



EGAS MONIZ SCHOOL
of HEALTH & SCIENCE

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
EGAS MONIZ

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

CONEXÃO INTERNA OU EXTERNA EM IMPLANTOLOGIA ORAL: QUANDO E PORQUÊ?

Trabalho submetido por
Maria Figueiredo Mesquita
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2023



EGAS MONIZ SCHOOL
of HEALTH & SCIENCE

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
EGAS MONIZ

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

CONEXÃO INTERNA OU EXTERNA EM IMPLANTOLOGIA ORAL: QUANDO E PORQUÊ?

Trabalho submetido por
Maria Figueiredo Mesquita
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Abecasis

setembro de 2023

*“Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow.
The important thing is not to stop questioning.”*

Albert Einstein

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Abecasis, que foi incansável e esteve sempre disponível para me apoiar nesta jornada e me transmitir os melhores ensinamentos!

À minha segunda casa, Egas Moniz, por me ter acolhido e me ter feito crescer. Por me ter proporcionado os melhores 5 anos da minha vida que foram uma aventura.

Aos meus pais, pelo esforço que fizeram e investiram em mim durante os últimos 5 anos. Um obrigado nunca vai ser suficiente! À minha mãe, Célia, por me mostrar que sou forte como ela e capaz de atingir todos os meus objetivos. Ao meu pai, Vitor, por me ter transmitido desde sempre que uma pessoa com humildade chega onde quiser. É um orgulho ser vossa filha!

Aos meus avós, Maria e Ricardo, por me transmitirem o amor mais puro que existe no mundo e por acreditarem sempre mais do que eu que seria capaz de acabar este curso! Amo-os com todo o amor que pode caber no meu coração.

À minha irmã, Lucy, por me ter encorajado a seguir o sonho de um dia vir a fazer as pessoas sorrir. Por toda a ajuda que me deu desde o meu 1º dia nesta casa, por ter sempre acreditado que eu seria capaz. Não há melhor presente na vida do que a ter como irmã!

À box 84, Nelson, por me ter dado a mão, não desde o início do curso, mas desde o início da vida. É como um irmão para mim e termos concretizado este sonho lado a lado só me trouxe mais vitórias e momentos memoráveis. Obrigada!

Ao meu grupo de amigos, A&C, por aturarem o meu feitio complicado todos os dias durante 5 anos e me mostrarem o que é ter amigos de verdade para toda a vida.

À Nina e ao Morais, que me encheram de amor durante 5 anos e de ensinamentos que levo para a vida. Tornaram o meu caminho mais bonito e não teria conseguido sem vocês.

Às minhas amigas de infância, Filipa e Paula, por me terem acompanhado sempre nas etapas mais bonitas que vivi até hoje e me fazerem sentir uma pessoa realizada por tê-las comigo desde sempre. São a minha grande luz.

Aos Kamalians, por todas as vezes que me proporcionaram uma boa noite de amigos e me fizeram ser ainda mais feliz. Em especial ao Lemos, por toda a ajuda que me deu!

Aos meus amigos de Samora, o meu David, o mano Mascarenhas, o Tiago, o João, o Coelho, o Tapada, o Rui Bernardo, que de uma forma ou de outra, me levantaram sempre após cada queda que dei e me deixaram sempre ser eu própria. Obrigada por nunca me abandonarem, venha o que vier!

Resumo

Atualmente, a implantologia é a área da Medicina Dentária mais utilizada na reabilitação de espaços edêntulos, oferecendo inúmeras vantagens estéticas e funcionais quando comparada à reabilitação com recurso a outro tipo de próteses.

Os implantes dentários podem ser divididos em várias partes, sendo uma delas denominada de conexão protética. É a região onde se conecta a supraestrutura, tendo sido alvo de discussão devido à sua importância no processo de reabilitação. Com vista a criar melhores condições no que concerne à substituição das peças dentárias perdidas, os diferentes sistemas têm vindo a introduzir diversas modificações na sua conexão ao longo dos tempos. Podemos caracterizar as conexões como externas ou internas consoante a sua posição geométrica em relação ao corpo do implante. Enquanto a conexão externa se apresenta em forma de hexágono ou octógono na plataforma do implante, a conexão interna pode ter diversas formas geométricas, como hexagonal, octogonal ou cónica.

A escolha da conexão é uma decisão imperativa para um planeamento criterioso de um tratamento reabilitador, uma vez que afetará a previsibilidade do resultado clínico a longo prazo. O tipo de conexão escolhido pode influenciar a perda óssea marginal em torno dos implantes, a adesão bacteriana e os micromovimentos dos pilares protéticos. Assim, uma má escolha poderá comprometer a estética e a função da reabilitação realizada. Neste contexto, revela-se crucial que o Médico Dentista esteja devidamente informado relativamente às diferenças entre os dois tipos de conexão, para que a sua escolha seja a mais ajustada para cada tipo de reabilitação.

A presente revisão narrativa tem como objetivo analisar qual o tipo de conexão mais indicado consoante a situação clínica, para que sejam devolvidos os fatores estéticos e funcionais. Serão fornecidas recomendações práticas sobre o tipo de conexão mais indicado, contribuindo para uma melhor decisão clínica, baseada na mais atual evidência científica.

Palavras-chave: Conexão interna; Conexão externa; Implante dentário; Implantologia.

Abstract

Implantology is currently the most widely used area of Dentistry in the rehabilitation of edentulous spaces, offering numerous aesthetic and functional advantages when compared to rehabilitation with other types of prosthetics.

Dental implants can be divided into several components, one of which is called the prosthetic connection. It is the region where the superstructure connects and has been the subject of discussion due to its importance in the rehabilitation process. In order to create better conditions for the replacement of lost dental pieces, different systems have introduced various modifications to their connection over time. We can categorize connections as either external or internal depending on their geometric position in relation to the implant body. While the external connection is in the form of a hexagon or octagon on the implant platform, the internal connection can have various geometric shapes, such as hexagonal, octagonal or conical.

The choice of the connection is a crucial decision for careful treatment planning as it will affect the predictability of long-term clinical outcomes. The type of connection chosen can influence marginal bone loss around the implants, bacterial adherence and micromovements of prosthetic abutments. Therefore, a poor choice can compromise the aesthetics and function of the rehabilitation performed. In this context, it is crucial that the Dentist is properly informed about the differences between the two types of connections so that their choice is most suitable for each type of rehabilitation.

This narrative review aims to analyze which type of connection is most suitable depending on the clinical situation, to restore aesthetic and functional factors. Practical recommendations on the most suitable type of connection will be provided, contributing to better clinical decision-making based on the most current scientific evidence.

Keywords: Internal connection; External connection; Dental implant; Implantology.

Índice Geral

I.	Introdução.....	13
II.	Desenvolvimento.....	17
1.	História da Implantologia Oral.....	17
2.	Conceitos básicos de Implantologia Oral	22
2.1.	O que é um implante: definição e os diferentes tipos de materiais e propriedades	22
2.2.	Colocação de implantes: tipos de implantes e princípios da fixação de próteses dentárias em implantes	29
2.3.	Fatores a considerar no planeamento, contraindicações e complicações associadas	36
3.	Conexão interna e externa em Implantologia Oral	46
3.1.	Conexão interna em Implantologia Oral.....	48
3.1.1.	Conexão de hexágono interno.....	49
3.1.2.	Cone Morse- conexão cônica interna	50
3.2.	Conexão externa em Implantologia Oral	52
3.2.1.	Sistema de Brånemark: conexão de hexágono externo	53
4.	Estabilidade e durabilidade da prótese dentária com conexão interna e externa.....	55
4.1.	Comparação entre conexões	55
4.2.	Fatores que afetam a estabilidade e a durabilidade	60
5.	Como proceder com a escolha de conexão em Implantologia Oral.....	62
5.1.	Fatores que influenciam a escolha	62
5.2.	Considerações clínicas anatômicas	65
6.	Tendências atuais e perspectivas futuras para as conexões interna e externa em Implantologia Oral.....	66
6.1.	Tendências atuais	66
6.2.	Perspetivas para o futuro.....	68
III.	Conclusão	71
IV.	Bibliografia	73

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema de um implante dentário e os seus componentes. (Imagem Original)	22
Figura 2 Prótese dento-implanto-suportada com dois pânticos. (Imagem Original)	24
Figura 3 Esquema da largura biológica em redor de um implante dentário. (Imagem Original).....	29
Figura 4 Representação de uma peri-implantite. (Imagem Original).....	40
Figura 5 Exemplo de implante dentário de conexão interna com coroa. (Imagem Original)	50
Figura 6 Exemplo de implante dentário de conexão externa com coroa. (Imagem Original)	53
Figura 7 Representação dos desenhos conhecidos como Platform Matched (conexão externa) e Platform Switching (conexão interna), respetivamente. (Imagem Original).	55

Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação entre os diferentes tipos de conexão interna (Hexágono Interno e Cone Morse) e conexão externa (Sistema de Brånemark)	57
--	----

Lista de Abreviaturas

ASTM- American Society for Testing and Materials

CAIS- Cirurgia de Implantes Assistida por Computador

CBCT- Tomografia Computorizada de Feixe Cónico

Fe- Ferro

O- Oxigénio

I. Introdução

Na sociedade atual é cada vez mais procurada uma dentição harmoniosa e apelativa, uma vez que o sorriso é considerado um dos principais atributos para uma boa apresentação física e integração social. Os implantes dentários proporcionam aos pacientes parcial ou totalmente edêntulos a função mastigatória e estética que outrora possuíram através da dentição natural (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A falta de dentes está diretamente associada ao declínio cognitivo dos pacientes, bem como ao seu desempenho. Assim, a qualidade de vida diminui, e o aumento da solidão é marcante (Khalaila et al., 2022). Segundo Abbas et al. (2023), a perda dentária é o principal fator que atua no isolamento social.

De todas as opções que existem para substituir dentes perdidos, os implantes dentários tornaram-se ao longo do tempo uma das soluções mais utilizadas devido às vantagens que apresentam (Guillaume, 2016).

A implantologia moderna surgiu graças a estudos efetuados por Brånemark na década de 60, tendo sido o primeiro autor a propor o conceito de osteointegração do implante dentário. Brånemark definiu a “osteointegração” do titânio como uma “conexão estrutural e funcional direta entre o osso vivo ordenado e a superfície de um implante de carga”, tendo esta definição sido alterada ao longo dos anos (Guillaume, 2016).

Após a introdução dos implantes dentários osteointegrados nas décadas de 60 e 70, estes têm sido amplamente utilizados na reabilitação de pacientes com edentulismo parcial ou total (Medeiros et al., 2016).

Nos anos 70 assistiu-se a um grande avanço no tratamento da perda dentária. Esta fase é representada pela introdução dos implantes dentários, influenciando significativamente a condição psicológica dos pacientes e contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida (Guillaume, 2016).

Atualmente, na maioria dos casos, os implantes dentários são muito usados na substituição de dentes perdidos, através da utilização de coroas e pontes suportadas por

implantes dentários ou próteses parciais ou totais removíveis e fixas implantossuportadas. Sabemos que a solução mais indicada em cada caso clínico é definida consoante a localização das ausências dentárias, a disponibilidade de osso nos maxilares e o estatuto financeiro do paciente. A definição do termo “osteointegração” tem vindo a sofrer alterações ao longo dos anos. Atualmente esta define-se por “uma reação de corpo estranho onde o osso interfacial é formado como uma reação de defesa para proteger o implante dos tecidos” (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Guillaume, 2016).

A base da sustentabilidade da implantologia é baseada numa avaliação global em cada caso clínico, onde são abordados fatores envolventes como a condição periodontal do paciente, a sua oclusão, o volume ósseo disponível para a inserção do implante e o seu estado de saúde geral. Os tratamentos de reabilitação com recurso a implantes devem cumprir critérios biológicos, fisiológicos, funcionais, biomecânicos e estéticos para que possam ser bem-sucedidos. Devemos considerar ainda avaliações pré-operatórias e o historial médico do paciente, incluindo os exames orais e radiológicos efetuados pelo Médico Dentista. É importante que exista uma estabilidade e duração da osteointegração bem como a ausência de processos patológicos (Palacios-Garzón et al., 2018; Tagliareni & Clarkson, 2015).

O local ósseo pré-implantar é o ponto mais importante a ser considerado relativamente ao processo de osteointegração. Este está diretamente relacionado com a estabilidade do implante a longo prazo, sendo que este quando se encontra muito reduzido, a colocação do implante vai ser prejudicada. Neste contexto, foram desenvolvidas técnicas de regeneração óssea. A avaliação da estabilidade do implante é essencial na prevenção da falha do implante dentário devido a desgaste ou fadiga, ou por situações de aparecimento de peri-implantite, sendo uma infeção caracterizada pela perda excessiva de osso, levando, assim, ao insucesso clínico (Medeiros et al., 2016; Guillaume, 2016; Hasan et al., 2022).

Como em todos os procedimentos médicos, na implantologia também existem contraindicações relativas, sendo algumas delas: (i) distúrbios psiquiátricos; (ii) problemas cardiovasculares graves; (iii) condições hematológicas malignas; (iv) ensaios terapêuticos em andamento; (v) medicação complementar com aminobifosfonatos intravenosos, uma vez que apresentam um alto risco de induzir osteonecrose da

mandíbula; (vi) contraindicações locais, tais como a higiene oral deficitária, a perda óssea maciça e os distúrbios oclusais (Guillaume, 2016).

A perda de altura óssea marginal pode comprometer a estabilidade dos tecidos moles circundantes, resultando na perda da papila interdentária e causando alterações estéticas e fonéticas bem como a impactação alimentar. Alguns dos fatores associados à perda óssea marginal são a diminuição das reações inflamatórias, as concentrações de carga e extravasamento bacteriano na interface implante-pilar (Medeiros et al., 2016).

Existem dois grupos principais de implantes e sistemas correspondentes que se diferenciam pelo sistema de conexão que apresentam entre o implante e a coroa, sendo eles a conexão interna e conexão externa. A conexão do implante pode falhar devido a fatores como a dimensão inadequada do implante, a imprecisão de ajuste, a fadiga do material ou mesmo por defeitos de fabrico (Palacios-Garzón et al., 2018).

A conexão externa é definida com uma forma em hexágono ou octógono localizada na plataforma do implante onde se localizará a coroa. A geometria desenvolvida facilita a colocação de pilares e copings de impressão proporcionando uma capacidade de anti-rotação dos elementos. Este tipo de conexão apresenta como limitação a altura reduzida do hexágono. Assim, a ocorrência de altas cargas oclusais pode levar a micromovimentos do pilar, o que pode fazer com que o parafuso se solte ou, em casos mais avançados, chegue a fraturar (Palacios-Garzón et al., 2018).

A conexão interna pode ser definida como um sistema que se apresenta sob a forma de hexágono ou octógono (entre outros) localizado dentro do implante. Nos implantes de conexão interna conseguimos encontrar elementos com uma conexão cônica (cone morse), caracterizada por uma geometria de cone interno invertido que proporciona um mecanismo de autotravamento entre o implante e a coroa. O cone morse foi introduzido pelo *International Team for Implantology*, tendo atraído muitos seguidores devido à sua estabilidade mecânica (Palacios-Garzón et al., 2018).

Esta revisão narrativa tem como objetivo explorar a escolha entre os dois tipos de conexão, externa e interna, em implantes dentários, avaliando fatores que podem influenciar a decisão final do Médico Dentista. Com a realização deste trabalho

pretendemos aferir quando é mais indicada a utilização de cada tipo de conexão e porquê, fornecendo ao Médico Dentista os conteúdos teóricos necessários para serem aplicados clinicamente. A escolha da conexão é uma decisão importante no planeamento de um tratamento de reabilitação, uma vez que afetará a estabilidade e segurança da prótese dentária ou da coroa, bem como a previsibilidade do resultado clínico a longo prazo. É fundamental compreender os diferentes aspetos envolvidos na escolha entre conexões internas e externas, incluindo a anatomia dos tecidos, as características dos materiais, os protocolos cirúrgicos e os requisitos estéticos e funcionais do paciente.

