



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**TÉCNICAS DE EXPANSÃO ÓSSEA ALVEOLAR PARA A
COLOCAÇÃO DE IMPLANTES IMEDIATOS**

Trabalho submetido por
Nelya Hetsko
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

novembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**TÉCNICAS DE EXPANSÃO ÓSSEA ALVEOLAR PARA A
COLOCAÇÃO DE IMPLANTES IMEDIATOS**

Trabalho submetido por
Nelya Hetsko
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Nuno Filipe Dourado Laranjeira

novembro de 2022

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Doutor Nuno Laranjeira por toda a disponibilidade e compreensão que teve para comigo no decorrer da elaboração deste trabalho. Agradeço a sua disponibilidade, rigor e conselhos.

Ao Professor João Carvalho Gomes por toda a ajuda prestada.

Aos meus pais, o meu maior exemplo e o meu porto de abrigo. Sem vocês nada seria possível. Obrigada por serem o maior pilar na minha vida. Palavras não chegam para exprimir a eterna gratidão.

Ao meu irmão, Artem, por toda a paciência, apoio moral e por conseguir sempre colocar um sorriso na minha cara nos momentos mais difíceis. O próximo és tu!

À minha avó, por todo o apoio, aprendizagens e carinho.

À minha amiga e colega de box Cristina. À minha pessoa. Um obrigada não é suficiente para agradecer a tua amizade incondicional, apoio, conselhos e todas as horas de trabalho que partilhámos. Juntas do início ao fim.

À Iryna e Elena, as amigas e que a Egas me deu. Obrigada pela amizade, apoio, gargalhadas e ajuda a qualquer hora do dia ou noite. Levo-vos comigo para a vida.

À Egas Moniz, a todos os amigos que fiz nesta casa, a todos os docentes e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação. O meu sincero obrigada.

RESUMO

A reabsorção óssea resultante da ausência de dentes na arcada dentária traduz-se em maxilares edêntulos atróficos, o que compromete a qualidade de vida do paciente e dificulta a colocação de implantes dentários.

A motivação da realização deste trabalho surgiu da necessidade de compreender o problema e explorar as possíveis alternativas de tratamento, melhorando a estética e devolvendo ao paciente a função mastigatória primordial.

Verifica-se que a reabilitação oral com implantes é uma modalidade de tratamento com resultados bastante confiáveis e de sucesso a longo prazo. Um dos princípios na colocação de implantes é alcançar uma boa estabilidade primária, sendo este o fator determinante de sucesso. Porém, na presença de uma crista alveolar estreita, é necessário restabelecer o volume ósseo através de técnicas que culminam com a possibilidade de inserção de implante.

A técnica de expansão óssea alveolar foi proposta como uma das técnicas menos invasivas, sendo esta a sua grande vantagem. A expansão da crista alveolar pode ser executada numa intervenção cirúrgica única com a colocação imediata de implantes, minimizando o desconforto pós-operatório ao paciente. Dos instrumentos usados na expansão fazem parte os osteótomos e as brocas rotatórias que permitem uma expansão do osso lenta e gradual. A técnica em questão pode ser aplicada sozinha ou em conjunto com enxertos ósseos. Como complemento à expansão, pode ser igualmente executada a regeneração óssea guiada ou serem usadas membranas de L-PRF.

Palavras-chave: crista alveolar, expansão óssea, reabsorção óssea, implantes dentários imediatos.

ABSTRACT

Bone resorption resulting from the absence of teeth in the dental arch translates into atrophic edentulous jaws, which compromises the patient's quality of life and hinders the placement of dental implants.

The motivation for this study arose from the need to understand the problem and explore possible treatment alternatives, improving aesthetics and restoring the patient's primordial masticatory function.

Oral rehabilitation with implants is a treatment modality with very reliable and successful long-term results. One of the principles of implant placement is to achieve good primary stability, which is the determining factor for success. However, in the presence of a narrow alveolar ridge, it is necessary to reestablish bone volume through techniques that culminate in the possibility of implant insertion.

The alveolar bone expansion technique has been proposed as one of the least invasive techniques, and this is its great advantage. The alveolar ridge expansion can be performed in a single surgical intervention with immediate implant placement, minimizing postoperative discomfort to the patient. The instruments used in the expansion include osteotomes and rotary drills that allow a slow and gradual expansion of the bone. This technique can be applied alone or in conjunction with bone grafts. As a complement to the expansion, guided bone regeneration can also be performed, or L-PRF membranes can be used.

Keywords: alveolar ridge, bone expansion, bone resorption, immediate dental implants.

РЕЗЮМЕ

Резорбція кісткової тканини внаслідок відсутності зубів у зубній дузі призводить до атрофії беззубих щелеп, що погіршує якість життя пацієнта та ускладнює встановлення зубних імплантатів.

Мотивація до проведення даного дослідження виникла з необхідності розуміння проблеми та вивчення можливих альтернатив лікування, покращення естетики та відновлення первинної жувальної функції пацієнта.

Реабілітація порожнини рота за допомогою імплантатів - це метод лікування з дуже надійними і успішними довгостроковими результатами. Одним з принципів встановлення імплантатів є досягнення відмінної первинної стабільності, що є визначальним фактором успіху. Однак при наявності вузького альвеолярного відростка необхідно відновити об'єм кісткової тканини за допомогою методів, які завершуються можливістю встановлення імплантату.

Метод розширення альвеолярної кістки був запропонований як один з найменш інвазивних методів, що становить його велику перевагу. Розширення альвеолярного гребня може бути виконано за одне хірургічне втручання з одномоментною установкою імплантатів, що зводить до мінімуму післяопераційного дискомфорту для пацієнта. Інструменти, що використовуються при розширенні, включають остеотомі та кругові свердла, які дозволяють повільно та поступово розширювати кістку. Ця техніка може застосовуватися окремо або разом з кістковою пластикою. Як доповнення до розширення гребня також може бути виконана керована кісткова регенерація або використані L-PRF мембрани.

Ключові слова: альвеолярний відросток, розширення кістки, резорбція кістки, одномоментна імплантація.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	15
II. DESENVOLVIMENTO	17
1. TECIDO ÓSSEO	17
1.1. FISIOLOGIA E ANATOMIA ÓSSEAS.....	17
1.2. REMODELAÇÃO ÓSSEA.....	18
1.3. DENSIDADE ÓSSEA.....	20
2. IMPLANTOLOGIA	22
2.1. HISTÓRIA	22
2.2. OSTEOINTEGRAÇÃO DO IMPLANTE	23
2.3. ESTABILIDADE DO IMPLANTE – PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA	25
2.4. AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO IMPLANTE.....	26
2.4.1. Métodos invasivos	27
Exames histológicos/histomorfológicos	27
Testes de torque de remoção	27
2.4.2. Métodos não invasivos.....	27
Exames radiográficos	27
Teste de torque de inserção	29
Teste de percussão	29
Análise da vibração	30
○ Periotest.....	30
○ Análise de Frequência de Ressonância (AFR).....	30
2.5. TÉCNICAS DE AUMENTO DA ESTABILIDADE PRIMÁRIA.....	31
2.5.1. Subpreparação do leito do implante.....	32
2.5.2. Técnica de osteótomo de Summers	32
2.5.3. Osseodensificação.....	33
3. TÉCNICA DE EXPANSÃO ÓSSEA	35
3.1. HISTÓRIA	35
3.2. INDICAÇÕES, CONTRAINDICAÇÕES E LIMITAÇÕES NA EXPANSÃO.....	36
3.3. MECANISMO E PRINCÍPIOS DA TÉCNICA DE EXPANSÃO.....	37
3.3.1. Projeto do retalho.....	39
3.3.2. Corticotomia – incisão para divisão da crista óssea.....	40
3.3.3. Expansão óssea – preparação do leito do implante.....	43
<i>Kit</i> de Meisinger	44
4. MÉTODOS COMPLEMENTARES À EXPANSÃO ÓSSEA	46

4.1.	ENXERTO ÓSSEO.....	47
4.1.1.	Enxerto ósseo natural e materiais de substituição	48
	Autoenxertos.....	49
	Aloenxertos.....	49
	Xenoenxertos	49
	Materiais fitogénicos	50
4.1.2.	Materiais sintéticos de substituição de osso	50
4.2.	REGENERAÇÃO ÓSSEA GUIADA (ROG).....	51
4.3.	L-PRF NA EXPANSÃO	54
III.	CONCLUSÃO	57
IV.	BIBLIOGRAFIA.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Formação e diferenciação dos osteoblastos. Adaptado de (Grabowski, 2015).	17
Figura 2 – Imagem ilustrativa da classificação da densidade óssea segundo Misch. Adaptado de (Misch, 2005).	21
Figura 3 – Fatores que afetam a osteointegração. Adaptado de (Gaviria <i>et al.</i> , 2014). 24	
Figura 4 – Fatores que afetam a estabilidade do implante. Adaptado de (Barberá-Millán <i>et al.</i> , 2021).	26
Figura 5 – Imagem ilustrativa da técnica de osteótomo de Summers com elevação do seio maxilar. Adaptado de (Lundgren <i>et al.</i> , 2017).	33
Figura 6 - Imagem ilustrativa da osseodensificação. Adaptado de (Bhargava <i>et al.</i> , 2022).	34
Figura 7 – Imagem ilustrativa do retalho de espessura total. Adaptado de (Elnayef <i>et al.</i> , 2015).	39
Figura 8 – Imagem ilustrativa do retalho de espessura parcial. Adaptado de (Elnayef <i>et al.</i> , 2015).	40
Figura 9 – Imagem ilustrativa da fratura em greenstick. Adaptado de (Tolstunov <i>et al.</i> , 2019).	41
Figura 10 – Imagem ilustrativa da corticotomia na maxila – crista dividida. Adaptado de (Tolstunov <i>et al.</i> , 2019).	42
Figura 11 – Imagem ilustrativa do Kit de Meisinger. Adaptado de (Siddiqui & Sosovicka, 2006).	44
Figura 12 – Imagem ilustrativa da técnica de expansão óssea com recurso ao Kit de Meisinger. Adaptado de (Meisinger Split-Control 3D-Animation).	46
Figura 13 – Imagem ilustrativa do tubo de L-PRF após a centrifugação com os seus três componentes. Adaptado de (Schär <i>et al.</i> , 2015).	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Marcadores de Formação e Reabsorção do osso. Adaptado de (Szulc, 2018).	20
Tabela 2 – Variação da densidade óssea na cavidade oral segundo a Classificação de Misch. Adaptado de (Misch, 2005).	22
Tabela 3 – Interpretação de valores do Periotest. Adaptado de (Sachdeva <i>et al.</i> , 2016).	30
Tabela 4 – Características de cada componente do Kit de Meisinger. Adaptado de (Siddiqui & Sosovicka, 2006).	45

LISTA DE ABREVIATURAS

AFR – Análise de frequência de ressonância

CBCT – Tomografia computadorizada de feixe cônico

CTx-I – C-terminal telopéptido de colagénio tipo I

L-PRF – Fibrina rica em leucócitos

MBTO – Marcadores bioquímicos de *turnover* ósseo

PINP – N-terminal propéptido de colagénio tipo I

PTFE – Politetrafluoretileno

PTFE-d – Politetrafluoretileno denso

PTFE-e – Politetrafluoretileno expandido

QEI – Quociente de estabilidade do implante

ROG – Regeneração óssea guiada

TC – Tomografia computadorizada

TI – Torque de inserção

TO – *Turnover* ósseo

UMB – Unidade multicelular básica

I. INTRODUÇÃO

Após a perda dentária o osso alveolar tende a sofrer reabsorção, deixando os maxilares edêntulos atroficos, o que dificulta o processo de reabilitação com implantes (Elnayef *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2020).

A introdução de implantes imediatos em medicina dentária obteve recentemente uma boa aceitação tanto por parte do clínico, como por parte do paciente. A redução do tempo de tratamento e traumas, benefícios estéticos e psicológicos para o doente têm sido das principais vantagens na execução de implantes imediatos. Um implante osteointegrado tem um pré-requisito fundamental para o seu sucesso – a estabilidade primária no momento da sua inserção e após a colocação do mesmo. Existem várias causas relacionadas com a falha de implantes, porém, uma das principais é a fraca estabilidade primária. Particularmente na colocação de implantes imediatos, o papel da estabilidade primária do implante com o osso circundante e maduro é crucial para sucesso a longo prazo (Javed *et al.*, 2013)

Revisões de literatura reconhecem inúmeras técnicas e materiais que têm sido utilizados com sucesso na reconstrução da crista óssea, de tal maneira que esta seja esteticamente e funcionalmente aceitável para inserção de implantes (Al-Almaie, 2016; Chappuis *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2021). Quando não existem estas condições, é indispensável criar um volume ósseo adequado.

Os defeitos de rebordo ósseo horizontal podem ser reconstruídos recorrendo a enxertos ósseos, técnicas de regeneração óssea guiada (ROG), distração osteogénica e expansão óssea. Quanto às técnicas de expansão óssea, recorre-se à ajuda de expansores ósseos, osteótomos ou ainda a uma técnica conhecida por “*split crest*” mediante a qual, procede-se à expansão óssea (Anitua *et al.*, 2012; Khairnar *et al.*, 2014).

O uso de osteótomos foi detalhadamente descrito pela primeira vez por Summers em 1994, em várias publicações. Summers, (1994) introduziu a técnica onde pode ser alcançada a expansão lateral e vertical do osso na maxila com a ajuda de osteótomos de diâmetro crescente. Os osteótomos são utilizados para a elevação do seio maxilar e contribuem para a compactação do osso peri-implantar a fim de se obter uma boa

estabilidade primária, sem haver perda óssea. Estes instrumentos podem igualmente ser utilizados em combinação com cinzéis e parafusos expansores (Khairnar *et al.*, 2014; Obiechina, 2019).

Ao longo de muitos anos, a utilização de implantes dentários na reabilitação de pacientes parcialmente ou totalmente edêntulos seguiu protocolos que consistiam na extração do dente, seguida de cicatrização do local de extração (3 a 6 meses), preparação do local de osteotomia e subsequente colocação de implante. Esta metodologia foi aplicada no sentido de reduzir o risco de falha de osteointegração do implante, porém, implicava uma maior duração de tratamento e desconforto para o paciente. Com a posterior evolução das técnicas cirúrgicas e remodelação da estrutura do implante, foi relatado que a colocação de implantes logo após a extração dentária é um procedimento que apresenta uma alta taxa de sucesso. Na atualidade, considera-se que a carga imediata oferece muitas vantagens tanto ao paciente, pois reduz a dor e a duração do tratamento no geral, como ao clínico, visto que mantém a altura dos tecidos moles peri-implantares e aumenta a densidade óssea peri-implantar (Al-Sawai & Labib, 2016; Yuan *et al.*, 2018).

Para além disso, foi sugerido que a colocação imediata de implante pode evitar a perda óssea pós-extração e, por conseguinte, melhorar o resultado estético da reabilitação final. O processo de cicatrização, as características do implante, as características anatómicas do alvéolo, a necessidade de procedimentos regenerativos e as técnicas cirúrgicas utilizadas influenciam diretamente o resultado clínico da colocação imediata do implante pós-extração (Araújo *et al.*, 2019).

A presente monografia tem por objetivo descrever a técnica de expansão óssea e averiguar, segundo a literatura publicada, qual o método de expansão mais fiável e com maior taxa de sucesso.

Como metodologia de investigação foram usados motores de busca como: *PubMed*, *SciELO*, *B-on* e *Cochrane Library*. As palavras-chave usadas na pesquisa foram: *alveolar ridge*, *bone expansion*, *bone regeneration*, *bone resorption*, *crestal ridge*, *dental implants*, *guided bone regeneration*, *L-PRF*, *split crest technique*. Foi dada preferência a artigos publicados nos últimos 10 anos em inglês e com estudos em humanos.

II. DESENVOLVIMENTO

1. TECIDO ÓSSEO

1.1. FISIOLOGIA E ANATOMIA ÓSSEAS

O osso é um tecido conjuntivo especializado de grande complexidade, altamente vascularizado e innervado. É constituído por osteoblastos, osteócitos, osteoclastos e uma matriz extracelular. A matriz é mineralizada, composta por colagénio, proteínas não colagénicas e proteoglicanos. Dentro da matriz, existem íões de cálcio e de fosfato de cálcio que uma vez organizados, formam a hidroxiapatite – isto permite que o osso tenha a capacidade de resistir às cargas, proteja os órgãos de forças externas e tenha a função de um reservatório de minerais que participam na homeostase orgânica (Florencio-Silva *et al.*, 2015).

Os osteoblastos são células de revestimento ósseo que têm a função de formar a matriz óssea, isto é, participam no processo de mineralização do tecido osteóide. Provêm de células mesenquimatosas, são mononucleadas e sintetizam proteínas colagénicas e não colagénicas (Figura 1) (Florencio-Silva *et al.*, 2015; Grabowski, 2015).

Na seqüência da diferenciação dos osteoblastos para dar origem a diferentes formas de matriz óssea, surgem os osteócitos. Os osteócitos fornecem suporte ao osso e localizam-se no osso esponjoso compacto. São células fusiformes e achatadas, envolvidas pela matriz extracelular em camadas concêntricas e interligam-se através de uma rede de dendritos celulares.

