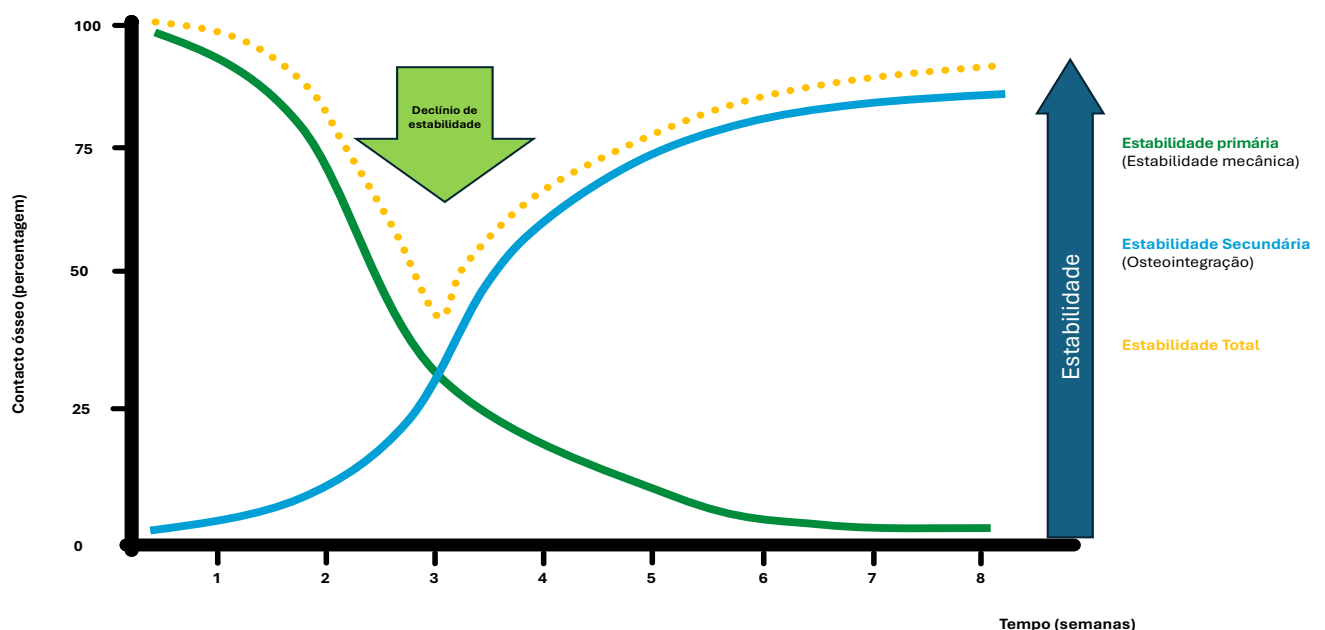


Gráfico 1: Gráfico de representação da estabilidade primária e secundária do implante de acordo com o

torque inicial (em porcentagem) na linha X em relação ao Tempo (em semanas), linha Y (Gráfico feito pelo autor).

6.1. Micromovimentação dos implantes

A transmissão de carga aos implantes pode causar micromovimentos, que são deslocamentos mínimos do corpo do implante no osso circundante que não é visível a olho nu, podendo resultar em perda óssea marginal comprometendo a osteointegração. Já foi observado que o micromovimento entre o implante e o osso circundante não deve exceder um valor limite de 100 micrômetros (μm), alguns estudos consideram até 150 μm (Padovan et al., 2008; Rocha & Elias, 2010) para que os processos de reabsorção e formação óssea ocorram de forma controlada, promovendo assim a osteointegração entre o osso e os implantes (Cariello et al., 2016).

Embora exista atrito no parafuso de fixação e na interface implante dentário/osso, enormes diferenças entre os dois tipos de movimentação geram uma reação do osso ao redor do implante dentário que é um material bioativo. Esse efeito biomecânico causado pela movimentação estimula a passagem do sinal celular e produz também o efeito biológico (Gao et al., 2013).

Quando os movimentos são excessivos, mesmo na faixa micrométrica, pode haver indução de stress e tensão que poderão dificultar o recrutamento de novas células osteoblásticas ou até alterar o tipo de informação para o recrutamento de fibroblastos. Isto pode prejudicar a osteointegração e a remodelação óssea através da perda ou desorganização do desenvolvimento do coágulo e às estruturas vasculares, impedindo o acesso de células regenerativas, acarretando no encapsulamento fibroso do implante (Tettamanti et al., 2017; Sugira et al., 2016; Laney, 2017).