Será estabelecida a comparação entre os dois tipos de conexão de implantes consoante a localização e tipo de reabilitação, sem, no entanto, esquecer que qualquer plano de tratamento executado só terá sucesso se o paciente possuir uma correta saúde oral. Serão avaliados parâmetros como as vantagens e desvantagens de ambas as conexões, tendo como objetivo final a apresentação de uma tabela onde conseguiremos compreender em que situação se adequa mais a utilização de uma conexão ou outra.

A partir da análise de todos os fatores apresentados, almejamos fornecer recomendações práticas sobre a utilização das conexões interna e externa, bem como a sua base justificativa, a fim de contribuir para uma decisão clínica sustentada e efetiva.

II. Desenvolvimento

1. História da Implantologia Oral

A história dos implantes dentários começa a ser relatada no Antigo Egito, onde conchas e pedras esculpidas eram colocadas na mandíbula com o objetivo de substituir os dentes perdidos. Outros exemplos de implantes precoces eram efetuados a partir de metais nobres sendo moldados para recriar as raízes dentárias naturais. Há mais de dois mil anos, civilizações na América do Sul e do Norte e nas regiões da Ásia Central e do Mediterrâneo, substituíram os dentes perdidos por pedras esculpidas, conchas, ossos e ouro (Gaviria et al., 2014).

Ao longo dos séculos têm sido descritas várias técnicas para compensar as perdas dentárias. Um exemplo são as próteses esculpidas em marfim no século XVII. Já em 1809, Maggiolo inseriu um tubo de implante de ouro num local onde teria ocorrido uma recente extração dentária (Guillaume, 2016; Gupta et al., 2022).

Em meados do século XX a dentisteria moderna ganhou evidência através das primeiras pontes dentárias criadas. Em 1930, os irmãos Strock usaram parafusos em Vitallium para substituir dentes perdidos. Na década de 1940, foi desenvolvido um implante endósseo por Formiggini, o pai da implantologia moderna, e um implante subperióstico por Dahl na Suécia. Já nos anos 50, vários autores propuseram a utilização de materiais como o ouro ou o níquel-cromo (Guillaume, 2016; Gupta et al., 2022).

A história moderna dos implantes dentários começou durante a Segunda Guerra Mundial, quando o Dr. Norman Goldberg realizou restaurações dentárias utilizando metais que eram usados para substituir outras partes do corpo. Mais tarde, em 1948, em associação com o Dr. Aaron Gershkoff, produziram o primeiro implante subperiosteal, tendo sido assim formada a base da implantologia (Gaviria et al., 2014).

Em 1957, Brånemark começou por estudar a cicatrização e regeneração óssea e descobriu que o osso poderia crescer em proximidade com o titânio, podendo se aderir efetivamente ao metal sem ser rejeitado. Descobriu a partir de um estudo experimental que o osso estava aderido à superfície de titânio implantado, concluindo que a

biocompatibilidade e a ligação osso-titânio eram as principais propriedades biológicas desse metal (Gaviria et al., 2014; Guillaume, 2016).

A ancoragem óssea direta de implantes foi descoberta em 1962. Os implantes dentários tornaram-se um padrão de cuidados na substituição de dentes perdidos desde 1965 quando Brånemark se tornou o pioneiro na técnica que visa utilizar um implante dentário de titânio (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Hasan et al., 2022).

Histologicamente foi confirmada a ocorrência de uma ligação direta do osso à superfície de titânio do implante. O desenvolvimento de implantes diretamente ancorados no osso significou um avanço nas possibilidades de tratamento de indivíduos parcial ou totalmente edêntulos (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Lemos et al., 2021; Guillaume, 2016).

O início da implantologia moderna deu-se graças aos estudos efetuados por Brånemark na década de 60 na Suécia, tendo sido o primeiro autor a propor o conceito de osteointegração do biomaterial metálico implantado no osso. Após a introdução dos implantes dentários osteointegrados nas décadas de 60 e 70, estes têm sido utilizados mundialmente na reabilitação de pacientes com edentulismo parcial ou total. Na sequência desta descoberta, foram feitos numerosos estudos que permitiram um desenvolvimento na superfície e morfologia dos implantes dentários, fazendo deste dispositivo atualmente uma solução terapêutica fiável (Guillaume, 2016; Medeiros et al., 2016; Gavira et al., 2014).

Em 1967, o Dr. Linkow introduziu implantes de lâmina, agora reconhecidos como implantes endósseos. Os implantes tornaram-se uma pedra angular científica após a sua invenção por Brånemark, que ajudou na evolução do conceito de osteointegração (Gupta et al., 2022).

Inicialmente a incorporação dos implantes de titânio era vista como um fenómeno de cicatrização de feridas, considerado possível devido às supostas reações benignas do tecido ao material, possibilitando até algum tipo de fixação química. No entanto, com base nas descobertas de pesquisas posteriores, estas ideias iniciais sobre o titânio como um material único foram questionadas, tendo sido demonstrado que outros materiais

(como ligas de titânio, tântalo, nióbio e materiais cerâmicos) também eram capazes de oferecer uma osteointegração (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

A avaliação da estabilidade óssea é essencial para garantir ótimos resultados a longo prazo dos implantes osteointegrados, evitando o aparecimento de peri-implantites causadas pela má higiene oral, levando à eventual perda do implante. Além disso, a perda da altura óssea marginal pode alterar a arquitetura dos tecidos moles circundantes, resultando na perda da papila interdentária e causando alterações estéticas e fonéticas e impactação alimentar (Medeiros et al., 2016).

Brånemark definiu então pela primeira vez o conceito de “osteointegração” do titânio (definição esta que tem sido alterada ao longo dos anos) como a “conexão estrutural e funcional direta entre o osso vivo ordenado e a superfície de um implante de carga” (Guillaume, 2016).

Nos anos 80, o sucesso clínico foi estabelecido com base em algumas diretrizes cujo objetivo era alcançar a osteointegração (Guillaume, 2016).

Foi indicado o uso de implantes rosqueados de titânio grau II ASTM adaptados à anatomia específica do paciente, sendo de principal interesse que ocorressem perfurações de baixa velocidade e implementação de um acessório sob irrigação para evitar o aumento térmico, sendo este prejudicial para os osteócitos e diminuindo assim a osteointegração (Buser et al., 2016; Guillaume, 2016).

Esta técnica cirúrgica deveria ser pouco traumática, bem como a colocação do implante numa superfície de “estabilidade primária”, onde é trancado o dispositivo no final do seu aparafusamento, estimando-se que este fosse obtido para um torque de 20 a 30 N. Por fim, deveria ser suturado o tecido gengival acima do implante no final do procedimento cirúrgico e a colocação da prótese sobre o implante só deveria acontecer após o período de cicatrização de 3 a 6 meses, sendo garantida uma fixação firme ao osso e uma elevada competência biomecânica ao nível do tecido (Buser et al., 2016; Guillaume, 2016).

Nos últimos 50 anos, a implantologia passou de ser um tratamento experimental para um tratamento altamente previsível de forma a substituir dentes ausentes através de próteses implanto-suportadas. Esta escolha terapêutica apresenta significativas vantagens funcionais e biológicas em relação às próteses fixas e removíveis convencionais (Buser et al., 2016).

No final do século XX ocorreu um grande avanço no tratamento da perda dentária representado pela descoberta dos implantes dentários. Em 1992 começou o desenvolvimento da cerâmica moderna e, desde então, as empresas de implantes dentários incorporaram tratamentos de superfície cerâmicos e elementos semelhantes aos implantes com o objetivo de melhorar ainda mais a osteointegração. A correção do défice dentário influencia a condição fisiológica e psicológica dos pacientes e melhora a sua qualidade de vida (Guillaume, 2016; Gaviria et al., 2014).

A maioria dos implantes colocados em 2015 por todo o mundo têm um formato semelhante: parafuso de sustentação oco que recebe um dispositivo supraprotético. Existem inúmeras variações na forma geral dos implantes (Guillaume, 2016).

O uso de implantes para substituição de dentes perdidos e restauro de funções tem apresentado uma alta taxa de sucesso e sobrevivência a longo prazo. Este tipo de reabilitação tornou-se um padrão bem aceite pelos pacientes, que cada vez mais pretendem tratamentos que lhes ofereçam conforto e estética. Os implantes apresentam uma taxa de sobrevivência superior a 90% o que induz uma estimativa de venda de 12 a 18 milhões de implantes anualmente em todo o mundo (Hasan et al., 2022; Palacios-Garzón et al., 2018).

É importante referir que atualmente o termo “osteointegração” sofreu algumas alterações ao longo dos anos, definindo-se atualmente como “uma reação de corpo estranho onde o osso interfacial é formado como uma reação de defesa para proteger o implante dos tecidos” (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Tagliareni & Clarkson, 2015).

O material de escolha para implantes tem que ser biocompatível com o osso e biologicamente inerte, como é o caso do titânio. Estudos recentes indicam que o titânio CP resulta em respostas imunes elevadas, sendo um material muito bom para implantes

corporais, apresentando uma grande longevidade clínica nos implantes orais. Têm sido utilizados outros materiais além do titânio CP e das ligas de titânio principalmente na ortopedia, como o aço inoxidável e as ligas de cromo-cobalto-molibdênio (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Tagliareni & Clarkson, 2015).

Numa visão geral recente foram relatados cinco tipos diferentes de superfícies de implantes, documentadas por mais de 10 anos. Estas superfícies foram torneadas, pulverizadas com plasma de titânio, jateadas e tratadas com ácido e anodizadas, demonstrando uma falha de apenas 5% em 10 ou mais anos de acompanhamento (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

2. Conceitos básicos de Implantologia Oral

2.1. O que é um implante: definição e os diferentes tipos de materiais e propriedades

Definição

O uso de implantes dentários no tratamento do edentulismo total e parcial tornou-se uma das modalidades de tratamento integral na Medicina Dentária, tornando assim possível o retorno da função e da estética que outrora ter sido fornecida pela dentição natural. A perda de dentes é muito comum e pode acontecer devido a doenças e traumas, o que torna o uso de implantes dentários importante para fornecer suporte e substituição. É fundamental compreender e aplicar princípios cirúrgicos previsíveis ao planejar o tratamento e restaurar cirurgicamente os espaços desdentados com implantes (Gaviria et al., 2014; Gupta et al., 2022; Hasan et al., 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

Os implantes dentários são dispositivos protéticos em forma de parafuso, definidos como uma raiz artificial que é implantada no osso e se funde ao osso maxilar ou mandibular com o objetivo de substituir um ou mais dentes em falta. Os implantes dentários suportam uma coroa semelhante ao dente natural perdido ou próteses dentárias fixas ou removíveis (Gupta et al., 2022; Hasan et al., 2022).

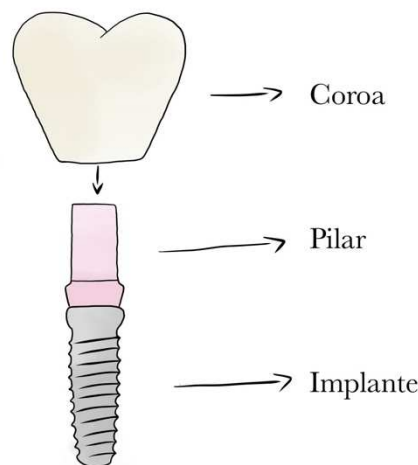


Figura 1 Esquema de um implante dentário e os seus componentes. (Imagem Original)

O implante dentário é caracterizado pela sua forma, o seu estado de superfície e pelo desenho que aparenta do corpo e do colo (Buatois & Pollini, 2016).

O pilar do implante é um elemento intermédio que assegura a junção entre o corpo do implante e a supraestrutura protética. A maioria dos sistemas de implantes atuais são compostos por dois andares, dos quais um andar endo-ósseo (o corpo do implante) e um andar que emerge na cavidade oral (o pilar do implante) (Davarpanah, 2010).

Os implantes dentários podem suportar diferentes tipos de coroas e próteses como as coroas unitárias, próteses fixas, próteses parciais ou totais removíveis (sobredentaduras) e próteses híbridas (Jesus et al., 2016).

A definição do termo “osteointegração” tem vindo a sofrer alterações ao longo dos anos. Atualmente associamos a “osteointegração” como sendo “uma reação de corpo estranho onde o osso interfacial é formado como uma reação de defesa para proteger o implante dos tecidos”. Atualmente a pesquisa de implantes dentários é principalmente voltada para este tema, uma vez que é o primeiro requisito óbvio para qualquer material estranho colocado no osso (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Hasan et al., 2022).

Os implantes dentários apresentam vantagens em relação às próteses parciais fixas convencionais tais como a alta taxa de sucesso, a diminuição do risco de cárie e de problemas endodônticos dos dentes adjacentes, a melhor manutenção do osso no local edêntulo e a diminuição da sensibilidade dos dentes adjacentes (Gupta et al., 2022).

Traumas maxilo-faciais e orais podem ser responsáveis pela perda dentária, especialmente nos dentes centrais superiores. São lesões que estão por vezes associadas à perda de osso cortical devido à perda dentária e à modificação da forma óssea que pode necessitar de uma reconstrução tecidual. O osso é um órgão dinâmico, rigidamente regulado por múltiplos controles homeostáticos, incluindo fatores genéticos e ambientais. Um desses principais reguladores ambientais é a estimulação mecânica que, de acordo com a lei de Wolff, é uma chave determinante das propriedades ósseas. A lei de Wolff refere-se à resposta do osso, à estimulação mecânica e afirma que a adaptação óssea ocorrerá em resposta à carga repetida aplicada sobre ele (Guillaume, 2016; Teichtahl et al., 2015).

Os dentes naturais possuem um ligamento periodontal fibroso em seu redor que liga o dente ao osso com o objetivo de suportar a estrutura dentária no interior do alvéolo,

atuando também como uma barreira à invasão bacteriana. Em torno do implante dentário este tipo de barreira não existe, estando o mesmo em contacto direto com o osso (anquilosados no interior do osso alveolar, não existindo elasticidade proporcionada pelas fibras do ligamento periodontal). Embora os implantes dentários tenham uma taxa de sucesso elevada, os seus componentes podem proporcionar uma superfície de fixação na invasão bacteriana, o que pode levar à colonização da superfície do implante, à inflamação crónica dos tecidos moles e duros em seu redor, levando assim a que a saúde periodontal fique comprometida (Hasan et al., 2022; Monje & Nart, 2022).

Historicamente, conectar um dente a um implante para funcionar como pilar para substituir um dente perdido é uma técnica desencorajada. Vários artigos concluíram que o aumento do stress causou complicações técnicas e biológicas, o que levou a uma diminuição da taxa de sobrevivência de uma prótese dento-implanto-suportada quando comparada a uma prótese implanto-suportada (Greenstein et al., 2009).

Um ligamento periodontal saudável pode mover-se 200µm em resposta a uma força de 0,1N, enquanto um implante é deslocado menos de 10µm. Este movimento é devido à flexão óssea. As diferenças de padrões de mobilidade entre um dente e um implante podem resultar na depressão do dente no alvéolo, ficando a prótese suspensa apenas no implante (Greenstein et al., 2009).

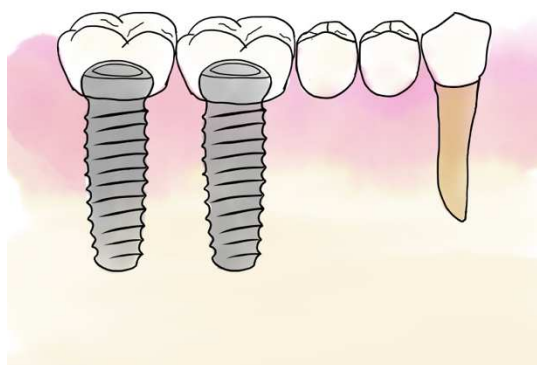


Figura 2 Prótese dento-implanto-suportada com dois pânticos. (Imagem Original)

Apesar da mobilidade axial e transversal ser 10 vezes maior nos dentes quando comparados com os implantes, existem fatores atenuantes que podem acomodar uma prótese dento-implanto-suportada, uma vez que o osso tem alguma elasticidade natural e os componentes dos implantes apresentam alguma resiliência. A camada de cimento

presente dentro da prótese pode fornecer um efeito de amortecimento. Para determinar a utilidade de conectar dentes a implantes, os dados devem ser avaliados de diferentes perspectivas uma vez que, ao compartilharem a carga oclusal, as forças não são totalmente transmitidas só ao implante (Greenstein et al., 2009).