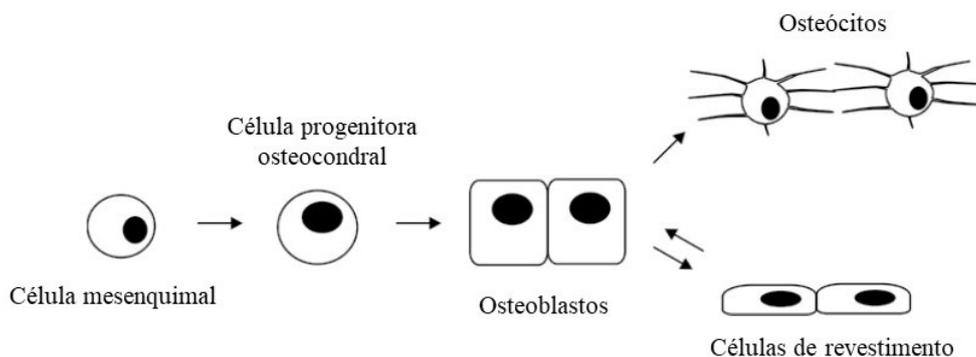


Figura 1 – Formação e diferenciação dos osteoblastos. Adaptado de (Grabowski, 2015).

Os osteoclastos desempenham a função de remoção e reabsorção do osso que é destruído. O fenómeno de reabsorção ocorre através da parte ativa da célula – a sua membrana – que neste processo tem a dupla função de segregar compostos de desmineralização do tecido e absorver os produtos libertados da reabsorção. Assim, os osteoclastos vão libertando cálcio concomitantemente com o processo de deposição óssea e levam à remodelação do tecido (Grabowski, 2015).

A maxila e a mandíbula são ossos compostos por várias estruturas anatómicas com uma função, composição e fisiologia específicas: o osso basal forma o corpo da maxila e mandíbula e desenvolve-se simultaneamente com o esqueleto; o processo alveolar, desenvolvido no seguimento da erupção dentária e o feixe do osso, que abrange a estrutura periodontal e reveste o alvéolo formando, desta forma, a crista da cortical vestibular (Pagni *et al.*, 2012).

A arquitetura interna e externa do osso é um fator importante numa intervenção cirúrgica mais invasiva como a inserção de implantes. Ao averiguar a osteointegração, é imprescindível conhecer as características do osso, do seu futuro comportamento e compreender o seu contributo para o sucesso na colocação de implantes.

1.2. REMODELAÇÃO ÓSSEA

A remodelação óssea é um processo essencial para o equilíbrio da homeostase óssea do adulto, responsável pela formação e manutenção da forma do osso. Este mecanismo decorre com o propósito de reparar o osso antigo danificado pela carga física diária e prevenir dos efeitos de envelhecimento e as respetivas consequências (Siddiqui & Partridge, 2016).

O processo global de remodelação óssea é estritamente controlado e coordenado por vários tipos de células e caracteriza-se por dois processos opostos: formação e reabsorção. A formação óssea é precedida pela reabsorção óssea. A formação de novo osso é mediada por osteoblastos e a reabsorção, ou seja, a remoção do osso antigo é mediada por osteoclastos (Szulc, 2018).

A nível da unidade multicelular básica (UMB), estas duas atividades estão rigorosamente ligadas no tempo e no espaço. No decorrer da reabsorção óssea, a

dissolução do mineral ósseo e o catabolismo da matriz óssea resultante da atividade osteoclástica leva à formação de uma cavidade de reabsorção e à libertação de componentes da matriz óssea. Seguidamente, durante a formação óssea, os osteoblastos sintetizam a matriz óssea que preenche a cavidade de reabsorção e é sujeita à mineralização. Posto isto, o equilíbrio existente entre a reabsorção e a formação dentro de uma UMB e o número de UMB determina a massa óssea. (Szulc & Douglas, 2013).

Os marcadores bioquímicos de *turnover* ósseo (MBTO) aumentam proporcionalmente ao risco de fratura óssea, sendo mais elevados em doentes com baixa densidade óssea. Do ponto de vista da sua função dividem-se em dois grupos: componentes da matriz óssea libertados na circulação durante a formação ou reabsorção óssea e enzimas que refletem a atividade metabólica dos osteoblastos ou osteoclastos (Szulc, 2018).

O N-terminal propéptido de colagénio tipo I (PINP) e o C-terminal telopéptido de colagénio tipo I (CTX-I) são marcadores de formação e reabsorção do osso, respetivamente, que a Fundação Internacional de Osteoporose e a Federação Internacional de Química Clínica recomendam, porém, existem outros não menos importantes (Tabela 1).

Indivíduos que apresentam uma elevada perda óssea, os respetivos biomarcadores tendem a aumentar, incluindo a hidroxilisina, hidroxiprolina, CTx-I e fosfatase alcalina esquelética (Jha *et al.*, 2021).

A histomorfometria óssea é uma técnica que permite avaliar visualmente a formação e reabsorção óssea e é considerada como a técnica padrão na avaliação do *turnover* ósseo (TO). No entanto, em comparação com os MBTO, esta técnica proporciona melhores resultados nas medidas de formação óssea do que na reabsorção. Na avaliação do TO, a histomorfometria permite avaliar separadamente o osso trabecular e o osso cortical, enquanto que os MBTO refletem o estado metabólico de todo o esqueleto. É importante mencionar que a taxa de TO varia com o local do esqueleto humano e a sua distribuição altera com a idade e pode variar com doença óssea e tratamentos efetuados (Szulc & Douglas, 2013).

Tabela 1 – Marcadores de Formação e Reabsorção do osso. Adaptado de (Szulc, 2018).

Marcadores de Formação	Marcadores de Reabsorção
N-terminal propéptido de colagénio tipo I (PINP)	C-terminal telopéptido de colagénio tipo I (CTX-I)
Fosfatase alcalina esquelética (FAE)	N-terminal telopéptido de colagénio tipo I (NTx-I)
Osteocalcina (OC)	Deoxipiridinolina (DPD)
C-terminal propéptido de colagénio tipo I (PICP)	C-terminal telopéptido de colagénio tipo I gerado por metaloproteinasas (ICTP, CTx-MMP)
	Péptido helicoidal 620-633 da cadeia α I de colagénio tipo I
	Pirdinolina (PYD)
	Hidroxilisina (Hyl) e os seus glicosídeos (principalmente galactosil-Hyl)
	Hidroxirolina (Hyp)
	Fosfatase ácida resistente aos tartaratos – subforma b da isoenzima 5 (TRACP5b)

1.3. DENSIDADE ÓSSEA

A densidade óssea faz parte de um dos critérios para determinar o procedimento cirúrgico de colocação de implantes. Estudos clínicos demonstraram taxas de sobrevivência mais baixas de implantes na maxila, fator que foi correlacionado com a má qualidade óssea. Qualidade óssea é um termo comum que se refere às propriedades mecânica, arquitetura, grau de mineralização da matriz óssea, química e estrutura dos cristais minerais ósseos e às propriedades de remodelação do osso. A tomografia computadorizada (TC) é atualmente a técnica de imagem de diagnóstico mais utilizada que permite avaliar a qualidade e quantidade do osso e chegar às conclusões aproximadas sobre a estrutura e densidade óssea (Reddy *et al.*, 2014).

Na atualidade, uma das classificações mais difundidas e utilizadas é a classificação introduzida por Misch, em 2005. Este autor classificou a densidade óssea em quatro grupos: D1, D2, D3 e D4, usando os critérios como a existência de uma cortical óssea densa ou porosa e de um trabeculado fino ou largo.

O osso do tipo D1 tem uma estrutura cortical densa, por outro lado, o D4 é o mais macio. Como se pode observar na Figura 2, as quatro características macroscópicas da densidade são: D1 – osso cortical denso; D2 – osso cortical denso com um núcleo trabeculado; D3 – crista cortical porosa mais fina e osso trabecular fino; D4 – osso trabecular fino, quase sem cortical (Misch, 2005).

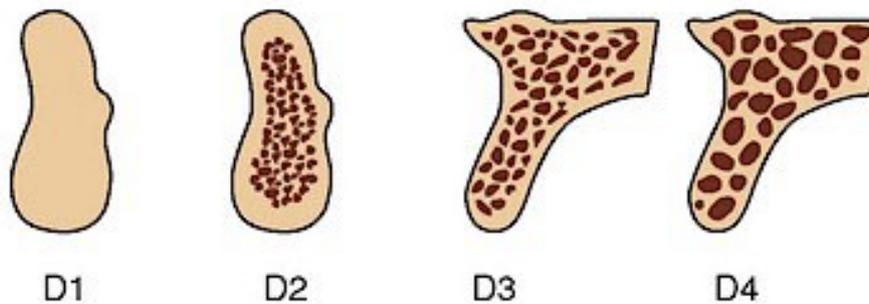


Figura 2 – Imagem ilustrativa da classificação da densidade óssea segundo Misch.

Adaptado de (Misch, 2005).

A qualidade óssea nos maxilares depende da localização na arcada dentária e posição dos alvéolos. Assim sendo, observa-se que o osso é mais denso na mandíbula anterior, seguido da mandíbula posterior e da maxila anterior. A maxila posterior é a área onde se encontra tipicamente o osso menos compacto (Tabela 2) (Emam & Stevens, 2013).

A densidade óssea é uma qualidade importante na estabilização inicial do implante e no perfil da carga da prótese. Alguns estudos revelam que a fraca densidade óssea pode comprometer as taxas de sobrevivência de carga do implante e a causa primária destas falhas foi diretamente atribuída à densidade óssea, força e uma menor percentagem de contacto osso-implante. Quando comparado com outras densidades ósseas, observou-se que o osso na maxila posterior é 5 a 10 vezes mais fraco em comparação com o osso na maxila anterior. A distribuição do padrão de tensão também é influenciado por densidades ósseas menores, sendo que, as tensões no osso mole migram para o ápex. Aí, a perda óssea acaba por ser mais pronunciada, sendo mais eminente no corpo do implante. Uma

vez que o osso D4 apresenta uma maior diferença no módulo biomecânico de elasticidade (quando comparado com o titânio), após a cirurgia, a tensão é mais elevada na interface osso-implante, a reabsorção óssea é acelerada e verifica-se falha de implantes (Emam & Stevens, 2013).

Tabela 2 – Variação da densidade óssea na cavidade oral segundo a Classificação de Misch. Adaptado de (Misch, 2005).

Densidade óssea	Descrição	Localização anatômica típica
D1	Cortical denso	Mandíbula anterior
D2	Cortical poroso fino e trabecular grosso	Mandíbula anterior Mandíbula posterior Maxilar anterior
D3	Cortical poroso fino e trabecular fino	Maxilar anterior Maxilar posterior
D4	Trabecular fino	Maxilar posterior

2. IMPLANTOLOGIA

2.1. HISTÓRIA

A terapia com implantes, recentemente, tornou-se uma opção popular para a substituição de um ou mais dentes em falta na cavidade oral, pois esta oferece não só vantagens funcionais e biológicas para muitos pacientes, quando comparada com as próteses fixas ou removíveis convencionais, mas também produz excelentes resultados a longo prazo (Romanos *et al.*, 2021).

O grande avanço na reabilitação oral foi iniciado há 50 anos com a conclusão de que os implantes feitos em titânio puro podiam alcançar ancoragem no osso com contacto

direto osso-implante. Nos anos 60, Per-Ingvar Branemark, da Universidade de Gotemburgo foi o Professor pioneiro mais importante de implantologia que realizou vários estudos clínicos e introduziu o termo de “osteointegração”. Posteriormente, o Professor Andre Schroeder, da Universidade de Berna, foi o segundo pioneiro que começou a examinar a integração tecidual de vários materiais de implantes e mais tarde, relatou casos sobre as reações dos tecidos moles aos implantes de titânio. Em 1980, Schroeder estabeleceu em Suíça, a Equipa Internacional de Implantologia que se tornou nos próximos 35 anos a maior associação mundial em implantologia dentária que contava com mais de 15 mil membros de vários países do mundo (Buser *et al.*, 2017).

A introdução do protocolo clássico para a terapêutica com implantes dentários por Branemark, nos anos 80, incluía um período de pelo menos 6 meses de cicatrização pós-extração antes de colocação de implante. Todavia, foi desenvolvido o protocolo de colocação imediata de implantes. A colocação imediata de implantes oferece vantagens, tais como a minimização do número de intervenções cirúrgicas e redução do tempo de tratamento (Bassir *et al.*, 2019).

2.2. OSTEOINTEGRAÇÃO DO IMPLANTE

De acordo com Insua *et al.* (2017), processo de osteointegração pode ocorrer através de dois tipos de osteogénese:

- Osteogénese de contacto: onde a superfície do implante, após a sua fixação, é preenchida por células ósseas com o objetivo de formar novo osso;
- Osteogénese à distância: onde a formação óssea é precedida pela osteoclastogénese do tecido existente.

O valor de torque de inserção de implantes (TI) recomendado é por volta de 25 a 45 Ncm. Caso contrário, um maior TI pode desencadear micro-fraturas e necrose óssea (Insua *et al.*, 2017).

Para melhorar a osteointegração, portanto, o sucesso a longo prazo, existem aspectos que são críticos e devem ser considerados: composição dos biomateriais, geometria dos implantes, fatores biomecânicos, características do leito do implante, estado médico do paciente, qualidade do osso e técnica cirúrgica (Figura 3) (Gaviria *et al.*, 2014).

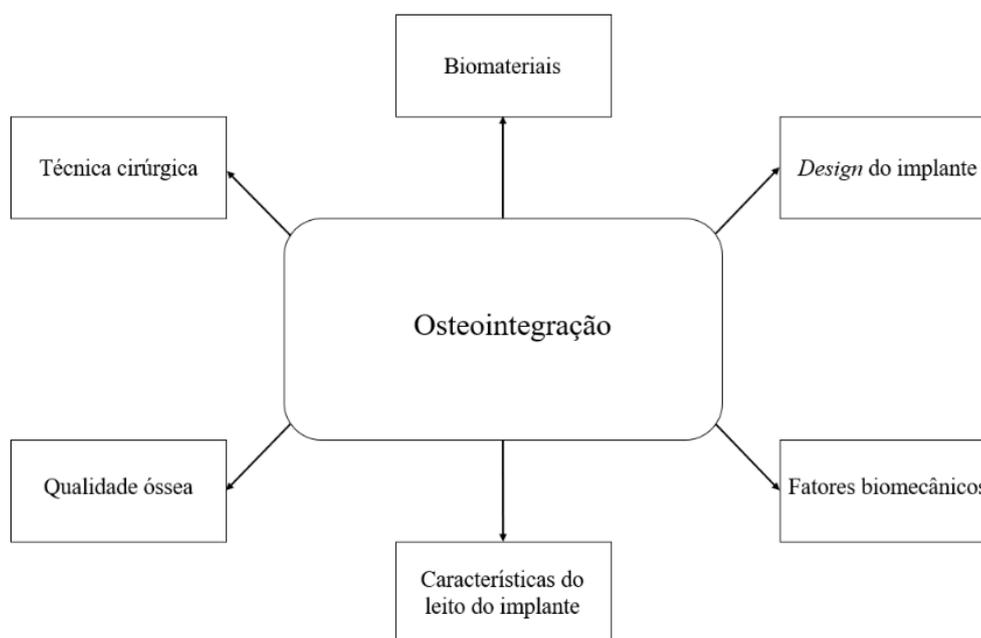


Figura 3 – Fatores que afetam a osteointegração. Adaptado de (Gaviria *et al.*, 2014).

Após a extração dentária, ocorrem alterações dimensionais e estas não são atenuadas pela colocação imediata de implante. O grau das alterações dimensionais resultantes é influenciado pela espessura do osso vestibular, isto é, um osso vestibular mais espesso provoca menos alterações dimensionais do rebordo ósseo e poderá proporcionar resultados mais previsíveis para a colocação imediata de implantes (Gallucci *et al.*, 2018). Existem certos objetivos a serem atingidos aquando da colocação de implantes: alcançar resultados satisfatórios do ponto de vista funcional, estético e fonético com elevada previsibilidade e boa estabilidade a longo prazo, apresentar um baixo risco de complicações durante a cicatrização dos tecidos e durante o período de *follow-up* (Buser *et al.*, 2017), um menor número possível de intervenções cirúrgicas, baixa dor e morbidade durante a cicatrização (De Bruyn *et al.*, 2015).

2.3. ESTABILIDADE DO IMPLANTE – PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

A estabilidade do implante, indicador indireto da osteointegração, é uma medida de imobilidade clínica de um implante. A estabilidade primária permite que o implante fique fixado ao tecido ósseo até que a estabilidade secundária seja alcançada. Desta forma, a estabilidade secundária dita o tempo de carga funcional. O processo de osteointegração em si envolve duas fases: uma interligação inicial entre o osso alveolar e o corpo do implante – estabilidade primária – e seguidamente, uma fixação biológica através da remodelação e aposição óssea contínua ao redor do implante – estabilidade secundária. O critério de sucesso primordial no ato da colocação do implante é alcançar a estabilidade primária, sendo que qualquer micro-movimento durante a fase inicial de cicatrização poderá causar uma falha na integração (Ajeebi & Alquraishi, 2020; Parithimarkalaignan & Padmanabhan, 2013).

A estabilidade primária é definida como a estabilidade biomecânica na inserção do implante e é influenciada por múltiplos fatores: quantidade e qualidade do osso, forma e desenho geométrico do implante, técnica cirúrgica utilizada e o TI (Cobo-Vazquez *et al.*, 2017). Consoante certos estudos, ao comparar implantes rosqueados cilíndricos e cónicos, chegou-se à conclusão que a estabilidade primária é maior nos implantes cónicos. É de salientar que o material, a forma, o comprimento e a largura do implante influenciam de igual forma o sucesso do tratamento (Gaviria *et al.*, 2014).

