



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**REGENERAÇÃO ÓSSEA NO DESENVOLVIMENTO DO LOCAL
IMPLANTAR**

Trabalho submetido por
Fayza Maraqa
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

novembro de 2019



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**REGENERAÇÃO ÓSSEA NO DESENVOLVIMENTO DO LOCAL
IMPLANTAR**

Trabalho submetido por
Fayza Maraqa
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Moura

novembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Envio meus sinceros agradecimentos ao meu orientador de tese, o professor Doutor Pedro Moura, que me acompanhou ao longo deste ano auxiliando-me na minha pesquisa, dando-me sempre apoio e encorajamento. Obrigado pelo seu contínuo incentivo, confiança e sua disponibilidade.

Quero agradecer ao Instituto Universitário Egas Moniz e aos docentes que me permitiu de ter uma formação de qualidade para a prática da medicina dentária e por toda a oportunidade de aprendizagem tanto a nível científico como disciplinar. A todos os professores, que foram um guia e uma inspiração.

Para aqueles que amo, Tasnim, Mohamed, Alla, Montaha que estão sempre presentes no meu coração.

Para minhas amigas, Tess e Anais, que estiveram ao meu lado durante esta fase, pelo companheirismo, força e apoio em todos os momentos.

Finalmente, meus agradecimentos especiais a minha mãe e pai por sempre lutarem pelos meus sonhos, por estarem presentes nos momentos bons e nos menos bons e por todo o apoio e amor que me deram. Espero continuar a deixar-vos orgulhosos.

RESUMO

O sucesso da terapia com implantes depende da obtenção de uma posição tridimensional ideal do implante, dentro das dimensões ósseas disponíveis, com o objetivo de alcançar um perfil de emergência adequado à restauração final, sendo o apoio ósseo fundamental.

Portanto, o conhecimento dos mecanismos de reabsorção óssea pós-extração é essencial para o planejamento do tratamento.

Existem e são descritas diferentes estratégias de preservação do rebordo ósseo para minimizar a reabsorção óssea após a extração dentária e otimizar a disponibilidade de volume ósseo, bem como reduzir a necessidade de procedimentos de aumento ósseo.

Mas os defeitos podem ser tão severos que a colocação do implante pode ser difícil ou impossível sem o uso de procedimentos de regeneração óssea.

O aumento ósseo prévio ou simultâneo com a colocação do implante pode permitir uma melhor posição do implante.

Se após o diagnóstico o defeito tiver sido classificado, será mais fácil selecionar a técnica cirúrgica mais apropriada para tratar o defeito. Os métodos atuais mais eficazes para modelar a arquitetura óssea essencial para apoiar a reabilitação do implante têm em conta a extensão da insuficiência óssea, bem como sua situação anatômica. Muitas técnicas foram descritas para o aumento do rebordo ósseo: aposição óssea de enxerto, regeneração óssea guiada, distração e expansão da crista.

As principais técnicas serão descritas com o objetivo de definir os benefícios e limitações de cada uma, de comparar a sua eficiência, e orientar o clínico para a técnica cirúrgica mais adequada para cada caso.

Palavras-chaves: Regeneração óssea, local implantar, aumento ósseo, enxerto ósseo.

ABSTRACT

The success of implant therapy depends on obtaining an ideal three-dimensional position of the implant within the available bone dimensions in order to achieve a suitable emergency profile for the final restoration; bone support is critical.

Therefore, knowledge of the mechanisms of post-extraction bone resorption is essential for treatment planning.

There are different bone preservation strategies described to minimize bone resorption after tooth extraction and optimize bone volume availability, as well as reduce the need for bone augmentation procedures.

But defects can be so severe that implant placement can be difficult or impossible without the use of bone regeneration procedures.

Bone augmentation before or simultaneously with implant placement may allow a better implant position.

Once a defect has been classified following the diagnosis, it will be easier to select the most appropriate surgical technique to treat the defect. Currently the most effective methods for modeling the essential bone architecture to support implant rehabilitation take into account the extent of bone insufficiency as well as its anatomical situation. Many techniques have been described to increase the bony ridge: bone graft apposition, guided bone regeneration, distraction, ridge expansion.

The main techniques will be described, with the objective of defining the benefits and limitations of each technique and comparing their efficiency.

In order to guide the practitioner to the most suitable surgical technique for each case.

Keywords: Bone regeneration, implant site, bone augmentation, bone graft.

Índice geral

<i>Índice de tabelas</i>	6
INTRODUÇÃO	9
DESENVOLVIMENTO	11
I. Fisiologia óssea	11
1.1 Desenvolvimento ósseo	11
1.2 Composição do osso	11
1.3 O metabolismo ósseo modelagem e remodelação.....	11
1.4 Estrutura e função da maxila.....	12
1.5 Estrutura e função da mandíbula	12
2. A cicatrização de feridas após extração dentária	13
2.1 Alterações dimensionais após a extração dentária.....	13
2.2 Prevenção da perda óssea; técnicas de preservação da crista.....	14
2.2.1 Fatores que influenciam o grau de alterações dimensionais	15
2.2.2 Extração de dentes sem retalho	15
2.2.3 Manutenção da raiz.....	16
2.2.4 Enxerto do alvéolo	16
3. Classificação de diferentes tipos de defeitos ósseos	17
3.1 Classificação óssea em relação à qualidade	17
3.2 Classificação óssea em relação à quantidade de osso.....	18
3.3 Importância das dimensões ósseas em relação ao posicionamento do implante	20
3.3.1 Na área estética.....	21
3.3.2 Posição e angulação do implante.....	22
4. Técnicas de regeneração óssea	23
4.1 Regeneração óssea por enxerto	23
4.2 Tipos de materiais de enxerto ósseo	24
4.2.1 Autoenxerto.....	24
4.2.2 Aloenxerto	28
4.2.3 Xenoenxerto	28
4.2.4 Enxertos aloplásticos.....	29
4.2.5 Enxerto composto	29
4.2.6 Agente osteoativo.....	29
4.2.7 Factores de crescimento	30
4.3 Incorporação de enxerto ósseo.....	31
4.3.1 Descorticalização do osso a fim de promover a angiogénese.	32
4.3.2 Forma de incorporação do enxerto no local receptor.....	33
4.4 Comparação dos tipos de enxertos.....	34
5. Descrição das diferentes técnicas de regeneração óssea	37
5.1 Regeneração óssea guiada.....	37
5.1.1 Descrição de membranas	39

5.1.2	Vantagens da GBR	44
5.1.3	Desvantagens da GBR	44
5.2	Enxertos de blocos aposicionais	45
5.2.1	Indicações	45
5.2.2	Técnica	45
5.2.3	Vantagens dos enxertos em bloco	47
5.2.4	Desvantagens dos enxertos em bloco	47
5.2.5	Resultados clínicos na literatura	48
5.3	Enxerto interposto	48
5.3.1	Indicação	48
5.3.2	Técnica	49
5.3.3	Vantagens do enxerto de interposição	50
5.3.4	Desvantagens do enxerto de interposição	50
5.3.5	Resultados clínicos na literatura	50
5.4	Levantamento do pavimento do seio maxilar.	51
5.4.1	Indicações	51
5.4.2	Técnica cirúrgica	52
5.4.3	Vantagens	52
5.4.4	Desvantagens	52
5.4.5	Resultados clínicos na literatura	53
5.5	Técnicas de expansão da crista alveolar.	53
5.5.1	Indicações	53
5.5.2	Técnica	54
5.5.3	Desvantagens	55
5.5.4	Complicações	55
5.5.5	Resultados clínicos na literatura	56
5.6	Distração osteogênica	56
5.6.1	Indicações	56
5.6.2	Técnica	57
5.6.3	Vantagens	58
5.6.4	Desvantagens	59
5.7.1	Vantagens	62
5.7.2	Desvantagens	62
5.8	A troca ortodôntica do local implantar	62
6.	<i>Alternativas às técnicas de aumento ósseo</i>	63
6.1	Implantes curtos	63
6.2	O implante zigomático	65
6.3	Lateralização do nervo alveolar inferior	66
7.	<i>Comparação da eficácia das diferentes técnicas de aumento ósseo</i>	67
7.1	Ganho ósseo antes da colocação do implante	67
7.1.1	Distração osteogênica	67
7.1.2	Regeneração óssea guiada	67
7.1.3	Enxertos de blocos	68
7.2	Sobrevivência e sucesso do implante	68
7.2.1	Distração osteogênica	69
7.2.2	Regeneração óssea guiada	69
7.2.3	Enxertos de blocos	70

7.3	Complicações	70
7.3.1	Distração osteogênica	70
7.3.2	Regeneração óssea guiada.....	70
7.3.3	Enxertos de blocos	71
7.4	Estudos comparativos	71
7.4.1	Comparação entre a técnica de distração e regeneração óssea guiada.....	71
7.4.2	Comparação entre a técnica de expansão da crista e regeneração óssea guiada.	72
7.4.3	Comparação entre a técnica de enxerto de aposição e regeneração óssea guiada.	72
7.4.4	Comparação entre a técnica de enxerto de aposição e enxerto interpositional.....	73
7.4.5	Comparação entre a técnica de separação do rebordo alveolar e o enxerto ósseo autólogo de aposição.....	74
7.4.6	Comparação entre a técnica de distração alveolar e o enxerto ósseo autólogo de aposição.	74
8.	<i>Existe algum procedimento melhor?</i>	77
9.	<i>Guias da árvore de decisão para o aumento alveolar.....</i>	79
9.1	Avaliação do paciente e planeamento do tratamento.....	79
9.2	Perspectivas dos pacientes sobre o tipo de enxerto:.....	80
9.3	O tamanho e a morfologia do defeito ósseo.....	82
9.4	Aumento ósseo na dimensão horizontal	82
9.5	Aumento ósseo na dimensão vertical	84
	<i>CONCLUSÃO</i>	89
	<i>Bibliografia</i>	91