Eventos relacionados com a instalação do implante, como fresagem e inserção do implante, também promovem diferentes intensidades de trauma no tecido ósseo, que podem aumentar ou diminuir a reação inflamatória. Porém, quando exacerbada por uma sub-fresagem a gerar demasiada compressão óssea durante a inserção do implante, velocidade de fresagem elevada sem irrigação (superaquecimento ósseo), etc., poderá prejudicar o processo de cicatrização e aposição de tecido ósseo na região do implante (Salles et al., 2018; Al-sabbagh et al., 2019).

O que vai definir o limite de elasticidade do osso no momento de sua compressão é a sua densidade. Quanto maior a densidade, menor será o limite de elasticidade. Por isso, quanto maior o torque de inserção (superior a 50N/cm), haverá uma desorganização

na microcirculação local, o que pode levar à necrose dos osteócitos e, conseqüentemente, gerar reabsorção óssea (Salles et al., 2018; Al-sabbagh et al., 2019).

Clinicamente, uma avaliação cuidadosa da estabilidade primária dos implantes, através do torque de inserção com a utilização de torquímetro e de instrumentos de medição da AFR (em que é avaliada a estabilidade axial do implante em diferentes direções), tornam-se primordiais na determinação da viabilidade da carga imediata (Zita Gomes et al., 2017).

Relativamente à AFR, é importante salientar que se trata de um método de observação menos invasivo para aferir a estabilidade primária, capaz de fornecer informações clínicas relevantes sobre o estado da interface osso-implante em qualquer fase do tratamento, sendo os dados medidos por instrumentos que registam a frequência (sendo o Ostell® e o Penguin® os mais conhecidos e utilizados em pesquisas) através da estimulação de um transdutor (SmartPeg), que é colocado no implante ou no componente protético. Este é excitado por um impulso magnético da sonda, e essa vibração gera uma frequência entre 5kHz a 15kHz (kilo Hertz), com a amplitude de 1 volt, onde será analisada a justaposição na interface osso-implante (Zita Gomes et al., 2017).

Os valores da aferição são dados pelo ISQ ou cociente de estabilidade do implante (do inglês: *Implant Stability Quotient*) e são eles: ISQ >70 (cor verde no dispositivo) são considerados de alta estabilidade, entre 60-69 estabilidade média (cor amarela no dispositivo) e, <60 baixa estabilidade (cor vermelha no dispositivo). Essas aferições devem ser feitas posicionando o aparelho em 90° e 45° (figura 11), respectivamente nos sentidos vestibulo-lingual e mesiodistal, para que todas as áreas do implante em contacto com o osso sejam aferidas (Zita Gomes et al., 2017).

Importante realçar que, quanto mais distante o transdutor estiver do implante, menor será o valor de ISQ aferido pelo aparelho, divergindo dos valores apresentados quando a medição é feita diretamente com o transdutor no implante, que seria a mais fiel e confiável (Miguel & Borges, 2015).

Além disso, um torque de inserção do implante alto é um bom prognóstico para boa estabilidade primária, porém não significa alta estabilidade primária (Miguel & Borges, 2015).



Figura 10: Osstell® - Aparelho de análise de frequência de ressonância (Disponível em www.osstell.com.us).



Figura 11: Representação de como deve ser feita a aferição com o Osstell® em 90° e 45°, respectivamente (Disponível em www.osstell.com.us).

Com o resultado de baixa estabilidade, o implante não deve ser submetido a carga imediata. A avaliação da estabilidade do implante através desta técnica é um método cada vez mais utilizado e padronizado em estudos clínicos (Chen et al., 2019).

7. Cargas imediatas

Esse procedimento pode ser definido como a colocação de uma prótese provisória no momento da cirurgia ou no intervalo de uma semana, podendo ou não colocar a prótese em função, levando em consideração diversos fatores como, a qualidade e o tipo de osso, o desenho do implante, a técnica de perfuração óssea utilizada, o uso de diferentes tipos de biomateriais, o local que será colocado o implante, etc (Baireddy et al., 2021; Cariello et al., 2016; Kastala, 2018; Pigozzo et al., 2018).