É a partir da estabilidade primária que se desenvolve um novo osso em redor da superfície do implante, que vai constituir uma fixação biológica – a estabilidade secundária do implante. Desse modo, ocorre a osteogénese de contacto e a osteogénese à distância. A osteogénese de contacto é um processo de regeneração óssea que se realiza sobre a superfície do implante. A segunda, osteogénese à distância, é a regeneração pelo osso circundante em direção à superfície do implante (Cobo-Vazquez *et al.*, 2017; Podaropoulos, 2017).

Os fatores que afetam a estabilidade dos implantes podem ser divididos em duas categorias: os que afetam a estabilidade primária e os que afetam a estabilidade secundária. A estabilidade primária de um implante é relatada como um pré-requisito para

ocorrer a osteointegração, ou seja, a estabilidade secundária do implante (Figura 4) (Barberá-Millán *et al.*, 2021).

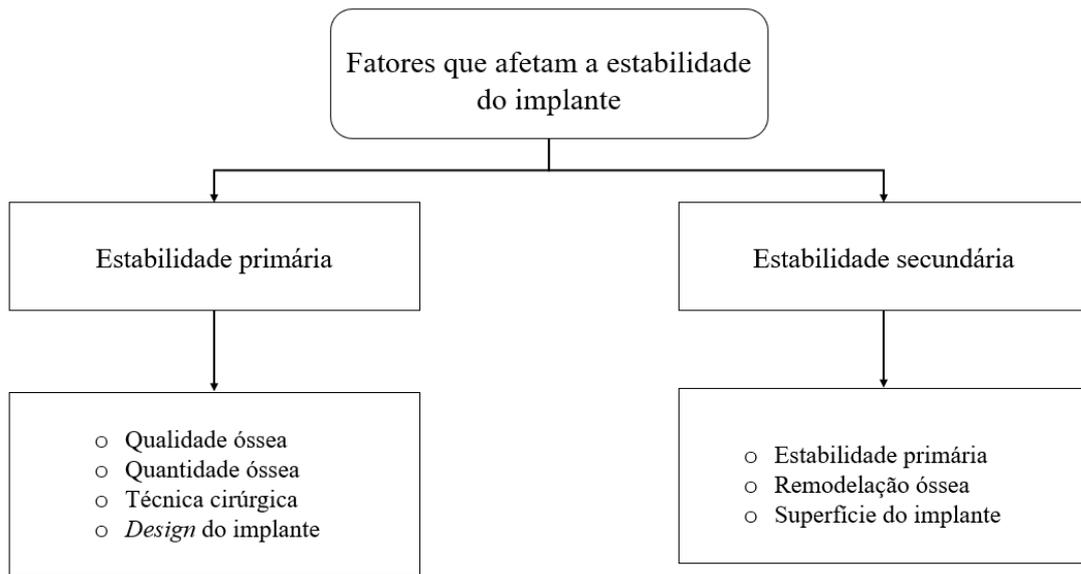


Figura 4 – Fatores que afetam a estabilidade do implante. Adaptado de (Barberá-Millán *et al.*, 2021).

2.4. AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO IMPLANTE

Como referido anteriormente, há uma série de fatores que influenciam o sucesso da osteointegração do implante e a estabilidade primária é o fator-chave. A osteointegração é um processo de cicatrização dependente do hospedeiro afetada por vários fatores, porém, o sucesso depende também da habilidade do operador e da disponibilidade óssea, tal como a sua qualidade. Mais ainda, a ausência de condições sistêmicas ajudam a melhorar a taxa de sobrevivência dos implantes. Uma monitorização objetiva, quantitativa e contínua é fundamental para determinar a estabilidade do implante (Bandela *et al.*, 2020; Raikar *et al.*, 2017; Swami *et al.*, 2016).

A medição objetiva da estabilidade do implante é uma informação significativa, especialmente quando o clínico decide realizar uma carga precoce, pois um determinado grau de estabilidade implantar pode servir como critério de inclusão para a carga imediata. Na eventualidade de as medições da estabilidade do implante serem baixas, a carga imediata pode comprometer o resultado do tratamento. Nesse caso, aplica-se o protocolo de duas etapas (Swami *et al.*, 2016).

Os métodos de avaliação da estabilidade do implante podem ser classificados em métodos invasivos e métodos não invasivos. Os métodos invasivos incluem exames histológicos/histomorfológicos e testes de torque de remoção. Estes não se aplicam em humanos, apenas em estudos experimentais. Os métodos não invasivos são exames radiográficos, teste de TI, teste de percussão e análise de vibração (Swami *et al.*, 2016).

2.4.1. Métodos invasivos

Exames histológicos/histomorfológicos

Os exames histomorfológicos ou histomorfométricos avaliam, quantitativamente o contacto osso-implante a partir de uma amostra do implante e osso peri-implantar (Sachdeva *et al.*, 2016). Apesar de este método oferecer uma medição de alta precisão do nível de osteointegração, a histologia é um método muito invasivo, uma vez que exige a realização de uma biópsia e, portanto, a sua utilização atual tem sido limitada a estudos experimentais e não clínicos (Zanetti *et al.*, 2018).

Testes de torque de remoção

No teste em questão, a osteointegração é testada na segunda fase da cirurgia. É aplicado um torque inverso (contra os ponteiros do relógio) até aos 20 Ncm. Os implantes, no processo da sua osteointegração, ao resistirem a valores >20 Ncm são considerados estáveis, enquanto que os que não resistirem – falham e desparafusam. Todavia, a carga de torque aplicada pode resultar em deformação plástica (mesmo com níveis de torque baixos) e a superfície implantar no seu processo de osteointegração pode fraturar (Sachdeva *et al.*, 2016).

2.4.2. Métodos não invasivos

Exames radiográficos

Os exames radiográficos fornecem informações sobre a quantidade e qualidade óssea do local antes da colocação do implante. É uma das ferramentas mais amplamente utilizada não só na avaliação pré-operatória, mas também na previsão da estabilidade do implante e na avaliação do encaixe do pilar (Sachdeva *et al.*, 2016).

Radiografias periapicais, panorâmicas, *bitewings* reproduzem imagens bidimensionais não é um método de eleição para avaliação da espessura óssea, pois apresenta limitações relacionadas a fatores de distorção inerentes e a impossibilidade da avaliação dimensional do osso vestibulo-lingual e inclinação do rebordo alveolar. Com o avanço tecnológico, a TC estabeleceu uma nova era no que toca às imagens radiográficas tridimensionais. A TC permite a avaliação dos locais dos implantes e fornece informações de diagnóstico que outras imagens ou combinações de técnicas de imagem não conseguem fornecer (Zanetti *et al.*, 2018).

As vantagens da TC em relação às radiografias convencionais são:

- Elimina a sobreposição de imagens de estruturas fora da área de interesse;
- Diferencia tecidos que diferem em termos de densidade a 1%, devido à sua resolução de contraste (a radiografia convencional exige uma diferença de 10% para distinguir os tecidos);
- Os dados de imagem são traduzidos nos planos axial, coronal, sagital ou em qualquer plano arbitrário.

Não obstante, a TC apresenta também algumas limitações tais como a exposição à alta dose de radiação, o custo elevado, grandes dimensões, má resolução e dificuldade na interpretação. Estes são os fatores que podem ser inconvenientes na prática clínica diária. Tendo em conta estas limitações, foi desenvolvida a TC de feixe cónico (CBCT). A CBCT produz feixes em forma de cone e as imagens são apresentadas numa rotação por um amplificador e detetor de imagem de tela plana que gira em torno do paciente. Obtêm-se, assim, imagens definidas com volume, em vez de imagens fatiadas, como acontece na TC (Venkatesh & Elluru, 2017).

Para além das funcionalidades vantajosas previamente mencionadas, a CBCT apresenta outras vantagens sobre a TC, tais como:

- Tempo de digitalização curto – 5 a 40 segundos;
- Baixo nível de radiação (entre 76-98% de redução);
- Modos de visualização exclusivos da imagem maxilo-facial;
- Redução de artefactos (Venkatesh & Elluru, 2017).

Teste de torque de inserção

O teste de torque de inserção (TI) regista o torque necessário para colocar o implante e fornece informações úteis sobre a qualidade óssea do local. O TI é medido durante o procedimento de colocação do implante. Neste caso, é considerada a força de compressão lateral e o atrito da interface durante a inserção do implante e é uma medida influenciada sobretudo pela tolerância do desenho da rosca de fixação do implante (Sachdeva *et al.*, 2016).

A medição do TI procura chegar a um valor máximo de TI quando a cabeça da rosca do implante entra em contacto com a placa cortical. Este teste foi desenvolvido para correlacionar a densidade óssea com a estabilidade do implante (Muhamad *et al.*, 2017).

Como citado anteriormente, alguns autores descrevem que o valor de TI recomendado varia entre 25 a 45 Ncm. Contudo, consoante Swami *et al.* (2016) relatam que a maioria dos autores refere que apenas 30 Ncm de TI poderão garantir uma estabilidade primária suficiente. Valores de inserção acima, poderão significar uma estabilidade primária aumentada. Apesar disso, este teste não é capaz de fornecer dados longitudinais para avaliar a estabilidade do implante após a sua colocação, uma vez que não avalia a estabilidade secundária (Muhamad *et al.*, 2017).

Teste de percussão

O teste de percussão é o método mais fácil e simples de testar a estabilidade do implante. Baseia-se na teoria da acústica vibracional e da resposta ao impacto. O diagnóstico acerca da estabilidade do implante baseia-se no som ouvido durante a percussão efetuada com um instrumento metálico. Um som cristalino indica que foi atingida uma boa osteointegração, enquanto que um som abafado indica falha ou fraca osteointegração (Muhamad *et al.*, 2017)

É notório que este teste não pode ser utilizado como teste-padrão, uma vez que depende fortemente do nível de experiência do médico dentista e da sua crença subjetiva (Swami *et al.*, 2016).

Análise da vibração

○ Periotest

Periotest é um dispositivo eletrônico que mede quantitativamente as características de amortecimento, isto é, a mobilidade do implante, ao medir a reação dos tecidos peri-implantares quando submetidos a uma certa carga de impacto (Sachdeva *et al.*, 2016).

Os valores indicativos da estabilidade de implantes são fornecidos pelo próprio dispositivo, numa escala de -8 (baixa mobilidade) a +50 (alta mobilidade), sendo os valores de -8 a -6 considerados de ótima estabilidade (Tabela 3) (Sachdeva *et al.*, 2016; Swami *et al.*, 2016).

Tabela 3 – Interpretação de valores do *Periotest*. Adaptado de (Sachdeva *et al.*, 2016).

Intervalo de valores do <i>Periotest</i>	Interpretação
- 8 a 0	Boa osteointegração
1 a 9	Necessário um exame clínico
10 a 50	Osteointegração insuficiente

O *Periotest* mede a densidade óssea no momento da colocação e pós-colocação do implante. Apresenta uma haste metálica que se liga electromagneticamente e é controlada eletronicamente numa peça de mão (Swami *et al.*, 2016). Contudo, o dispositivo apresenta também certas limitações como a sua baixa sensibilidade, a angulação da haste, o comprimento do *abutment* e o ponto de impacto. Todos estes senãos podem influenciar a precisão da técnica (Sachdeva *et al.*, 2016).

○ Análise de Frequência de Ressonância (AFR)

Independentemente dos diversos métodos supranumerados e existentes para avaliação da estabilidade implantar, a análise de frequência de ressonância (AFR) é uma

técnica cada vez mais utilizada. Esta técnica fornece informações clínicas relevantes sobre a condição existente na interface osso-implante em qualquer fase do tratamento que usa vibração e um princípio de análise estrutural (Swami *et al.*, 2016).

A AFR foi introduzida por Meredith. A rigidez da interface osso-implante é calculada a partir de uma frequência de ressonância como reações às oscilações exercidas sobre o sistema osso-implante (Kanathila & Pangi, 2018). AFR utiliza um pequeno transdutor que é enroscado ao implante ou ao *abutment* por meio de um parafuso. O mesmo é constituído por um elemento de cerâmica que vibra através de um sinal sinusoidal num intervalo entre 5-15 kHz e o segundo elemento funciona como um recetor. Ao aparafusar o transdutor ao corpo do implante, este é ativado e submetido a uma vibração num ponto com amplitude constante. Uma ressonância do implante a uma alta frequência é indicador de uma forte interface osso-implante (Swami *et al.*, 2016).

Uma das versões mais recentes do AFR é o transdutor piezoelétrico *SmartPeg* e um dispositivo *Osstell* que mede os valores de QEI (quociente de estabilidade do implante). O *SmartPeg* é excitado através de um impulso magnético da sonda de medição e, como resposta, esse impulso gera uma frequência de ressonância através da qual são calculados os valores de QEI registados no ecrã de *Osstell* – nesse ecrã é possível visualizar o grau de estabilidade do implante. O número de QEI emitido no ecrã de *Osstell* está relacionado com a estabilidade lateral do implante e esta, por sua vez, é dependente da força de ligação entre o osso e a superfície implantar. A escala dos valores oscila de 1 a 100, sendo que números elevado de QEI são indicativos de uma boa estabilidade implantar. Na presença de valores de QEI acima de 65, o prognóstico é favorável. Valores abaixo de 40 induzem os implantes ao risco de falência (Muhamad *et al.*, 2017).

2.5. TÉCNICAS DE AUMENTO DA ESTABILIDADE PRIMÁRIA

Após a inserção do implante, a remodelação óssea corresponde ao período de mudança da estabilidade primária para a secundária. As técnicas cirúrgicas têm sido sugeridas como um meio de influência neste processo complexo e delicado, pois interferem nas mudanças de estabilidade e o tempo de cicatrização do osso. Considera-se que uma técnica cirúrgica ideal é quando os implantes são inseridos com alta estabilidade

inicial, seguidos por um início rápido e estável de estabilidade secundária (Stocchero *et al.*, 2016).

2.5.1. Subpreparação do leito do implante

A subpreparação do leito do implante é um método amplamente utilizado para aumentar a estabilidade primária. A técnica consiste em utilizar uma ou mais brocas de diâmetros menores, das quais a última broca selecionada deverá ser inferior ao tamanho do diâmetro do implante. A redução em 10% do diâmetro do leito do implante é considerada suficiente para melhorar a estabilidade primária. Na prática da subpreparação, é obtido um ajuste compressivo entre a superfície do implante e o leito do osso (Kanathila & Pangi, 2018; Stocchero *et al.*, 2016).

Um elevado TI produz elevadas forças compressivas no osso peri-implantar, o que induz uma alteração da tensão mecânica e existe uma potencial indução de efeitos deletérios sobre a microcirculação local e respostas celulares ósseas. Este incidente pode levar à necrose óssea e, eventualmente, a uma osteointegração tardia ou comprometida do implante (Duyck *et al.*, 2015).

Por outro lado, embora a estabilidade primária seja um pré-requisito primordial para a carga imediata do implante, níveis baixos de tensões compressivas, isto é, uma preparação fraca do leito implantar, leva níveis baixos de osteointegração e falha precoce do implante (Duyck *et al.*, 2015; Jimbo *et al.*, 2014).

2.5.2. Técnica de osteótomo de Summers

Como o próprio nome indica, a técnica de osteótomo de Summers foi desenvolvida por Summers, em 1994, sendo uma modificação da técnica desenvolvida por Tatum, em 1986. Summers introduziu um conjunto de osteótomos de diferentes diâmetros com o objetivo de elevar o pavimento do seio maxilar e aumentar a densidade óssea (Figura 5). A elevação transalveolar do pavimento do seio maxilar com osteótomos em que o acesso ao seio é feito através da crista alveolar a partir do alvéolo edêntulo, é uma técnica mais conservadora e com menor número de complicações pós-operatórias. Não obstante, existe um risco acrescido de complicações durante a intervenção cirúrgica devido à impossibilidade de visualizar a membrana de Schneider (Tsai *et al.*, 2020).

A técnica de Summers pode ser executada com ou sem enxerto ósseo. Em ambas as hipóteses, são utilizados osteótomos de tamanho crescente que são introduzidos sequencialmente para expandir o alvéolo e elevar a membrana de Schneider. Deste modo, com cada inserção de osteótomos de maior tamanho, o osso é comprimido, empurrado lateralmente e apicalmente, melhorando a densidade óssea e assegurando uma melhor estabilidade primária (Lima *et al.*, 2017).