Índice de Figuras

Figura 1-Kit Exo Safe d’Anthogyr -2-Insertos de piezocirurgia 3-Benex extractor adaptado de Marie-alphonsine <i>et al.</i> , (2018).....	15
Figura 2 Classificação óssea segundo Lekholm e Zarb (1985) (adaptado de Misch,2015)	17
Figura 4 Chiappasco classificação dos defeitos osseos (adaptado de Chiappasco, 2018).	19
Figura 5 Imagem 3D de uma membrana colocada sobre um defeito e seguindo o princípio GBR (adaptado de Dr. Pardiñas López, 2016)	37
Figura 6 Imagem 3D de uma membrana colocada sobre um defeito e seguindo o princípio GBR (Adaptada de Dr. Pardiñas López, 2016)	45
Figura 7 Imagem 3D representando uma osteotomia vertical na mandíbula com um enxerto de embutimento interposicional (Adaptada de Dr. Pardiñas López, 2016).....	49
Figura 8 Abordagem da janela lateral para aumento do seio, adaptado de Kumar (2015)	51
Figura 9 Imagem 3D representando a técnica de exapansão da crista alveolar (adaptado de Dr. Pardiñas López, 2016)	53
Figura 10 Imagem 3D representando a técnica de distração osteogênica e o dispositivo distrator (adaptado de Dr. Pardiñas López, 2016)	56
Figura 11 Árvore de decisão para um aumento na dimensão horizontal.....	83
Figura 12 Técnica para aumento ósseo na dimensão vertical (Elnayef <i>et al.</i> , 2017).....	84
Figura 13 Árvore de decisão para um aumento na dimensão vertical.....	87

Índice de tabelas

Tabela1 Complicações da distração osteogênica.....	61
--	----

Lista de Abreviaturas

ARP : preservação do rebordo alveolar

BMP : proteínas morfogenéticas ósseas

d-PTFE : Politetrafluoroetileno de alta densidade

DFDBA: Aloenxerto de osso liofilizado e desmineralizado

e-PTFE : Politetrafluoroetileno expandido

FDBA: Aloenxerto de osso liofilizado

GBR : Regeneração óssea guiada

GTR regeneração tecidual guiada

PDGF-BB: factor de crescimento derivado de plaquetas-BB

PGAs : poliglicólidos

PLAs : polilactídeos

rhBMPs : proteína morfogenética óssea recombinante humana tipo-2

INTRODUÇÃO

Atualmente, a implantologia dentária ocupa uma parte integrante da nossa abordagem terapêutica para reabilitar o edentulismo parcial ou completo. Uma reabilitação dentária é, ao mesmo tempo, uma reabilitação funcional, estética e social. A implantologia, através do uso de implantes endo-ósseos dispostos cirurgicamente, destina-se a compensar a insuficiência funcional ou estética (Aghaloo, Tencati & Hadaya, 2019).

Contudo, um requisito principal para a osseointegração e o sucesso subsequente do implante é a quantidade e a qualidade do osso alveolar no local implantar (Budihardja & Kallmann, 2019).

No entanto, as condições locais podem ser desfavoráveis à colocação direta de implantes.

Em particular, um déficit na altura e largura do rebordo pode dificultar ou mesmo impossibilitar a colocação do implante devido ao volume ósseo insuficiente para integrar implantes de dimensões adequadas (Hameed, Ghafoor & Khan, 2019). Portanto a falta de tecido ósseo adequado e a proximidade de importantes estruturas anatômicas (como o seio maxilar e o nervo alveolar inferior) são os problemas mais frequentemente observados no local da colocação de implantes (Ceccarelli, Presta, Benedetti, Cusella De Angelis, Lupi & Rodriguez, Baena, 2017).

De facto, condições desfavoráveis, tais como extrações traumáticas, traumatismo dentário e edentulismo prolongado, especialmente se as técnicas de preservação não forem realizadas, submetem o osso alveolar a um processo contínuo de reabsorção, comprometendo o volume e a qualidade do osso residual (Chappuis, Araújo & Buser, 2016; Al Yafi, Alchawaf & Nelson, 2019).

No entanto, o restabelecimento da função oral das cristas alveolares atroficas ainda permanece um desafio na implantologia oral. Os procedimentos de aumento ósseo são frequentemente indicados para permitir a colocação do implante numa posição tridimensional ideal para obter uma função de longo prazo e um resultado estético previsível para restaurações protéticas (Sakkas, Wilde, Heufelder, Winter & Schramm, 2017).

A história da perda óssea alveolar bem como a localização e a extensão dos defeitos resultantes determinam geralmente a necessidade e a estratégia para o reparo dos defeitos (Tolstunov, 2019). Assim sendo, a realização desta monografia tem como principais objetivos apresentar as diferentes técnicas suas vantagens e desvantagens.

Finalmente, com base em material de apoio, vamos confrontar as diferentes técnicas em termos de eficácia, indicações e riscos, a fim de orientar o clínico sobre as terapias mais adequadas ao objetivo de reabilitação do caso clínico.

DESENVOLVIMENTO

I. Fisiologia óssea

1.1 Desenvolvimento ósseo

Durante a embriogênese, o esqueleto forma-se por um processo de ossificação endocondral ou intramembranosa.

No caso da mandíbula e da maxila, as células progenitoras mesenquimais condensam e sofrem diferenciação direta em osteoblastos, um processo conhecido como osteogênese intramembranosa.

O osso alveolar perdido como resultado de uma doença, ou o trauma sofre um processo de reparo que é essencialmente uma combinação de processos osteogênicos endocondrais e intramembranosos (Lopes, Martins-Cruz, Oliveira & Mano, 2018).

1.2 Composição do osso

O osso é um tecido conjuntivo especializado, com uma matriz composta de elementos orgânicos e inorgânicos. Matriz orgânica sintetizada pelos osteoblastos compõe aproximadamente 30-35% do peso total do osso e é formada por 85–90% de colagénio tipo I e os 10%. Dentro das fibras de colagénio, a nucleação mineral ocorre na forma de íons de cálcio e fosfato que são depositados e, por fim, formam cristais de hidroxiapatita (Lopes *et al.*, 2018).

Dentro do osso, diferentes componentes celulares podem ser identificados; células precursoras osteogênicas, osteoblastos (responsáveis pela formação óssea), osteoclastos (responsáveis pela reabsorção óssea), osteócitos (resultam da diferenciação dos osteoblastos) e elementos hematopoiéticos da medula óssea (Lopes *et al.*, 2018).

1.3 O metabolismo ósseo modelagem e remodelação

O osso é um tecido altamente dinâmico que tem a capacidade de se adaptar às necessidades fisiológicas ao longo da vida. O osso ajusta as suas propriedades mecânicas

de acordo com os requisitos metabólicos e mecânicos. Assim, o mecanismo de adaptação esquelética é executado principalmente por processos de reabsorção óssea pelos osteoclastos e formação óssea pelas células osteoblásticas e é referido como remodelação óssea. A remodelação ocorre durante a cicatrização óssea e também durante o processo de osseointegração (Barbosa & Carroquino 2016).

1.4 Estrutura e função da maxila.

A maxila tem um papel fundamental na arquitetura facial, uma localização central e fornece suporte estrutural para o viscerocranium. É um osso par em forma de pirâmide, que conecta-se com estruturas faciais circundantes através de quatro processos: alveolar, frontal, zigomático e palatino (Soriano & Das, 2019).

Cada corpo contém uma cavidade no centro, o seio maxilar. Tem uma forma piramidal, estende-se desde os pré-molares, até aproximadamente o terceiro molar sendo o seu ponto mais baixo na área do primeiro molar (Soriano & Das, 2019).

O suprimento de sangue para a maxila é via ramos da artéria maxilar, ramo terminal da artéria carótida externa.

A inervação sensitiva da maxila é através do nervo maxilar quem constitui o segundo ramo do nervo trigêmeo (Soriano & Das, 2019).

1.5 Estrutura e função da mandíbula

A mandíbula é um osso móvel que auxilia na mastigação. A mandíbula é composta do corpo e do ramo. O corpo é uma porção curvada horizontalmente. Os ramos são dois processos verticais localizados em ambos os lados do corpo.

O processo coronoide e o processo condiloide localizados na parte superior do ramo articulam-se com o osso temporal para criar a articulação temporomandibular que permite a mobilidade (Breeland & Patel, 2018).

O suprimento de sangue para a mandíbula é feito através de vasos periosteais para o ramo (artéria alveolar inferior) e endosteais para o corpo.

A mandíbula é innervada pelo nervo alveolar inferior (Breeland & Patel, 2018).

2. A cicatrização de feridas após extração dentária

A cicatrização dos alvéolos dentários ocorre através de vários processos, incluindo formação de um coágulo, formação de tecido de granulação, reepitelização, substituição do tecido de granulação por tecido conjuntivo e formação óssea.

Nos primeiros minutos após a extração dentária, forma-se um coágulo sanguíneo constituído por eritrócitos e plaquetas que ficam presos em uma matriz fibrosa no interior do alvéolo de extração (Jamjoom & Cohen, 2015).

O coágulo é substituído pelo tecido de granulação e um novo tecido conjuntivo altamente vascularizado, começa-se a formar após 48 horas e terminando no sétimo dia.

O tecido de granulação é totalmente substituído por tecido conjuntivo em cerca de um mês. Concomitantemente, a reepitelização inicia-se após quatro dias e completa-se em torno de seis semanas, dependendo do local do dente extraído.