Quando ocorre uma conexão rígida entre um dente natural e um implante, existem complicações como danos estruturais ao nível dos dentes, dos implantes, dos componentes dos implantes e das supraestruturas. Esta conexão rígida resultaria numa tensão adicional no implante porque o dente pode sofrer movimentação quando em função. Assim, a utilização de conectores não rígidos ou coroas telescópicas foi defendida para que ocorresse uma redução nos movimentos de flexão do implante, podendo, no entanto, resultar noutros problemas como a intrusão dentária que ocorreu em cerca de 50% dos casos, cujos pacientes apresentavam hábitos parafuncionais como o bruxismo. O bruxismo é definido como o ranger e/ou apertar dos dentes, tendo como um dos seus fatores dominantes o stress, levando ao aumento da tensão muscular (Greenstein et al., 2009; Vavrina & Vavrina, 2020).

Fatores como a estética ou aparência do implante também são importantes na implantologia de titânio. É importante ser conseguida uma interação de tecidos moles e osteointegração com o implante para mitigar qualquer complicação. Como o sucesso do tratamento com implantes se baseia na capacidade de manter a osteointegração, é essencial que o implante tenha um encaixe preciso com o respetivo pilar (Goiato et al., 2015; Hasan et al., 2022).

Para qualquer implante dentário antimicrobiano, é fundamental avaliar as suas características mecânicas e a biocompatibilidade com os tecidos duros e moles, bem como a estabilidade do material antes que a eficiência antibacteriana seja estabelecida (Hasan et al., 2022).

Tipos de materiais e propriedades

Os implantes sofreram alterações em relação às suas características ao longo do tempo. Os primeiros estudos realizados visaram determinar os materiais biocompatíveis

necessários para que ocorresse a osteointegração, possuindo ainda resistência biomecânica ao stress oclusivo aplicado no implante (Botzanhart et al., 2015).

Há mais de quarenta anos que os implantes dentários em titânio são o “gold standard” podendo ser constituídos por titânio puro ou ligas (Adánez et al., 2018; Pieralli et al., 2017).

A escolha de eleição do biomaterial dos implantes dentários é frequentemente o titânio e as suas ligas metálicas. O titânio é destacado como o material com as melhores propriedades pela sua capacidade de ser preparado em formas e texturas diferentes, mas também pelas suas propriedades físicas e mecânicas, representando atualmente o material de referência na indústria pela sua utilização pura ou em ligas com outros materiais envolventes no fabrico de implantes. É caracterizado por ter uma baixa densidade, grande resistência mecânica, um alto ponto de fusão e baixo grau de expansão térmica (Botzanhart et al., 2015; Depprich et al., 2014; Gupta et al., 2022; Hasan et al., 2022; Roehling et al., 2015).

Normalmente os implantes são fabricados em titânio convencional puro grau 4, uma vez que é resistente à corrosão e o mais forte de todos os graus. No entanto, ligas de titânio como a Ti6Al4V também são muito utilizadas por serem mais fortes e mais resistentes à fadiga do que o Ti18 puro, não tendo demonstrado efeitos citotóxicos in vivo (Gaviria et al., 2014; Hasan et al., 2022).

O titânio apresenta boas propriedades biológicas, biocompatibilidade, mecânicas e físicas. As propriedades materiais dos implantes de titânio incluem resistência para suportar forças oclusais, o baixo módulo para transferência ótima de força, a resistência à corrosão, a osteointegração melhorada, e uma atividade antibacteriana melhorada para combater doenças como a peri-implantite (Grassi et al., 2015; Hasan et al., 2022).

As propriedades da superfície e dos materiais desempenham papéis críticos e importantes para alcançar e manter a osteointegração. O implante necessita de propriedades ótimas devido à sua complexa configuração (parafuso, pilar e coroa) ao tecido ósseo e ao tecido mole em contacto. As propriedades da superfície do implante podem ser divididas em: topográficas, químicas, mecânicas e físicas. Todos estes fatores

se encontram relacionados entre si, isto é, se um for modificado, os outros também sofrerão alguma alteração (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Hasan et al., 2022)

A rugosidade da superfície, a molhabilidade, as ligações adequadas do material tais como a fadiga e corrosão, e a biocompatibilidade geral do implante, são propriedades ótimas do titânio e das suas ligas capazes de proteger o implante dentário (Hasan et al., 2022).

Durante a década de 1980 foram feitas tentativas para criar uma superfície mais rugosa através de algumas técnicas aditivas como o TPS e, posteriormente, os revestimentos de hidroxiapatite, tendo sido assim adicionadas partículas de titânio ou de hidroxiapatite na superfície do implante passando esta a apresentar uma aparência convexa ou irregular. No entanto, superfícies muito ásperas falharam e não demonstraram bons resultados em termos de perda de implante e quantidade significativa de reabsorção óssea marginal (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

Nos dias de hoje, a rugosidade dominante em implantes dentários bem documentados é uma superfície isotrópica e moderadamente rugosa produzida pela remoção de materiais ou reorganização da camada superficial mais externa (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

Após o trabalho pioneiro de Brånemark, as superfícies dos implantes dentários foram modificadas, passando de superfícies relativamente lisas para moderadamente ásperas como hoje são dominantes. A rugosidade da superfície afeta a resposta biológica à superfície do implante, uma vez que o aumento da rugosidade da superfície do implante levará ao aumento da colonização bacteriana. Através da rugosidade ocorre uma aceleração no processo de cicatrização óssea, a fim de proporcionar uma forte estabilidade primária (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Hasan et al., 2022).

Já no caso da molhabilidade, esta é caracterizada como a capacidade de um líquido de se espalhar sobre uma superfície sólida. Estudos recentes revelaram que as superfícies de pilares hidrofílicos disponíveis facilitam a fixação de tecidos moles, a adesão celular e a osteointegração. Estas superfícies de pilares de titânio são produzidas utilizando

anodização, proporcionando assim camadas de óxido mais espessas e maior rugosidade (Hasan et al., 2022).

Duas das propriedades físicas dos implantes são a cristalinidade e a hidrofilidade. Os efeitos das várias estruturas cristalinas do titânio não são claros. A cristalinidade do óxido de titânio pode influenciar a adesão de proteínas e ser importante no processo de cicatrização. Por si só, o titânio é hidrofílico, ou seja, o ângulo de contacto com uma gota de água na sua superfície é inferior a 90 graus. No entanto, a maioria das superfícies dos implantes comerciais comuns são hidrofóbicas, podendo se dever a várias técnicas de fabricação e contaminações (por exemplo de carbono) e matérias de embalagem (Albrektsson & Wennerberg, 2019).

A dureza e a resistência à evolução de microfissuras são dois exemplos de propriedades mecânicas. Os aspetos mecânicos da superfície do implante são a propriedade menos investigada devido em parte ao comportamento mecânico estar intimamente relacionado com as outras propriedades e pelas dificuldades de medir e caracterizar quantitativamente este fator. No entanto, hoje o mercado é dominado pelo titânio CP grau 4 ou ligas como as Ti6Al4V, como já referido anteriormente. No caso destas duas formas distintas de titânio, estas apresentam quantidades ligeiramente aumentadas de Fe e O, tendo um impacto profundo na dureza do material, quando comparados com o titânio grau 1. A dureza melhorada do material tem vindo a ser utilizada para produzir, por exemplo, implantes com resistência mecânica a fraturas mesmo para implantes de pequeno diâmetro (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Gavira et al., 2014).

Com questões como a resistência antimicrobiana e a falha de integração, é fundamental que os médicos dentistas e os fabricantes de dispositivos trabalhem em cooperação para melhorar continuamente os biomateriais utilizados para implantes dentários, a fim de minimizar o aparecimento de peri-implantites (Hasan et al., 2022).

2.2. Colocação de implantes: tipos de implantes e princípios da fixação de próteses dentárias em implantes

Princípios da fixação de próteses dentárias em implantes

Gerenciar e compreender os tecidos moles peri-implantares são fatores críticos para o sucesso clínico e estético a longo prazo, uma vez que possuir tecidos peri-implantares saudáveis se tem tornado um sinónimo de sucesso do implante. O tecido mole consiste em tecido conjuntivo coberto por um epitélio. O epitélio juncional reveste a porção mais apical que forma a fixação (Schwarz & Ramanauskaite, 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

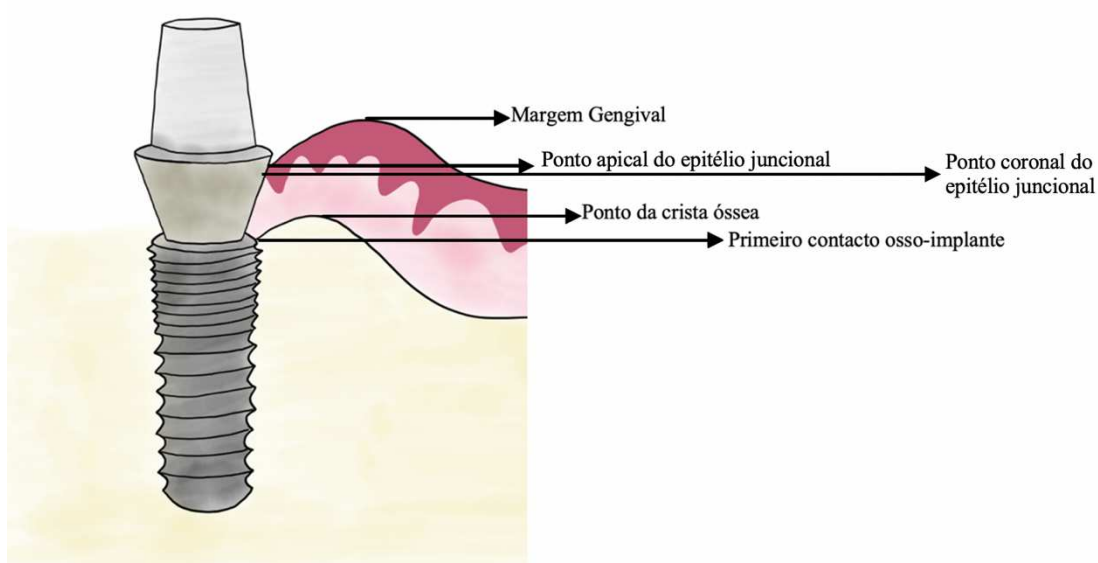


Figura 3 Esquema da largura biológica em redor de um implante dentário. (Imagem Original)

Na figura 3 esquematizada conseguimos visualizar o epitélio sulcular (distância da margem gengival ao ponto coronal do epitélio juncional), o epitélio juncional (distância desde o ponto coronal do epitélio juncional ao ponto apical do epitélio juncional), o contacto do tecido conjuntivo (do ponto apical do epitélio juncional para o primeiro contacto osso-implante) e a largura biológica (da margem gengival ao primeiro contacto osso-implante) (Zheng et al., 2021).

A espessura do tecido mole também deve ser avaliada antes de ocorrer a cirurgia, uma vez que afeta o espaço edêntulo vertical, espaço este que apresenta um mínimo necessário de 9mm para a colocação de uma coroa cimentada. No entanto, a espessura do tecido chega a 3mm na mandíbula na zona posterior, afetando a profundidade da

colocação do implante (Schwarz & Ramanauskaite, 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

A sua colocação pode ser efetuada para preservar e estabilizar próteses parciais removíveis existentes ou até em pacientes edêntulos parciais que apresentem lacunas intermediárias ou edentulismo de extremidade livre, como é o exemplo das classes 1 de Kennedy (Gupta et al., 2022).

Deve ser efetuado um exame abrangente ao histórico do paciente de acordo com as variadas áreas dentárias através de médicos dentistas qualificados na área da cirurgia oral, generalistas e protésicos, fornecendo assim a informação sobre a motivação do paciente e a candidatura à terapia com implantes. O exame intra-oral é imperativo para a colocação de implantes, existindo assim uma avaliação dos tecidos duros e moles. O Médico Dentista deve, assim, avaliar minuciosamente os dentes e as próteses existentes, a saúde periodontal, higiene oral, profundidades vestibulares, relações mandibulares, espaço interarcada e abertura incisal máxima. Deve ser tido em conta os hábitos parafuncionais do paciente, como ranger ou apertar os dentes, observando se existem superfícies de desgaste oclusais. O tecido mole deve ser examinado meticulosamente, documentando o biótipo clínico e as zonas de queratinização, as áreas de redundância, mobilidade e possível patologia (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A avaliação radiográfica precisa deve ser capaz de fornecer todas as informações cirúrgicas e protéticas necessárias para o sucesso do tratamento, como informação acerca das estruturas anatómicas normais em todas as perspetivas, sendo por isso que são usados vários tipos de radiografias: radiografia periapical, ortopantomografia, radiografia cefalométrica e o CBCT. O CBCT é um exame de excelência na prática clínica de implantologia para que seja garantida uma colocação correta do implante no osso, à distância correta dos nervos e vasos que possam ser uma fonte de complicações (Al-Okshi et al., 2015; Bhoosreddy et al., 2013; Guillaume, 2016; Gupta et al., 2022).

A ortopantomografia é um meio de diagnóstico que apresenta vantagens como a facilidade na identificação de pontos opostos, avaliação inicial da altura vertical do osso, avaliação da anatomia macroscópica dos maxilares e qualquer patologia relacionada e a facilidade e rapidez no desempenho na maioria dos consultórios dentários. Por outro lado, também apresenta algumas limitações como a distorção inerente ao sistema panorâmico,

erros no posicionamento do paciente, não é possível avaliar a qualidade óssea, não existe uma relação espacial entre as estruturas e é um meio de diagnóstico de duas dimensões (Nagarajan et al., 2014; Tagliareni & Clarkson, 2015).

Deve ser feito um exame radiográfico em três fases: fase pré-operatória, fase operatória e fase pós-operatória (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A primeira fase deve envolver radiografias anteriores e novos exames radiológicos para auxiliar na finalização do plano de tratamento abrangente, permitindo assim que o Médico Dentista determine a qualidade e quantidade de osso disponível, a identificação da estrutura vital, a avaliação dos locais de implante e a presença ou não de patologias. Após análises radiológicas é possível determinar o volume ósseo residual no local do dente perdido. Em muitos casos a agenesia dentária está associada à perda óssea, sendo eventualmente necessária a execução de um enxerto ósseo. Este tipo de tratamento é executado em idade adulta, à exceção de casos de síndrome maxilo-facial congênito (Guillaume, 2016; Tagliareni & Clarkson, 2015).