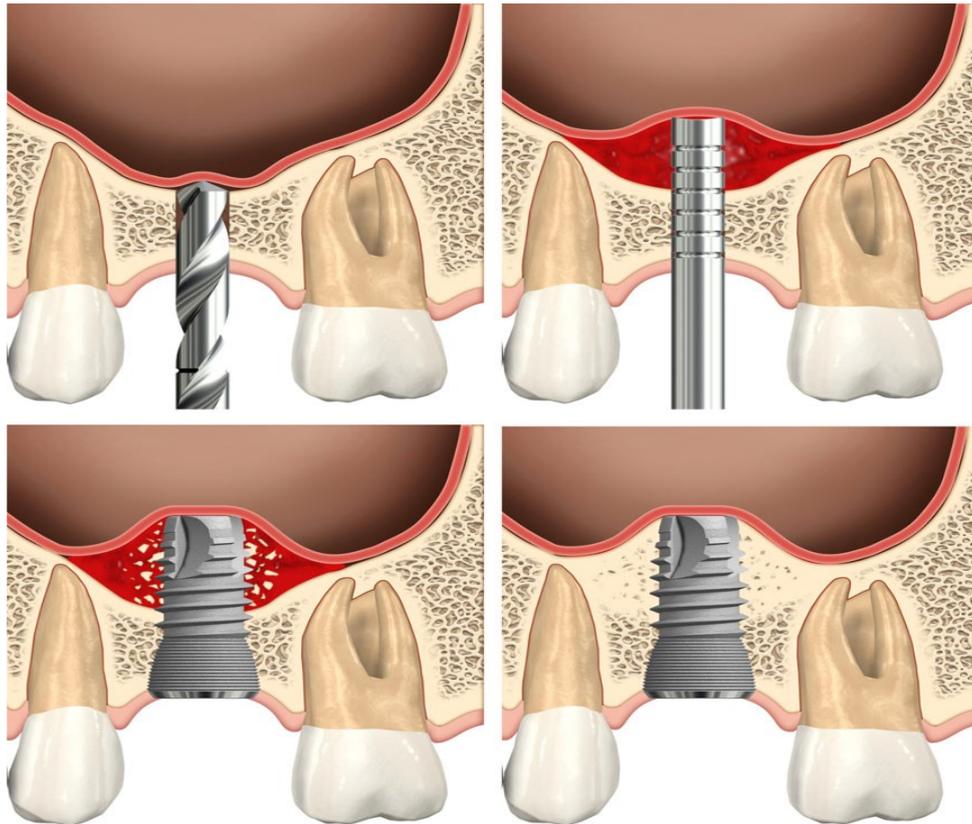


Figura 5 – Imagem ilustrativa da técnica de osteótomo de Summers com elevação do seio maxilar.
Adaptado de (Lundgren *et al.*, 2017).

Esta técnica é mais conservadora e menos traumática, reduzindo custos operatórios. Porém, de acordo com (Lima *et al.*, 2017), oferece um incremento máximo de altura de 4 mm, o que a coloca em desvantagem em relação às outras técnicas neste aspeto.

2.5.3. Osseodensificação

Osseodensificação é um procedimento clínico implementado por Salah Huwais, frequentemente referenciado como fundador da Osseodensificação em Medicina

Dentária. A parte clínica foca-se na preparação do leito implantar de forma a garantir a máxima estabilidade primária e posterior osteointegração do implante (Resnik, 2020).

Num protocolo convencional de colocação de implantes a broca utilizada executa uma preparação subtrativa, isto é, prepara o local que irá alojar o implante retirando tecido ósseo resultante da osteotomia efetuada pela broca (Campos *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2018).

No método instaurado por Salah Huwais a diferença está no sentido de rotação da broca de densificação, que ao invés de expulsar o osso triturado para fora do orifício, incorpora-o no leito implantar. Os detritos ósseos resultantes da ação mecânica da broca são distribuídos e compactados ao redor e ao longo do furo efetuado, contribuindo para a máxima preservação do volume ósseo no local (Figura 6). De certa forma, pode-se dizer que na técnica de osseodensificação é realizado um autoenxerto ósseo, uma vez que os resíduos ósseos são reaproveitados para densificar o tecido ósseo peri-implantar (Inchingolo *et al.*, 2021; Padhye *et al.*, 2020).

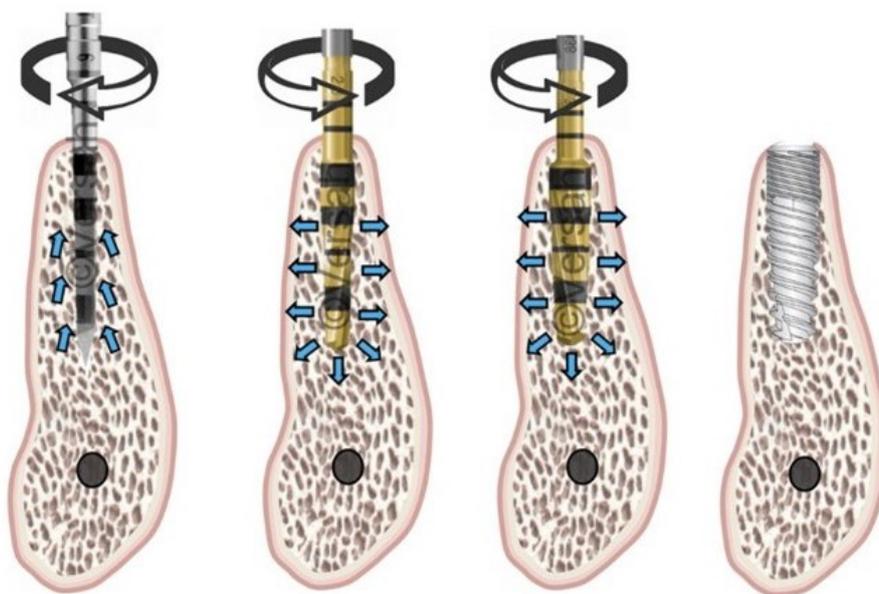


Figura 6 - Imagem ilustrativa da osseodensificação. Adaptado de (Bhargava *et al.*, 2022).

É uma técnica que oferece múltiplas vantagens, das quais uma das mais importantes é elevada estabilidade primária, que facilita a sua posterior osteointegração (Bergamo *et al.*, 2021; Pai *et al.*, 2018). Não é um procedimento obrigatório em

implantologia, nomeadamente em casos em que se verificam boa disponibilidade e qualidade ósseas, onde mesmo com o protocolo clínico convencional é possível obter boa estabilidade (Almutairi *et al.*, 2018).

3. TÉCNICA DE EXPANSÃO ÓSSEA

Após a perda dentária, a atrofia alveolar é uma limitação comum existente na reabilitação com implantes dentários. A divisão da crista alveolar ou *ridge splitting* ou *split crest* é um procedimento cirúrgico através do qual é possível realizar a expansão óssea, que acaba por ser bastante aceitável na atualidade para reconstruir a largura do rebordo alveolar antes da colocação do implante (Pénzes *et al.*, 2020).

A divisão e expansão da crista óssea alveolar aplica-se quando esta apresenta altura óssea vertical suficiente, mas largura óssea horizontal insuficiente (Duttenhoefer *et al.*, 2020). A expansão horizontal da crista alveolar tem como objetivo corrigir a concavidade do osso que aparece após a extração dentária em alguns casos, recuperando assim, a largura mínima exigida para a colocação de implantes (Khairnar *et al.*, 2014).

De acordo com Gurler *et al.* (2017), para realização da expansão, a largura mínima necessária juntamente com o osso trabecular entre as duas camadas corticais é de 3 mm. Verifica-se que a atrofia alveolar óssea é mais significativa na mandíbula, quando comparada com a maxila e tendo em conta que a perda óssea horizontal varia entre os 29-63% após a extração dentária, o que significa que a presença de uma largura óssea vestibular e lingual de pelo menos 1 mm a 1,5 mm é um pré-requisito indispensável para atingir uma osteointegração adequada (Starch-Jensen & Becktor, 2019).

3.1. HISTÓRIA

O conceito de *ridge splitting* foi introduzido pela primeira vez por doutor Hilt Tatum, em 1986 (Jha *et al.*, 2017). Esta técnica foi adaptada mais tarde, por Summers, em 1994. Para além de obter a expansão da crista alveolar, a divisão da crista pode ser realizada na colocação simultânea de implantes após a extração reduzindo, assim, o tempo global de tratamento (Shahakbari *et al.*, 2020).

No início dos anos 90, Simion *et al.* (1992) e Scipioni *et al.* (1994) relataram o uso de membranas para regenerar o osso dentro da cavidade criada pela expansão, introduzindo cinzéis e osteótomos. Simion, através de osteotomia, recorreu ao método de *greenstick* ou fratura em galho verde, no qual é feita uma fratura longitudinal de modo a alargar a base onde vai ser colocado o implante. Mais tarde, Scipioni, descreveu outra variação, em que é criado um retalho de espessura parcial, seguido de incisões intra-ósseas verticais e o deslocamento simultâneo da placa cortical vestibular, incluindo parte do osso esponjoso e subsequente colocação de implante (Jha *et al.*, 2017; Moro *et al.*, 2017).

O uso de dispositivos ultrassónicos foi documentado na década de 1960, porém, o seu uso em implantologia foi relatado apenas em 1999 e desde então, tornou-se competitivo com instrumentos convencionais em determinados contextos (Contessi, 2013). Vercellotti, (2000) introduziu a piezocirurgia, que tornou a incisão para dividir a crista mais fácil, segura e também diminuiu o potencial risco de complicações no tratamento de cristas alveolares que sofreram, particularmente, uma atrofia extrema. A utilização de piezocirurgia tornou o sucesso da técnica menos dependente das capacidades do médico dentista que a vai executar e é de igual modo menos afetada pelo tipo de procedimento escolhido, apresentando uma alta taxa de previsibilidade (Anitua *et al.*, 2012; Moro *et al.*, 2017). Graças à capacidade dos instrumentos ultrassónicos em proporcionar um corte preciso e seguro dos tecidos duros, intervenção cirúrgica torna-se um processo menos traumático (Hu *et al.*, 2018).

3.2. INDICAÇÕES, CONTRAINDICAÇÕES E LIMITAÇÕES NA EXPANSÃO

É de salientar que as alterações ao redor dos alvéolos provenientes de extrações dentárias modificam de uma maneira significativa a espessura e a altura do rebordo alveolar, especialmente quando a perda do dente decorre de um trauma dentário, doença periodontal crónica, patologias endodônticas ou perda de tecido vestibular durante o ato cirúrgico de extração (Contessi, 2013).

Com a técnica de expansão óssea, pretende-se aumentar a largura da crista alveolar e formar um leito para a colocação de implantes osteointegráveis. Apesar dos resultados promissores, a presente técnica não está indicada em todas as situações.

Conseqüentemente, existem algumas indicações e contraindicações na escolha desta técnica como eleição.

A expansão óssea é indicada para expandir horizontalmente cristas ósseas alveolares que tenham pelo menos 3 mm de largura. Idealmente é indicada em casos que a espessura óssea apresente uma redução relevante, porém, a altura óssea remanescente seja suficiente para a colocação do implante. Caso a altura do osso remanescente seja menor que 10 mm e a sua largura menor que 3 mm, serve como contraindicação o avanço para a técnica em questão (Khairnar *et al.*, 2014; Tolstunov *et al.*, 2019).

É também indispensável que as paredes corticais e medulares estejam bem definidas. A expansão acaba por ser mais previsível e útil quando realizada na maxila do que na mandíbula, uma vez que a baixa elasticidade do osso mandibular dificulta a intervenção cirúrgica (Starch-Jensen & Becktor, 2019). Contessi (2013) descreve que a técnica de expansão com osteótomos permite aumentar o volume ósseo até 4 mm na maxila e até um máximo de 1,5 mm na mandíbula, isto porque as placas corticais são mais finas e o osso medular é mais macio.

A principal contraindicação na técnica de expansão é a impossibilidade de modificar o ângulo lábio-palatino na inserção do implante. Isto é, caso a área onde será introduzido o implante apresente uma crista óssea de espessura fina, não será possível modificar o ângulo lábio-palatino da osteotomia, o que acaba por tornar-se também uma limitação na realização desta técnica (Sethi & Kaus, 2000).

As cristas alveolares demasiado estreitas e a ausência de osso esponjoso entre as mesmas, um perfil retangular, uma depressão vestibular na face apical do osso, a presença do remanescente ósseo altamente mineralizado, aparentam ser alguns dos obstáculos na execução da técnica (Bassetti *et al.*, 2013; Moro *et al.*, 2017; Samieirad *et al.*, 2019).

3.3. MECANISMO E PRINCÍPIOS DA TÉCNICA DE EXPANSÃO

A expansão óssea alveolar pode ser executada em uma ou duas etapas. A taxa de sobrevivência é a mesma para ambos os casos, contudo, a técnica de expansão óssea em

duas etapas, pode ser adotada com a finalidade de evitar a fratura da placa vestibular óssea ostomizada (Moro *et al.*, 2017).

A avaliação dos cortes em TC permitirá estabelecer um diagnóstico prévio, elaborar um plano de tratamento adequado e avaliar a crista alveolar residual e a zona apical à osteotomia prevista. No caso de uma crista muito estreita, são sugeridas técnicas de expansão de cristas alveolares com inserção simultânea de implantes. Se a largura óssea residual garantida, pelo menos, 3 mm de osso suficiente para assegurar a estabilidade primária do implante, aconselha-se realizar a técnica apenas em uma etapa. Ao proceder à expansão de uma etapa, o tempo de trabalho e do tratamento em geral é menor, proporcionando um maior conforto ao paciente e a taxa de morbidade do procedimento cirúrgico diminui (Bassetti *et al.*, 2013; Gurler *et al.*, 2017; Khairnar *et al.*, 2014).

Caso o osso residual prévio não apresente condições de largura e estabilidade desejadas, conseqüentemente, o implante a ser colocado não apresentará uma estabilidade primária inicial suficiente. Neste caso, opta-se pela técnica de duas etapas: é realizada através de dois procedimentos cirúrgicos com seis meses de intervalo entre ambos. Na primeira etapa procede-se à expansão e aumento do volume ósseo e na segunda é realizada a cirurgia de colocação do implante (Gurler *et al.*, 2017; Moro *et al.*, 2017).

Antes da aplicação da técnica de expansão, deve-se ter em consideração três características muito importantes: a densidade óssea, a vascularização da área e o pós-operatório. A densidade óssea é uma dos fatores mais preponderantes, uma vez que o rebordo alveolar maxilar é geralmente menos denso que o rebordo alveolar mandibular, o que significa que a aplicação desta técnica na maxila pode ser realizada numa etapa só.

A classificação proposta por Misch é frequentemente utilizada para análise do aspecto do osso. A vascularização da área e o suprimento sanguíneo também são atributos relevantes: ao proceder à divisão da crista, o periósteo desempenha um papel fulcral na vascularização do córtex vestibular. Por conseguinte, a manipulação metódica do tecido de forma a preservar o periósteo e o seu papel na vascularização periférica é extremamente marcante no sucesso da cirurgia. Quanto ao tratamento pós-operatório, o rebordo alveolar alargado deve manter a sua própria arquitetura tecidual. Feita a intervenção cirúrgica, as cristas alveolares ficam abertas e cicatrizam por intenção secundária. Desse modo, a cicatrização entre as placas ósseas separadas que estão prontas para receber os implantes, ocorre de forma semelhante ao processo de cicatrização de

uma fratura óssea, o que significa que nem sempre é necessário o emprego de materiais de enxerto ósseo e membranas (Bassetti *et al.*, 2013; Tolstunov & Hicke, 2013).

3.3.1. Projeto do retalho

O primeiro passo neste tipo de intervenção cirúrgica é a incisão sobre os tecidos moles a fim de permitir o descolamento do retalho. Por norma, a incisão é feita com uma lâmina da bisturi, que funciona como um guia e define o plano da expansão. A incisão começa na zona distal do alvéolo da crista edêntula e o corte é realizado de forma a que haja sempre o contacto entre a ponta do bisturi e a estrutura óssea subjacente (Sethi & Kaus, 2000). Na presença de dentes adjacentes ou não, acima da linha mucogengival, realizam-se duas incisões de descarga verticais correspondentes às linhas angulares dos dentes laterais.

Para a realização da posterior corticotomia alveolar, Kang *et al.* (2012) mencionaram o retalho de espessura total como a melhor forma de realizar a expansão da crista. O retalho de espessura total (Figura 7) oferece uma visibilidade completa durante a intervenção, na medida em que ajuda a identificar qualquer fratura que possa ocorrer durante a expansão, determinar a magnitude da concavidade vestibular do osso, visualizar amplamente a parede palatina óssea para garantir a correta inserção do implante e também facilita o acesso à crista deficiente para posteriores procedimentos de regeneração óssea no momento de inserção do implante.

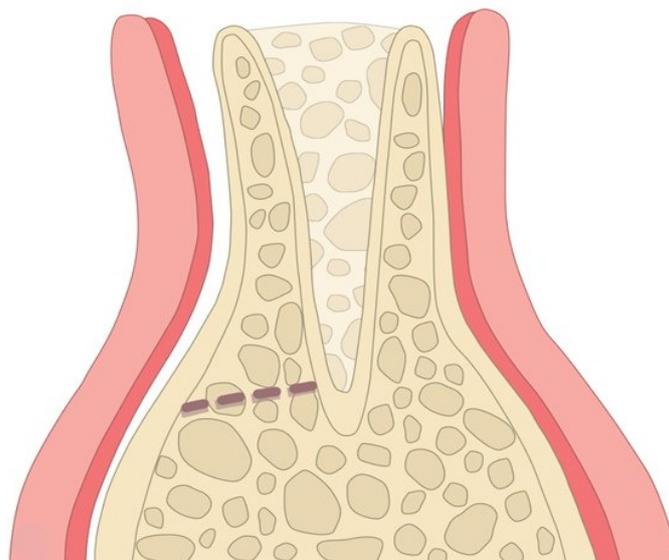


Figura 7 – Imagem ilustrativa do retalho de espessura total. Adaptado de (Elnayef *et al.*, 2015).

Um dos pontos mais cruciais e benéficos no uso do retalho de espessura total é facto do cirurgião visualizar o tecido duro e evitar possíveis perfurações. As perfurações podem ocorrer após o descolamento da placa cortical vestibular e aquando da colocação do implante. Seria impossível visualizar este tipo de defeito se fosse realizado um retalho de espessura parcial (Figura 8). Outra restrição no uso de retalhos de espessura parcial é a impossibilidade de realizar uma ROG, caso fosse necessário garantir um volume adequado do osso à volta do implante, uma vez que a presença de perióstio residual compreende a superfície óssea.