Após seis semanas, as células osteogênicas da região apical e das paredes da cavidade migram para o tecido de granulação em desenvolvimento, diferenciam-se em osteoblastos maduros e iniciam a deposição óssea que será concluída em 4 a 6 meses (Jamjoom & Cohen, 2015; Schnutenhaus, Doering, Dreyhaupt, Rudolph & Luthardt, 2018).

2.1 Alterações dimensionais após a extração dentária

O osso alveolar constitui a estrutura mais lábil do periodonto, sujeito ao processo contínuo de remodelação, devido à sua alta sensibilidade a estímulos mecânicos externos. Assim, na presença ou ausência de forças geradas, a dentição natural influencia a «quantidade» óssea, bem como a «qualidade».

Nos humanos, alterações dimensionais caracterizam-se pela diminuição do volume de tecido ósseo alveolar. A perda parcial ou completa da arcada dentária leva invariavelmente à perda óssea no rebordo alveolar. A atrofia do rebordo induzida pelo edentulismo segue certos padrões, tipicamente reduzindo a espessura do rebordo antes da sua altura.

A perda óssea tem sido relatada como causadora de uma redução da largura da crista de até 50% durante o primeiro ano após a perda dentária na zona dos pré-molares

e molares, onde dois terços das mudanças totais ocorrem nos primeiros 3 meses após a extração (Chappuis *et al.*, 2016; Sheikh, Sima, & Glogauer, 2015).

Se não se garante nenhum tratamento para restaurar a dentição, então a perda óssea continuada ocorre e até 40% a 60% do volume da crista é perdido nos primeiros três anos (Sheikh *et al.*, 2015).

Durante o período de cicatrização pós-extração, as mudanças médias ponderadas mostram uma perda clínica em largura (de 3,8mm) maior que a perda em altura, avaliada clinicamente (1,2mm) nos primeiros 6 meses após a extração dentária (Schnutenhaus *et al.*, 2018).

A redução da dimensão vestibular e apicocoronal da crista alveolar, comumente observada após a extração dentária, pode ser explicada pela fisiologia, segundo a qual a manutenção da anatomia óssea requer um certo estímulo diário de *stress*, tensão (Hansson & Halldin, 2012).

A extensão da perda óssea após a extração parece depender de fatores como espessura da parede óssea vestibular, angulação do dente e outras diferenças na anatomia nos vários locais do dente (Chappuis *et al.*, 2016).

A região do dente tem um efeito importante na degeneração do osso alveolar. Por exemplo, a degeneração óssea vestibular após procedimentos de extração dentária sem medidas de tratamento concomitantes foi 5,7 vezes mais pronunciada nos dentes anteriores do que nos pré-molares (Schnutenhaus *et al.*, 2018).

A atrofia do rebordo induzida por edentulismo segue certos padrões. A maxila sofre reabsorção centrípeta (a parede cortical vestibular da cavidade dentária desaparece antes do palato) enquanto a reabsorção mandibular é centrífuga (a parede lingual desaparece antes da vestibular). As relações intermaxilares sagital e axial são, portanto, modificadas (Tolstunov, 2016).

2.2 Prevenção da perda óssea; técnicas de preservação da crista

O objetivo é prevenir a perda óssea e limitar a necessidade de futura reconstrução do volume perdido.

2.2.1 Fatores que influenciam o grau de alterações dimensionais

As alterações dimensionais pós-extração ocorrem inevitavelmente devido à reabsorção do osso alveolar; uma estrutura dependente do dente e de fatores relacionados, como falta de estímulo funcional e falta de suprimento sanguíneo e também devido ao desaparecimento do ligamento periodontal. Diversas técnicas cirúrgicas têm o potencial de modular o grau dessas inevitáveis mudanças, como a extração de dentes sem retalho, a preservação do rebordo e a colocação imediata do implante (Chappuis *et al.*, 2016; Al Yafi, Alchawaf & Nelson K, 2019; Louis & Sittitavornwong, 2019).

2.2.2 Extração de dentes sem retalho

A extração dentária é um procedimento invasivo, uma vez que perturba as estruturas vasculares e danifica os tecidos moles e o ligamento periodontal associado. A extração de um dente sem retalho é importante para evitar a reabsorção óssea adicional da superfície óssea relacionada com a elevação do retalho mucoperiosteal (Chappuis *et al.*, 2016; Al Yafi *et al.*, 2019).

Demonstrou-se que a extração de dentes sem retalho reduz a perda óssea na fase inicial da cicatrização por 4 a 8 semanas após a extração, comparado com retalhos de espessura total. A extração em si deve ser realizada sem aplicar força em direção à parede óssea vestibular fina. Vários novos instrumentos cirúrgicos e abordagens estão disponíveis para promover a extração de dentes com baixo trauma, tais como periotomos, piezocirurgia e dispositivos de extração de dentes verticais (figura 1).

Se essas técnicas não forem aplicáveis, recomenda-se o seccionamento do dente paralelamente ao longo do eixo da raiz na direção linguo-vestibular, a fim de minimizar a pressão na parede óssea vestibular e possibilitar a remoção dos fragmentos radiculares separadamente (Chappuis *et al.*, 2016; Louis & Sittitavornwong, 2019).



Figura 1-Kit Exo Safe Anthogyr -2-Insertos de piezocirurgia 3-Benex extractor adaptado de Marie-alphonsine *et al.*, (2018)

2.2.3 Manutenção da raiz

A manutenção da raiz até o início do tratamento com implantes é uma abordagem fácil e econômica, pode ser realizado de forma a prevenir perda óssea, mas só pode ser recomendada para raízes sem inflamação aguda ou crônica, cárie ou fratura longitudinal.

Foram realizadas tentativas terapêuticas precoces para prevenir a reabsorção do rebordo alveolar usando-se a retenção de raízes; assim é feita a secção da porção coronária ao nível ósseo. Essa retenção é capaz de reduzir as alterações do rebordo e manter as dimensões do volume ósseo.

No entanto, a retenção de raízes com a colocação simultânea do implante raramente é viável devido a infecção, fratura ou deterioração do dente afetado (Chappuis *et al.*, 2016; Al Yafi *et al.*, 2019).

2.2.4 Enxerto do alvéolo

O enxerto do alvéolo ganhou popularidade nos últimos anos devido à sua atratividade conceptual. Uma grande variedade de biomateriais tem sido usada e testada em vários estudos, incluindo osso autólogo, substitutos ósseos (aloenxertos, xenoenxertos e enxertos aloplásticos), produtos autólogos derivados de sangue e agentes bioativos.

O encerramento do tecido mole do alvéolo de extração combinado com o uso de biomateriais com baixa taxa de substituição é aconselhável, pois isso parece reter o volume de tecido no local (Chappuis *et al.*, 2016; Schnutenhaus *et al.*, 2018; Al Yafi *et al.*, 2019; Louis & Sittitavornwong, 2019).

Medidas adequadas de preservação do rebordo alveolar (ARP) como a inserção de um material combinado contendo colagénio e uma membrana levaria a uma significativamente menor reabsorção óssea alveolar. Num estudo de Schnutenhaus feita em 2018, ambos os grupos ARP e controlo mostraram uma redução do osso na área alveolar após a extração dentária. No entanto, a mediana da redução óssea foi de 1,18 mm no grupo ARP e de 5,06 mm no grupo controlo (Schnutenhaus *et al.*, 2018).

Essas técnicas de preservação permitem reduzir a reabsorção óssea, o que é benéfico, pois o volume ósseo é essencial para a osteointegração (Pelegrine *et al.*, 2018).

3. Classificação de diferentes tipos de defeitos ósseos

3.1 Classificação óssea em relação à qualidade

Lekholm e Zarb em 1985 explicam o sistema de classificação do osso da com base na sua aparência radiográfica e na resistência à perfuração; a qualidade óssea foi classificada em quatro categorias (Figura 2):

Tipo 1: osso em que quase todo o osso é composto de osso compacto homogêneo;

Tipo 2: osso em que uma espessa camada de osso compacto envolve um núcleo de osso trabecular denso;

Tipo 3: osso em que uma fina camada de osso cortical envolve um núcleo de osso trabecular denso;

Tipo 4: caracteriza-se como uma fina camada de osso cortical ao redor de um núcleo de osso trabecular de baixa densidade de baixa resistência.

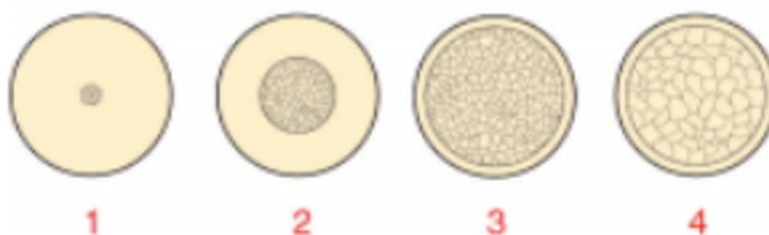


Figura 2 Classificação óssea segundo Lekholm e Zarb (1985) (adaptado de Misch, 2015)

Essas diferenças na qualidade dos ossos podem estar associadas a diferentes áreas da anatomia no maxilar superior e inferior. A mandíbula geralmente tem corticais mais densas que o maxilar, ambos tendem a diminuir a sua espessura cortical e aumentar a sua porosidade trabecular conforme se avança posteriormente (Tolstunov, 2016).

Classificação actualizada de Misch (2015)

Misch classifica o osso pela sua densidade; estas cinco densidades macroscópicas são as cinco categorias de osso descritas (D1, D2, D3, D4 e D5) das mais densas às menos densas, localizadas nas áreas desdentadas da maxila e mandíbula (Misch, Jensen, Pikos & Malmquist, 2015).