A segunda fase é utilizada para auxiliar o Médico Dentista na intervenção cirúrgica (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A terceira fase dá-nos acesso aos planos de manutenção e informação relativa à função e integração do implante. As radiografias devem ser tiradas 1 ano após a implantação e comparadas com as radiografias pré-operatórias para avaliar a progressão da perda óssea (Hasan et al., 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

A ampliação das radiografias deve ser tida em conta no cálculo das medições. As ortopantomografias são ampliadas até 25% e o fator de ampliação pode ser calculado dividindo-se o diâmetro real do objeto pelo diâmetro medido na imagem radiográfica. Para facilitar a quantificação da ampliação da radiografia, os pacientes podem usar um modelo de diagnóstico com rolamentos de esferas de 5mm durante a ortopantomografia (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Quando a ampliação média de 25% é contabilizada, os pacientes são divididos em 3 grupos distintos: os pacientes do primeiro grupo têm osso vertical suficiente para a

colocação do implante; os pacientes do segundo grupo não apresentam osso vertical suficiente para a colocação do implante; os pacientes do terceiro grupo não apresentam uma quantidade de osso clara (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Medir o espaço restaurador vertical ou o espaço da altura da coroa é fundamental para o sucesso da colocação e restauração de implantes endósseos. O espaço restaurador vertical pode ser identificado como a distância da crista do rebordo alveolar residual ao plano oclusal da restauração planeada na dentição oponente, sendo que 9mm é o espaço vertical mínimo necessário para uma restauração fixa posterior de unidade única, medida da crista óssea ao plano oclusal da dentição oponente, ou 6mm de tecido mole no plano oclusal (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Quando o espaço restaurador vertical é deficiente podemos recorrer a algumas técnicas como a alveoloplastia, o aumento de tecidos moles, a seleção do tipo de pilar, a seleção de diferentes próteses, a intrusão ortodôntica, a confecção de prótese fixa ou parcial tradicional (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Por outro lado, quando o espaço restaurador vertical é excessivo, podemos fazer um enxerto de bloqueio, uma regeneração óssea guiada, uma distração osteogénica ou a colocação de próteses removíveis parciais ou totais convencionais (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Aquando da colocação de implantes, é importante termos uma ideia de algumas medidas específicas como: 5mm anterior ao foram mentoniano; 2mm acima do canal mandibular; 3mm dos implantes adjacentes; 1,5mm dos dentes adjacentes; 1mm abaixo dos seios maxilar e nasal (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A intensidade da perfuração depende da densidade óssea, sendo que esta etapa termina com um controle de travamento do implante no osso. Os implantes devem ser colocados pelo menos 3mm abaixo do ponto mais apical da margem gengival livre, mantendo a largura biológica peri-implantar (Guillaume, 2016; Tagliareni & Clarkson, 2015).

No final da cirurgia existem duas possibilidades, não existindo um consenso sobre a superioridade de algum dos dois métodos apresentados. Uma das possibilidades é a colocação profunda do implante no osso sob gengiva suturada, sendo que os autores deste método consideram que é o passo mais favorável sem stress mecânico, risco de infecção ou invasão epitelial. Também podemos optar pela colocação imediata do implante dentro do meio oral, fixando um parafuso de cobertura na parte superior do implante até ao procedimento de moldagem e colocação da coroa ou prótese (Guillaume, 2016).

Após a colocação do implante, o local cirúrgico deve ser deixado intacto por 4 a 5 meses para permitir uma boa cicatrização entre o implante e o osso, sendo este período definido de acordo com a fisiologia das células ósseas. Os osteoblastos produzem tecido ósseo para garantir uma ancoragem óssea primária e este osso é secundariamente substituído e remodelado por osso lamelar de melhor qualidade (Guillaume, 2016).

Segundo Almeida et al. (2013), quando alcançada a osteointegração, a estabilidade entre o implante e o sistema de conexão escolhido pelo Médico Dentista é responsável pelo sucesso da reabilitação protética.

Entendemos como carga imediata, a colocação de uma prótese temporária sobre os implantes logo após a colocação do implante. Com este procedimento existe um benefício de corrigir imediatamente a perda dentária e favorecer a maturação dos tecidos gengivais na base do implante. Este procedimento apresenta desvantagens uma vez que os implantes são sobrecarregados à força da mastigação imediatamente após a sua implantação, ocorrendo um atraso da osteointegração (Guillaume, 2016; Tettamanti et al., 2017).

É importante referir que o sucesso do implante depende de fatores biomecânicos e estéticos, estando estes diretamente relacionados ao tipo de conexão escolhida pelo Médico Dentista. Os efeitos biomecânicos são importantes porque o contacto íntimo entre o implante e o osso transfere cargas oclusais diretamente para o osso e em algumas situações esta carga pode exceder o limite fisiológico do osso, acelerando a sua reabsorção (Goiato et al., 2015; Lemos et al., 2021; Palacios-Garzón et al., 2018).

A colocação de um implante pode ser efetuada sob anestesia local ou geral, sendo a local a mais utilizada na prática clínica nos dias de hoje. Os protocolos de implantologia são completamente indolores independentemente da localização maxilar ou mandibular. Qualquer tipo de dor intraoperatória apresentada é resultado de uma deficiente quantidade de anestesia administrada ou de um ato iatrogénico (Guillaume, 2016).

Fatores como as forças de torque usadas para conectar o implante ao pilar e a presença de micromovimentos entre eles interferem na microinfiltração. A carga oclusal em restaurações protéticas pode aumentar as lacunas na interface implante-pilar e gerar micromovimentos que estão associados a um efeito de bombeamento, movendo as bactérias através dessa interface. Assim, os implantes com carga exibiram maior contaminação do que os implantes sem carga (Goiato et al., 2015).

Tipos de implantes

Os implantes dentários tornaram-se uma terapia instituída na Medicina Dentária para substituir dentes perdidos em diferentes situações clínicas. Com o passar dos anos, foram desenvolvidos e criados quatro tipos principais de implantes dentários: os subperiosteais (colocação de implantes por baixo do tecido gengival), os de forma em lâmina, os implantes com uma estrutura de ramo e, por fim, os de localização endóssea (Carpentieri et al., 2019; Gaviria et al., 2014; Smeets et al., 2014).

Os implantes do tipo rosca de parafuso são o tipo mais popular de implantes radiculares uma vez que apresentam um sucesso comprovado e grandes forças de retenção inicial (Gavira et al., 2014).

Os implantes endósseos são hoje em dia os mais utilizados em medicina dentária. Apresentam-se na forma de parafuso (rosqueados) e inseridos tanto na maxila como na mandíbula, com a finalidade de substituir a raiz do dente ausente. São projetados para alcançar estabilidade mecânica primária e promover uma forte interação osso-implante ao longo do tempo através da osteointegração. Existem vários parâmetros que influenciam a taxa de sobrevivência dos implantes endósseos, tais como: a forma do corpo, o tamanho, a composição química da superfície e as características topográficas (Gaviria et al., 2014).

O prognóstico deste tipo de implantes a longo prazo foi amplamente documentado para pacientes total ou parcialmente desdentados, sendo um desafio complexo do ponto de vista estético aquando da sua aplicação no setor anterior uma vez que é uma área que exige grande experiência por parte do Médico Dentista dada a alta exigência por parte dos pacientes. A aparência natural de dentes isolados substituídos em falta no setor anterior da maxila requer uma vasta experiência por parte do Médico Dentista devido à alta exigência por parte dos pacientes (Hagiwara & Carr, 2015; Burtscher et al., 2011; Roehling et al., 2015).

2.3. Fatores a considerar no planeamento, contraindicações e complicações associadas

Fatores a considerar no planeamento

Os implantes têm por objetivo a substituição de raízes dos dentes ausentes, mas a situação clínica precisa de ser cuidadosamente analisada em caso de periodontite, pois esta precisa de estar tratada e controlada (Guillaume, 2016).

Os tratamentos de reabilitação através da implantologia devem cumprir critérios biológicos, fisiológicos, funcionais, biomecânicos e estéticos para que possam ser bem-sucedidos. Devemos considerar ainda avaliações pré-operatórias e o historial médico do paciente, incluindo os exames orais e radiológicos. É importante que exista uma estabilidade e duração da osteointegração, bem como a ausência de processos patológicos (Palacios-Garzón et al., 2018; Tagliareni e Clarkson, 2015).

O impacto da gengiva queratinizada ao redor dos implantes dentários tem sido discutida, e a maioria dos estudos defende a importância de uma zona adequada de tecido queratinizado em redor do implante (Smeets et al., 2014).

As características faciais do paciente desempenham um papel essencial na obtenção de uma restauração personalizada do sorriso com formas dentárias individualizadas apropriadas. Para ser realizada uma reabilitação com sucesso, devem ser avaliados vários fatores como o alinhamento dentário, as dimensões da coroa, a cor, a oclusão e as proporções faciais. O objetivo é alcançar uma harmonia em relação à face do paciente e não a simetria na redefinição do sorriso, uma vez que o rosto das pessoas é naturalmente assimétrico (Romeo, 2021).

A densidade ou qualidade óssea pode ser afetada por distúrbios sistémicos que prejudicaram a condição do osso como a osteoporose. A osteoporose afeta principalmente o osso trabecular, reduzindo as propriedades mecânicas do osso, contribuindo para uma maior incidência de distensão nessas regiões, ocorrendo assim o aumento de tensão no osso osteoporótico que pode levar ao aumento da perda óssea marginal do implante em pacientes com osteoporose. Por outro lado, à medida a que a densidade óssea aumenta, a estabilidade primária dos implantes também aumenta, mas deve ser feita uma avaliação

completa do paciente e a decisão do tratamento depende da opinião do especialista (Gavira et al., 2014; Lemos et al., 2021).

Existe uma grande variabilidade de técnicas protéticas para restaurar a dentição subsequente à perda de dentes. O método de reabilitação depende do número de dentes, da sua disposição e do seu estado residual (por exemplo, a saúde periodontal e a estrutura dentária remanescente). O custo, os desejos do paciente e a adequação do osso para o suporte implantar também são fatores importantes no ato de reabilitar (Greenstein et al., 2009).

Com os avanços dos biomateriais, da ciência de implantes e da nanotecnologia, bem como o melhoramento da biotecnologia e uma compreensão da interface osso-implante, foram todos fatores que proporcionaram melhores resultados e uma utilização ampla por desnaturação irreversível de proteínas (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A variada disponibilidade de desenhos macroscópicos de implantes, superfícies e técnicas cirúrgicas refinadas, tornou possível para a maioria dos pacientes saudáveis a receção de implantes (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Numerosos materiais estão disponíveis para auxiliar na regeneração óssea na região maxilo-facial, como os enxertos compostos de substituição óssea e osso autógeno. Estes tipos de tecidos envolvem os conceitos-chave de osteogénese, osteoindução e osteocondução (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A preparação do ambiente cirúrgico de forma estéril é recomendada para todos os procedimentos de implantes, com o objetivo de minimizar as lesões mecânicas e térmicas no osso. Assim, as osteotomias devem ser concluídas sob irrigação abundante usando brocas de osteotomia afiadas em alto torque e baixa velocidade. É fundamental que a temperatura óssea se mantenha abaixo dos 47°C, uma vez que, quando estas temperaturas se excedem, ocorre necrose óssea e falha de integração (Tagliareni & Clarkson, 2015).

O volume e a qualidade do osso que entra em contacto com o implante determinam a sua estabilidade inicial, devendo ser mantida para que o osso se forma na superfície do

implante. Também a imobilidade do implante é imperativa para que ocorra uma osteointegração bem-sucedida (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Devemos garantir uma boa comunicação com o paciente para que ocorra uma eficaz higiene oral por parte do mesmo, bem como através de estratégias preventivas como a limpeza profissional dos dentes e dos implantes. Devem ser registados exames peri-implantares individuais contínuos através da profundidade de sondagem para assim prevenir o aparecimento de doenças peri-implantares (Smeets et al., 2014).

Contraindicações

Os fatores de risco sistémico podem aumentar o risco de falha ou complicações no tratamento com implantes, mas poucas contraindicações absolutas ao tratamento com implantes dentários são definidas. Numerosos fatores locais e sistémicos, bem como iatrogénicos, podem afetar o resultado final na terapia com implantes (Gavira et al., 2014; Schwarz & Ramanauskaite, 2022).

As contraindicações absolutas e relativas necessitam de uma avaliação e aumentam o risco de falha do implante. Nas contraindicações absolutas podemos destacar os pacientes com doença aguda (enfarte do miocárdio, por exemplo) e doença metabólica descontrolada (diabetes, por exemplo). Aquando da resolução ou estabilização da doença, os pacientes podem ser submetidos ao procedimento (Gavira et al., 2014; Guillaume, 2016; Gupta et al., 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

No ramo das contraindicações relativas podemos dar ênfase aos distúrbios do metabolismo ósseo, ao tabagismo e a problemas relacionados com a capacidade de cura como é o caso de pacientes imunocomprometidos, pacientes diabéticos, doenças endócrinas (perda de dentes e implantes relacionada com a vasoconstrição e hipoxia tecidual), osteoporose (redução da densidade e massa óssea alveolar devido ao metabolismo ósseo alterado), uso de bifosfonatos e tratamento médico como quimioterapia e radiação da cabeça e pescoço (Gavira et al., 2014; Guillaume, 2016; Gupta et al., 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

Podemos destacar também algum risco de falha de implantes em pacientes que apresentem fatores microbianos e imunoinflamatórios, doenças cardiovasculares, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral, problemas hemorrágicos graves e quimioterapia. O grau de controlo da doença deve ser mais importante do que a própria natureza do distúrbio sistémico, devendo ser feita uma avaliação cuidadosa do paciente antes de iniciar o tratamento com implantes dentários (Gavira et al., 2014).

Existem alguns fatores de risco para o desenvolvimento de peri-implantites como o tabagismo, o histórico de periodontite, a falta de adesão e higiene oral limitada, causas iatrogénicas, defeitos nos tecidos moles ou tecidos moles de baixa qualidade na área de implantação e histórico de uma ou mais falhas de implantes (Smeets et al., 2014).

Segundo Guillaume (2016), está contraindicado o uso de implantes em pacientes com distúrbios psiquiátricos, problemas cardiovasculares graves, malignidade hematológica, ensaios terapêuticos em andamento, aminobifosfonatos intravenosos para uma doença maligna, sendo importante ter especial atenção uma vez que existe um alto risco de induzir osteonecrose da mandíbula (tratamento com bifosfonatos para outras doenças ósseas metabólicas como a osteoporose não são uma contraindicação).

Contraindicações locais também são tidas em conta, como a higiene oral ausente, a perda óssea maciça e presença de distúrbios oclusais (Guillaume, 2016).

Fumar é uma contraindicação em discussão. Existe uma percentagem significativa de maior falha nos implantes particularmente na maxila, mas fumar não impede a colocação dos implantes nos pacientes, apenas oferece um maior risco de peri-implantite. Estudos indicam que o tabagismo é apenas um fator de risco identificável e mais frequente que desenvolva uma doença peri-implantar, aumentando o risco da mesma até 4,7 vezes (Guillaume, 2016; Smeets et al., 2014).

As duas principais contra-indicações para a terapia com implantes dentários são a presença de placa bacteriana e a inflamação periodontal nos locais a reabilitar. Na cavidade, a formação do biofilme tem origem na ligação da proteína hospedeira adquirida na superfície do dente ou implante, onde é formada uma película derivada de glicoproteínas salivares do hospedeiro, servindo como ponto de ancoragem para as

bactérias. Quando a placa bacteriana se acumula, ocorre uma inflamação do tecido periodontal em redor do implante que pode levar ao aparecimento de uma peri-implantite ou de uma mucosite peri-implantar. Assim, observamos que o principal problema é a colonização de bactérias que formam a placa bacteriana, sendo uma ameaça à sobrevivência de um implante (Hasan et al., 2022).



Figura 4 Representação de uma peri-implantite. (Imagem Original)

Apesar de apresentarem uma taxa de sobrevivência relativamente elevada, há uma incidência notável de complicações mecânicas e biológicas com uma taxa de complicações acumuladas estimada de 33,6% após os 5 anos. Dentro do grupo de complicações podemos destacar a perda de retenção, perda de restaurações de buracos de acesso, pequenas lascas e fraturas, complicações nos tecidos moles, perda óssea, parafusos ou pilares soltos, e o aparecimento de infecções peri-implantares (Hasan et al., 2022).

Complicações

Nenhum sistema de retenção está livre de complicações e todos os sistemas requerem uma manutenção adequada para manter o funcionamento correto ao longo do tempo (Fernandez-Estevan et al., 2018).

Deve existir um conhecimento adequado das superfícies anatómicas e das suas variações antes da colocação do implante para que sejam garantidos os procedimentos cirúrgicos precisos e a proteção do paciente contra complicações iatrogénicas. É imprescindível a avaliação de fatores como a posição do canal mandibular, o seio maxilar,

a largura das placas corticais e a densidade óssea existente, por exemplo. O conhecimento das estruturas anatômicas na maxila (como o assoalho nasal, o canal nasopalatino anterior e o seio maxilar posterior) pode vir a prevenir complicações, dentro das quais a mais comuns é a perfuração iatrogénica do seio, podendo ser evitada com a seleção de implantes curtos e elevação do seio ou aumento ósseo. Já na mandíbula, é de extrema importância a localização do canal alveolar inferior que contém o nervo e a artéria alveolar inferior. A lesão deste tipo de estruturas durante a colocação do implante pode causar dor, sensação alterada, sangramento excessivo, entre outros (Gupta et al., 2022).