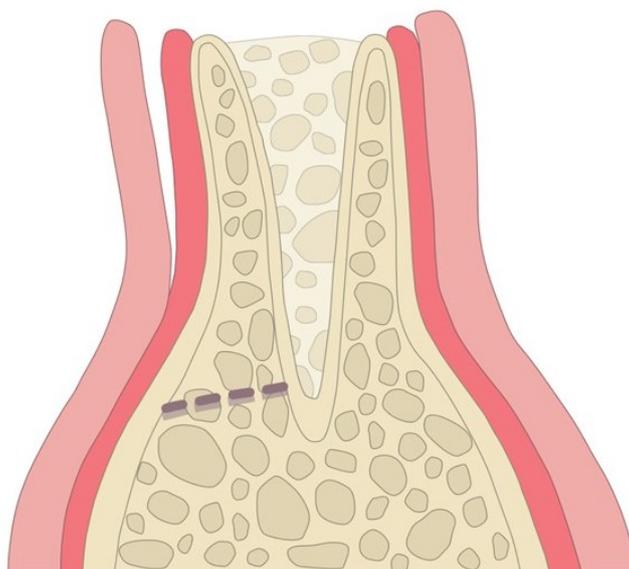


Figura 8 – Imagem ilustrativa do retalho de espessura parcial. Adaptado de (Elnayef *et al.*, 2015).

3.3.2. Corticotomia – incisão para divisão da crista óssea

Ridge splitting é um procedimento sensível à técnica de expansão óssea que pode ser realizado com diversos instrumentos desde o cinzel e martelo até às lâminas de bisturi, espátulas, osteótomos, sistemas cirúrgicos piezoelétricos, brocas de fissura ultrafina, discos diamantados e *lasers* (Moro *et al.*, 2017; Tolstunov & Hicke, 2013). Qualquer instrumento que seja utilizado na divisão da crista alveolar, o mecanismo envolve a indução de uma *greenstick* (Figura 9) com posicionamento lateral da placa cortical vestibular. Por conseguinte, uma osteotomia longitudinal dá lugar à formação de um novo leito de implante. Para alcançar uma boa estabilidade primária dos futuros implantes, tem de haver 3-4 mm de osso intacto apicalmente à fratura (Bassetti *et al.*, 2016; Mestas *et al.*, 2016).

Dos dispositivos mais antigos utilizados é o cinzel e o martelo de mão. Atualmente, foi introduzido um martelo elétrico ou magnético que é utilizado em conjunto com osteótomos. O osteótomo é ligado à peça de mão (do martelo), este transmite ondas de choque para a ponta do instrumento e são criados movimentos longitudinais sobre a superfície óssea (Crespi *et al.*, 2014).

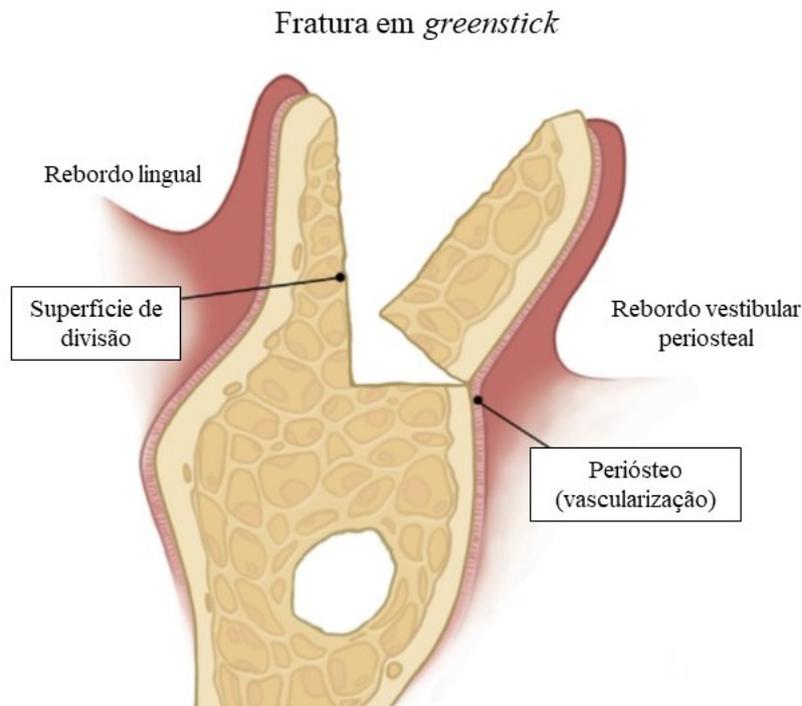


Figura 9 – Imagem ilustrativa da fratura em *greenstick*. Adaptado de (Tolstunov *et al.*, 2019).

De entre os vários instrumentos utilizados na divisão da crista, os osteótomos são os mais comuns. A abordagem clássica da divisão da crista envolve a utilização de osteótomos ou cinzéis. O uso destes instrumentos pode provocar lesões tecidulares e acaba por ser um *stress* para o paciente. Com a disponibilidade de novas tecnologias e avanço no campo diagnóstico e cirúrgico, verificou-se uma transição para alternativas mais modernas e menos invasivas a nível de provocar lesões e incomodar o paciente.

Instrumentos rotativos e oscilantes têm a vantagem sobre os tradicionais por reduzirem o tempo operacional, minimizarem o trauma e reduzirem o tempo pós-operatório (Jha *et al.*, 2017; Papathanasiou *et al.*, 2014). Todavia, os instrumentos a motor têm a desvantagem de diminuir a sensibilidade tátil e gerar uma quantidade significativa de calor, sobreaquecendo os tecidos adjacentes, o que poderá resultar no atraso ou alteração da cicatrização (Kheur *et al.*, 2014).

A divisão da crista com brocas ou discos diamantados é mais rápida e efetiva (Figura 10), mas os tecidos moles e as estruturas anatómicas circundantes podem ser danificadas, uma vez que há um elevado risco de perder o controlo sobre o dispositivo de corte. A grande vantagem destas duas opções é o facto de proporcionarem um corte longitudinal bastante fino (Moro *et al.*, 2017).

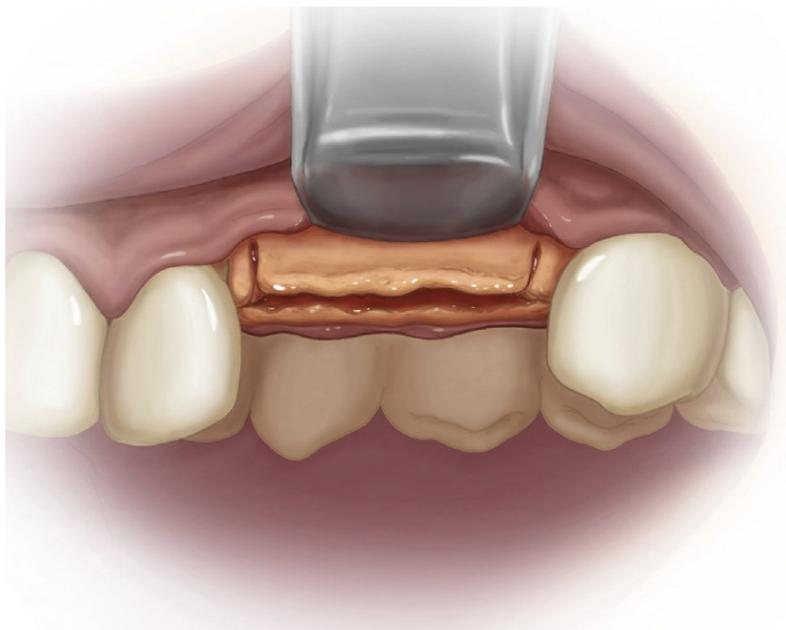


Figura 10 – Imagem ilustrativa da corticotomia na maxila – crista dividida. Adaptado de (Tolstunov *et al.*, 2019).

Com o propósito de contornar todas as limitações e desvantagens dos instrumentos supramencionados utilizados na incisão para divisão da crista óssea, surgiram instrumentos de ponta ultrassónica. A microvibração permite um corte seletivo de tecidos mineralizados sem danificar os tecidos moles circundantes, tais como os vasos, nervos e mucosas (Penarrocha-Diago *et al.*, 2012). A incisão com um instrumento piezoelétrico é um ato minimamente invasivo desenvolvido em resposta à necessidade de alcançar maiores níveis de precisão e segurança na cirurgia óssea. Este oferece uma área operatória mais limpa, uma melhor visibilidade do campo cirúrgico, reduz o *stress* e ansiedade por parte do paciente, e mais ainda, o risco de haver uma osteonecrose por sobreaquecimento do instrumento é quase nulo (Pénzes *et al.*, 2020). A vibração micrométrica serve como garantia ao corte preciso e ao mesmo tempo, mantém a área de intervenção livre de sangue devido à irrigação de solução salina estéril que apresenta. Isto permite que o instrumento possua um maior controlo intraoperatório, dando maior segurança ao clínico,

especialmente em zonas anatómicas mais estreitas e difíceis de alcançar (Vercellotti, 2004).

3.3.3. Expansão óssea – preparação do leito do implante

A fim de corrigir os defeitos ósseos, foram introduzidas várias técnicas como enxertos em bloco, distrações osteogénicas, entre outras. Entretanto, a proposta da nova alternativa de tratamento dos rebordos ósseos atroficos – a expansão da crista óssea alveolar – possibilitou que o procedimento seja mais simples e rápido com resultados satisfatórios e morbidade mínima (Scipioni *et al.*, 1994).

Jha *et al.* (2017) referem que a expansão com osteótomos é fortemente defendida por Gonzalez *et al.* (2011) nos seus estudos, uma vez que a sua utilização evita fraturas indesejadas das placas corticais vestibulares e linguais. Em adição, existe uma maior estabilidade primária e menor perda óssea com expansão óssea gradual e o calor gerado em virtude da instrumentação é mínimo, relativamente às técnicas convencionais. Quando o osso alveolar está comprometido, o principal objetivo é preservá-lo e melhorar a sua qualidade. O recurso a osteótomos ajuda a preservar tecido ósseo remanescente antes da colocação de implantes. Os benefícios em recorrer ao uso de osteótomos são inúmeros, nomeadamente:

- Permitem a colocação imediata de implantes em cristas estreitas no momento da expansão;
- Funcionam como alternativa aos enxertos ósseos em alguns casos;
- A técnica em si, apresenta uma maior sensibilidade tátil, sendo minimamente invasiva;
- Possibilidade de uma restauração protética mais rápida (Al-Almaie, 2016).

Ainda que as técnicas tradicionais de expansão com osteótomos indiquem uma taxa de sobrevivência de implantes acima dos 90%, em 1994 surge a técnica de expansão óssea controlada de Meisinger. Esta é uma intervenção menos invasiva que os enxertos ósseos e confere um mínimo de trauma para a colocação simultânea de implantes.

O *kit* de expansão óssea controlada de Meisinger (Figura 11) baseia-se no mesmo conceito de compactação e expansão óssea que os osteótomos, porém, recorre ao uso de um “parafuso” de expansão e brocas de condensação de diâmetros crescentes (Tabela 4),

o que permite uma expansão horizontal do osso. O objetivo destas brocas é de alargar, em vez de aumentar a profundidade da osteotomia. Neste caso, o expansor vai fazer com que a parede vestibular expanda após o osso medular ser comprimido lateralmente contra a parede cortical. Feita a corticotomia longitudinal da crista alveolar, os expansores são inseridos com a pressão dos dedos. Depois são apertados com uma chave com intervalos de 20 a 30 segundos entre cada meia volta. O facto da chave permitir apenas meia volta, faz com que a expansão do osso seja lenta e gradual (Figura 12) (Ella *et al.*, 2014).

Kit de Meisinger

The Meisinger Split Control Bone Expansion Kit é constituído por:

- 2 brocas piloto (Ø 1,00 mm e 1,8 mm)
- 1 disco diamantado (permite a divisão da crista)
- 2 brocas de expansão (permitem a condensação óssea)
- 6 brocas formadoras de rosca (permitem a expansão óssea)



Figura 11 – Imagem ilustrativa do Kit de Meisinger. Adaptado de (Siddiqui & Sosovicka, 2006).

Tabela 4 – Características de cada componente do Kit de Meisinger. Adaptado de (Siddiqui & Sosovicka, 2006).

Componentes do Kit de Meisinger				
Componente	Comprimento	Diâmetro máximo	Diâmetro a 10 mm de profundidade	Propósito
Broca de incisão	15 mm	1.8 mm	1.8 mm	Marcar o local de osteotomia
Disco diamantado	N/A*	N/A	N/A	Ajudar a recortar a crista do rebordo alveolar
Broca piloto (1)	15 mm	1.0 mm	1.0 mm	Atingir a profundidade desejada da osteotomia
Broca piloto (2)	15 mm	1.8 mm	1.0 mm	Alargar a osteotomia desejada
Broca de expansão (1)	15 mm	2.3 mm	1.5 mm	Condensação e expansão óssea lateral
Broca de expansão (2)	15 mm	3.0 mm	2.5 mm	
Broca formadora de rosca (1)	15 mm	2.7 mm	2.2. mm	Condensação e expansão óssea lateral com o uso de transportador ou catraca
Broca formadora de rosca (2)	15 mm	2.9 mm	2.4 mm	
Broca formadora de rosca (3)	15 mm	3.1 mm	2.6 mm	
Broca formadora de rosca (4)	15 mm	3.3 mm	2.8 mm	
Broca formadora de rosca (5)	15 mm	3.5 mm	3.0 mm	
Broca formadora de rosca (6)	15 mm	4.0 mm	3.6 mm	

*N/A – não aplicável

Ao implementar uma série de brocas formadoras de rosca não ablativas com diâmetros crescentes no local de osteotomia, o osso cortical começa a expandir e o osso esponjoso a condensar (Siddiqui & Sosovicka, 2006). O *kit* de Meisinger permite o alargamento progressivo e controlado de uma crista alveolar atrofiada horizontalmente, com um risco reduzido de fratura da cortical óssea.

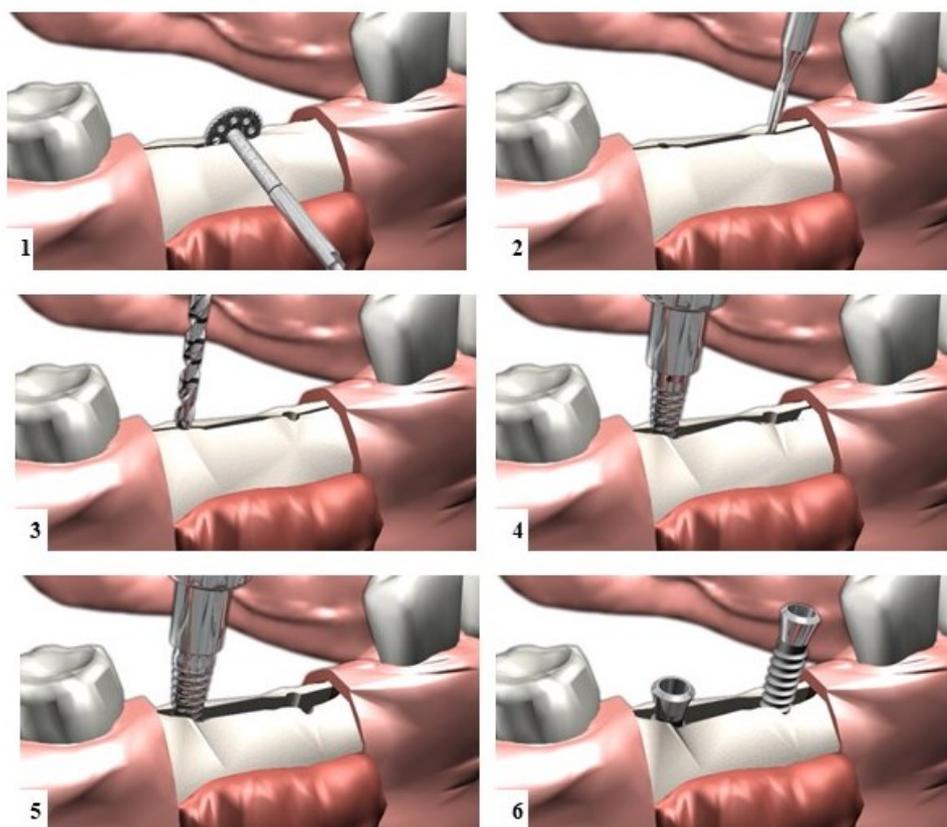


Figura 12 – Imagem ilustrativa da técnica de expansão óssea com recurso ao Kit de Meisinger.
Adaptado de (Meisinger Split-Control 3D-Animation).

4. MÉTODOS COMPLEMENTARES À EXPANSÃO ÓSSEA

Os procedimentos clínicos a seguir apresentados podem ser utilizados em conjunto com a técnica de expansão óssea para obtenção de melhores resultados clínicos. A sua utilização não é obrigatória em conjunto com a expansão óssea, contudo, estas podem ser aplicadas de forma isolada na presença de determinadas condições (Resnik, 2020).

4.1. ENXERTO ÓSSEO

Após a perda de estruturas dentárias, ocorre uma reabsorção rápida do osso alveolar devido à falta de estimulação intraóssea tipicamente realizada pelas fibras de ligamento periodontal. A reabsorção óssea torna-se irreversível, o que obriga os médicos dentistas a recorrerem a enxertos ósseos a fim de reconstruir a área de colocação de implante com um volume ósseo adequado (Zhao *et al.*, 2021). A utilização de enxertos ósseos tem vindo a aumentar bastante nos últimos anos devido aos avanços na área de cirurgia e implantologia dentárias e também à crescente necessidade de reparação de defeitos ósseos craniofaciais. Os mais variados defeitos ósseos podem vir a surgir de traumas, excisões cirúrgicas, doença periodontal, infeções, malformações congénitas e cancro oral (Kumar *et al.*, 2013).