A densidade óssea pode ser determinada pela localização geral, pelo senso tátil durante a cirurgia ou pela avaliação radiográfica computadorizada.

Densidade 1: Um osso cortical denso compacto.

Este osso é muito denso. É altamente mineralizado e pode, portanto, suportar pressões significativas. A escassez de vasos sanguíneos nesse tipo de osso leva à vascularização pelo periósteo, o que requer durante a intervenção uma preservação máxima do mesmo.

Densidade 2: Um osso cortical denso com trabeculação solta.

Este osso é uma combinação de osso cortical compacto poroso no osso externo e osso trabecular solta por dentro. Este é o tipo de osso mais favorável para a colocação de implantes; encontra-se ao nível da sínfise do mento e da parte posterior da mandíbula.

Densidade 3: Um osso cortical fina com trabeculações finas.

A cortical, bastante fina, está associado ao osso esponjoso com trabeculações finas. Encontra-se localizado no nível anterior e posterior da maxila e, às vezes, nas áreas posteriores da mandíbula.

Densidade 4: osso sem cortical com trabeculações finas.

Este osso é frequentemente encontrado em áreas posteriores de desdentados maxilares. Geralmente as cristas são largas, mas de altura reduzida.

Densidade 5:

Um osso muito macio, com mineralização incompleta e grandes espaços intratrabeculares. Este tipo de osso é encontrado frequentemente no osso imaturo de um local de enxerto ósseo em desenvolvimento.

3.2 Classificação óssea em relação à quantidade de osso

A classificação de HAC (*Horizontal Alveolar Changes*) foi idealizada pelos autores deste artigo (Pelegri *et al.*, 2018) de acordo com defeitos ósseos horizontais, tanto na maxila quanto na mandíbula.

O HAC é dividido em quatro categorias principais definidas de acordo com o aspecto morfológico do osso residual, avaliado por imagens de tomografia computadorizada. As categorias são definidas segundo o grau de reabsorção óssea, a necessidade ou não de reconstrução, e em quanto estágio o abordagem cirúrgico é feito.

A Classificação de Colônia para defeitos alveolares foi proposta para abordar a morfologia do defeito bem como as necessidades de aumento. Nessa classificação, um defeito de crista é descrito como horizontal, vertical ou combinado. A relação entre a região do defeito e o aumento pode ser classificada como interna (dentro do contorno ósseo) ou externa (fora do contorno ósseo). Essa distinção é importante, pois os defeitos ósseos verticais no interior do contorno ósseo são muito mais fáceis de reconstruir do que o aumento fora do contorno ósseo. Os defeitos intra-ósseos têm maior capacidade

regenerativa, com melhor manutenção do espaço, e a cobertura dos tecidos moles é mais facilmente alcançada (Misch *et al.*, 2015).

Chiappasco propõe uma classificação de defeitos horizontais de acordo com um protocolo de diagnóstico protético e opções cirúrgicas (Chiappasco & Casentini, 2018). Após um protocolo de diagnóstico adequado orientado pela prótese, deve ser possível classificar um caso clínico numa de quatro classes a fim de promover decisões clínicas.

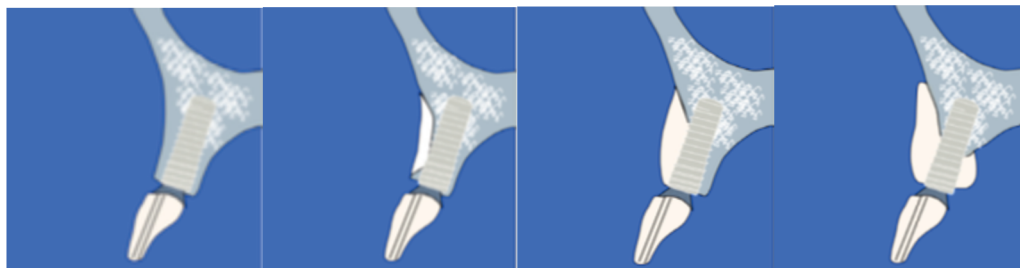


Figura 3 Chiappasco classificação dos defeitos osseos (adaptado de Chiappasco, 2018).

Classe 1: embora a anatomia óssea possa ser ideal para colocar um implante na posição tridimensional correta, um defeito estético ainda pode estar presente. Neste caso, o implante será completamente rodeado por um volume adequado de osso (superior a 1,5-2 mm em cada superfície).

Classe 2: um déficit horizontal moderado está presente. Nesta situação, o implante pode ser colocado na posição correta, mas um procedimento simultâneo de aumento de tecido duro é indicado para garantir um prognóstico favorável a longo prazo.

Classe 3: um déficit horizontal significativo está presente e a anatomia óssea residual não permite que o implante seja colocado em uma posição protética ideal e alcance a estabilidade primária. Após a correção do déficit horizontal, um período de cicatrização adequado deve ser permitido antes da colocação do implante como um procedimento cirúrgico de segunda etapa.

Classe 4: um defeito horizontal e vertical combinado está presente. A correção de defeitos verticais aumenta a complexidade do tratamento e requer o uso de técnicas cirúrgicas mais exigentes (Toledano-Serrabona, Sánchez-Garcés, Sánchez-Torres & Gay-Escoda, 2018; Chiappasco, & Casentini, 2018).

3.3 Importância das dimensões ósseas em relação ao posicionamento do implante

A implantologia contemporânea existe há décadas desde o princípio da osseointegração, estabelecido por Ingvar Branemark. O seu protocolo estabeleceu que é necessário ter volume ósseo, implante estéril e biocompatível, cirurgia atraumática, implante com estabilidade primária e falta de carga funcional durante o período de cicatrização para uma osseointegração bem-sucedida (Pelegrine *et al.*, 2018).

A osseointegração é definida como uma junção anatômica e funcional direta entre o osso vivo remodelado e a superfície do implante.

A colocação de implantes endósseos, portanto, pressupõe a disponibilidade de volume e qualidade óssea que são fatores essenciais, que afetaram o posicionamento, a osseointegração, mas também a taxa de sucesso implantar (Budihardja & Kallmann, 2019).

Na implantologia, somos frequentemente confrontados com a falta de tecido ósseo adequado e a proximidade de estruturas anatômicas importantes. Estes são os problemas observados mais frequentemente no local da implantação (Ceccarelli *et al.*, 2017). Para evitar danos a estruturas anatômicas importantes, a largura e altura óssea disponíveis devem ser medidas com precisão usando radiografias e tomografia computadorizada, para selecionar e posicionar o implante com as dimensões adequadas.

A altura óssea disponível é calculada após a dedução da distância de segurança (2 mm) para as estruturas vitais, por exemplo canal mandibular e seios maxilares. A distância de segurança também deve ser deduzida da altura real do osso (Misch & Resnik, 2017).

Também, a colocação do implante na posição ideal pode ser comprometida pela reabsorção óssea, porque a reabsorção óssea vertical aumenta a distância entre os dois maxilares. A reabsorção pode também causar uma relação sagital desfavorável entre os dois maxilares, porque não ocorre simetricamente em ambos. Restaurar uma relação intermaxilar de classe 1 e corrigir a dimensão vertical é essencial na reabilitação oral (Tolstunov, 2016; Budihardja & Kallmann, 2019).

Uma das regras principais da implantologia é que a cirurgia de colocação de implantes deve ser proteticamente dirigida. Da mesma forma, o procedimento de aumento

ósseo deve seguir precisamente o projeto original da prótese, de acordo com o conceito de "regeneração guiada por prótese" (Chiapasco & Casentini, 2018).

A abordagem de implantação guiada por implante inclui, antes da colocação do implante na posição funcional e estética ideal, uma avaliação tridimensional inicial do local do implante potencial, incluindo o planejamento potencial para o aumento do tecido ósseo (Testori, Weinstein, Scutellà, Wang & Zucchelli, 2018; Chiapasco & Casentini, 2018). É importante definir que é o projeto protético que orienta o procedimento cirúrgico e não o contrário.

Portanto, é necessário determinar, para cada potencial local de implante, um determinado número de critérios ósseos. Estes terão como objectivo avaliar a quantidade de tecido necessário para reconstrução dos defeitos ósseos observados clinicamente, de modo a obter posteriormente volume ósseo compatível com uma posição estável e ideal de restaurações apoiadas por implantes (Chiapasco & Casentini, 2018).

3.3.1 Na área estética

A previsão do resultado estético final é essencial para o sucesso terapêutico.

A chave para o sucesso do tratamento de implantes estéticos e funcionais é a obtenção de relação harmoniosa entre restauração implantossuportada e dentes naturais.

De facto, ao colocar um implante unitário, os dentes naturais servem de referência para a forma, a cor e o eixo.

Para alcançar a reabilitação estética ideal do implante, os seguintes pré-requisitos são considerados essenciais: volume ósseo adequado, posição ideal do implante (mesiodistal, apicocoronal, bucolingual e angulação), tecidos moles peri-implantares estáveis e saudáveis, contornos estéticos de tecido mole e perfil de emergência ideal. O implante deve permitir a colocação de coroas em condições funcionais e estéticas satisfatórias (Kazor, Al-Shammari, Sarment, Misch & Wang, 2004).

Na área estética, colocar o implante na posição correta é essencial para evitar complicações estéticas. Os objetivos são:

- minimizar a reabsorção do osso.
- manter a distância correta entre dentes/implantes adjacentes para preservar o suprimento sanguíneo adequado e manter tecidos saudáveis, duros e moles.
- permitir uma fase protética correta (Testori *et al.*, 2018).