Várias complicações e problemas podem ser encontrados tanto durante a cirurgia (como placas vestibulares ou linguais perfuradas), como no pós-operatório. Pode ocorrer algum sangramento a partir de uma lesão na artéria lingual ou facial, devendo ser tomado um cuidado absoluto durante a preparação da osteotomia. A lesão do nervo pode levar a que a sensação nervosa fique alterada de forma anestésica, palestésica ou hiperestésica (Gupta et al., 2022).

A complicação pós-operatória mais comum é a abertura da linha de incisão. O paciente é instruído a bochechar duas a três vezes por dia com clorhexidina e se o processo de granulação se estender por mais de duas semanas, podemos fazer o corte da margem epitelial (Carr et al., 2019; Lang et al., 2019).

Se os implantes ficarem expostos durante o período de cicatrização, não deve ser feita nenhuma tentativa para cobri-los com tecido, mas sim aliviar a prótese sobre a área com exposição do implante (Gupta et al., 2022).

A mobilidade do implante durante a cicatrização não é comum, mas pode ocorrer principalmente acompanhada por uma zona radiotransparente ao redor do implante. Qualquer que seja a causa, o implante deve ser removido (Gupta et al., 2022).

Sinais e sintomas de falha de um implante são a mobilidade horizontal maior que 0,5mm, perda óssea progressiva rápida, dor durante a percussão, exsudado descontrolado, radiotransparência generalizada ao redor do implante e quando mais de metade do osso é perdido ao redor do implante (Carr et al., 2019; Lang et al., 2019).

Em analogia à gengivite e periodontite que afeta o periodonto dos dentes naturais, uma inflamação, alteração e destruição dos tecidos moles e duros em redor do implante é denominada de mucosite e peri-implantite. As doenças periodontais resultam tanto na redução do volume ósseo como na mobilidade dentária, acabando então na perda de um ou mais dentes a médio prazo. A doença periodontal tem sido associada a um aumento do risco de peri-implantite (Guillaume, 2016; Hasan et al., 2022; Smeets et al., 2014).

Pode haver a possibilidade de se tratar das doenças peri-implantares, apesar da maioria dos casos estarem relacionados com fatores como, por exemplo, a má higiene oral, as cáries dentárias não tratadas, gengivites, o tabagismo intenso, o consumo elevado de álcool, a diabetes, o historial periodontal, a posição incorreta do implante, a predisposição genética, a sobrecarga mecânica e a má biocompatibilidade do implante (Guillaume, 2016; Hasan et al., 2022).

A doença peri-implantar é um termo que descreve duas doenças inflamatórias relacionadas, sendo estas a mucosite peri-implantar e a peri-implantite. A mucosite peri-implantar é caracterizada como uma lesão inflamatória reversível da mucosa que envolve um implante endósseo, precursora da peri-implantite, induzida por bactérias do tecido mole peri-implantar causando, rubor, edema, hemorragia à sondagem periodontal e destruição dos tecidos duros e moles que envolvem o implante. Já a peri-implantite é uma doença progressiva dos tecidos duros e moles em redor do implante, acompanhada de perda progressiva do osso alveolar de suporte, diminuição da osteointegração, eritema, hemorragia à sondagem suave, aumento da formação de bolsas e purulência. (Hasan et al., 2022; Monje & Nart, 2022; Smeets et al., 2014).

Tanto a mucosite como a peri-implantite apresentam um aumento de profundidade de sondagem. No entanto, apenas a peri-implantite apresenta perda óssea que é confirmada através de provas radiográficas. Contudo existe uma heterogeneidade com a quantificação da perda óssea, uma vez que uma sondagem superior ou igual a 2mm geralmente representa a presença de uma peri-implantite. Como a mucosite peri-implantar normalmente precede a peri-implantite, é muito importante prevenir e gerir a doença peri-implantar através da remoção do biofilme (Hasan et al., 2022).

A incidência do desenvolvimento de peri-implantites em pacientes com histórico de periodontite é quase seis vezes maior do que em pacientes sem história de inflamação periodontal (Smeets et al., 2014).

É fundamental compreender que a progressão da perda óssea e a remodelação óssea não é linear e é difícil de prever em função do tempo. Portanto, o aumento da profundidade da bolsa de sondagem em comparação com a profundidade na colocação da supraestrutura é também necessário para o diagnóstico da peri-implantite (Hasan et al., 2022).

Após algum dos dois tipos de diagnósticos anteriormente referidos, é necessária uma intervenção terapêutica tal como o desbridamento ou antibioticoterapia para que seja evitada a perda óssea em redor do implante e a potencial falha da conexão entre osso-implante. Tanto a mucosite peri-implantar como a peri-implantite estão por vezes agrupadas sob doenças infecciosas causadas por bactérias que se acumulam nas superfícies dos implantes e nos seus componentes, pelo que o tratamento preventivo deve incluir medidas antibacterianas. O pilar de um implante dentário é o componente que permanece exposto na cavidade oral o que o torna mais suscetível à acumulação bacteriana (Hasan et al., 2022).

As infeções relacionadas com implantes são consideradas uma das piores complicações após a colocação da carga. A doença peri-implantar compartilha etiologia comum com a doença periodontal e ambas são resultado de um estado disbiótico da microbiota oral. A colonização bacteriana em implantes ocorre em dois estádios que podem levar à formação de biofilme. O estadio 1 envolve a fixação inicial de células bacterianas na superfície do biomaterial, sendo esta reversível e controlada por forças eletrostáticas, forças de van der Waals, e interações hidrofóbicas. O estadio 2 envolve interações específicas e inespecíficas entre proteínas bacterianas, polissacarídeos e a superfície do biomaterial, bem como interações célula a célula. Os estádios 2 a 5 envolvem a formação de microcolónias, maturação do biofilme e desprendimento de bactérias permitindo a colonização de novas áreas (Hasan et al., 2022).

Após a fixação, as células bacterianas proliferam e o biofilme amadurece secretando uma substância polimérica extracelular protetora que juntamente com

alterações genótípicas permite que as células de um biofilme escapem do sistema imunológico do hospedeiro, desenvolvendo resistência a antibióticos e passando a coordenar atividades metabólicas através da comunicação extracelular mediada por compostos químicos (Hasan et al., 2022).

O desenvolvimento de forças na articulação temporomandibular de mais de 1300N pode deslocar os implantes nos primeiros meses de cicatrização até 100µm pela presença de forças sagitais que atuam a partir de uma média de 50N (Smeets et al., 2014).

Uma vez formado o biofilme maduro, é requerida a sua erradicação por meios limitados como altas doses de antibióticos, desbridamento cirúrgico ou, no pior dos casos, a remoção do implante (Hasan et al., 2022).

O sucesso a longo prazo dos implantes corretamente colocados depende fortemente de fatores biomecânicos restauradores, isto é, a capacidade de carga do implante integrado deve ser maior do que a carga prevista durante o funcionamento. Quando as cargas excedem a capacidade de carga podem ocorrer falhas biológicas e mecânicas (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A falha mecânica pode ser apresentada na forma de fratura completa através da fixação do implante ou esplintagem da porcelana da prótese restauradora. Esplintagem é uma técnica de fixação dentária e controlo da mobilidade de dentes comprometidos de uma forma periodontal, que pode ser executada com auxílio de resina composta fotopolimerizável (com ou sem auxílio de arame metálico, normalmente ortodôntico, ou utilizando fibra de vidro). Ocorre uma ligação entre os dentes na porção coronária, por lingual ou vestibular, existindo a condição de maior suscetibilidade de acumulação de placa bacteriana por lingual, não sendo também esteticamente agradável quando colocado por vestibular. Com esta técnica é fornecida longevidade aos elementos dentários na cavidade oral que de alguma forma se encontravam comprometidos periodontalmente. Assim é expectável que os dentes com perda óssea e grau de mobilidade possam garantir um periodonto saudável, uma melhor distribuição da carga mastigatória e oclusal, interrupção do avanço da doença periodontal, devolução da funcionalidade e conforto ao paciente, bem como da conservação das funções do sistema estomatognático (Tagliareni & Clarkson, 2015; Carvalho et al., 2023).

A falha biológica ocorre quando a carga funcional excede a capacidade de carga da interface osso-implante, sendo a perda óssea em redor do implante uma das consequências. A capacidade de carga dos implantes está relacionada com variados fatores como o número e tamanho de implantes, a disposição e angulação, o volume e a qualidade da interface osso-implante (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A perda do implante pode ser diferenciada com base em fatores como a sobrecarga do implante, as falhas do material e técnicas, a má qualidade óssea na área do implante e as doenças sistêmicas e terapias medicamentosas que inibem as modulações ósseas de acordo com a lei de Wolff (Smeets et al., 2014).

3. Conexão interna e externa em Implantologia Oral

A conexão protética tem múltiplas funções e é caracterizada como a junção entre o implante e a prótese, como o elemento utilizado para transmitir forças de inserção necessárias para colocar o implante na osteotomia e orientar a geometria da estrutura de encaixe correspondente dos componentes protéticos (Resnik, 2020).

O desenho da conexão é uma das características que tem sido objetivo de discussão entre os sistemas uma vez que é esta que permite que a supraestrutura seja fixada aos implantes. Assim, as conexões de implantes são definidas pela geometria dos elementos de conexão. Uma vez que as cargas passam da prótese para o implante na conexão protética, o desenho da conexão tem de ser suficientemente forte para conseguir suportar qualquer força clinicamente relevante (Resnik, 2020; Vigolo et al., 2016).

As conexões protéticas implante-pilar podem ser caracterizadas como tipos de conexão externa e interna pela posição da geometria da conexão em relação ao corpo do implante. O diâmetro e a secção transversal do implante e o parafuso do pilar também têm um efeito significativo na resistência global da conexão protética (Resnik, 2020).

Existem dois grandes grupos de implantes onde se diferenciam pelo sistema de conexão que apresentam entre o implante e a coroa. Enquanto a conexão externa geralmente tem a forma de um hexágono externo na plataforma do implante, a conexão interna pode ser dividida em hexágono interno, octógono e conexão de cone morse sendo esta a mais utilizada nos dias de hoje (Caricasulo et al., 2018; Goiato et al., 2015; Palacios-Garzón et al., 2018; Resnik, 2020).

A escolha de implantes de ligação interna ou externa pode influenciar a perda óssea marginal em torno dos mesmos, estando relacionada com vários fatores como as características do paciente (tabagismo, higiene deficiente ou presença de hábitos parafuncionais), características da prótese (método de retenção e número de elementos) e as características dos implantes dentários (diâmetro, tratamento da superfície e tipo de conexão) (Medeiros et al., 2016).

O tipo de ligação utilizada e a forma como se relacionam com o pilar do implante podem influenciar a perda óssea marginal. A ligação entre o pilar e o implante está

relacionada com a formação de microgaps, fugas bacterianas, micromovimentos dos pilares (Medeiros et al., 2016).

A função da conexão implante-pilar é fornecer um meio de aplicar torque para aparafusar o corpo do implante no osso e fornecer posteriormente uma conexão de segundo estadio para o pilar. Existem duas formas básicas de conexão que consistem num conector interno ou externo (normalmente em forma de hexágono). Em ambos os casos de acoplamento, a cabeça deve impedir a rotação do pilar e permitir o uso de peças intercambiáveis caso algum componente sofra necessidade de ser substituído (Gaviria et al., 2014).

A presença de lacunas na junção implante-pilar é um dos principais fatores que contribuem para a inflamação peri-implantar. A lacuna atua como um local de colonização microbiana, o que pode resultar na perda de osso de suporte. As diferenças no desenho da conexão parecem influenciar o vazamento bacteriano na interface implante-pilar (Goiato et al., 2015).

A conexão protética apresenta múltiplas funções, funcionando como a junção entre o implante e a prótese. É o elemento utilizado para transmitir as forças de inserção necessárias para colocar o implante na osteotomia e orientar a geometria da estrutura de encaixe correspondente dos componentes protéticos (Resnik, 2020).

Uma vez que as cargas passam da prótese para o implante na conexão protética, o desenho da conexão tem de ser suficientemente forte para suportar quaisquer forças clinicamente relevantes. O diâmetro e a secção transversal do implante e o parafuso do pilar também têm um efeito significativo na resistência global da conexão protética. Ambos os tipos de conexão são seguras e eficazes e estão bem documentados na literatura clínica (Resnik, 2020).

3.1. Conexão interna em Implantologia Oral

Os implantes de conexão interna foram desenvolvidos para reduzir ou eliminar algumas complicações resultantes da utilização de implantes hexagonais externos em casos parcialmente edêntulos, como a redução do stress transferido ao osso, levando ao aparecimento de implantes mais fortes e mais estáveis atualmente muito utilizados (Caricasulo et al., 2018; Lemos et al., 2018; Resnik, 2020; Vigolo et al., 2016).

Têm uma câmara com uma geometria de ligação no interior do corpo do implante, apresentando uma forma de hexágono ou octógono localizado dentro do implante, na qual uma projeção externa do pilar pode encaixar. Normalmente apresentam formas distintas como hexágono, octógono e tricanal, incluindo muitas destas conexões uma interface cônica como parte da sua geometria interna (Palacios-Garzón et al., 2018; Resnik, 2020).

Atualmente pensa-se que as conexões internas implante-pilar demonstram maior resistência à flexão e melhor distribuição de forças em configurações externas, devido à sua capacidade de dissipar cargas laterais profundamente dentro do implante e resistir à abertura da articulação. Este tipo de conexões também exibiu uma proteção melhorada do parafuso do pilar contra o stress (Vigolo et al., 2016).

Os principais resultados apresentados por diferentes autores demonstram que os implantes de conexão interna no geral apresentam valores menores de perda óssea quando comparados com os implantes de conexão externa (Caricasulo et al., 2018).

Os implantes de conexão interna apresentam algumas vantagens como o maior sentido tátil na avaliação do assentamento completo dos pilares, a resistência anti-rotacional mais eficiente, a proteção do parafuso de fixação contra a flexão associada a forças laterais, o menor espaço de restauração superior/inferior necessário e a permissão para implantes mais estreitos (Hagiwara & Carr, 2015).

Devido às vantagens mecânicas e restauradoras das conexões internas, estas são atualmente mais utilizadas do que as conexões hexagonais externas. Por outro lado, ambos os tipos de conexão têm um historial de utilização seguro e eficaz e estão bem documentadas na literatura clínica (Resnik, 2020).

3.1.1. Conexão de hexágono interno

Um dos primeiros desenhos de conexão interna a ser desenvolvido foi a conexão hexagonal interna abaixo de um bisel de entrada de 45 graus. Este design continua a ser amplamente utilizado atualmente, após ter sido desenvolvido há 30 anos. O desenho deste tipo de implantes tem sido considerado mais resistente às forças laterais que podem deslocar o pilar e redutor do micro-movimento que pode provocar o afrouxamento ou até fratura do pilar. Também aparenta ser melhor em relação à reabsorção óssea em torno da crista alveolar (Hagiwara & Carr, 2015; Resnik, 2020).

A conexão hexagonal interna atenuou alguns dos desafios inerentes à conexão hexagonal externa, tais como pilares angulados. O bisel que apresenta de entrada estabilizou melhor a conexão contra forças de inclinação, reduzindo a incidência de afrouxamento do parafuso (Lemos et al., 2018; Resnik, 2020).

A conexão do hexágono interno foi desenvolvida com o principal objetivo de aumentar a área de contacto entre o implante e o pilar, para que as cargas pudessem ser dissipadas e proporcionando assim uma maior estabilidade. No entanto, esta conexão não proporcionou um contacto íntimo como se previa e é visível nas conexões cone morse (que proporciona uma grande estabilidade e uma barreira contra as bactérias). Por outro lado, não foram registados afrouxamentos do parafuso do pilar neste tipo de implantes, o que demonstra a eficácia do sistema (Gaviria et al., 2014; Goiato et al., 2015).