Enxerto ósseo é um tecido vivo capaz de promover a cicatrização óssea, transplantado até à área do defeito ósseo sozinho ou em combinação com outros materiais (Zhao *et al.*, 2021). Existem dois métodos concebidos para prevenir ou corrigir os defeitos ósseos a fim de manter ou recriar volume e área ósseas convenientes para colocação de implantes: conservação de cristas ósseas (CC) e aumento de cristas ósseas (AC) (Tolstunov *et al.*, 2019):

- CC normalmente é realizado no momento da extração do dente, com a ajuda de procedimentos de enxerto de alvéolos que visam a preservar o volume do rebordo alveolar existente.
- AC recorre a procedimentos de enxerto de tecido mole e duro que visam o aumento da crista alveolar e geralmente são realizados no local desdentado de uma crista alveolar.

Um substituto ósseo é um material natural ou sintético que igualmente promove uma cicatrização óssea e contém na sua constituição uma matriz óssea mineralizada sem células viáveis (Fernandez de Grado *et al.*, 2018).

Para alcançar uma ótima osteointegração, a estabilidade primária do implante é o pré-requisito essencial, dado que a arquitetura óssea alveolar do local de perfuração do implante dita o sucesso da osteointegração dos implantes. Os tecidos hospedeiros integram biologicamente o material aloplástico do implante na estrutura óssea nativa (Insua *et al.*, 2017).

Foi relatado que a estimativa de todos os procedimentos de implantes dentários realizados atualmente que compreendam a utilização de enxertos ósseos é de 50% (Cha *et al.*, 2016).

Quanto à classificação dos enxertos ósseos e materiais substitutos, existem dois métodos baseados na origem de tecido ou no grupo de materiais (Cha *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2013). Atualmente, os enxertos e os substitutos ósseos utilizados são classificados em várias categorias. Classificam-se, portanto, em enxertos ósseos naturais e materiais de substituição e em materiais sintéticos de substituição de osso (Zhao *et al.*, 2021).

4.1.1. Enxerto ósseo natural e materiais de substituição

Todos os materiais de origem natural definem-se como aqueles que são derivados de uma fonte sem modificações externas. Estes subdividem-se em quatro subcategorias: autoenxertos, aloenxertos, xenoenxertos e materiais fitogénicos (Wang & Yeung, 2017). Estima-se que cerca de 90% de procedimentos que envolvam enxerto ósseo utilizam, predominantemente enxertos ósseos naturais (Kolk *et al.*, 2012; Resnik, 2020).

Os enxertos ósseos e os materiais de substituição promovem a regeneração óssea através de uma variedade de propriedades osteocondutoras, osteoindutoras e osteogénicas (Roberts & Rosenbaum, 2012):

- A osteocondução é um processo que ocorre quando um enxerto ósseo serve como suporte para o crescimento do novo osso, possibilitando o crescimento e desenvolvimento de capilares do hospedeiro, tecido perivascular e células estaminais mesenquimais (MSCs).
- A osteoindução envolve a estimulação de MSCs do hospedeiro a fim de estas se diferenciarem em osteoblastos e formarem novo osso. Este processo é controlado por vários fatores de crescimento, sendo as proteínas morfogénicas ósseas (BMP) -2, -4 e -7 as mais estudadas.
- A osteogénese define-se como o crescimento e formação de novo osso a partir de células doadoras derivadas de hospedeiros ou do doador de enxerto. As células envolvidas neste processo são os osteoblastos, osteócitos e MSCs.

Autoenxertos

Os autoenxertos são colhidos a partir de regiões intraorais e extraorais do mesmo indivíduo (Kumar *et al.*, 2013). O risco de rejeição deste tipo de enxerto é menor, pois não existem problemas de histocompatibilidade e imunogenicidade associadas, representando assim, um maior grau de segurança biológica. O autoenxerto pode ser colhido de áreas como a sínfise mandibular, ramo mandibular, crista oblíqua externa, crista ilíaca ou rádio distal devido ao facto de serem boas fontes de osso cortical e esponjoso (Zhao *et al.*, 2021). No entanto, existem algumas desvantagens associadas a este tipo de enxertos, tais como a necessidade de uma visita cirúrgica secundária, a lesão do local doador, o potencial de cicatrização e complicações pós-operatórias. Por estas razões, os autoenxertos não são recomendados e não apresentam uma opção viável para tratamento de grandes defeitos craniofaciais (Bhatt & Rozental, 2012; Haugen *et al.*, 2019).

Aloenxertos

Os aloenxertos são derivados de humanos, ou seja, são obtidos de um dador vivo, mas diferente daquele que recebe o enxerto. Os aloenxertos podem ser também recolhidos de cadáveres. O material proveniente do aloenxerto pode ser conservado de três formas diferentes: fresco, congelado ou liofilizado. As propriedades osteoindutoras são, geralmente, superiores nos materiais de aloenxertos frescos e congelados, porém, estes acabam por ter pouco uso, uma vez que há um maior risco de resposta imunogénica do hospedeiro, um tempo de armazenamento limitado e um aumento do risco de transmissão de doenças. Um adequado emprego de aloenxertos na reconstrução do osso requer uma esterilização e desativação de proteínas que se encontram no osso sã. Dentro da matriz extracelular do tecido ósseo existe um conjunto íntegro de fatores de crescimento ósseo, proteínas e outros materiais biologicamente ativos necessários para a osteoindução e cicatrização óssea bem sucedida. Os aloenxertos têm sido utilizados com bastante êxito em combinação com os xenoenxertos na ROG (Kumar *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2021).

Xenoenxertos

Quanto aos xenoenxertos, estes são derivados de uma espécie que não a humana, isto é, de uma espécie geneticamente não relacionada com o hospedeiro. Na área de

medicina dentária, a fonte mais comum de materiais de xenoenxertos é o osso bovino, comercialmente conhecido como *BioOss*TM (Zhao *et al.*, 2021). Estão igualmente disponíveis outros produtos comercialmente disponíveis à base de osso bovino, tais como *OsteoGraft*TM e *Cerabone*TM (Kolk *et al.*, 2012). O osso bovino é privado de proteínas, dado que sofre previamente um tratamento químico com NaOH a fim de produzir um produto de hidroxiapatite porosa que contenha na sua composição compostos inorgânicos do osso bovino (Zhao *et al.*, 2021). A estrutura porosa obtida é muito semelhante à do osso humano, daí conseguir proporcionar um bom suporte mecânico e estimular a regeneração óssea através da osteocondução. Os xenoenxertos provenientes do osso bovino têm sido amplamente utilizados nos procedimentos de elevação do seio maxilar e implantes em virtude da sua alta estabilidade e baixa imunogenicidade (Oliveira *et al.*, 2019). Verifica-se que ainda existem algumas limitações associadas a este tipo de material de enxerto ósseo, tais como as taxas variáveis de reabsorção, falta de células viáveis e de elementos biológicos e a ausência de mecanismos de manipulação de tecidos que permitam a retenção de células osteoindutoras (Zhao *et al.*, 2021).

Materiais fitogénicos

Os materiais fitogénicos são materiais de substituição óssea provenientes de uma origem vegetal. Gusuibu é um substituo ósseo à base de coral e algas marinhas utilizada no tratamento de fraturas ósseas e osteoartrose. Este material possui propriedades osteoindutoras, um aumento da atividade da fosfatase alcalina, o que promove a calcificação e remodelação óssea (Zhao *et al.*, 2021).

4.1.2. Materiais sintéticos de substituição de osso

Dentro dos materiais sintéticos existem a hidroxiapatite, a cerâmica de fosfato tricálcico, a cerâmica bifásica de fosfato de cálcio, o vidro bioativo, o cimento de fosfato de cálcio, o sulfato de cálcio, os polímeros e os metais (Zhao *et al.*, 2021). A hidroxiapatite é um dos materiais sintéticos que merece ser destacada. É o componente mineral primário que está na base da constituição dos dentes e dos ossos (Campana *et al.*, 2014) pelo que é extremamente biocompatível sem promover uma resposta inflamatória (Fernandez de Grado *et al.*, 2018). A hidroxiapatite constituída por cerca de 50% do peso do osso, o que justifica as suas excelentes propriedades osteocondutoras e osteoindutoras (Roberts & Rosenbaum, 2012).

A expansão da crista óssea cria largura suficiente em cristas estreitas com colocação simultânea de implantes. Neste sentido, a técnica tem continuado a evoluir e para garantir uma boa osteointegração e estabilidade primária foram desenvolvidos novos protocolos e, alguns deles, incluem o preenchimento do sulco expandido com biomateriais. Por este motivo, a introdução de biomateriais entre as duas corticais que foram divididas e expandidas tem sido descrita por alguns autores como uma vantagem (Bruschi *et al.*, 2017). Todavia, existem evidências de que a expansão sem qualquer preenchimento dos defeitos residuais em redor dos implantes tem sido bem sucedida, em contrapartida, outros relatam que existe reabsorção da crista óssea após esta abordagem (Ella *et al.*, 2014). Como exemplo, os estudos de Ella *et al.* (2014) referem que o enxerto ósseo torna-se necessário para manter a crista expandida particularmente em casos de cristas alveolares mais estreitas, com 3 mm de largura.

4.2. REGENERAÇÃO ÓSSEA GUIADA (ROG)

A ROG é uma técnica usada no aumento e expansão horizontal da crista alveolar amplamente descrita na literatura e demonstrou excelentes resultados com altas taxas de sucesso a longo prazo (Berger *et al.*, 2019; Wessing *et al.*, 2018).

A técnica de ROG foi descrita pela primeira vez em 1979, por Nyman e Karring como um meio de regeneração guiada de tecidos e a partir daí, foram publicados inúmeros estudos sobre a técnica. Devido à sua simples execução, reduzida sensibilidade, estabilidade e capacidade osteogénica múltipla, a ROG tornou-se a técnica mais utilizada com o propósito de reparar defeitos ósseos alveolares (Wessing *et al.*, 2018; Xie *et al.*, 2020).

Esta técnica é semelhante à regeneração guiada de tecidos, mas tem como foco o desenvolvimento de tecidos duros. A ROG baseia o seu procedimento cirúrgico na utilização de membranas de barreira (reabsorvíveis ou não), com ou sem a utilização de substitutos ósseos. Assim, tem como finalidade criar e manter espaço sobre o defeito ósseo e sob o perióstio e também permite proteger a área afetada da contaminação salivar e da perturbação mecânica (Zakrzewski *et al.*, 2020).

Zakrzewski *et al.* (2020) refere que a presente técnica pressupõe quatro princípios:

- Preservação do espaço do defeito ósseo para posterior crescimento do osso;
- Estabilidade do coágulo de fibrina (L-PRF) de modo a possibilitar uma cicatrização sem complicações;
- Exclusão do epitélio e tecido conjuntivo para permitir que a área com defeito ósseo seja preenchida subsequentemente com tecido ósseo;
- Encerramento prévio da lesão com o intuito de facilitar uma cicatrização ininterrupta.

É importante referir que as células osteogénicas, apesar de terem um crescimento relativamente lento, têm tendência a colonizar o espaço sobre o defeito ósseo. Uma regeneração óssea bem sucedida através da ROG implica uma taxa de osteogénese maior que uma taxa de fibrogénese dos tecidos circundantes. Portanto, se as células epiteliais e do tecido conjuntivo proliferam sobre o defeito ósseo, as membranas da ROG vão prevenir o crescimento das mesmas (Liu & Kerns, 2014; Wessing *et al.*, 2018).

Existem alguns critérios gerais e características que as membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis devem conter. São elas a biocompatibilidade, na medida em que deve haver uma prevenção de deiscência de tecidos moles e reações mínimas dos tecidos para não haver comprometimento do resultado; integração por parte do tecido hospedeiro; manutenção do espaço com integridade estrutural e estabilidade da lesão (sobretudo nas primeiras fases de cicatrização); facilidade de manipulação durante a cirurgia (Elgali *et al.*, 2017; Soldatos *et al.*, 2017).

A ROG recorre a membranas reabsorvíveis ou não reabsorvíveis. As membranas não reabsorvíveis incluem as de politetrafluoretileno (PTFE) reforçado com titânio, politetrafluoretileno denso (PTFE-d), politetrafluoretileno expandido (PTFE-e) e uma rede de titânio. As membranas reabsorvíveis são confeccionadas de polímeros naturais ou sintéticos como o colagénio e poliésteres alifáticos, sendo que as de colagénio são as mais utilizadas pois a composição do mesmo é semelhante à do tecido conjuntivo periodontal. (Jasser & Andreana, 2016; Soldatos *et al.*, 2017).

As membranas não reabsorvíveis, graças às suas propriedades mecânicas rígidas conseguem criar e manter espaço imprescindível para o sucesso da técnica de ROG. É possível obter um ganho ósseo horizontal até 9 mm e vertical até 12 mm. Conforme o

nome indica, as membranas não se dissolvem nos tecidos hospedeiros e têm uma elevada capacidade de fixação aos mesmos, pelo que devem ser removidas, o que significa que será sempre necessária uma segunda intervenção cirúrgica (Wessing *et al.*, 2018). A primeira geração das membranas de barreira foram as PTFE-e: apresentavam uma boa biocompatibilidade com os tecidos e uma alta capacidade de produzir e manter espaço. Embora haja resultados mais previsíveis no aumento horizontal da crista óssea, as membranas PTFE-e têm sido usadas para corrigir defeitos ósseos verticais em combinação com enxertos ósseos tendo resultados ainda mais pertinentes quando reforçadas com titânio (Elgali *et al.*, 2017).

Uma vez expostas à cavidade oral, as membranas PTFE-e apresentam um elevado risco de contaminação por bactérias, o que acaba por ser uma das principais desvantagens das mesmas. Por consequência, o emprego das PTFE-e em medicina dentária foi descontinuado e substituído por PTFE-d. As membranas PTFE-d podem ser expostas à cavidade oral sem risco de ocorrer contaminação e infeção, têm poros menores, o que minimiza a infiltração bacteriana, mantêm o espaço e estabilizam satisfatoriamente a lesão, proporcionando um tempo suficiente para a regeneração óssea e não se ligam ao tecido, o que possibilita a sua remoção através do retalho sem traumatizar o tecido mucoso (Soldatos *et al.*, 2017).

Posteriormente, com a intenção de melhorar resultados clínicos e diminuir o desconforto para o paciente, surgiram as membranas reabsorvíveis. Soldatos *et al.* (2017) afirmam que as membranas reabsorvíveis são de fácil manuseamento, contudo, vários estudos indicam que são suscetíveis a taxas de complicação mais elevadas. As membranas reabsorvíveis têm sido amplamente estudadas na ROG e existem evidências de que as bioreabsorvíveis não reticuladas têm uma boa compatibilidade com tecidos e células e apresentam baixas taxas de deiscência em comparação com as membranas não reabsorvíveis. O maior desafio que as membranas reabsorvíveis apresentam é no momento da fixação da membrana com o enxerto na posição desejada. Este desafio é o fator chave para o sucesso da ROG, pois a falha nesta fixação, ou seja, na imobilização da membrana poderá resultar num aumento da taxa de deiscência e numa redução da regeneração óssea. Com o intuito de contornar este obstáculo durante a intervenção cirúrgica, podem ser usados pinos ósseos corticais (reabsorvíveis ou não) ou até mesmo suturas. A utilização de pinos, independentemente da sua tipologia, acarreta o risco de perfurar importantes estruturas anatómicas. Na eventualidade de serem empregues pinos

não reabsorvíveis, o paciente terá de ser submetido a uma cirurgia suplementar para mais tarde os remover (Elgali *et al.*, 2017).

Conforme referido anteriormente, as membranas de colagénio são as mais utilizadas devido à sua composição ser idêntica à dos tecidos conjuntivos periodontais e a sua taxa de reabsorção é deveras imprevisível, podendo variar de 4 a 24 semanas. Além disso, apresentam uma imunogenicidade e citotoxicidade fracas, estimulam a quimiotaxia do ligamento periodontal e fibroblastos gengivais, facilitam a hemostasia, degradam por mecanismos fisiológicos tendo a capacidade de calcificar e ossificar quando situadas em zonas mais próximas ao osso (Soldatos *et al.*, 2017).

A ROG é adotada para melhorar o volume ósseo e permitir a reabilitação oral protética fixa. Na ROG, o espaço vazio que fica entre a placa vestibular e a palatina é preenchido pelos biomateriais e por cima deste é colocada a membrana, promovendo a cicatrização primária (Kang *et al.*, 2012). Apesar da colocação de implantes associada à ROG demonstrar resultados com uma alta taxa de sucesso, a deiscência de tecidos, o deslocamento, colapso ou exposição da membrana, uma possível reabsorção óssea, infeções, representam as desvantagens mais comuns da ROG (Lin *et al.*, 2021; Waechter *et al.*, 2017).

A técnica descrita pode ser aplicada como alternativa ou em conjunto com a expansão óssea. Mais concretamente, quando a existe uma crista alveolar muito estreita, é realizada a expansão com preenchimento ósseo e aplicação da técnica de ROG (Soldatos *et al.*, 2017).