3.3.2 Posição e angulação do implante

O implante deve ser colocado com precisão numa posição tridimensional com o objetivo de alcançar um perfil de emergência adequado para a restauração final. Quando a posição do implante não é precisa, o resultado estético é comprometido.

As diretrizes a seguir auxiliam na obtenção de posicionamento e angulação ideais do implante:

- Um mínimo de 1,5 mm de osso facial deve ser preservado durante a colocação do implante;
- Permitir 1,5mm, no mínimo, de osso entre a plataforma do implante e o dente adjacente;
- Permitir 3 mm de osso entre implantes adjacentes
- A plataforma do implante deve estar localizada entre 3 mm a 4 mm apicalmente à margem gengival ideal (Testori *et al.*, 2018).

Para conseguir colocar o implante tridimensionalmente da maneira correta, muitas vezes, é necessário aumentar o osso.

De facto, nesta análise retrospectiva, (Knöfler, Barth, Graul, & Krampe, 2016) que avalia implantes inseridos com ou sem procedimentos de aumento. Dos 10.158 implantes, 58,2% (5916 implantes) foram inseridos usando um procedimento de aumento. Os procedimentos de aumento são, portanto, muito frequentes, uma vez que são feitos na maioria dos casos de implantação (Knöfler *et al.*, 2016).

O objetivo da regeneração óssea é obter um volume ósseo adequado em largura e altura para a colocação de implantes.

4. Técnicas de regeneração óssea

4.1 Regeneração óssea por enxerto

As ações biológicas induzidas pelos materiais de enxerto ósseo podem ser divididas em três processos de regeneração inter-relacionados: osteogênese, osteocondução e osteoindução (Iviglia, Kargozar & Baino, 2019).

A osteogênese é a formação e o desenvolvimento do osso, mesmo na ausência de células-tronco mesenquimais indiferenciadas locais.

Ocorre quando os osteoblastos vitais originados do material de enxerto ósseo contribuem para o crescimento de osso novo juntamente com a formação óssea (Kumar, Vinitha & Fathima, 2013).

A osteocondução é o processo que fornece uma estrutura bio-inerte ou uma matriz física, adequada para a deposição de um novo osso vindo do osso circundante ou estimula células mesenquimais diferenciadas a crescer ao longo da superfície do enxerto.

Ocorre quando o material de enxerto ósseo serve como um suporte para o crescimento ósseo novo, que é perpetuado pelo osso nativo. Os osteoblastos da margem do defeito utilizam o material de enxerto ósseo como uma estrutura sobre a qual se espalhar e gerar novo osso. No mínimo, um material de enxerto ósseo deve ser osteocondutor (Liu & Kerns, 2014).

Osteoindução é a transformação de células-tronco mesenquimais indiferenciadas em osteoblastos ou condroblastos por meio de fatores de crescimento que existem apenas no osso vivo. Envolve a estimulação das células osteoprogenitoras para se diferenciar em osteoblastos e, em seguida, começa a formação de novo osso. O tipo mais amplamente estudado de mediadores de células osteoindutoras são as BMPs. Um material de enxerto ósseo osteocondutor e osteoindutor não só servirá de base para os osteoblastos existentes, mas também desencadeará a formação de novos osteoblastos, promovendo uma integração mais rápida do material aloplásticos (Liu & Kerns, 2014; Chavda & Levin, 2018).

Os principais tipos de enxertos ósseos são: osso autógeno, aloenxerto, xenoenxerto e aloplasto.

Um suporte ósseo ideal deve ter três características fundamentais: deve ser osteogénico, osteocondutor e osteoindutor (Ceccarelli *et al.*, 2017). Todos os materiais de enxerto possuem um desses mecanismos de ação. Os mecanismos pelos quais os enxertos agem são normalmente determinados pela sua origem e composição.

O osso autógeno, colhido do paciente, forma osso novo por osteogénese, osteoindução e osteocondução.

Os aloenxertos são propriedades osteocondutoras e possivelmente osteoindutoras, mas não são osteogénicos.

Os xenoenxertos / aloplastos são tipicamente apenas osteocondutores (Liu & Kerns, 2014).

4.2 Tipos de materiais de enxerto ósseo

4.2.1 Autoenxerto

Os autoenxertos são colhidos de um local doador no mesmo indivíduo e transplantados para outro local. Os autoenxertos usados na regeneração periodontal podem ser de origem extraoral ou intraoral (Titsinides, Agrogiannis & Karatzas, 2018).

Do ponto de vista biológico, são o melhor material disponível, pois carecem totalmente de imunogenicidade. Eles mantêm a sua viabilidade imediatamente após o transplante, e a falta de imunogenicidade aumenta as hipóteses de incorporação do enxerto no local do hospedeiro (Iviglia *et al.*, 2019).

Além disso, as propriedades osteogénicas, osteoindutoras e osteocondutoras dos autoenxertos frescos são ideais, dada a presença de células osteoprogenitoras, células osteogénicas e fatores de crescimento. Os autoenxertos não apresentam risco associado de transmissão viral; além disso, oferecem suporte estrutural a dispositivos implantados (Oryan, Alidadi, Moshiri & Maffulli, 2014).

É por estas suas propriedades que o enxerto ósseo autógeno, entre os diferentes materiais que podem, permanece como enxerto de escolha (Titsinides *et al.*, 2018).

No entanto, ao osso autógeno apresenta limitações importantes:

- a necessidade de colheita de um sítio cirúrgico secundário que implica cirurgia adicional com maior hipótese de dor no local doador, morbidade e complicações;
- possível reabsorção radicular e anquilose com o uso de enxerto de osso ilíaco fresco quando colocado próximo às raízes;
- a dificuldade de obter uma quantidade suficiente de material de enxerto, especialmente a partir de locais intra-orais.

Estas limitações levaram ao desenvolvimento de aloenxertos e material aloplásticos como materiais de enxerto alternativos ou suplementares (Liu & Kerns, 2014; De Sousa, Lemos, Santiago-Júnior, Faverani, & Pellizzer, 2018).

4.2.1.1 Colheita intraoral do ramo mandibular

Quando uma pequena área de aumento numa dimensão vertical ou horizontal é desejada, o ramo é uma escolha óbvia. A quantidade de osso que pode ser colhida depende da localização do canal mandibular e da forma geral da mandíbula do paciente.

O tamanho médio do enxerto varia de 1 a 2 cm de comprimento e cerca de 1 cm de altura. Os benefícios deste procedimento são a localização aproximada do local de coleta do enxerto para o local receptor, baixa taxa de complicações pós-operatórias e familiaridade com a anatomia associada ao procedimento. Em contraste, as desvantagens da colheita do ramo incluem uma disponibilidade relativamente pequena de osso e o risco de lesão do nervo alveolar inferior e dormência labial associada após o procedimento (Titsnides *et al.*, 2019; Tolstunov, Hamrick, Broumand, Shilo, Rachmiel, 2019).

4.2.1.2 Colheita intraoral do mento

A sínfise produz um bloco de córtex com quantidade medular mínima. No caso da sínfise, as dimensões do enxerto são cerca 2 cm na altura vertical e 6 cm na largura.

Os benefícios para este local da colheita de ossos incluem a localização dentro da cavidade oral e um bloco ósseo com uma curvatura natural.

A desvantagem potencial da colheita da sínfise é a falta de medula esponjosa, lesão do nervo mentoniano e o relativamente pequeno bloco ósseo disponível. Contraindicações para o uso da sínfise para colheita óssea incluem radiação prévia, perda óssea vertical excessiva (Tolstunov *et al.*, 2019).

4.2.1.3 Colheita extraoral da crista ilíaca posterior

A crista ilíaca posterior tem sido uma das fontes mais comuns de osso autógeno para uso em cirurgia oral e maxilofacial. Quando comparado com outros locais de colheita, este enxerto é considerado o padrão ouro em quantidade e qualidade de material de enxerto ósseo. 100 a 150 ml de osso cortical podem ser colhidos com segurança desta região devido à sua espessura uniforme.

O osso do ílio posterior tem se mostrado altamente osteogénico, osteoindutor e osteocondutor. Apesar das vantagens, existem várias contraindicações relativas ou cuidados considerando o enxerto ósseo ilíaco: indivíduos com osteoporose severa, substituições anteriores do quadril, retenção de ferragens por fratura anterior do fémur (Tolstunov *et al.*, 2019).

4.2.1.4 Colheita extraoral da calvária

O osso desta região mostrou excepcional resistência à reabsorção, uma vez implantado, em comparação com outras fontes autógenas (Chiapasco, Tommasato, Palombo, Scarnò, Zaniboni & del Fabbro, 2018). Colhido da região parietal, posterior ao pavilhão auricular, um enxerto de espessura total em média pode produzir 7 a 8 mm de largura.

As únicas estruturas anatómicas significativas de interesse nessa região são a artéria temporal superficial, que pode ser laqueada quando encontrada, e o seio sagital superior, que deve ser evitado mantendo-se a 1 a 2 cm da sutura sagital.

As complicações mais comuns são a alopecia perto da linha de incisão e formação de hematomas (Tolstunov *et al.*, 2019).

4.2.1.5 Dentes autógenos usados para enxerto ósseo

O material de enxerto ósseo de dentes autógenos foi desenvolvido pela primeira vez em 2008 e tem sido usado principalmente para a regeneração óssea guiada. Dentes extraídos são fonte de biomateriais, apresentando como vantagens a disponibilidade e a possibilidade de preparação do material após a exodontia (Juiz de Fora, 2018).