3.1.2. Cone Morse- conexão cônica interna

A conexão cônica, mais conhecida como cone morse, é caracterizada por uma geometria de cone interno invertido que proporciona um mecanismo de autotravamento entre o implante e a coroa. Este tipo de conexão foi introduzido pelo *International Team for Implantology*, apresentando uma grande estabilidade mecânica (Palacios-Garzón et al., 2018; Resnik, 2020).

A conexão cone morse é uma opção de tratamento ideal para a substituição de dentes perdidos, tanto na zona anterior da mandíbula como na posterior e em situações de overdentures. Este tipo de conexão apresenta uma grande capacidade de vedação devido às suas características de autotravamento, tendo sido um sistema idealizado para ser estável, com micromovimentos reduzidos na interface implante-pilar durante a função. A colocação de pelo menos quatro implantes cone morse de diâmetro e comprimento suficientes, em associação com um planeamento pré-operatório correto e preciso, pode resultar com altas taxas de sobrevivência e sucesso suportando overdentures (Goiato et al., 2015).

A conexão cônica é mais profunda no interior do corpo do implante e o ângulo da interface do pilar é menor, o que melhora a estabilidade do pilar, a adaptação e o desempenho da vedação (Resnik, 2020).

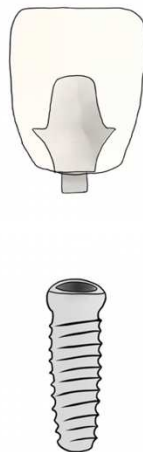


Figura 5 Exemplo de implante dentário de conexão interna com coroa. (Imagem Original)

O desenho cônico apresenta uma alta estabilidade e tende a dissipar menos tensões ao parafuso do pilar, isto é, existe uma menor concentração de tensão, quando comparado com o hexágono externo e interno, melhorando a resistência à fratura. Por outro lado, esta

estabilidade aumenta o stress do pilar que é resultado da maior resistência proporcionada pela espessura da parede do implante na região cervical. Da mesma forma que o cone morse, o hexágono interno permite melhor probabilidade de micromovimento durante o carregamento (Almeida et al., 2013; Goiato et al., 2015).

As conexões cónicas internas fornecem uma alta resistência às forças de flexão e rotação durante a função, reduzindo assim o risco de afrouxamento do pilar ou até mesmo a fratura, contribuindo para uma taxa de sucesso superior a 98%. Através da conexão cónica interna, o stress é transmitido para uma zona mais apical do implante, proporcionando uma redução de stress ao nível do osso em comparação com as conexões externas (Goiato et al., 2015; Palacios-Garzón et al., 2018).

A restauração de espaços anteriores unitários com coroas implanto-suportadas é um cenário desafiador em termos de longevidade e estética. Em relação ao teste mecânico a conexão implante-pilar em cone morse apresentou uma maior confiabilidade nas substituições de incisivos centrais superiores, seguida pelas conexões internas e, posteriormente, externas (Almeida et al., 2013).

A conexão cone morse apresenta uma maior confiabilidade e uma menor magnitude de tensão, seguida da conexão interna e da conexão externa. Proporcionam também uma conexão estável do pilar e tensões ósseas de pico mais baixas quando colocadas ao nível do osso marginal e uma elevada resistência a cargas axiais (Almeida et al., 2013; Resnik, 2020).

Este tipo de conexão tem vindo a ser referida como redutora de microgaps e fugas que podem levar a complicações decorrentes da colonização bacteriana da ligação. Vários estudos in vitro demonstram que os pilares cónicos podem minimizar o microgap, mesmo que não o elimine, e reduzir os micromovimentos durante o carregamento (Caricasulo et al., 2018; Lee et al., 2020).

A perda óssea peri-implantar geralmente é menor num curto a médio prazo quando são adotados tipos internos de interface. As conexões cónicas parecem ser mais vantajosas, garantindo um melhor desempenho de vedação e estabilidade da interface implante-pilar (Caricasulo et al., 2018).

3.2. Conexão externa em Implantologia Oral

As conexões protéticas externas foram as primeiras conexões amplamente utilizadas em implantes do tipo parafuso (Resnik, 2020).

Os implantes de conexão externa apresentam uma forma de hexágono ou octógono localizada na plataforma do implante onde se localizará a coroa. Este tipo de implantes coloca a conexão no exterior do corpo do implante. A geometria desenvolvida facilita a colocação de pilares e copings de impressão proporcionando uma capacidade de anti-rotação dos elementos (Palacios-Garzón et al., 2018; Resnik, 2020).

Os implantes de conexão externa têm sido usados com sucesso na reabilitação da arcada completa ferulizada. Por outro lado, este tipo de implantes deve ser evitado na região anterior da maxila uma vez que existem potenciais complicações a longo prazo (Almeida et al., 2013).

Estes são relatados como tendo um comportamento biomecânico menos favorável quando comparados com os implantes de conexão interna. Foram relatadas taxas de complicações mecânicas (entre os 6% e os 48%) nos implantes de hexágono externo (Almeida et al., 2013; Lemos et al., 2021).

3.2.1. Sistema de Brånemark: conexão de hexágono externo

O sistema de Brånemark foi apresentado à comunidade científica nas décadas de 1960 e 1970 (Vigolo et al., 2016).

O sistema de Brånemark foi caracterizado por um hexágono externo no implante que encaixa com um hexágono interno no pilar. Foi concebido para se ligar a um suporte de fixação para a colocação do implante e, posteriormente, ligar-se a um elemento transmucoso de uma restauração para uma arcada edêntula. Este sistema foi desenvolvido para facilitar a inserção do implante em vez de fornecer aos Médicos Dentistas um mecanismo de transferência de torque rotacional para a colocação do implante, sendo a reversibilidade e o mecanismo anti-rotacional algumas das suas vantagens. No entanto, esta configuração apresenta alguns aspetos negativos devido à sua altura limitada e consequentemente, eficácia limitada quando submetida a cargas fora do eixo (Goiato et al., 2015; Resnik, 2020; Vigolo et al., 2016).

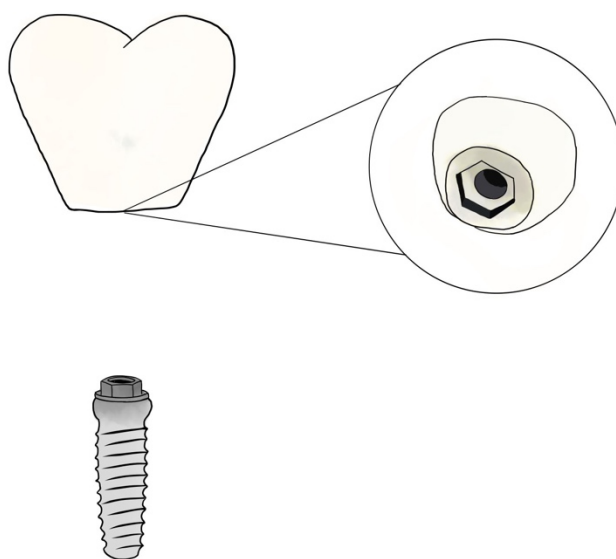


Figura 6 Exemplo de implante dentário de conexão externa com coroa. (Imagem Original)

O sistema de conexão externa é ainda menos favorável à distribuição de tensões e apresenta uma menor estabilidade quando comparado à conexão interna. Assim, existe um aumento de tensão sobre o parafuso do pilar e os micromovimentos durante o carregamento. Também se tornam mais evidentes as limitações no desenho original do implante hexagonal externo à medida que as aplicações se expandiram para arcadas parcialmente edêntulas (Goiato et al., 2015; Hagiwara & Carr, 2015).

Pensa-se que, sob altas cargas oclusais, o hexágono externo pode permitir micromovimentos do pilar, causando instabilidade da articulação, o que pode resultar em afrouxamento do parafuso do pilar ou mesmo fratura por fadiga (Vigolo et al., 2016).

De um ponto de vista biomecânico, existe uma grande preocupação entre os diferentes tipos de conexão implante-pilar que é a força externa exercida sobre os componentes via função oral, que se encontram principalmente no parafuso do pilar, especialmente em conexões de hexágono externo (Almeida et al., 2013).

O conector hexagonal externo originalmente desenvolvido foi redesenhado para que pudesse suportar forças oclusais mais altas e minimizar os micromovimentos entre o implante e o pilar, uma vez que esta interface determina a resistência da articulação (Gaviria et al., 2014).

Os desenhos hexagonais externos são menos utilizados atualmente devido às vantagens mecânicas e restauradoras das conexões internas. O afrouxamento do parafuso é um risco para as conexões hexagonais externas porque são transferidas maiores forças laterais ao parafuso de conexão e porque a pré-carga do parafuso é a única força que resiste às forças oclusais (Resnik, 2020).

Foi evidenciada uma maior vedação bacteriana nos implantes de conexão hexágono externo com pino universal quando comparados com os implantes de conexão cônica. Assim, a conexão de hexágono externo pode agir como uma barreira física, bloqueando a penetração bacteriana em direção à parte interna do implante (Goiato et al., 2015).

Este tipo de conexão não é o ideal quando utilizado para reabilitar zonas através de coroas unitárias ou zonas parcialmente edêntulas, uma vez que o parafuso do pilar é sujeito a mais cargas laterais do que em restaurações esplintadas. Com o aumento da altura do hexágono externo para proporcionar uma maior resistência a cargas laterais, este interfere com pilares angulados (Resnik, 2020).

4. Estabilidade e durabilidade da prótese dentária com conexão interna e externa

4.1. Comparação entre conexões

As conexões externas e internas possuem diferentes características mecânicas, biológicas e estéticas. Além de todos os sistemas que apresentam taxas de sucesso e eficácia adequadas, a manutenção do nível da crista óssea é mais importante nas conexões internas do que nas externas (Caricasulo et al., 2018; Goiato et al., 2015).

Os desenhos tradicionais de implantes, como o hexágono externo de Brånemark, mantinham o mesmo diâmetro desde o colo do implante até à porção do pilar que se liga ao implante, num desenho conhecido como *platform matched* (Resnik, 2020).

Com o avanço da conexão cônica interna, tornou-se possível criar uma conexão implante-pilar estável, reduzindo o diâmetro do pilar. A estrutura que descreve um pilar mais estreito do que o implante na conexão é designada por *platform switching* (Resnik, 2020).

Esta troca de plataforma demonstrou ser benéfica na redução da perda óssea em redor do implante e permite um maior volume de tecido mole na interface implante-pilar para ajudar a alcançar a estética do tecido mole (Resnik, 2020).

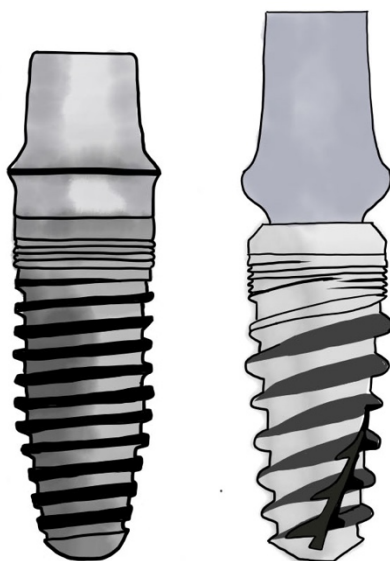


Figura 7 Representação dos desenhos conhecidos como Platform Matched (conexão externa) e Platform Switching (conexão interna), respetivamente. (Imagem Original)

Os implantes de conexão interna apresentam menor tensão e deformação no tecido ósseo, enquanto os implantes de conexão externa apresentam maior stress nos implantes e parafusos de fixação sob carga oblíqua (Lemos et al., 2021).

A conexão cone morse quando comparada à conexão de hexágono externo e interno fornece maior capacidade de vedação bacteriana. Uma vez que apresenta menor infiltração bacteriana, é indicado para a região anterior, seguido pelo hexágono interno e externo. Estudos com um acompanhamento de 2 anos após colocação de implantes cone morse em alvéolos de extração frescos, revelaram que esta técnica proporciona bons resultados do ponto de vista estético (Goiato et al., 2015).

O hexágono externo deve ser evitado na região anterior devido à possibilidade de ocorrência de complicações a longo prazo (Goiato et al., 2015).

A conexão cone morse parece ser mais eficiente quanto aos aspetos biológicos, permitindo uma menor infiltração bacteriana e perda óssea em implantes unitários, inclusive em regiões estéticas. Este tipo de conexão pode ser indicado para próteses parciais fixas e planeamento de overdentures, pelo facto de apresentar uma alta estabilidade mecânica (Goiato et al., 2015).

A maior carga de stress é observada no osso cortical, uma vez que este apresenta maior resistência do que o osso trabecular, com um módulo de elasticidade de 7 a 10 vezes maior, levando a um aumento da concentração de stress nesta região (Lemos et al., 2021).

Em modelos sem perda óssea, os implantes de conexão interna foram associados a menor stress no osso cortical do que os implantes de conexão externa. No entanto, em modelos com perda óssea não foi verificada nenhuma diferença (Lemos et al., 2021).

Em modelos sem perda óssea marginal, na interface implante-pilar, os implantes de conexão interna apresentaram menor microtensão do que os implantes de conexão externa. No entanto, em modelos com uma perda óssea mínima, nenhuma diferença foi observada (Lemos et al., 2021).

De acordo com Lemos et al. (2021), a análise da tensão principal máxima no tecido ósseo sob carga axial mostrou que a perda óssea progressiva aumentou a tensão de tração no osso cortical. Assim, independentemente do tipo de conexão utilizada e da qualidade do osso, o aumento da perda óssea vertical levou a um maior stress no osso cortical.

Quando o Médico Dentista decide reabilitar através de uma prótese fixa implanto-suportada, uma das principais preocupações para garantir a sua longevidade é minimizar as complicações mecânicas (Vigolo et al., 2016).

Ao analisar a influência da conexão implante-pilar na perda óssea peri-implantar, foi concluído que as conexões cónicas apresentam uma menor perda óssea peri-implantar a curto e médio prazo quando comparadas às conexões externas (Caricasulo et al., 2018; Lemos et al., 2018; Resnik, 2020).

Tabela 1: Comparação entre os diferentes tipos de conexão interna (Hexágono Interno e Cone Morse) e conexão externa (Sistema de Brånemark)

	<u>Tipos de conexão</u>		
	Conexão Interna		Conexão Externa
	Hexágono Interno	Cone Morse	Sistema de Brånemark
Forma da conexão	Hexagonal	Cónica	Hexagonal
Projeção do pilar	Externa	Externa	Interna
Características	Pilar mais estreito do que o implante na conexão- <i>platform switching</i> . Troca de plataforma benéfica na redução da perda óssea em redor do implante, permitindo um maior volume de tecido mole na interface implante-pilar que ajuda a alcançar a estética do tecido mole.		Mesmo diâmetro desde o colo do implante até à porção do pilar que se liga ao implante- <i>platform matched</i> .
Características Específicas	Conexão hexagonal interna abaixo de um bisel de entrada de 45° que estabiliza melhor a conexão contra forças de inclinação, reduzindo a incidência de afrouxamento do parafuso.	Geometria de cone interno invertido que proporciona um mecanismo de autotravamento entre o implante e a coroa, apresentando uma grande estabilidade mecânica e capacidade	Hexágono externo no implante que encaixa com um hexágono interno no pilar. A geometria desenvolvida facilita a colocação de pilares e copings de impressão proporcionando uma

		de vedação. Conexão estável do pilar e tensões de pico mais baixas quando colocadas ao nível do osso marginal, elevada resistência a cargas axiais.	capacidade anti-rotação dos elementos.
Objetivo do seu desenvolvimento	Reduzir ou eliminar algumas complicações resultantes da utilização de implantes externos em casos parcialmente edêntulos, como a redução do stress transferido ao osso. Aumentar a área de contacto entre o implante e o pilar para que as cargas pudessem ser dissipadas e proporcionando, assim, uma maior estabilidade.		Concebido para se ligar a um suporte de fixação para a colocação do implante e, posteriormente, ligar-se a um elemento transmucoso de uma restauração para uma arcada edêntula.
Local a reabilitar		Espaços anteriores unitários como a substituição de incisivos centrais superiores; Zona anterior da mandíbula; Zona posterior da mandíbula; Situações de overdentures.	Arcada completa ferulizada.
Local a evitar reabilitar			Zonas de coroas unitárias; Zonas parcialmente edêntulas; Região anterior.
Estabilidade	Maior		Menor
Perda óssea	++	+	+++
Perda óssea marginal em torno do implante	++	+	+++
Perda óssea peri-implantar	Menor num curto a médio prazo.		Maior num curto a médio prazo.