4.3. L-PRF NA EXPANSÃO

L-PRF é a designação dada à fibrina rica em leucócitos. Foi introduzida nos anos 2000 pelo doutor Choukroun com fins terapêuticos para melhorar a cicatrização de feridas e regeneração de tecidos após procedimentos cirúrgicos intraorais (Dragonas *et al.*, 2019).

A L-PRF consiste num concentrado de plaquetas de segunda geração obtido do sangue, cuja característica principal é o seu método de preparação simples sem qualquer manipulação química ou aditivos exógenos na amostra. O sangue venoso do paciente é colhido a vácuo para um tubo sem anticoagulantes e em seguida é centrifugado resultando em três camadas diferentes: em cima, o plasma pobre em plaquetas, uma camada

intermédia correspondente ao L-PRF que contém a maioria dos leucócitos e plaquetas, e no fundo, os glóbulos vermelhos (Figura 13).

Através da centrifugação é obtido um coágulo de L-PRF mediante a ativação de trombina autóloga. A membrana de L-PRF é formada por uma rede densa de fibrina reticulada que liberta fatores de crescimento, moléculas de adesão e citocinas pró- e anti-inflamatórias. Neste sentido, regula uma resposta inflamatória reparadora, potencia a capacidade de regeneração dos tecidos, a angiogénese e neovascularização e minimiza a dor e edema pós-operatórios (Anwandter *et al.*, 2016; Dragonas *et al.*, 2019).

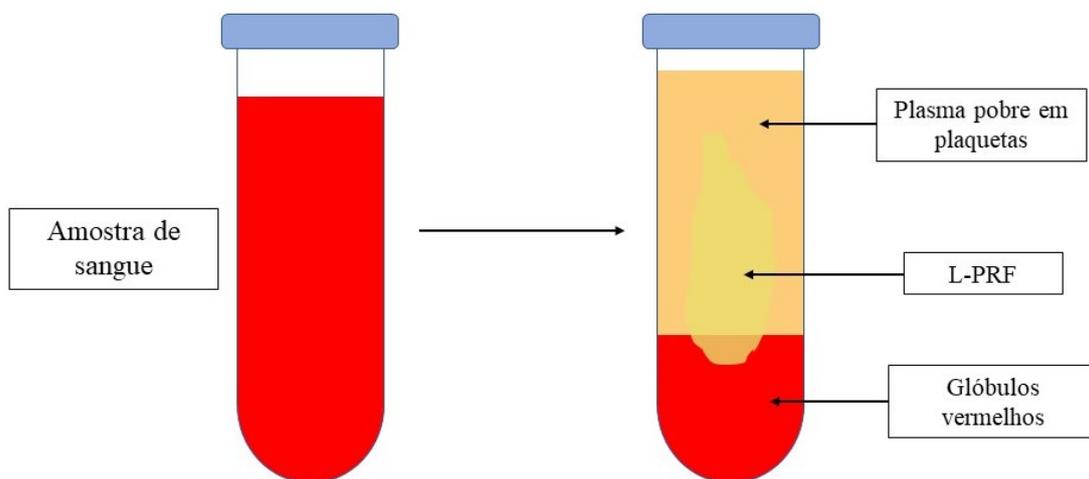


Figura 13 – Imagem ilustrativa do tubo de L-PRF após a centrifugação com os seus três componentes.
Adaptado de (Schär *et al.*, 2015).

Uma das primeiras aplicações de L-PRF em medicina dentária foi na área de implantologia, na tentativa de melhorar e acelerar a cicatrização dos tecidos. A L-PRF pode desempenhar o papel tanto de um coágulo, misturado com enxerto ósseo, como de uma membrana (Dragonas *et al.*, 2019).

Dado que a L-PRF apresenta ótimas características no que toca a rápida e fácil regeneração de tecidos, um bloco de L-PRF pode ser adequado para corrigir as cristas alveolares deficientes e promover a regeneração óssea. Após a expansão e antes da colocação de implante, o espaço existente entre as duas tábuas corticais pode ser preenchido com biomateriais a fim de manter a expansão do osso. Nessa perspetiva, o coágulo de L-PRF obtido através da centrifugação, é cortado em fragmentos mais

pequenos e misturado com o enxerto ósseo numa proporção de 50:50. O estudo observacional realizado por Cortellini *et al.* (2018) demonstrou que sobreposição de tomografias de CBCT pré- e pós-operatórias revelou um aumento ósseo horizontal médio de 4,6 mm ($\pm 2,3$), 5,3 mm ($\pm 1,2$) e 4,4 mm ($\pm 2,3$), medidos a 2, 6 e 10 mm a partir da crista alveolar, respetivamente e uma taxa de reabsorção após 8 meses de 15,6% ($\pm 6,7$), em média. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os autores referem que o L-PRF poderá ser usado como complemento para corrigir defeitos ósseos alveolares horizontais.

III. CONCLUSÃO

Desde a sua origem, a implantologia zela em aprimorar e desenvolver técnicas que possam garantir uma maior segurança e conforto ao paciente.

A técnica de expansão óssea alveolar possibilita criar uma largura adequada em cristas estreitas para ser exequível a colocação de implante dentário imediato. Como expansores podem ser utilizados osteótomos ou brocas de expansão e condensação ósseas. No caso de utilização do brocas de expansão, atualmente existem kits de expansão que permitem uma expansão gradual e controlada. Ambas as abordagens evitam fraturas indesejadas das paredes corticais vestibulares e linguais e permitem a colocação de implantes no momento da expansão.

Expansão óssea surgiu como alternativa aos enxertos ósseos, pois é considerada menos invasiva e confere o mínimo de trauma na inserção simultânea do implante. Todavia, existem autores que referem que os enxertos ósseos são pertinentes em cristas alveolares muito estreitas, pois irão ajudar na manutenção de espaço entre as duas corticais expandidas e evitar a reabsorção.

A ROG e a L-PRF têm sido descritas na literatura como complemento a ser utilizado na expansão óssea alveolar. A ROG, auxilia na manutenção do volume ósseo aquando da expansão e a L-PRF, em conjunto com os biomateriais que irão preencher o sulco resultante da expansão, vai acelerar o processo de cicatrização dos tecidos.

Com o presente trabalho, foi possível deduzir que a técnica de expansão óssea é bastante utilizada na atualidade para expandir horizontalmente o osso em áreas comprometidas. Tal como outra técnica qualquer, apresenta algumas contraindicações, porém, destaca-se pela sua metodologia atraumática e possibilidade de ser realizada numa só intervenção cirúrgica, o que significa apenas um período pós-operatório e confere um maior conforto ao paciente.

Não é possível afirmar de forma indubitável que a técnica de expansão óssea alveolar seja a mais adequada para corrigir todos os defeitos ósseos, pois o seu emprego na intervenção cirúrgica depende de numerosos fatores como a quantidade e qualidade do osso, a área afetada e o estado de saúde do paciente.

IV. BIBLIOGRAFIA

Ajeebi, A., & Alquraishi, S. (2020). Primary stability of dental implant: A review. *International Journal of Medicine in Developing Countries*, 1281–1286. <https://doi.org/10.24911/IJMDC.51-1586791181>

Al-Almaie, S. (2016). Immediate Dental Implant Placements Using Osteotome Technique: A Case Report and Literature Review. *The Open Dentistry Journal*, 10(1), 367–374. <https://doi.org/10.2174/1874210616021001367>

Al-Dajani, M. (2016). Recent Trends in Sinus Lift Surgery and Their Clinical Implications: Recent Trends in Sinus Lift Surgery. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(1), 204–212. <https://doi.org/10.1111/cid.12275>

Almutairi, A. S., Walid, M. A., & Alkhodary, M. A. (2018). The effect of osseodensification and different thread designs on the dental implant primary stability. *F1000Research*, 7(May), 1898. <https://doi.org/10.12688/f1000research.17292.1>

Al-Sawai, A.-A., & Labib, H. (2016). Success of immediate loading implants compared to conventionally-loaded implants: A literature review. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 7(3), 217–224. <https://doi.org/10.1111/jicd.12152>

Anitua, E., Begoña, L., & Orive, G. (2012). Controlled Ridge Expansion Using a Two-Stage Split-Crest Technique With Ultrasonic Bone Surgery. *Implant Dentistry*, 21(3), 163–170. <https://doi.org/10.1097/ID.0b013e318249f50b>

Anwandter, A., Bohmann, S., Nally, M., Castro, A. B., Quirynen, M., & Pinto, N. (2016). Dimensional changes of the post extraction alveolar ridge, preserved with Leukocyte- and Platelet Rich Fibrin: A clinical pilot study. *Journal of Dentistry*, 52, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.06.005>

Araújo, M. G., Silva, C. O., Souza, A. B., & Sukekava, F. (2019). Socket healing with and without immediate implant placement. *Periodontology 2000*, 79(1), 168–177. <https://doi.org/10.1111/prd.12252>

Bandela, V., Munagapati, B., Komala, J., Basany, R. B., Patil, S. R., & Kanaparthi, S. (2020). Evaluating the Primary Stability of Implants by two Different Insertion Methods in Compromised Bone – A Pilot Study. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 13(4), 1833–1838. <https://doi.org/10.13005/bpj/2058>

Barberá-Millán, J., Larrazábal-Morón, C., Enciso-Ripoll, J., Pérez-Pevida, E., Chávarri-Prado, D., & Gómez-Adrián, Md. (2021). Evaluation of the primary stability in dental implants placed in low density bone with a new drilling technique, Osseodensification: An in vitro study. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e361–e367. <https://doi.org/10.4317/medoral.24231>

Bassetti, M. A., Bassetti, R. G., & Bosshardt, D. D. (2016). The alveolar ridge splitting/expansion technique: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 27(3), 310–324. <https://doi.org/10.1111/clr.12537>

Bassetti, R., Bassetti, M., Mericske-Stern, R., & Enkling, N. (2013). Piezoelectric Alveolar Ridge-Splitting Technique with Simultaneous Implant Placement: A Cohort Study with 2-Year Radiographic Results. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 28(6), 1570–1580. <https://doi.org/10.11607/jomi.3174>

Bassi, M. A., Lopez, M. A., Confalone, L., & Carinci, F. (2015). Hydraulic Sinus Lift Technique in Future Site Development: Clinical and Histomorphometric Analysis of Human Biopsies. *Implant Dentistry*, 24(1), 117–124. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000200>

Bassi, M. A., Lopez, M., Confalone, L., Fanali, S., & Carinci, F. (2013). Hydraulic sinus lift technique: Description of a clinical case. *Annals of Oral and Maxillofacial Surgery*, 1(2). <https://doi.org/10.13172/2052-7837-1-2-664>

Bassir, S. H., El Kholy, K., Chen, C., Lee, K. H., & Intini, G. (2019). Outcome of early dental implant placement versus other dental implant placement protocols: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Periodontology*, 90(5), 493–506. <https://doi.org/10.1002/JPER.18-0338>

Bergamo, E. T. P., Zahoui, A., Barrera, R. B., Huwais, S., Coelho, P. G., Karateew, E. D., & Bonfante, E. A. (2021). Osseodensification effect on implants primary and

secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 23(3), 317–328. <https://doi.org/10.1111/cid.13007>

Berger, S., Hakl, P., Sutter, W., Meier, M., Roland, H., Bandura, P., & Turhani, D. (2019). Interantral alveolar ridge splitting for maxillary horizontal expansion and simultaneous dental implant insertion: A case report. *Annals of Medicine and Surgery*, 48, 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2019.10.018>

Bhatt, R. A., & Rozental, T. D. (2012). Bone Graft Substitutes. *Hand Clinics*, 28(4), 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2012.08.001>

Bruschi, G., Capparé, P., Bravi, F., Grande, N., Gherlone, E., Gastaldi, G., & Crespi, R. (2017). Radiographic Evaluation of Crestal Bone Level in Split-Crest and Immediate Implant Placement: Minimum 5-Year Follow-up. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(1), 114–120. <https://doi.org/10.11607/jomi.4203>

Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology* 2000, 73(1), 7–21. <https://doi.org/10.1111/prd.12185>

Campana, V., Milano, G., Pagano, E., Barba, M., Cicione, C., Salonna, G., Lattanzi, W., & Logroscino, G. (2014). Bone substitutes in orthopaedic surgery: From basic science to clinical practice. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 25(10), 2445–2461. <https://doi.org/10.1007/s10856-014-5240-2>

Campos, F. E., Gomes, J. B., Marin, C., Teixeira, H. S., Suzuki, M., Witek, L., Zanetta-Barbosa, D., & Coelho, P. G. (2012). Effect of Drilling Dimension on Implant Placement Torque and Early Osseointegration Stages: An Experimental Study in Dogs. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 70(1), e43–e50. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2011.08.006>

Cha, H.-S., Kim, J.-W., Hwang, J.-H., & Ahn, K.-M. (2016). Frequency of bone graft in implant surgery. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 38(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40902-016-0064-2>

Chappuis, V., Araújo, M. G., & Buser, D. (2017). Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontology 2000*, 73(1), 73–83. <https://doi.org/10.1111/prd.12167>

Cobo-Vazquez, C., Reininger, D., Molinero-Mourelle, P., Gonzalez-Serrano, J., Guisado-Moya, B., & Lopez-Quiles, J. (2017). Effect of the lack of primary stability in the survival of dental implants. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0–0. <https://doi.org/10.4317/jced.54441>

Contessi, M. (2013). The Monocortical Window (MCW): A Modified Split-Crest Technique Adopting Ligature Osteosynthesis. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 33(6), e127–e139. <https://doi.org/10.11607/prd.1559>

Cortellini, S., Castro, A. B., Temmerman, A., Van Dessel, J., Pinto, N., Jacobs, R., & Quirynen, M. (2018). Leucocyte- and platelet-rich fibrin block for bone augmentation procedure: A proof-of-concept study. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(5), 624–634. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12877>

Crespi, R., Capparè, P., & Gherlone, E. F. (2014). Electrical mallet provides essential advantages in split-crest and immediate implant placement. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 18(1), 59–64. <https://doi.org/10.1007/s10006-013-0389-2>

De Bruyn, H., Raes, S., Matthys, C., & Cosyn, J. (2015). The current use of patient-centered/reported outcomes in implant dentistry: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 26, 45–56. <https://doi.org/10.1111/clr.12634>

Dragonas, P., Katsaros, T., Avila-Ortiz, G., Chambrone, L., Schiavo, J. H., & Palaiologou, A. (2019). Effects of leukocyte–platelet-rich fibrin (L-PRF) in different intraoral bone grafting procedures: A systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(2), 250–262. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.06.003>

Duttenhoefer, F., Varga, P., Jenni, D., Grünwald, L., Thiemann, L., Gueorguiev, B., & Stricker, A. (2020). The Alveolar Ridge Splitting Technique on Maxillae: A Biomechanical Human Cadaveric Investigation. *BioMed Research International*, 2020, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2020/8894471>

Duyck, J., Roesems, R., Cardoso, M. V., Ogawa, T., De Villa Camargos, G., & Vandamme, K. (2015). Effect of insertion torque on titanium implant osseointegration: An animal experimental study. *Clinical Oral Implants Research*, 26(2), 191–196. <https://doi.org/10.1111/clr.12316>

Elgali, I., Omar, O., Dahlin, C., & Thomsen, P. (2017). Guided bone regeneration: Materials and biological mechanisms revisited. *European Journal of Oral Sciences*, 125(5), 315–337. <https://doi.org/10.1111/eos.12364>

Ella, B., Laurentjoye, M., Sedarat, C., Masson, E., & Rouas, A. (2014). Mandibular Ridge Expansion Using a Horizontal Bone-Splitting Technique and Synthetic Bone Substitute: An Alternative to Bone Block Grafting? *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(1), 135–140. <https://doi.org/10.11607/jomi.2201>

Elnayef, B., Monje, A., Lin, G.-H., Gargallo-Albiol, J., Chan, H.-L., Wang, H.-L., & Hernández-Alfaro, F. (2015). Alveolar Ridge Split on Horizontal Bone Augmentation: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(3), 596–606. <https://doi.org/10.11607/jomi.4051>

Emam, H. A., & Stevens, M. R. (2013). Concepts in Bone Reconstruction for Implant Rehabilitation. Em M. H. Kalantar Motamedi (Ed.), *A Textbook of Advanced Oral and Maxillofacial Surgery*. InTech. <https://doi.org/10.5772/53401>

Fernandez de Grado, G., Keller, L., Idoux-Gillet, Y., Wagner, Q., Musset, A.-M., Benkirane-Jessel, N., Bornert, F., & Offner, D. (2018). Bone substitutes: A review of their characteristics, clinical use, and perspectives for large bone defects management. *Journal of Tissue Engineering*, 9, 204173141877681. <https://doi.org/10.1177/2041731418776819>

Florencio-Silva, R., Sasso, G. R. da S., Sasso-Cerri, E., Simões, M. J., & Cerri, P. S. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. *BioMed Research International*, 2015, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2015/421746>

Gallucci, G. O., Hamilton, A., Zhou, W., Buser, D., & Chen, S. (2018). Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 29(S16), 106–134. <https://doi.org/10.1111/clr.13276>

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. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.2.50>

Grabowski, P. (2015). Physiology of Bone. Em J. Allgrove & N. J. Shaw (Eds.), *Endocrine Development* (Vol. 28, pp. 33–55). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000380991>

Gurler, G., Delilbasi, C., Garip, H., & Tufekcioglu, S. (2017). Comparison of alveolar ridge splitting and autogenous onlay bone grafting to enable implant placement in patients with atrophic jaw bones. *Saudi Medical Journal*, 38(12), 1207–1212. <https://doi.org/10.15537/smj.2017.12.21462>

Haugen, H. J., Lyngstadaas, S. P., Rossi, F., & Perale, G. (2019). Bone grafts: Which is the ideal biomaterial? *Journal of Clinical Periodontology*, 46, 92–102. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13058>

Hu, G.-H., Froum, S. J., Alodadi, A., Nose, F., Yu, Y.-C. P., Suzuki, T., & Cho, S.-C. (2018). A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Restorative Dentistry*, 38(4), 10.