É um material de enxerto ósseo que é obtido usando dentes extraídos, submetidos a um processo de limpeza e esterilização. Os resultados histológicos deste enxerto ósseo são semelhantes aos enxertos ósseos autógenos

Os componentes dentários são muito semelhantes aos componentes ósseos. Isso leva a pensar em materiais de enxerto ósseo usando os componentes orgânicos e inorgânicos dos dentes extraídos. Na dentina, o conteúdo inorgânico é de 70% a 75%, o conteúdo orgânico é de 20% e, finalmente, a água é de 10%. Ao comparar estes conteúdos com o osso alveolar, o inorgânico é 65%, orgânico 25% e a água 10%.

O material inorgânico dos dentes (fostato de cálcio) tem uma propriedade osteocondutora que o torna um material de enxerto ósseo biocompatível. A matriz orgânica da dentina é predominada pelo colagénio tipo I, que constitui 90% desse conteúdo. Os outros 10% da matriz dentinária são formados por proteínas não colagenosas envolvidas na calcificação óssea e fatores de crescimento, incluindo proteínas morfogenéticas ósseas (BMP) e fatores de crescimento semelhantes à insulina. Isso dá aos dentes uma propriedade osteoindutora (Troeltsch *et al.*, 2016).

Nesta revisão sistemática feita por Vaqués e co-autores em 2017, que teve como objetivo avaliar a confiabilidade do material de enxerto ósseo autógeno aplicado aos procedimentos de aumento de rebordo alveolar, tem sido demonstrado que o uso de dentes autógenos para enxerto ósseo é clinicamente seguro, tem boa capacidade de formação óssea e são mostrados bons resultados sobre a estabilidade do implante.

Ao analisar as taxas de sobrevivência e falha de implantes, incluindo uma quantidade de um total de 182 implantes colocados, a taxa média de sobrevivência foi de 97,7%. A média da perda óssea na crista foi de 0,7 mm.

No entanto, a principal desvantagem do enxerto autógeno utilizando dentes é a quantidade limitada desse material (Gual-Vaqués *et al.*, 2017).

O uso de enxerto ósseo autógeno para reparo de crista foi considerado como padrão ouro por óbvias razões biológicas. No entanto, a morbidade cirúrgica associada aos procedimentos de aquisição do enxerto desencadeou inúmeras tentativas de evitar um segundo local cirúrgico para a aquisição do enxerto, utilizando aloenxerto, xenoenxerto ou material sintético para substituir o osso alveolar perdido (Troeltsch *et al.*, 2016).

4.2.2 Aloenxerto

Os aloenxertos consistem em tecidos transferidos de um indivíduo para outro indivíduo geneticamente diferente mas da mesma espécie (Chavda & Levin, 2018).

O principal benefício do aloenxerto ósseo é evitar um local doador secundário, tempo cirúrgico reduzido, perda sanguínea diminuída, morbidade do hospedeiro diminuída e suprimento ilimitado de material de enxerto. No entanto, os aloenxertos não são osteogênicos e a formação óssea geralmente leva mais tempo e resulta em menos regeneração do que os enxertos autógenos (Ceccarelli *et al.*, 2017).

Com os aloenxertos, foram levantadas preocupações quanto à possibilidade de transmissão de doença através de enxertia; no entanto, com triagem meticulosa do doador e processamento das amostras, o risco é extremamente baixo (Liu & Kerns, 2014).

Existem três tipos de aloenxerto ósseo disponíveis:

1. osso fresco ou fresco congelado
2. FDDBA: Aloenxerto de osso liofilizado
3. DFDBA: Aloenxerto de osso liofilizado e desmineralizado

O uso de aloenxertos para regeneração óssea geralmente requer esterilização e desativação de proteínas normalmente encontradas em ossos saudáveis (Titsinides *et al.*, 2018).

4.2.3 Xenoenxerto

Este enxerto deriva de doadores de uma espécie diferente em relação ao recetor, geralmente possuem características osteocondutoras com potencial de reabsorção limitado e são frequentemente combinados com fatores de crescimento ou enxertos ósseos de outra origem (Chavda & Levin, 2018).

Vários substitutos ósseos estão incluídos nesta categoria, capazes de produção em massa com um custo relativamente acessível. Entre as suas desvantagens está o facto de as características ósseas diferirem em relação aos humanos, enquanto o procedimento de processamento pode afetar as suas propriedades físico-químicas, como no caso dos aloenxertos, bem como a possibilidade de transmissão de doença e estimulação da imunogenicidade (Titsinides *et al.*, 2018; Iviglia *et al.*, 2019).

4.2.4 Enxertos aloplásticos

Os enxertos aloplásticos podem ser feitos de hidroxiapatite, (principal componente mineral do osso). A hidroxiapatite é um enxerto ósseo sintético, o mais utilizado atualmente devido à sua osteocondução, dureza e biocompatibilidade pelo osso. (Iviglia *et al.*, 2019). Alguns enxertos ósseos sintéticos são feitos de carbonato de cálcio, cuja utilização começa a ser reduzida porque é completamente reabsorvido em pouco tempo e facilita a quebra do osso. Finalmente a utilização da hidroxiapatita em combinação com fostato tricálcico permite assim, que o enxerto apresente qualidade de osteocondução e reabsorção (Titsinides *et al.*, 2018).

4.2.5 Enxerto composto

Um enxerto composto consiste em uma mistura de medula esponjosa autógena e um substituto ósseo, numa proporção especificada.

4.2.6 Agente osteoativo

Um agente osteoativo é um material que tem o potencial de estimular a deposição de osso. Podem ser classificados em três categorias: osteoindutores, osteopromotores e peptídeos bioativos. Por exemplo o peptídeo P-15 tem auxiliado na troca de sinais que promovem a diferenciação celular; o P-15 associado a uma matriz óssea orgânica melhorou o efeito osteoindutivo geral (Nazirkar, Singh, Dole & Nikam, 2014).

4.2.7 Factores de crescimento

Os fatores de crescimento são polipeptídeos naturais que atuam nas células influenciando a diferenciação, proliferação, migração e síntese.

Há múltiplos fatores de crescimento em concentrados de plaquetas, que promovem a angiogénese, aumento da vascularização, proliferação de fibroblastos, síntese de colagénio, produção de matriz extracelular e proliferação de células endoteliais (Aghaloo *et al.*, 2019).

Como tal, é altamente desejável a incorporação destes concentrados de plaquetas na prática cirúrgica para melhorar a regeneração dos tecidos biomiméticos.

Embora existam muitos fatores de crescimento diferentes, poucos são atualmente usados para enxerto ósseo, sobretudo no ambiente bucal.

Estes fatores funcionam, de uma forma ou de outra, como agentes osteoindutores, causando o crescimento, recrutamento, diferenciação e maturação de células-tronco primitivas ou células ósseas imaturas para formar tecido ósseo saudável.

No campo da implantologia, os fatores de crescimento mais populares e bem estudados são a proteína morfogenética óssea-2 (BMP-2) e o factor de crescimento derivado de plaquetas-BB (PDGF-BB) (Yao, Shah, Chan, Wang, & Lin, 2018).

A capacidade osteoindutiva dos rhBMPs (proteína morfogenética óssea recombinante humana tipo-2), especialmente rhBMP-2, está bem documentada. O uso de rhBMP-2 mostra muito potencial para uso em muitas aplicações dentro da implantologia oral, particularmente no aumento e preservação de rebordo alveolar e aumento do seio maxilar (Aghaloo *et al.*, 2019).

Existem várias revisões sistemáticas feitas por Yao e co-autores em 2018, Aghaloo em 2019, demonstrando que a rhBMP-2 é um agente osteoindutor extremamente poderoso (Yao *et al.*, 2018; Aghaloo *et al.*, 2019; Iviglia *et al.*, 2019).

4.3 Incorporação de enxerto ósseo

A incorporação de enxertos ósseos no leito ósseo do osso recetor depende de fatores como a revascularização do enxerto (Oryan *et al.*, 2014).

O suprimento sanguíneo é um factor crucial que fornece os elementos nutricionais necessários, oxigénio, células do sistema imunológico, células-tronco mesenquimais e fatores de crescimento. Esse suprimento sanguíneo é realizado por meio da angiogénese, que inclui a formação de novos vasos sanguíneos a partir da rede vascular preexistente nos tecidos moles e supra-periósteos adjacentes (Saghiri, Asatourian, Garcia-Godoy & Sheibani, 2016).

A formação de novos vasos sanguíneos geralmente procede de vasos sanguíneos existentes. Para uma crista alveolar dentada intacta, o suprimento sanguíneo inclui o complexo de arteríolas suprapariosteais, a rede capilar subepitelial da gengiva e do ligamento periodontal e as arteríolas que penetram o osso alveolar interdentário. No entanto, quando um dente é perdido, o suprimento de sangue do ligamento periodontal desaparece, e o suprimento de sangue é apenas do tecido mole e dos vasos sanguíneos suprapariosteos do osso.

A angiogénese e o amplo suprimento de sangue são obrigatórios para o desenvolvimento e manutenção óssea (Liu & Kerns, 2014).

Na regeneração óssea, a angiogénese desempenha um papel central ao fornecer a conexão funcional entre o material de enxerto e os tecidos do hospedeiro circundante. As redes vasculares bem estabelecidas e maduras podem ajudar e acelerar os processos regenerativos (Saghiri *et al.*, 2016).

A incorporação rápida e a cicatrização adequada do enxerto podem ser obtidas com ótima qualidade e velocidade de revascularização, desde que haja suprimento vascular adequado para o local do defeito.