Stress transferido ao osso	Menor	Menor, uma vez que é transmitido para uma zona mais apical do implante, proporcionando uma redução de stress ao nível do osso.	Maior
Micromovimentos	Reduzidos		Moderados causados por altas cargas oclusais podendo fraturar o parafuso.
Barreira bacteriana	Muito eficaz		Eficaz
Aprisionamento de tecido mole	+		++
Resistência à fratura	++	+++	+
Probabilidade de afrouxamento e/ou fratura	++	+	+++

4.2. Fatores que afetam a estabilidade e a durabilidade

Existem diversos fatores que contribuem para o aumento da extensão de perda óssea marginal para além da conexão escolhida: trauma cirúrgico do implante, estabelecimento da largura biológica, falta de ajuste passiva das superestruturas, microgaps entre o implante e o pilar, sobrecarga oclusal e a superfície do implante. A diminuição das reações inflamatórias, concentrações de carga e extravasamento bacteriano na interface implante-pilar também são fatores associados à perda óssea marginal (Medeiros et al., 2016; Palacios-Garzón et al., 2018).

A manutenção do osso ao redor dos implantes dentários é um motivo preocupante porque a quantidade de perda óssea marginal em redor do implante está diretamente relacionada com falhas tardias (Lemos et al., 2021).

Em muitas situações a perda óssea ocorre mesmo quando as variáveis biomecânicas são controladas, uma vez que a etiologia da perda óssea é multifatorial. Em algumas situações clínicas, os implantes são retidos na cavidade oral quando os limites de perda óssea são ultrapassados, como é o caso da peri-implantite. Quando a perda óssea é excessiva, a ancoragem biomecânica dos implantes pode ser afetada, aumentando o stress nas estruturas adjacentes e comprometendo o tratamento proposto (Lemos et al., 2021).

Pode ocorrer um aprisionamento do tecido gengival durante a inserção final na conexão pilar-implante, podendo ter um efeito potencialmente prejudicial em relação ao assentamento e inserção do pilar no implante dentário. Em teoria, o tecido aprisionado na interface pilar-implante pode criar um espaço entre os componentes devido à isquemia tecidual e consequente necrose tecidual. Este espaço pode também levar à diminuição da força de fixação do parafuso do pilar que se relaciona com uma diminuição de valores de pré-carga (Zeno et al., 2016).

Segundo um estudo realizado por Zeno et al. (2016), os implantes de conexão externa foram significativamente afetados pelo aprisionamento de tecido. Os implantes de conexão interna foram um pouco afetados pelo aprisionamento de tecido, mas não ao nível dos implantes de conexão externa.

No estudo realizado por Lee et al. (2020), a perda óssea marginal em torno de implantes dentários com conexões hexagonais externas foi medida e comparada com a perda óssea marginal em torno de implantes com conexões cónicas internas. Os implantes de conexão externa perderam mais 0,62mm de osso marginal após 10,2 anos de acompanhamento do que os implantes de conexão interna.

Os implantes de conexão interna causam menos perda óssea marginal do que aqueles com conexões externas, podendo esta diferença ser explicada devido à prevalência do uso de troca de plataforma, associada às conexões internas (Caricasulo et al., 2018).

A estrutura da conexão implante-pilar pode ser um fator chave na quebra do selamento do tecido mole, que anuncia o início da perda óssea marginal. Uma vez que a conexão e a superfície do implante podem afetar a perda óssea marginal à volta do implante, será necessário desenvolver e aplicar clinicamente um sistema de implantes que tenha em conta estes resultados (Lee et al., 2020).

5. Como proceder com a escolha de conexão em Implantologia Oral

5.1. Fatores que influenciam a escolha

A restauração protética deve receber e transmitir cargas funcionais aos implantes de forma controlada, a fim de minimizar a ocorrência de falhas mecânicas e biológicas. Assim, a ausência de uma oclusão bem ajustada e distribuída sobre as restaurações protéticas pode provocar sobrecarga nos implantes (Resnik, 2020).

A fiabilidade do sistema de implantes depende principalmente de dois fatores: a capacidade de suportar tensões e a resistência à fadiga. A distribuição de tensões na interface implante-osso cortical é uma grande preocupação por parte dos Médicos Dentistas. Assim, têm sido realizadas tentativas para diminuir a tensão no osso cortical e conseguir um padrão de tensão semelhante ao que existe em redor dos dentes naturais. Ao evitar a sobrecarga do implante e assegurar uma estabilidade primária adequada, podemos promover um ambiente biomecânico seguro para a sobrevivência do implante (Nokar et al., 2020).

Segundo Palacios-Garzón et al. (2018), existem alguns fatores que podem causar a falha de conexão do implante como as dimensões impróprias do implante, a imprecisão de ajuste, a fadiga do material do implante e os defeitos de fabrico.

A perda óssea afetou diretamente o stress e a microtensão no osso, no implante e no parafuso de fixação. Ocorre um aumento de tensão como consequência da perda óssea e, posteriormente, perda de suporte nos implantes que leva a um aumento do comprimento do braço de alavanca do implante em relação ao tecido ósseo, alterando assim a posição da linha de fulcro ao longo das estruturas. Uma perda óssea de 1,5mm no primeiro ano pode ser considerada um fator biomecânico desfavorável e determinante para aumentar o stress e a microtensão no osso, no implante e nos componentes protéticos (Lemos et al., 2021).

Implantes com perda óssea superior a metade do comprimento do implante devem ser considerados como falhados e devem ser removidos de imediato. Quando comparamos implantes menores que 8mm e implantes convencionais, os implantes mais curtos estão associados a uma maior probabilidade de falha uma vez que apresentam stress relativamente maior (Lemos et al., 2021).

A perda óssea marginal progressiva afeta diretamente as características biomecânicas da parede distal do implante e do parafuso de fixação. Esta depende de vários fatores como as características da superfície do colo do implante e os tipos de conexão. Existe uma maior alteração dos níveis ósseos e da dimensão óssea em torno das conexões externas do que nas internas, devido à presença de micro-roscas no colo dos implantes de conexão interna com forma de hexágono, o que poderia contribuir para a preservação do osso. Assim, pode resultar numa maior incidência de afrouxamento ou fratura do parafuso, que são complicações comuns em próteses implanto-suportadas (Goiato et al., 2015; Lemos et al., 2021).

De acordo com o estudo realizado por Medeiros et al. (2016), a perda óssea marginal medida demonstrou que ao longo dos anos, os implantes de ligação interna têm valores de reabsorção óssea inferiores aos dos implantes de ligação externa. As conexões internas exibiram valores mais baixos de perda óssea marginal através de uma diferença estatisticamente significativa.

Goiato et al. (2015) consideraram apenas ensaios clínicos no seu estudo, uma vez que estes fornecem evidências de maior qualidade. Foi constatado que, embora as conexões externas e internas tenham características diferentes, ambas apresentam taxas de sucesso adequadas. Foi feita uma maior manutenção ao nível do osso marginal em torno das conexões internas, sendo que a cônica é mais eficaz em termos de selamento bacteriano, perda óssea e estabilidade protética.

Ambas as conexões mostram ser seguras, visto que a média de perda óssea é limitada em ambos os tipos de conexão (menos de um milímetro). Em termos de perda óssea marginal, a conexão externa não apresenta diferenças significativas em relação à conexão interna, indicando que a literatura não é clara o suficiente para concluir que uma conexão possa ser ou não melhor que a outra em termos de perda óssea marginal (Palacios-Garzón et al., 2018).

Os Médicos Dentistas devem considerar o comportamento mecânico dos diferentes tipos de conexões de implantes ao selecionar a opção terapêutica, uma vez que a tensão transmitida ao osso deve ser a menor possível, de forma que a reabsorção seja evitada. As forças mastigatórias devem ser consideradas normais quando entre os 30 e os

50kg nas zonas posteriores. É assim fundamental que a conexão escolhida resista satisfatoriamente sobre as forças exercidas (Goiato et al., 2015).

A quantidade e qualidade do tecido ósseo afetam o contorno dos tecidos moles sobrejacentes e consequentemente a estética da região anterior. Assim, aspetos biológicos relacionados com o desenho das conexões devem ser considerados nos tratamentos estéticos (Goiato et al., 2015).

De acordo com o estudo realizado por Hagiwara & Carr (2015), os implantes de conexão interna são tão fáceis de utilizar como os de conexão externa no que diz respeito à cirurgia. No entanto, a conexão interna é preferida para o manuseamento protético uma vez que a coifa de impressão e a colocação do pilar são procedimentos considerados mais fáceis.

5.2. Considerações clínicas anatômicas

O desenho do implante, a qualidade e quantidade do osso, o procedimento cirúrgico, o ajuste da restauração, a oclusão adequada, os controles pós-operatórios regulares e a higiene oral, são todos fatores que afetam o sucesso a longo prazo dos implantes dentários (Nokar et al., 2020).

A quantidade e qualidade do osso em redor do implante são fatores biomecânicos que afetam a distribuição do stress. O osso na região posterior da maxila é de qualidade inferior ao de outras regiões, uma vez que uma fina camada de osso cortical envolve um osso trabecular menos denso, afetando assim a taxa de sobrevivência dos implantes colocados nesta região (Lemos et al., 2021).

Quanto mais osso estiver presente no local do implante, maior a possibilidade de sucesso do implante. Por outro lado, a qualidade óssea pode ser descrita por outros fatores além da densidade óssea, como o tamanho do esqueleto, a arquitetura e a orientação tridimensional das trabéculas, propriedades da matriz, mineralização e estrutura. A qualidade óssea é categorizada em quatro grupos de acordo com a proporção e estrutura do tecido ósseo compacto e trabecular (Gavira et al., 2014).

As diferenças na superfície do implante podem influenciar a perda óssea em redor do mesmo, uma vez que superfícies de implantes rugosas reduzem a perda óssea marginal. O trauma cirúrgico causado pelo próprio procedimento de colocação do implante também pode ser uma causa da perda óssea marginal, o que explica que esta seja significativamente maior durante a fase de cicatrização antes de ser colocada carga oclusal (Palacios-Garzón et al., 2018).

Após a introdução do implante, é natural que ocorra alguma reabsorção óssea em redor da peça durante o primeiro ano, tanto horizontal como verticalmente. Uma perda óssea marginal em redor do implante é considerada normal quando não exceda os 1,5mm durante o primeiro ano de carga funcional e menos de 0,2mm para cada ano subsequente. Apesar de existirem novos desenhos de implantes com o intuito de prevenir a perda óssea, esta continua a existir (Lemos et al., 2018; Goiato et al., 2015; Palacios-Garzón et al., 2018).

6. Tendências atuais e perspectivas futuras para as conexões interna e externa em Implantologia Oral

6.1. Tendências atuais

Os implantes podem ser colocados usando um plano cirúrgico em etapas, dependendo da estabilidade inicial e da qualidade do osso disponível (Tagliareni & Clarkson, 2015).

Existem três abordagens cirúrgicas que estão em uso ao longo dos anos: um estadio, dois estadios ou carga imediata (Gupta et al., 2022).

Na abordagem cirúrgica de um estadio, ocorre de forma única e requer estabilidade primária adequada. O corpo do implante no osso e o elemento permucoso acima do tecido mole são colocados simultaneamente até que ocorra a maturação óssea inicial, podendo ser carregado imediatamente. O pilar do implante vai substituir o elemento permucoso sem a necessidade de uma cirurgia secundária de tecidos moles (Gupta et al., 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

Uma abordagem de dois estadios requer a submersão do implante quando a estabilidade inicial é inferior à adequada. Primeiro é colocado o corpo do implante abaixo do tecido mole até que o osso comece a cicatrizar, geralmente 2 a 3 meses na mandíbula e 3 a 6 meses na maxila. Durante o segundo estadio os tecidos moles são rebatidos para anexar um alimento permucoso ou um pilar (Gupta et al., 2022; Tagliareni & Clarkson, 2015).

O procedimento cirúrgico de carga imediata coloca o corpo do implante e o pilar protético na cirurgia inicial, sendo que a restauração é anexada ao pilar (Gupta et al., 2022).

A reabilitação da arcada completa com carga imediata tem sido amplamente aceita por clínicos e pacientes devido às suas elevadas expectativas estéticas e funcionais. No entanto, a estabilidade primária adequada é um pré-requisito crítico neste tipo de implantes, em especial na maxila edêntula. Como o osso na maxila apresenta uma baixa

densidade, foi sugerida uma ancoragem bicortical dos implantes para melhorar significativamente a estabilidade primária do implante (Yang et al., 2022).

É importante referir que a estabilização bicortical de implantes requer uma elevada precisão cirúrgica. Caso contrário, esta técnica pode aumentar complicações como a hemorragia, a lesão nervosa e a perfuração da membrana do seio maxilar (Yang et al., 2022).

6.2. Perspetivas para o futuro

A tecnologia robótica tem sido referida como uma inovação significativa na Medicina Dentária (Yang et al., 2022).

A falha no posicionamento exato do implante pode levar a problemas como dano do nervo alveolar inferior, seio maxilar, artéria lingual, entre outros. A fim de aumentar a precisão dos implantes têm sido feitos esforços para fornecer um planeamento pré-tratamento detalhado e orientação durante a cirurgia (Sin et al., 2023).

Os modelos tridimensionais da anatomia oral gerados por exames de tomografia computadorizada contribuíram significativamente para o planeamento detalhado e visualização dos tecidos, ossos e vasos sanguíneos. Esta informação é capaz de orientar o Médico Dentista numa colocação precisa do implante alcançada através de uma cirurgia de implantes assistida por computador (CAIS), podendo ser estática, dinâmica e robótica, dependendo da forma como a informação de planeamento é utilizada como guia (Sin et al., 2023; Yang et al., 2022).

A CAIS estática utiliza modelos cirúrgicos de implantes guiados por computador para ajudar os Médicos Dentistas a localizar o ponto de entrada inicial do implante e decidir a direção do mesmo. Estes modelos são fornecidos a partir de um software que incorpora a anatomia oral e dentária do paciente através de dados de tomografia computadorizada, tendo sido relatada uma precisão superior à da cirurgia manual em vários estudos comparativos (Sin et al., 2023; Yang et al., 2022).

Já no caso da CAIS dinâmica, esta efetua o seguimento em tempo real para seguir tanto a ferramenta cirúrgica como a posição do implante alvo, permitindo ao Médico Dentista realizar o procedimento com maior precisão, monitorizando a posição e orientação em tempo real da ferramenta cirúrgica e comparando-a com a posição e orientação alvo planeadas. A osteotomia e inserção do implante podem ser ajustadas durante a cirurgia, continuando a existir o risco de erro humano uma vez que o método apenas fornece navegação visual (Sin et al., 2023; Yang et al., 2022).

Em comparação com a cirurgia convencional à mão livre, a CAIS torna a colocação de implantes dentários previsível, precisa, minimamente invasiva e eficiente. No entanto, a CAIS atualmente disponível apresenta várias limitações (Yang et al., 2022).

A CAIS dinâmica foi altamente preciso com menos desvios angulares quando comparado com os sistemas estáticos. No entanto, a tecnologia dinâmica aumenta o tempo e o custo da cirurgia e depende da experiência cirúrgica do Médico Dentista. Assim, o desenvolvimento e inovação são necessários para as cirurgias de implantes assistidas por computador (Yang et al., 2022).