Por essa razão, o protocolo inicialmente proposto por Bränemark et al (1969) afirmava que era necessário um período de espera de três a seis meses antes que os implantes fossem submetidos a carga. O motivo para tal cuidado era a prevenção das micromovimentações que poderiam ocorrer na interface osso-implante que impediria a neoformação óssea ao redor dos implantes (Meredith et al., 1996; Kher & Patil, 2011).

Porém, com o passar dos anos, a carga imediata gerou maior interesse na medicina dentária moderna, o que incentivou maiores estudos e o financiamento em pesquisas, por se tratar de uma abordagem que permite a restauração funcional e estética imediata após a colocação dos implantes, trazendo maior qualidade de vida, conforto para o paciente que não ficará desdentado não o afastando do convívio social, além de não haver a necessidade do uso de próteses adesivas ou removíveis nas áreas estéticas, diminuindo os riscos de trauma ou exposição da área da cirurgia dos implantes (Meredith et al., 1996; Kher & Patil, 2011).

No entanto, é um procedimento que requer maior técnica e conhecimentos por parte do médico dentista, principalmente com relação aos critérios de indicação e exclusão que devem ser respeitados, exigindo também a colaboração dos pacientes, uma vez que o tempo clínico aumenta por ser realizado o procedimento cirúrgico e protético em uma única consulta (Meredith et al., 1996; Kher & Patil, 2011).

A colocação imediata de implantes é acompanhada por taxas de sobrevivência comparáveis aos implantes colocados convencionalmente. No que diz respeito a provisória imediata, a provisionalização dos implantes colocados imediatamente após a sua instalação, presume-se que o implante tenha melhor suporte ao tecido peri-implantar circundante para preservação da arquitetura gengival original ou para que se devolva uma arquitetura condizente com a presente nos espaços dentados vizinhos. Tais condições permitem maior previsibilidade de um resultado estético ideal ou o mais favorável possível (Zuiderveld et al., 2015).

Quando o osso cortical é fino ou a densidade óssea trabecular é baixa, a carga imediata pode comprometer a estabilidade do implante e causar deformações graves no osso peri-implantar. Na revisão sistemática e meta-análise realizada por Hsu et al (2013), avaliou os processos de osteointegração em cargas imediatas e tardias em ensaios clínicos randomizados (ECR) em humanos, que observou os resultados relacionados a taxa de sobrevivência dos implantes, nível gengival peri-implantar, alterações no nível ósseo marginal, profundidade de sondagem e estabilidade do implante (Hsu et al., 2013).

Os autores concluíram, a partir dos 39 ECR que, a carga imediata representava um maior risco de falha do implante do que a carga tardia, mesmo não havendo diferença na alteração do nível ósseo marginal ou profundidade de sondagem (Hsu et al., 2013).

O facto de um implante ser submetido a carga imediata não leva à falta de osteointegração ou perda do implante por encapsulamento do tecido fibroso, mas sim à quantidade excessiva de micromovimentação do implante durante a fase de cicatrização (Ibrahim & Chrcanovic, 2021).

Quando comparada com a carga precoce, a carga imediata atinge taxas de sobrevivência semelhantes em questão de osteointegração e alterações do nível de tecido ósseo marginal, logicamente com planeamentos protéticos bem executados. Embora a maioria dos estudos tivessem um *follow up* acima de 3 anos, o primeiro ano foi o tempo determinante para analisar o impacto da carga imediata no estabelecimento da osteointegração, sendo os primeiros meses de carregamento imediato o período chave e de maior relevância para que a formação de osso já seja vista no implante (Hsu et al., 2013).

Estudos histológicos indicam que os casos com carga imediata apresentam maior densidade óssea e/ou menor perda óssea média ao redor do implante do que os casos tardios, por manter a atividade óssea por meio de estímulos através da função mastigatória, responsáveis por equilibrar e promover uma constante atividade celular, permitindo que o osso peri-implantar não tenha muitas perdas pela atividade osteoclástica ou remodelação (Babayi et al., 2023).

Isto é consistente com a literatura recente que afirma que, quando uma boa estabilidade primária é alcançada na presença de volume ósseo suficiente, os implantes unitários devem ser provisionalizados imediatamente para preservação de condições teciduais pré-operatórias existentes, a fim de alcançar um resultado estético favorável (Zuiderveld et al., 2015).