Independentemente da fonte ou estrutura, todos os enxertos ósseos transplantados passam por cinco estágios: inflamação, revascularização, osteoindução (diferenciação de células multipotentes em osteoblastos), osteocondução (crescimento interno do enxerto por meio do hospedeiro), e finalmente remodelação. A duração de cada fase pode variar dependendo das características do enxerto. A interferência na vascularização, incluindo infecções e micromovimentos excessivos na área reconstruída, retardará a incorporação (Oryan *et al.*, 2014).

Os enxertos devem preencher o espaço vazio, evitando o colapso do defeito, promovendo a infiltração de células, plaquetas e vasos, e degradando-se a uma taxa comparável com o novo crescimento ósseo. São características importantes as propriedades mecânicas, porosidade e degradabilidade. A porosidade é a característica crucial (Iviglia *et al.*, 2019).

O grau de porosidade, o tamanho dos poros e a interconectividade dos poros são fatores determinantes para as propriedades mecânicas do enxerto. Deve-se considerar que, por um lado, alta porosidade e grande tamanho de poro resultam na promoção do crescimento ósseo através da angiogênese, mas, por outro lado, um alto volume vazio reduz as propriedades mecânicas (principalmente força e rigidez) (Iviglia *et al.*, 2019).

4.3.1 Descorticalização do osso a fim de promover a angiogênese.

A fim de promover eventos de angiogênese, sugere-se a descorticalização do osso circundante para auxiliar na conexão entre os vasos sanguíneos na medula óssea de materiais ósseos e substitutos ósseos adjacentes (De Avila, Filho, de Oliveira Ramalho, Real Gabrielli & Pereira Filho, 2014; Danesh-Sani, Tarnow, Yip, & Mojaver, 2017; Saghiri *et al.*, 2016; Wessing, Lettner & Zechner, 2018).

Foram relatadas informações contraditórias com relação à capacidade de penetração da medula óssea para acelerar ou aumentar a regeneração óssea nos estudos. A perfuração de um enxerto ósseo cortical melhorou substancialmente a quantidade de nova formação óssea pelo hospedeiro em comparação com o uso de um enxerto ósseo cortical não perfurado. Notou-se que após 20 semanas de cicatrização, houve migração dos componentes da medula através da área perfurada com um aumento do nível de aposição do osso lamelar em comparação com os enxertos não descorticalizados. No entanto, em 6 meses, não foi identificado nenhum desses benefícios da descorticalização (Liu & Kerns, 2014). Segundo o estudo feita por Danesh-Sani *et al.*, 2017 a perfuração do osso cortical afeta favoravelmente a quantidade de formação óssea nos locais enxertados após 7 meses de cicatrização.

Em contraste, outros estudos feitos por Dayangac e co-autores em 2014, descobriram que a descorticalização não melhorou a incorporação de enxertos ósseos. Não houve diferença histológica significativa na cicatrização com ou sem penetração prévia da medula óssea após 12 semanas (Dayangac, Araz, Oguz, Bacanli, Caylak, & Uckan, 2014; Liu & Kerns, 2014).

4.3.2 Forma de incorporação do enxerto no local receptor.

4.3.2.1 Enxertos de bloco cortical.

Os enxertos de bloco cortical cicatrizam através de substituição por *creeping* (deposição de osso novo juntamente com lenta reabsorção do enxerto). Uma vez que o enxerto é fixado ao local, os osteoclastos começam a reabsorver o material do enxerto através dos sistemas Haversianos existentes. Esse processo permite o crescimento do tecido fibrovascular e a secreção de osteóide pelos osteoblastos, semelhante à consolidação óssea primária. O osteóide então prossegue através da mineralização e remodelação. Os enxertos em blocos corticais não são totalmente reabsorvidos e existem como uma mistura de osso neoformado ao redor de centros necróticos (Dym, Huang & Stern, 2012).

4.3.2.2 Enxertos ósseos particulados.

A cicatrização dos enxertos ósseos particulados compartilham processos semelhantes a cicatrização óssea secundária. Ao contrário dos enxertos de blocos corticais, os enxertos particulados começam com a aposição de crescimento osteóide e fibrovascular através do suporte particulado existente. A aposição é então seguida pela reabsorção e substituição do material do enxerto por um osso lamelar mais organizado. Devido ao aumento da vascularização, os enxertos particulados têm maior reabsorção de todos os ossos de transferência e uma percentagem maior de osso neoformado em comparação com os enxertos corticais (Dym *et al.*, 2012).

4.4 Comparação dos tipos de enxertos

O osso autógeno parece ser o padrão ouro atual para o aumento do rebordo alveolar em comparação com os outros materiais (Sakkas *et al.*, 2017).

Contudo de acordo com a revisão sistêmica de Chavda & Levin (2018), a maioria dos 195 estudos comparou o material ósseo autógeno a outros tipos de material. Os resultados desses estudos não sugerem que o osso autógeno tenha taxas de sucesso de implante ou prótese significativamente maiores. Uma implicação importante desta revisão é que os enxertos autógenos podem não ser clinicamente uma escolha superior para o aumento do rebordo alveolar, pois estão associados a mais dor e morbidade (Chavda & Levin, 2018).

A não superioridade do osso autógeno é confirmada pela meta-análise feita por Sousa em 2018, que indica que os biomateriais ou osso autógeno são indicados para a reconstrução da região posterior atrofica mandibular, sem diminuir a sobrevida do implante. A análise não revelou diferença significativa entre os grupos biomaterial e autógeno em termos de ganho ósseo ou taxa de complicação. Foram instalados 66 implantes no grupo biomaterial e 63 no grupo autógeno; estes não mostraram uma diferença significativa na taxa de sobrevivência do implante (De Sousa *et al.*, 2018).

Mas para um aumento severo, de acordo com os resultados deste estudo, o osso autógeno é necessário, se se pretenderem grandes aumentos verticais na crista alveolar. O uso de blocos ósseos autógenos da crista ilíaca ou do crânio permanece necessário para permitir ganho de altura suficiente (Troeltsch *et al.*, 2016). Quando os requisitos de aumento do volume ósseo são mais baixos, podem ser usados materiais de enxerto alternativos (Troeltsch *et al.*, 2016; Pelegrine *et al.*, 2018).

A necessidade de osso autógeno também depende da densidade do local receptor. O aumento com um autoenxerto leva à revascularização mais rápida e à incorporação do enxerto, o que torna o autoenxerto a melhor escolha no caso de mandíbula com osso mais denso. Em contraste, a maxila tem tipicamente o tipo de osso menos denso, com mais

natureza esponjosa e alta vascularização, o que faz com que o aumento com um aloenxerto ou material aloplásticos também funcione (George, Seema & Aswathy, 2016). Em caso de ausência de osso esponjoso no leito recetor, o uso de um enxerto vital, como um osso autógeno ou engenharia de tecido ósseo com transplante de células vivas ou proteínas indutoras ósseas, parece ser obrigatório (Pelegrine *et al.*, 2018).

Existem mesmo diferenças de características e indicação dentro do osso autógeno. Os enxertos ósseos corticais revelam menos perda de volume que enxertos ósseos esponjoso. Os enxertos esponjosos requerem proteção, com membrana de barreira, para manter seu volume para aumento de aposição. Ao contrário, os enxertos de osso cortical da mandíbula exibem reabsorção mínima e mantêm a sua qualidade densa, tornando-os ideais para o aumento de aposição antes da colocação do implante (Fonseca, Marciani, & Turvey, 2017; Ceccarelli *et al.*, 2017).

A escolha do melhor material de enxerto para cada paciente depende de muitos fatores, como a anatomia, a morfologia do defeito ósseo, o tipo de prótese planeada e as preferências do médico e do paciente (Gual-Vaqués *et al.*, 2017).

5. Descrição das diferentes técnicas de regeneração óssea

5.1 Regeneração óssea guiada

A regeneração óssea guiada (figura 3) é usada para melhorar o crescimento ósseo do alvéolo para a colocação do implante. Esta técnica é indicada nas deficiências horizontal ou vertical ou deficiências horizontal e vertical combinadas (Urban, Montero, Monje & Sanz-Sánchez, 2019). A regeneração óssea guiada deve ser considerada a técnica preferida para defeitos irregulares (Chiapasco & Casentini, 2018). Estima-se que até 40% dos implantes osseointegrados requeiram a regeneração óssea guiada como parte da reabilitação do paciente (Elgali, Omar, Dahlin & Thomsen, 2017).



Figura 4 Imagem 3D de uma membrana colocada sobre um defeito e seguindo o princípio GBR (adaptado de Dr. Pardiñas López, 2016)

Nos procedimentos de regeneração óssea guiada, é usada uma membrana para permitir que o osso se forme sem a interferência de tecido fibroso e epitelial (Jensen, A.T., Jensen, S.S. & Worsaae, 2016).

Esta técnica baseia-se no princípio de criar uma barreira contra o crescimento de tecidos não osteogênicos e para manter o espaço para a osteogênese. Quando é colocada uma membrana de barreira em contato direto com a superfície óssea circundante e é criado um espaço, apenas células do osso vizinho ou da medula óssea podem migrar para este defeito ósseo (Iviglia *et al.*, 2019).

A regeneração óssea guiada também é uma abordagem previsível para separar o material de enxerto ósseo dos tecidos moles próximos para permitir a formação óssea

(Elgali *et al.*, 2017). O espaço criado pela membrana pode ser enxertado com osso autógeno, materiais substitutos ósseos ou enxertos compostos (Jensen *et al.*, 2016).

A GBR usando membranas baseia-se em três requisitos fundamentais:

- exclusão celular para evitar a invasão de tecidos epiteliais e conectivos que crescem no lado defeituoso ao invés de tecido ósseo,
- estabilidade mecânica para proteger e permitir o processo de cicatrização e
- manutenção de um espaço onde as células do tecido ósseo circundante podem migrar (Iviglia *et al.*, 2019).