Inchingolo, A. D., Inchingolo, A. M., Bordea, I. R., Xhajanka, E., Romeo, D. M., Romeo, M., Zappone, C. M. F., Malcangi, G., Scarano, A., Lorusso, F., Isacco, C. G., Marinelli, G., Contaldo, M., Ballini, A., Inchingolo, F., & Dipalma, G. (2021). The Effectiveness of Osseodensification Drilling Protocol for Implant Site Osteotomy: A Systematic Review of the Literature and Meta-Analysis. *Materials*, 14(5), 1147. <https://doi.org/10.3390/ma14051147>

Insua, A., Monje, A., Wang, H.-L., & Miron, R. J. (2017). Basis of bone metabolism around dental implants during osseointegration and peri-implant bone loss: BASIS OF BONE METABOLISM AROUND DENTAL IMPLANTS. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 105(7), 2075–2089. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36060>

Jasser, R. A., & Andreana, S. (2016). An overview of bone augmentation techniques. *Clinical Case Reports and Reviews*, 2(4). <https://doi.org/10.15761/CCRR.1000226>

- Javed, F., Ahmed, H. B., Crespi, R., & Romanos, G. E. (2013). Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation. *Interventional Medicine and Applied Science*, 5(4), 162–167. <https://doi.org/10.1556/imas.5.2013.4.3>
- Jha, A., Tanwar, A. S., Bhargava, M., Raj, A., Raman, S., & Patil, V. (2021). Prevalence of vitamin D inadequacy and bone turnover markers concerning bone mineral density in older persons. *Journal of Medicine and Life*, 14(3), 397–401. <https://doi.org/10.25122/jml-2020-0113>
- Jha, N., Choi, E. H., Kaushik, N. K., & Ryu, J. J. (2017). Types of devices used in ridge split procedure for alveolar bone expansion: A systematic review. *PLOS ONE*, 12(7), e0180342. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180342>
- Jimbo, R., Tovar, N., Yoo, D. Y., Janal, M. N., Anchieta, R. B., & Coelho, P. G. (2014). The effect of different surgical drilling procedures on full laser-etched microgrooves surface-treated implants: An experimental study in sheep. *Clinical Oral Implants Research*, 25(9), 1072–1077. <https://doi.org/10.1111/clr.12216>
- Kanathila, H., & Pangi, A. (2018). An Insight into the Concept of Osseodensification-Enhancing the Implant Stability and Success. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2018/35626.11749>
- Kang, T., Fien, M. J., Gober, D., & Drennen, C. J. (2012). A modified ridge Expansion technique in the maxilla. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* (Jamesburg, N.J.: 1995), 33(4), 250–252, 254, 256; quiz 258, 260.
- Khairnar, M., Khairnar, D., & Bakshi, K. (2014). Modified ridge splitting and bone expansion osteotomy for placement of dental implant in esthetic zone. *Contemporary Clinical Dentistry*, 5(1), 110. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.128684>
- Kheur, M., Gokhale, S., Sumanth, S., & Jambekar, S. (2014). Staged Ridge Splitting Technique for Horizontal Expansion in Mandible: A Case Report. *Journal of Oral Implantology*, 40(4), 479–483. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-12-00068>
- Kolk, A., Handschel, J., Drescher, W., Rothamel, D., Kloss, F., Blessmann, M., Heiland, M., Wolff, K.-D., & Smeets, R. (2012). Current trends and future perspectives of bone

substitute materials – From space holders to innovative biomaterials. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 40(8), 706–718. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2012.01.002>

Kumar, P., Fathima, G., & Vinitha, B. (2013). Bone grafts in dentistry. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 5(5), 125. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.113312>

Lima, J., deMatos, J., Santos, Í., GonzagadeOliveira, A., Vasconcelos, J., Zogheib, L., & Castro, D. (2017). MAXILLARY SINUS LIFT SURGERY TECHNIQUES: A LITERATURE REVIEW. *International Journal of Advanced Research*, 5(8), 832–844. <https://doi.org/10.21474/ijar01/5126>

Lin, Q., Zhang, Y., & Liu, Y. (2021). Data Mining-Based Clinical Study on the Effect of Oral Restoration Film in Guiding Oral Bone Regeneration and Dental Implantation. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2021/3804271>

Liu, J., & Kerns, D. G. (2014). Mechanisms of Guided Bone Regeneration: A Review. *The Open Dentistry Journal*, 8(1), 56–65. <https://doi.org/10.2174/1874210601408010056>

Lundgren, S., Cricchio, G., Hallman, M., Jungner, M., Rasmusson, L., & Sennerby, L. (2017). Sinus floor elevation procedures to enable implant placement and integration: Techniques, biological aspects and clinical outcomes. *Periodontology 2000*, 73(1), 103–120. <https://doi.org/10.1111/prd.12165>

Manekar, V. (2020). Graftless crestal hydraulic sinus lift with simultaneous implant insertion. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 11(2), 213. https://doi.org/10.4103/njms.NJMS_38_19

Mestas, G., Alarcón, M., & Chambrone, L. (2016). Long-Term Survival Rates of Titanium Implants Placed in Expanded Alveolar Ridges Using Split Crest Procedures: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 591–599. <https://doi.org/10.11607/jomi.4453>

Misch, C. E. (2005). *Dental implant prosthetics*. Elsevier Mosby.

Moro, A., Gasparini, G., Foresta, E., Saponaro, G., Falchi, M., Cardarelli, L., De Angelis, P., Forcione, M., Garagiola, U., D’Amato, G., & Pelo, S. (2017). Alveolar Ridge Split

Technique Using Piezosurgery with Specially Designed Tips. *BioMed Research International*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/4530378>

Muhamad, D. A.-H., Georges, D. C., Mustafa, D. M., & Abdulgani, D. A. (2017). Implant Stability: Methods and Recent Advances. 11.

Obiechina, N. (2019). Osteotome technique: A Minimally Invasive Way to Increase Bone for Dental Implant Placement in The Posterior Maxilla and Prevent Sinus Membrane Perforation for Single and Multiple Teeth Replacements. *Journal of Medical – Clinical Research & Reviews*, 3(3). <https://doi.org/10.33425/2639-944X.1092>

Oliveira, G., Pignaton, T. B., Almeida Ferreira, C. E., Peruzzo, L. C., & Marcantonio, E. (2019). New bone formation comparison in sinuses grafted with anorganic bovine bone and β -TCP. *Clinical Oral Implants Research*, 30(S19), 483–483. https://doi.org/10.1111/clr.438_13509

Oliveira, P. G. F. P. de, Bergamo, E. T. P., Neiva, R., Bonfante, E. A., Witek, L., Tovar, N., & Coelho, P. G. (2018). Osseodensification outperforms conventional implant subtractive instrumentation: A study in sheep. *Materials Science and Engineering: C*, 90(June 2017), 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.04.051>

Padhye, N. M., Padhye, A. M., & Bhatavadekar, N. B. (2020). Osseodensification — A systematic review and qualitative analysis of published literature. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 10(1), 375–380. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2019.10.002>

Pai, U., Rodrigues, S., Talreja, K., & Mundathaje, M. (2018). Osseodensification – A novel approach in implant dentistry. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 18(3), 196. https://doi.org/10.4103/jips.jips_292_17

Pagni, G., Pellegrini, G., Giannobile, W. V., & Rasperini, G. (2012). Postextraction Alveolar Ridge Preservation: Biological Basis and Treatments. *International Journal of Dentistry*, 2012, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2012/151030>

Papathanasiou, I., Georgios, V., Baltiras, S., & Zouloumis, L. (2014). Ridge splitting technique for horizontal augmentation and immediate implant placement. *Balkan Journal of Dental Medicine*, 18(3), 41–47. <https://doi.org/10.1515/bjdm-2015-0007>

Parithimarkalaignan, S., & Padmanabhan, T. V. (2013). Osseointegration: An Update. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 13(1), 2–6. <https://doi.org/10.1007/s13191-013-0252-z>

Penarrocha-Diago, Ma., Penarrocha-Diago, M., Sanchez-Recio, C., Penarrocha-Oltra, D., & Romero-Millan, J. (2012). Osteotomy in direct sinus lift. A comparative study of the rotary technique and ultrasound. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e457–e461. <https://doi.org/10.4317/medoral.17599>

Pénzes, D., Simon, F., Mijiritsky, E., Németh, O., & Kivovics, M. (2020). A Modified Ridge Splitting Technique Using Autogenous Bone Blocks—A Case Series. *Materials*, 13(18), 4036. <https://doi.org/10.3390/ma13184036>

Podaropoulos, L. (2017). Increasing the stability of dental implants: The concept of osseodensification. *Balkan Journal of Dental Medicine*, 21(3), 133–140. <https://doi.org/10.1515/bjdm-2017-0023>

Raikar, S., Talukdar, P., Kumari, S., Panda, S., Oommen, V., & Prasad, A. (2017). Factors affecting the survival rate of dental implants: A retrospective study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 7(6), 351. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_380_17

Reddy, G. V. K. M., Vamsi Krishna, C. H., Lakshmi, S., Aditya, V., Sekhar, N. C., & Shastry, Y. M. (2014). Evaluation of Bone Density Around the Implants Placed Using Drilling Technique and Bone Expansion Technique: An In vivo Study. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 14(2), 172–178. <https://doi.org/10.1007/s13191-013-0304-4>

Resnik, R. (2020). *Misch's Contemporary Implant Dentistry E-Book*. Elsevier Health Sciences.

- Roberts, T. T., & Rosenbaum, A. J. (2012). Bone grafts, bone substitutes and orthobiologics: The bridge between basic science and clinical advancements in fracture healing. *Organogenesis*, 8(4), 114–124. <https://doi.org/10.4161/org.23306>
- Romanos, G., Fischer, G., & Delgado-Ruiz, R. (2021). Titanium Wear of Dental Implants from Placement, under Loading and Maintenance Protocols. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1067. <https://doi.org/10.3390/ijms22031067>
- Sachdeva, A., Dhawan, P., & Sindwani, S. (2016). Assessment of Implant Stability: Methods and Recent Advances. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 12(3), 1–10. <https://doi.org/10.9734/BJMMR/2016/21877>
- Samieirad, S., Soofizadeh, R., Shokouhifar, A., & Mianbandi, V. (2019). A Two-step Method for the Preparation of Implant Recipient Site in Severe Atrophic Maxilla: A Case Report of the Alveolar Ridge Split Technique Followed by Bone Expansion. 6.
- Schär, M. O., Diaz-Romero, J., Kohl, S., Zumstein, M. A., & Nesic, D. (2015). Platelet-rich Concentrates Differentially Release Growth Factors and Induce Cell Migration In Vitro. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 473(5), 1635–1643. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4192-2>
- Scipioni, A., Bruschi, G. B., & Calesini, G. (1994). The edentulous ridge expansion technique: A five-year study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 14(5), 451–459.
- Sethi, A., & Kaus, T. (2000). Maxillary Ridge Expansion with Simultaneous Implant Placement: 5-Year Results of an Ongoing Clinical Study. 9.
- Shahakbari, R., Eshghpour, M., Mianbandi, V., Pourgonabadi, S., Tohidi, E., Seyedi, S. J., & Samieirad, S. (2020). The Comparison of Utilizing Piezotome and Surgical Disc in Ridge Splitting of Atrophic Edentulous Maxillary Ridge. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 19(3), 374–379. <https://doi.org/10.1007/s12663-019-01253-6>
- Siddiqui, A. A., & Sosovicka, M. (2006). Lateral Bone Condensing and Expansion for Placement of Endosseous Dental Implants: A New Technique. *Journal of Oral Implantology*, 32(2), 87–94. <https://doi.org/10.1563/786.1>

Siddiqui, J. A., & Partridge, N. C. (2016). Physiological Bone Remodeling: Systemic Regulation and Growth Factor Involvement. *Physiology*, 31(3), 233–245. <https://doi.org/10.1152/physiol.00061.2014>

Simion, M., Baldoni, M., & Zaffe, D. (1992). Jawbone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 12(6), 462–473.

Soldatos, N. K., Stylianou, P., Koidou, V. P., Angelov, N., Yukna, R., & Romanos, G. E. (2017). Limitations and options using resorbable versus nonresorbable membranes for successful guided bone regeneration. *Quintessence International*, 48(2), 131–147. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a37133>

Souza, C. S. V., Sá, B. C. M., Goulart, D., Guillen, G. A., Macêdo, F. G. C., & Nóia, C. F. (2020). Split Crest Technique with Immediate Implant to Treat Horizontal Defects of the Alveolar Ridge: Analysis of Increased Thickness and Implant Survival. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 19(4), 498–505. <https://doi.org/10.1007/s12663-020-01332-z>

Starch-Jensen, T., & Becktor, J. P. (2019). Maxillary Alveolar Ridge Expansion with Split-Crest Technique Compared with Lateral Ridge Augmentation with Autogenous Bone Block Graft: A Systematic Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 10(4). <https://doi.org/10.5037/jomr.2019.10402>

Stern, A., & Green, J. (2012). Sinus Lift Procedures: An Overview of Current Techniques. *Dental Clinics of North America*, 56(1), 219–233. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.09.003>

Stocchero, M., Toia, M., Cecchinato, D., Becktor, J., Coelho, P., & Jimbo, R. (2016). Biomechanical, Biologic, and Clinical Outcomes of Undersized Implant Surgical Preparation: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(6), 1247–1263. <https://doi.org/10.11607/jomi.5340>

Summers, R. B. (1994). A new concept in maxillary implant surgery: The osteotome technique. *Compendium (Newtown, Pa.)*, 15(2), 152, 154–156, 158 passim; quiz 162.

Swami, V., Vijayaraghavan, V., & Swami, V. (2016). Current trends to measure implant stability. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 16(2), 124. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.176539>

Szulc, P. (2018). Bone turnover: Biology and assessment tools. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 32(5), 725–738. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2018.05.003>

Szulc, P., & Douglas, C. B. (2013). *Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470623992>

Tolstunov, L., Hamrick, J. F. E., Broumand, V., Shilo, D., & Rachmiel, A. (2019). Bone Augmentation Techniques for Horizontal and Vertical Alveolar Ridge Deficiency in Oral Implantology. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 31(2), 163–191. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.01.005>

Tolstunov, L., & Hicke, B. (2013). Horizontal Augmentation Through the Ridge-Split Procedure: A Predictable Surgical Modality in Implant Reconstruction. *Journal of Oral Implantology*, 39(1), 59–68. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-12-00112>

Tsai, C.-F., Pan, W.-L., Pan, Y.-P., Chan, C.-P., Ju, Y.-R., Wang, Y.-M., Lin, C.-Y., & Chang, C.-C. (2020). Comparison of 4 sinus augmentation techniques for implant placement with residual alveolar bone height ≤ 3 mm. *Medicine*, 99(46), e23180. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023180>

Venkatesh, E., & Elluru, S. V. (2017). CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY: BASICS AND APPLICATIONS IN DENTISTRY. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(0). <https://doi.org/10.17096/jiufd.00289>

Vercellotti, T. (2000). Piezoelectric surgery in implantology: A case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 20(4), 358–365.

Vercellotti, T. (2004). Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatologica*, 53(5), 207–214.

Waechter, J., Leite, F. R., Nascimento, G. G., Carmo Filho, L. C., & Faot, F. (2017). The split crest technique and dental implants: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(1), 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2016.08.017>

Wang, W., & Yeung, K. W. K. (2017). Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioactive Materials*, 2(4), 224–247. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2017.05.007>

Wessing, B., Lettner, S., & Zechner, W. (2018). Guided Bone Regeneration with Collagen Membranes and Particulate Graft Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(1), 87–100. <https://doi.org/10.11607/jomi.5461>

Xie, Y., Li, S., Zhang, T., Wang, C., & Cai, X. (2020). Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: Current application and progress. *International Journal of Oral Science*, 12(1), 37. <https://doi.org/10.1038/s41368-020-00107-z>

Yuan, X., Pei, X., Zhao, Y., Li, Z., Chen, C. H., Tulu, U. S., Liu, B., Van Brunt, L. A., Brunski, J. B., & Helms, J. A. (2018). Biomechanics of Immediate Postextraction Implant Osseointegration. *Journal of Dental Research*, 97(9), 987–994. <https://doi.org/10.1177/0022034518765757>

Zakrzewski, W., Dobrzynski, M., Rybak, Z., Szymonowicz, M., & Wiglusz, R. J. (2020). Selected Nanomaterials' Application Enhanced with the Use of Stem Cells in Acceleration of Alveolar Bone Regeneration during Augmentation Process. 29.

Zanetti, E. M., Pascoletti, G., Cali, M., Bignardi, C., & Franceschini, G. (2018). Clinical Assessment of Dental Implant Stability During Follow-Up: What Is Actually Measured, and Perspectives. *Biosensors*, 8(3), 68. <https://doi.org/10.3390/bios8030068>

Zhao, R., Yang, R., Cooper, P. R., Khurshid, Z., Shavandi, A., & Ratnayake, J. (2021). Bone Grafts and Substitutes in Dentistry: A Review of Current Trends and Developments. *Molecules*, 26(10), 3007. <https://doi.org/10.3390/molecules26103007>