Sanz-Sánchez, em seu estudo também de revisão sistemática e meta-análise realizado em 2015, constatou que os implantes com carga imediata, quando comparados aos implantes com carga convencional/tardia, alcançaram igualmente altas taxas de sobrevivência e, em 13 dos 29 artigos revisados, não houve falhas na osteointegração dos implantes (Sanz-Sánchez et al., 2015).

Porém, os implantes que receberam carga imediata, demonstraram um risco estatisticamente significativo maior para falha do implante e notou-se que obtiveram menor perda óssea marginal, com um menor aumento nos valores de ISQ quando comparados com os implantes carregados tardiamente (Sanz-Sánchez et al., 2015).

Ao observar a comparação feita com relação ao tipo de carga recebida (contactos oclusais *versus* não oclusais) fornecida no momento da entrega da prótese no período de até uma semana após a colocação do implante, as cargas imediatas que apresentavam maior contacto oclusal resultaram em um risco ligeiramente maior de falha do implante e maior alteração nos valores do ISQ quando comparadas as próteses em infra oclusão, indicando que na presença de contactos oclusais há um ligeiro aumento no risco de falha do implante. Isso é esperado, uma vez que os contactos oclusais mais intensos podem levar a micromovimentos na interface osso/implante e, em uma pior hipótese, podem causar encapsulamento fibroso (Sanz-Sánchez et al., 2015).

Os resultados apresentados avaliando o impacto dos contactos oclusais levando em consideração os valores de ISQ, não estão de acordo com os resultados de outros estudos que demonstraram haver melhor osteointegração na superfície do implante e aumento do contacto osso-implante quando submetido a uma carga ativa. Essas potenciais vantagens histológicas nem sempre acarretam melhores resultados clínicos (Sanz-Sánchez et al., 2015).

Vários ensaios clínicos já tentaram avaliar o impacto da carga imediata oclusal *versus* não oclusal, porém até agora não houve uma conclusão definitiva sobre o método mais eficaz, apenas sabe-se que o risco para a perda é maior quando há intensos *frettings* e/ou micromovimentações acima de 150µm (Sanz-Sánchez et al., 2015).

Além disso, o tempo de intervenção também é fundamental, pois desde o minuto após a colocação dos implantes tem-se o início do processo inflamatório e de reparação, conseqüentemente começando também a diminuição da estabilidade primária conseguida após a instalação do implante. Esse espaço de tempo de trabalho é considerado pela literatura de 72 horas para que seja possível colocar carga com maior segurança sem haver perda acentuada da estabilidade conseguida inicialmente (Batista, 2019).

A Influência Da Estabilidade Primária No Sucesso De Implantes Dentários Com Cargas Imediatas: Uma Revisão Da Literatura

III. CONCLUSÃO

Através desta revisão de literatura foi possível concluir que a estabilidade primária conseguida com torque de inserção no intervalo entre 35N/cm a 50N/cm é um bom prognóstico para a obtenção da osteointegração e, conseqüentemente, para colocação de cargas imediatas. Porém, para maior previsibilidade e segurança na indicação destas, deve-se ter atenção a diversos outros fatores, como a macrogeometria do implante, diferentes tipos de perfurações ósseas ou técnica cirúrgica de colocação do implante, qualidade e estrutura óssea recetora do implante, prótese provisória em infra-oclusão minimizando os riscos de micromovimentações, a utilização de aparelhos que auxiliam na mensuração da estabilidade primária além do torquímetro, e o tratamento de superfície do implante serão essenciais e poderão interferir tanto no implante, quanto na imediata provisionalização.

Por fim, os estudos revisados demonstraram que a estabilidade primária é essencial, mas não deve ser o único critério a ser levado em consideração ao tomar decisões clínicas. Para garantir o sucesso de implantes com cargas imediatas, é necessário compreender de forma abrangente os elementos que influenciam a osteointegração.

O desenvolvimento de protocolos ainda mais eficazes para uma variedade de condições ósseas e perfis de pacientes devem ser feitos em pesquisas futuras tornando mais assertivo, padronizado e organizado o planejamento e execução de cargas imediatas.