Em 2021, um sistema autónomo de cirurgia assistida por robô denominado "Remebot" foi aprovado na cirurgia de implantes dentários pela Administração Nacional de Produtos Médicos da China, tendo sido classificado como um sistema robótico semiativo e de autonomia de tarefas. A osteotomia e a colocação do implante são efetuadas automaticamente com tecnologias guiadas por imagem e assistidas por robô, podendo o Médico Dentista monitorizar o desempenho do robô durante a cirurgia (Yang et al., 2022).

Pela existência de limitações do CAIS estático e dinâmico, foi desenvolvido o CAIS robótico, permitindo a realização de cirurgias de alta precisão reduzindo o erro humano através da orientação da força em tempo real, melhorando assim a segurança do procedimento. Atualmente esta técnica encontra-se numa fase inicial de investigação e ainda não foram realizados muitos estudos (Sin et al., 2023).

O sistema de cirurgia robótica autónoma é considerado uma tecnologia inovadora, proporcionando vantagens como a osteotomia precisa do implante, o facto de ser um procedimento minimamente invasivo, promove a prevenção eficaz de riscos anatómicos e apresenta um feedback em tempo real sobre a força de perfuração para prever a qualidade do osso (Sin et al., 2023).

No entanto, as principais desvantagens deste sistema de cirurgia robótica devem ainda ser consideradas como o facto de oferecer uma relação custo-eficácia insatisfatória e uma natureza demorada, uma curva de aprendizagem adicional para o sistema, a incapacidade de realizar osteotomia de implantes em pacientes com uma abertura de boca

limitada, o facto do rastreador ótico não poder ser movido durante a cirurgia (porque, caso contrário, o registo deve ser repetido) e a presença de radiação adicional pela realização repetida de tomografias (Sin et al., 2023).

Os sistemas cirúrgicos de implantes assistidos por robô podem abrir novos horizontes para a cirurgia de implantes dentários, permitindo procedimentos precisos e minimamente invasivos específicos para cada paciente, são necessários, no entanto, mais ensaios clínicos para fornecer provas clínicas concretas (Yang et al., 2022).

III. Conclusão

A implantologia é uma área da Medicina Dentária que passou por uma evolução inquestionável ao longo das últimas décadas. O número de estudos realizados com implantes dentários tem sido notório e o objetivo de tamanho investimento científico prende-se em proporcionar uma reabilitação oral com melhores resultados possíveis a longo prazo. Assim, a função e a estética da cavidade oral podem ser devolvidas a quem procura uma melhor qualidade de vida.

Relativamente ao tipo de conexão de cada implante, esta pode ser interna ou externa. Apesar de apresentarem diferentes características, ambas estão associadas a taxas de sucesso elevadas e mostram ser seguras nas mais diversas situações. No entanto, as zonas a reabilitar podem estar mais indicadas para um dos dois tipos de conexão, associando-se esta a um maior número de benefícios para o paciente comparativamente à outra.

A conexão interna é, atualmente, mais utilizada do que a externa e revela-se a mais indicada na reabilitação de espaços anteriores unitários, tanto superiores como inferiores. Este tipo de conexão apresenta um perfil clínico que demonstra ser benéfico na redução da perda óssea em redor do implante. Assim, podemos verificar um volume de tecido mole saudável localizado na interface implante-pilar, potenciando toda a questão estética.

A conexão por cone morse surge associada a altas taxas de sucesso a longo prazo quando utilizada na reabilitação através de overdentures. Este tipo de conexão apresenta uma grande capacidade de selagem marginal relativamente à colonização bacteriana devido às suas características de autotravamento. Esta foi idealizada para manter um comportamento estável nas mais diversas situações clínicas e minimiza ou elimina algumas das complicações resultantes das conexões externas (reduzir o stress transmitido ao osso, por exemplo).

A possibilidade de aparecimento de complicações a longo prazo associadas à reabilitação oral com implantes não pode ser desprezada. Assim, devido às suas características físicas, a conexão de hexágono externo deve ser evitada no sector anterior. No entanto, esta tem apresentado taxas de sucesso elevadas quando utilizada na

reabilitação de arcadas completas ferulizadas. Recorrendo à da técnica *all-on-four*, este tipo de implantes pode proporcionar uma reabilitação oral com excelentes resultados.

IV. Bibliografia

Abbas, H., Aida, J., Cooray, U., Ikeda, T., Koyama, S., Kondo, K., & Osaka, K. (2023). Does remaining teeth and dental prosthesis associate with social isolation? A six-year longitudinal study from the Japan Gerontological Evaluation Study (JAGES). *Community dentistry and oral epidemiology*, 51(2), 345–354. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12746>

Adánez, M., Nishihara, H., & Att, W. (2018). A systematic review and meta- analysis on the clinical outcome of zirconia implant–restoration complex. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(4), 397–406. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.04.007>

Al-Okshi, a, Lindh, C., Salé, H., Gunnarsson, M., & Rohlin, M. (2015). Effective dose of cone beam CT (CBCT) of the facial skeleton: a systematic review. *The British Journal of Radiology*, 88(1045), 20140658.

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>

Almeida, E. O., Freitas, A. C., Jr, Bonfante, E. A., Marotta, L., Silva, N. R., & Coelho, P. G. (2013). Mechanical testing of implant-supported anterior crowns with different implant/abutment connections. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 28(1), 103–108. <https://doi.org/10.11607/jomi.2443>

Bhoosreddy, A. R., Bhoosreddy, S., & Shirsekar, V. U. (2013). *Implant Imaging*, 3(December), 127–132.

Botzenhart U, Kunert-Keil C, Heinemann F, Gredes T, Seiler J, Berniczei-Roykó Á, et al. Osseointegration of short titan implants: A pilot study in pigs. *Ann Anat Anat Anz Off Organ Anat Ges.* mai 2015;199:16-22.

Buatois H, Pollini A. *Implantologie supra crestale*. Quintessence international. 2016.

Burtscher, D., Grunert, I., Kniha, H., & Steinhauser, E. (2011). Failure analysis of fractured dental zirconia implants. 287–293. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2011.02206.x>

Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2016). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50years of progress, current trends and open questions. *Periodontology* 2000, 73(1), 7–21. doi:10.1111/prd.12185

Caricasulo, R., Malchiodi, L., Ghensi, P., Fantozzi, G., & Cucchi, A. (2018). The influence of implant-abutment connection to peri-implant bone loss: A systematic review and meta-analysis. *Clinical implant dentistry and related research*, 20(4), 653–664. <https://doi.org/10.1111/cid.12620>

Carpentieri, J., Greenstein, G., & Cavallaro, J. (2019). Hierarchy of restorative space required for different types of dental implant prostheses. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 150(8), 695–706. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2019.04.015>

Carr, A. B., Arwani, N., Lohse, C. M., Gonzalez, R. L. V., Muller, O. M., & Salinas, T. J. (2019). Early Implant Failure Associated With Patient Factors, Surgical Manipulations, and Systemic Conditions. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 28(6), 623–633. <https://doi.org/10.1111/jopr.12978>

Carvalho, L. R., Freire, L., Meireles, V. S., Abreu, M. L., Quelemes, P. V. (2023) TÉCNICA DE ESPLINTAGEM EM DENTES COMPROMETIDOS PERIODONTALMENTE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA. Vol 2, 2021 – 143416

Davarpanah M. Pilliers Prothétiques pour prothèse sur implant. Prothèse transvissée et scellée. [Internet]. 2010. Disponible sur: <https://www.les-implants-dentaires.com/prothese/sur-implant.htm>

Depprich, R., Naujoks, C., Ommerborn, M., Schwarz, F., Kübler, N. R., & Handschel, J. (2014). Current findings regarding zirconia implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 16(1), 124–137. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2012.00454.x>

Fernandez-Estevan, L., Montero, J., Otaolauruchi, E. J. S., & Ruiz, M. F. S. (2018). Interventions to Maintain Locator-Retained Mandibular Overdentures on Both External Hex and Internal Connection Implants: A Retrospective Study. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(16), 838–846. <https://doi.org/10.11607/jomi.6182>

Gaviria, L., Salcido, J. P., Guda, T., & Ong, J. L. (2014). Current trends in dental implants. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 40(2), 50. doi:10.5125/jkaoms.2014.40.2.50

Goiato MC, Pellizzer EP, da Silva EV, Bonatto Lda R, Dos Santos DM. Is the internal connection more efficient than external connection in mechanical, biological, and esthetical point of views? A systematic review. *Oral Maxillofac Surg* 2015;19:229–242.

Grassi, F., Capogreco, M., Consonni, D., Bilardi, G., Buti, J., & Kalemaj, Z. (2015). Immediate Occlusal Loading of One-Piece Zirconia Implants: Five-Year Radiographic and Clinical Evaluation. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(3), 671–680. <https://doi.org/10.11607/jomi.3831>

Greenstein, G., Cavallaro, J., Smith, R., & Tarnow, D. (2009). Connecting teeth to implants: a critical review of the literature and presentation of practical guidelines. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 30(7), 440–453.

Guillaume B. Dental implants: A review. *Morphologie* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.morpho.2016.02.002>

Gupta, R., Gupta, N., & Weber, DDS, K. K. (2022). Dental Implants. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Hagiwara, Y., & Carr, A. B. (2015). External versus internal abutment connection implants: a survey of opinions and decision making among experienced implant dentists in Japan. *Odontology*, 103(1), 75–83. <https://doi.org/10.1007/s10266-013-0141-2>

Hasan, J., Bright, R., Hayles, A., Palms, D., Zilm, P., Barker, D., & Vasilev, K. (2022). Preventing Peri-implantitis: The Quest for a Next Generation of Titanium Dental Implants. *ACS biomaterials science & engineering*, 8(11), 4697–4737. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.2c00540>

Jesus, A. P. G. D., Veronez, F. C., & Simões, P. W. (2016). Utilização de pilares cerâmicos em prótese sobre implante: revisão de literatura. *Rev. odontol. Univ. Cid. São Paulo (Online)*, 240-249.

Khalaila, R., Vitman-Schorr, A., & Cohn-Schwartz, E. (2022). A prospective association between tooth status and cognitive performance among older adults in Europe. *Aging & mental health*, 26(3), 499–506. <https://doi.org/10.1080/13607863.2021.1891201>

Lang, L. A., Hansen, S. E., Olvera, N., & Teich, S. (2019). A comparison of implant complications and failures between the maxilla and the mandible. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(4), 611–617. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.08.002>

Lee, J. H., Kim, J. C., Kim, H. Y., & Yeo, I. L. (2020). Influence of Connections and Surfaces of Dental Implants on Marginal Bone Loss: A Retrospective Study Over 7 to 19 Years. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 35(6), 1195–1202. <https://doi.org/10.11607/jomi.8450>

Lemos, C. A. A., Verri, F. R., Bonfante, E. A., Júnior, J. F. S., & Pellizzer, E. P. (2018). Comparison of external and internal implant-abutment connections for implant supported prostheses. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry* 70 (2018) 14-22

Lemos, C. A. A., Verri, F. R., Noritomi, P. Y., Kemmoku, D. T., Souza Batista, V. E., Cruz, R. S., de Luna Gomes, J. M., & Pellizzer, E. P. (2021). Effect of bone quality and bone loss level around internal and external connection implants: A finite element analysis study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 125(1), 137.e1–137.e10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.06.029>

Medeiros, R. A. D., Pellizzer, E. P., Vechiato Filho, A. J., Santos, D. M. D., Silva, E. V. D., & Goiato, M. C. (2016). Evaluation of marginal bone loss of dental implants with

internal or external connections and its association with other variables: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(4), 501–506.e5. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.03.027>

Monje, A., & Nart, J. (2022). Management and sequelae of dental implant removal. *Periodontology 2000*, 88(1), 182–200. <https://doi.org/10.1111/prd.12418>

Nagarajan, A., Namasivayam, A., Perumalsamy, R., & Thyagarajan, R. (2014). Diagnostic Imaging for Dental Implant Therapy. *Journal of Clinical Imaging Science*, 4(2), 4.

Nokar, S., Jalali, H., Nozari, F., & Arshad, M. (2020). Finite Element Analysis of Stress in Bone and Abutment-Implant Interface under Static and Cyclic Loadings. *Frontiers in dentistry*, 17(21), 1–8. <https://doi.org/10.18502/fid.v17i21.4315>

Palacios-Garzón, N., Mauri-Obradors, E., Roselló-LLabrés, X., Estrugo-Devesa, A., Jané-Salas, E., & López-López, J. (2018). Comparison of Marginal Bone Loss Between Implants with Internal and External Connections: A Systematic Review. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(3), 580–589. <https://doi.org/10.11607/jomi.6190>

Pieralli, S., Kohal, R. J., Jung, R. E., Vach, K., & Spies, B. C. (2017). Clinical Outcomes of Zirconia Dental Implants : A Systematic Review. *Journal of Dental Research*, 96, 38–46. <https://doi.org/10.1177/0022034516664043>

Resnik, R. (2020). *Misch's contemporary implant dentistry* Fourth Edition. Elsevier Health Sciences.

Roehling, S., Woelfler, H., Hicklin, S., Kniha, H., & Gahlert, M. (2015). A Retrospective Clinical Study with Regard to Survival and Success Rates of Zirconia Implants up to and after 7 Years of Loading. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(3), 545–558. <https://doi.org/10.1111/cid.12323>

Romeo G. (2021). Smile makeover and the oral facial harmony concept in a new era: relationship between tooth shape and face configuration. *The international journal of esthetic dentistry*, 16(2), 202–215.

Schwarz, F., & Ramanauskaite, A. (2022). It is all about peri-implant tissue health. *Periodontology 2000*, 88(1), 9–12. <https://doi.org/10.1111/prd.12407>

Sin, M., Cho, J. H., Lee, H., Kim, K., Woo, H. S., & Park, J. M. (2023). Development of a Real-Time 6-DOF Motion-Tracking System for Robotic Computer-Assisted Implant Surgery. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(5), 2450. <https://doi.org/10.3390/s23052450>

Smeets, R., Henningsen, A., Jung, O., Heiland, M., Hammächer, C., & Stein, J. M. (2014). Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review. *Head & face medicine*, 10, 34. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-10-34>

Tagliareni, J. M., & Clarkson, E. (2015). Basic Concepts and Techniques of Dental Implants. *Dental Clinics of North America*, 59(2), 255–264.

Teichtahl, A. J., Wluka, A. E., Wijethilake, P., Wang, Y., Ghasem-Zadeh, A., & Cicuttini, F. M. (2015). Wolff's law in action: a mechanism for early knee osteoarthritis. *Arthritis research & therapy*, 17(1), 207. <https://doi.org/10.1186/s13075-015-0738-7>

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>

Vavrina, J., & Vavrina, J. (2020). Bruxismus: Einteilung, Diagnostik und Behandlung [Bruxism: Classification, Diagnostics and Treatment]. *Praxis*, 109(12), 973–978. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003517>

Vigolo, P., Gracis, S., Carboncini, F., Mutinelli, S., & AIOP (Italian Academy of Prosthetic Dentistry) Clinical Research Group (2016). Internal- vs External-Connection Single Implants: A Retrospective Study in an Italian Population Treated by Certified

Prosthodontists. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 31(6), 1385–1396. <https://doi.org/10.11607/jomi.4618>

Yang, S., Chen, J., Li, A., Li, P., & Xu, S. (2022). Autonomous Robotic Surgery for Immediately Loaded Implant-Supported Maxillary Full-Arch Prosthesis: A Case Report. *Journal of clinical medicine*, 11(21), 6594. <https://doi.org/10.3390/jcm11216594>

Zeno, H. A., Buitrago, R. L., Sternberger, S. S., Patt, M. E., Tovar, N., Coelho, P., Kurtz, K. S., & Tuminelli, F. J. (2016). The Effect of Tissue Entrapment on Screw Loosening at the Implant/Abutment Interface of External- and Internal-Connection Implants: An In Vitro Study. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 25(3), 216–223. <https://doi.org/10.1111/jopr.12329>

Zheng, Z., Ao, X., Xie, P., Jiang, F., & Chen, W. (2021). The biological width around implant. *Journal of prosthodontic research*, 65(1), 11–18. https://doi.org/10.2186/jpr.JPOR_2019_356