A Influência Da Estabilidade Primária No Sucesso De Implantes Dentários Com Cargas Imediatas: Uma Revisão Da Literatura

IV. BIBLIOGRAFIA

- Al-Sabbagh, M., Eldomiaty, W., & Khabbaz, Y. (2019). Can Osseointegration Be Achieved Without Primary Stability?. *Dental clinics of North America*, 63(3), 461–473. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2019.02.001>.
- Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2019). On osseointegration in relation to implant surfaces. *Clinical implant dentistry and related research*, 21 Suppl 1, 4–7. <https://doi.org/10.1111/cid.12742>.
- Araújo-Gomes, N., Romero-Gavilán, F., García-Arnáez, I., Martínez-Ramos, C., Sánchez-Pérez, A. M., Azkargorta, M., Elortza, F., de Llano, J. J. M., Gurruchaga, M., Goñi, I., & Suay, J. (2018). Osseointegration mechanisms: a proteomic approach. *Journal of biological inorganic chemistry : JBIC : a publication of the Society of Biological Inorganic Chemistry*, 23(3), 459–470. <https://doi.org/10.1007/s00775-018-1553-9>.
- Babayi, M., Ashtiani, M. N., Emamian, A., Ramezanpour, H., Yousefi, H., & Mahdavi, M. (2023). Peri-implant cell differentiation in delayed and immediately-loaded dental implant: A mechanobiological simulation. *Archives of oral biology*, 151, 105702. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2023.105702>.
- Baireddy, R. J., Cook, N., Li, S., & Barrak, F. (2021). Does immediate loading of a single implant in the healed anterior maxillary ridge improve the aesthetic outcome compared to conventional loading?. *BDJ open*, 7(1), 30. <https://doi.org/10.1038/s41405-021-00083-4>.

- Barone, A., Alfonsi, F., Derchi, G., Tonelli, P., Toti, P., Marchionni, S., & Covani, U. (2016). The Effect of Insertion Torque on the Clinical Outcome of Single Implants: A Randomized Clinical Trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 18(3), 588–600. <https://doi.org/10.1111/cid.12337>.
- Batista, S. H. B. Comportamento dos tecidos moles em redor de implantes com carga imediata: revisão literária. (2019). 32 folhas. Dissertação (Mestrado em Medicina Dentária) - Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2019. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/9047/1/PPG_38846.pdf.
- Belinha, J. (2014). Bone Tissue. In: Meshless Methods in Biomechanics. Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics, vol 16. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06400-0_6.
- Brånemark, P. I., Adell, R., Breine, U., Hansson, B. O., Lindström, J., & Ohlsson, A. (1969). Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery*, 3(2), 81–100. <https://doi.org/10.3109/02844316909036699>.
- Brunski J. B. (1993). Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants. *Dental implantology update*, 4(10), 77–81.
- Cariello, M., Nogueira, A., Dinelly, E., Carvalho, Ana., Vieira, P. (2016). Carga imediata sobre implante na região de pré-maxila: Relato de caso clínico. *Revista Expressão Católica Saúde*, 1(1), 47–52. <https://doi.org/10.25191/recs.v1i1.1370>.
- Carmo Filho, L. C. D., Faot, F., Madruga, M. M., Marcello-Machado, R. M., Bordin, D., & Del Bel Cury, A. A. (2019). Effect of implant macrogeometry on peri-implant

- healing outcomes: a randomized clinical trial. *Clinical oral investigations*, 23(2), 567–575. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2463-5>.
- Chen, J., Cai, M., Yang, J., Aldhohrah, T., & Wang, Y. (2019). Immediate versus early or conventional loading dental implants with fixed prostheses: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 122(6), 516–536. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.013>.
- Cunha, J. V. O., & Dias, K. S. P. A. (2022). Carga imediata em implantes unitários: revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 11(16), e295111638448. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38448>.
- Duarte, F., & Ramos, C. (2005). Osstell®: Frequência de Ressonância. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e e Cirurgia Maxilofacial*, 46(3), 157–163.
- Falco, A., Berardini, M., & Trisi, P. (2018). Correlation Between Implant Geometry, Implant Surface, Insertion Torque, and Primary Stability: In Vitro Biomechanical Analysis. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(4), 824–830. <https://doi.org/10.11607/jomi.6285>.
- Gao, S. S., Zhang, Y. R., Zhu, Z. L., & Yu, H. Y. (2012). Micromotions and combined damages at the dental implant/bone interface. *International Journal of Oral Science*, 4(4), 182–188. <https://doi.org/10.1038/ijos.2012.68>
- Gehrke, S. A., Aramburu, J., Junior, Pérez-Díaz, L., do Prado, T. D., Dedavid, B.A., Mazon, P., & N De Aza, P. (2021). Can changes in implant macrogeometry

- accelerate the osseointegration process?: An in vivo experimental biomechanical and histological evaluations. *PloS one*, 15(5) e0233304. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233304>.
- Hadjidakis, D. J., & Androulakis, I. I. (2006). Bone remodeling. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1092, 385–396. <https://doi.org/10.1196/annals.1365.035>
- Heimes, D., Becker, P., Pabst, A., Smeets, R., Kraus, A., Hartmann, A., Sagheb, K., & Kämmerer, P. W. (2023). How does dental implant macrogeometry affect primary implant stability? A narrative review. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40729-023-00485-z>.
- Hsu, J.-T., Huang, H.-L., Chang, C.-H., Tsai, M.-T., Hung, W.-C., & Fuh, L.-J. (2013). Relationship of Three-Dimensional Bone-to-Implant Contact to Primary Implant Stability and Peri-implant Bone Strain in Immediate Loading: Microcomputed Tomographic and In Vitro Analyses. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 28(2), 367–374. <https://doi.org/10.11607/jomi.2407>.
- Ibrahim, A., & Chrcanovic, B. R. (2021). Dental Implants Inserted in Fresh Extraction Sockets versus Healed Sites: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/ma14247903>
- Insua, A., Monje, A., Wang, H. L., & Miron, R. J. (2017). Basis of bone metabolism around dental implants during osseointegration and peri-implant bone loss. *Journal of biomedical materials research. Part A*, 105(7), 2075–2089. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36060>.

Isabel, H., & Gomes, G. (2018). Remodelação óssea da mandíbula após inserção de implante dentário.

Kastala, V. H. (2018) Methods to measure implant stability. *Journal of Dental Implants* 8(1), 3-8. https://doi.org/10.4103/jdi.jdi_7_18.

Kher, U., & Patil, S. M. (2011). Immediate loading of implants in the mandible. *International Journal of Oral Implantology and Clinical Research*, 2, 49-53. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10012-1035>.

Knothe Tate, M. L., Adamson, J. R., Tami, A. E., & Bauer, T. W. (2004). The osteocyte. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 36(1), 1–8. [https://doi.org/10.1016/s1357-2725\(03\)00241-3](https://doi.org/10.1016/s1357-2725(03)00241-3).

Laney W. R. (2017). Glossary of Oral and Maxillofacial Implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 32(4), <https://doi.org/10.11607/jomi.2017.4.gomi>

Meredith, N., Alleyne, D., & Cawley, P. (1996). Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clinical oral implants research*, 7(3), 261–267. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.1996.070308.x>.

Miguel, P., & Borges, V. (2015). Comportamento Mecânico de Implantes Dentários Engenharia Mecânica Júri.

Mozzi, K. K. dos S. (2022). Immediate load implants: literature review. *Journal of Multidisciplinary Dentistry*, 10(3), 64-8. <https://doi.org/10.46875/jmd.v10i3.527>.

Netter, F. H., *Musculoskeletal system - Netter collection of medical illustrations*, 2nd ed., vol. 6. Saunders, 2013.

Osstell beacon, an W&H Company. <https://www.osstell.com/osstell-beacon-us/>. Acessado em 08.03.2024.

Padovan, L. E. M., *et al.* *Carga Imediata e Implantes Osteointegrados: possibilidades e técnicas*. 1. ed. São Paulo: Santos, 2008.

Pigozzo, M. N., Rebelo da Costa, T., Sesma, N., & Laganá, D. C. (2018). Immediate versus early loading of single dental implants: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(1), 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.12.006>.

Rocha, F. A., & Elias, C. N. (2010). Influência da Técnica Cirúrgica e da Forma do Implante na Estabilidade Primária. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 18(48):26- 29. <https://doi.org/10.36065/robrac.v19i48.426>.

Salles, M. B., Allegrini, S., Yoshimoto, M., Pérez-Díaz, L., Calvo-Guirado, J. L., & Gehrke, S. A. (2018). Analysis of Trauma Intensity during Surgical Bone Procedures Using NF-κB Expression Levels as a Stress Sensor: An Experimental Study in a Wistar Rat Model. *Materials (Basel, Switzerland)*, 11(12), 2532. <https://doi.org/10.3390/ma11122532>.

Sanz-Sánchez, I., Sanz-Martín, I., Figuero, E., & Sanz, M. (2015). Clinical efficacy of immediate implant loading protocols compared to conventional loading depending on the type of the restoration: A systematic review. *Clinical oral implants research*, 26(8), 964–982. <https://doi.org/10.1111/clr.12428>.

- Sennerby, L., & Meredith, N. (2008). Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontology 2000*, 47, 51–66. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2008.00267.x>
- Silva, K. S., Nascimento, M., Souza, B. M., & Posch, A. T. (2022). Fatores que influenciam o planejamento de implantes dentários osseointegráveis. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 4(4), 17-34. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2022v4n4p17-34>.
- Silva, R. F. (2020). Prótese sobre implante cimentada x parafusada: uma revisão narrativa da literatura. *Universidade Católica Portuguesa*. https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/31075/1/Rodrigo_Ferreira_FINAL.pdf.
- Shen, F., & Shi, Y. (2022). Recent Advances in Single-Cell View of Mesenchymal Stem Cell in Osteogenesis. *Frontiers in cell and developmental biology*, 9, 809918. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.809918>.
- Sugiura, T., Yamamoto, K., Horita, S., Murakami, K., Tsutsumi, S., & Kirita, T. (2016). The effects of bone density and crestal cortical bone thickness on micromotion and peri-implant bone strain distribution in an immediately loaded implant: a nonlinear finite element analysis. *Journal of periodontal & implant science*, 46(3), 152–165. <https://doi.org/10.5051/jpis.2016.46.3.152>.
- Tettamanti, L., Andrisani, C., Bassi, M. A., Vinci, R., Silvestre-Rangil, J., & Tagliabue, A. (2017). Immediate loading implants: review of the critical aspects. *ORAL & implantology*, 10(2), 129–139. <https://doi.org/10.11138/orl/2017.10.2.129>.

Trindade, R., Albrektsson, T., Galli, S., Prgomet, Z., Tengvall, P., & Wennerberg, A. (2018). Osseointegration and foreign body reaction: Titanium implants activate the immune system and suppress bone resorption during the first 4 weeks after implantation. *Clinical implant dentistry and related research*, 20(1), 82–91. <https://doi.org/10.1111/cid.12578>.

Trindade, R., Albrektsson, T., Galli, S., Prgomet, Z., Tengvall, P., & Wennerberg, A. (2018). Bone Immune Response to Materials, Part I: Titanium, PEEK and Copper in Comparison to Sham at 10 Days in Rabbit Tibia. *Journal of clinical medicine*, 7(12), 526. <https://doi.org/10.3390/jcm7120526>.

West, J. D., & Oates, T. W. (2007). Identification of stability changes for immediately placed dental implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 22(4), 623–630.

Yeh, C. K., & Rodan, G. A. (1984). Tensile forces enhance prostaglandin E synthesis in osteoblastic cells grown on collagen ribbons. *Calcified tissue international*, 36 Suppl 1, S67–S71. <https://doi.org/10.1007/BF02406136>.

Zhou, W., Han, C., Yunming, L., Li, D., Song, Y., & Zhao, Y. (2009). Is the osseointegration of immediately and delayed loaded implants the same?-- comparison of the implant stability during a 3-month healing period in a prospective study. *Clinical oral implants research*, 20(12), 1360–1366. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01757.x>.

Zita Gomes, R., De Vasconcelos, M. R., Lopes Guerra, I. M., De Almeida, R. A. B., & De Campos Felino, A. C. (2017). Implant Stability in the Posterior Maxilla: A

Controlled Clinical Trial. *BioMed research international*, 2017, 6825213.

<https://doi.org/10.1155/2017/6825213>.

Zuiderveld, E. G., Meijer, H. J. A., Vissink, A., & Raghoobar, G. M. (2015). Immediate placement and provisionalization of an implant after removal of an impacted maxillary canine: two case reports. *International Journal of Implant Dentistry*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40729-015-0013-3>.