Os princípios cirúrgicos envolvidos no GBR são:

- encerramento primário da ferida,

Esta etapa é de importância primordial ao realizar procedimentos de GBR. A abertura, deiscência dos retalhos durante a cicatrização pós-operatória é uma das principais causas de reabsorção e falha do enxerto.

- angiogénese,

Este importante passo é essencial para a cicatrização do enxerto. A iniciação do suprimento vascular é realizada através da cuidadosa descorticalização da placa cortical para abrir os canais vasculares existentes.

- manutenção do espaço,

A manutenção do espaço no local do enxerto ósseo é primordial para o processo de formação óssea. A manutenção refere-se ao facto de que o espaço deve existir por tempo suficiente para que o osso preencha a região desejada.

- estabilidade da ferida,

A estabilização do enxerto é uma necessidade primordial para alcançar um aumento ósseo previsível. Qualquer factor que cause mobilidade excessiva de um local de GBR pode prejudicar a cicatrização da ferida; se o material de enxerto particulado ou o enxerto de bloco ósseo não for estável no local do hospedeiro, o suprimento de sangue não se pode desenvolver a partir do osso hospedeiro para realizar a regeneração óssea (Tolstunov, 2016; Titsnide, 2019).

5.1.1 Descrição de membranas

O principal elemento da regeneração guiada é a membrana interposta entre o defeito ósseo e a mucosa e que tem um papel essencial na regeneração guiada.

A membrana barreira deve satisfazer várias propriedades, tais como biocompatibilidade, não-imunogenicidade, não-toxicidade e uma taxa de degradação que é longa o suficiente para permitir suporte mecânico durante a formação óssea (Ceccarelli *et al.*, 2017; Budihardja & Kallmann, 2019). Outras características como integração de tecidos, transferência de nutrientes, manutenção do espaço e maneabilidade também são de interesse (Liu & Kerns, 2014; Iviglia *et al.*, 2019).

Atualmente, as membranas barreiras são de dois tipos, não reabsorvíveis e reabsorvíveis. A escolha da membrana depende principalmente da estabilidade do tecido enxertado (Iviglia *et al.*, 2019).

A seguir, as vantagens do uso de diferentes tipos de membranas serão descritas e uma descrição detalhada dos produtos comercialmente disponíveis será realizada.

5.1.1.1 Membranas não-reabsorvíveis

Politetrafluoroetileno expandido(e-PTFE)

A membrana e-PTFE é sintetizada com poros entre 5 e 20 μm e atua como um obstáculo mecânico.

Os fibroblastos e outras células do tecido conjuntivo são impedidas de entrar no defeito ósseo, de modo que as células presumivelmente de migração mais lenta, com potencial osteogénico, podem regenerar o defeito. O princípio biológico da osteopromoção por exclusão provou ser previsível para o aumento do rebordo ou regeneração de defeitos (Liu & Kerns, 2014; Urban *et al.*, 2019).

As e-PTFEs expostas à cavidade oral resultaram na migração de microorganismos através da membrana; as bactérias patogênicas geralmente tem um diâmetro menor que 10 μm . A migração de microorganismos pela membrana altamente porosa de PTFE-e durante a exposição é uma complicação frequente (Liu & Kerns, 2014; Tayebi & Moharamzadeh, 2017).

Politetrafluoroetileno de alta densidade

Para resolver o problema da migração de microorganismos, foi desenvolvida uma membrana de PTFE de alta densidade (d-PTFE) com um tamanho de poro nominal inferior a 0,3 μm .

Mesmo quando a membrana é exposta à cavidade oral, as bactérias são excluídas pela membrana, enquanto a difusão do oxigênio e a transfusão de pequenas moléculas através da membrana ainda é possível.

Assim, as membranas de d-PTFE podem resultar em boa regeneração óssea, mesmo após a exposição. A remoção de d-PTFE é simplificada devido à falta de crescimento de tecido na estrutura da superfície (Liu & Kerns, 2014; Tavebi & Moharamzadeh, 2017).

Membranas de titânio

As principais vantagens da malha de titânio são que ela mantém e preserva o espaço a ser regenerado sem colapsar. Pode ser moldado e adaptado para ajudar na regeneração óssea em defeitos que não mantêm espaço. Devido à presença de orifícios no interior da malha, esta não interfere com o fornecimento de sangue diretamente do periósteo para os tecidos subjacentes e para o material de enxerto ósseo. Também é completamente biocompatível com os tecidos orais.

A membrana e-PTFE e a membrana d-PTFE também estão disponíveis com reforço de titânio. A estrutura de titânio permite que a membrana seja moldada para se ajustar a uma variedade de defeitos sem colapsar em direção ao defeito devido à pressão dos tecidos moles subjacentes (Liu & Kerns, 2014; Tavebi & Moharamzadeh, 2017).

Membrana de titânio produzida por CAD-CAM

A utilização de CAD / CAM e impressão 3D para reconstrução digital e fabricação de membranas para procedimentos de aumento de rebordo alveolar apresentam benefícios significativos para o paciente e para o clínico.

Na técnica com base no *design* digital, uma malha de titânio é impressa em 3D para fornecer o formato necessário para conter o enxerto ósseo particulado. Os implantes

são posteriormente colocados de maneira totalmente guiada nas posições desejadas e as estruturas protéticas são fresadas e restauradas.

CAD-CAM TM fornece planeamento pré-operatório detalhado, concepção do resultado final desejado do enxerto, e avaliação virtual do resultado desejado em relação à reconstrução protética final.

Outras vantagens: o uso da técnica Cad-Cam permite produzir membranas personalizadas com ótima adaptação e estabilidade. Que são fatores cruciais para o sucesso em procedimentos de aumento de rebordo. Também permite redução significativa do tempo intra-operatório. Menos tempo cirúrgico tipicamente resulta em menos complicações, cicatrização sem intercorrências, menos desconforto do paciente e melhora geral da experiência do paciente (Yen & Stathopoulou, 2018).

No entanto, a desvantagem é a morbidade pós-operatória devido à exposição da membrana.

Num estudo de série de casos, por Ciocca, (2018), a incidência de exposição da membrana foi importante, 66% e, conseqüentemente, houve grande possibilidade de infecção (Yen & Stathopoulou, 2018).

5.1.1.2 Desvantagem das membranas não reabsorvíveis

Existem certas complicações do uso de membranas não reabsorvíveis nos procedimentos de regeneração guiada. O encerramento primário dos tecidos moles sobre a membrana é um passo clínico vital que geralmente contribui para o sucesso do procedimento de enxerto. No entanto, a deiscência da ferida devido à cobertura incompleta ou recessão gengival durante os processos de cicatrização é comum com o uso de membranas não reabsorvíveis. A exposição precoce de membranas de barreira ao ambiente oral e subsequente colonização bacteriana pode exigir a remoção prematura das membranas. Outra grande desvantagem das membranas não reabsorvíveis é a necessidade de uma segunda cirurgia para remover a membrana bio-inerte. Isso provoca desconforto e aumento de custos para os pacientes, bem como o risco de perder parte do osso regenerado, porque a elevação do retalho resulta numa quantidade de reabsorção óssea. Por último, devido à rigidez das membranas não reabsorvíveis é frequentemente necessária uma estabilização extra da membrana com parafusos (Liu & Kerns, 2014; Tayebi & Moharamzadeh, 2017).

5.1.1.3 Membranas reabsorvíveis.

Atualmente existem dois tipos de membranas reabsorvíveis: poliméricas e colagêneas derivadas de diferentes fontes animais. As vantagens das membranas biorreabsorvíveis incluem a eliminação da necessidade de remoção da membrana, maior custo-efetividade e diminuição da morbidade do paciente.

A membrana deve possuir uma taxa de degradação que é longa o suficiente para permitir suporte mecânico durante a formação óssea (Gentile, Chiono, Tonda-Turo, Ferreira & Ciardelli, 2011).

Membranas poliméricas

As membranas poliméricas são constituídas de poliésteres sintéticos, poliglicólidos (PGAs), polilactídeos (PLAs) ou copolímeros. Uma vantagem clínica é a sua capacidade de ser completamente biodegradado em dióxido de carbono e água através do ciclo de Krebs, pelo que não precisam de ser removidos numa segunda cirurgia.

Embora essas membranas poliméricas sejam geralmente biodegradáveis, seu uso tem sido associado a reações inflamatórias no corpo. Tanto o encapsulamento fibroso quanto o infiltrado de células inflamatórias (células gigantes multinucleadas, macrófagos, leucócitos polimorfonucleares, etc.) podem estar presentes ao redor da membrana.

Uma vez expostas, as membranas de PLA / PGA começam a ser reabsorvidas quase instantaneamente e o processo de reabsorção dura de 3 a 4 semanas. Como resultado, isso pode levar à cura espontânea e ao encerramento da ferida. Por outro lado, um processo de degradação muito rápido poderia reduzir o tempo de função da barreira e a capacidade de produção de espaço da membrana, o que poderia afetar negativamente o resultado da regeneração óssea (Ceccarelli *et al.*, 2017; Liu & Kerns, 2014).

Membranas de colagénio

A maioria das membranas de colagénio comercialmente disponíveis é desenvolvida a partir de colagénio tipo I ou uma combinação de colagénio tipo I e tipo III. A fonte de colagénio vem do tendão, derme, pele ou pericárdio de origem bovina, suína ou humana. São várias as vantagens dos materiais de colagénio a serem referidas: hemostasia, quimiotaxia para fibroblastos do ligamento periodontal e fibroblastos

gingivais, imunogenicidade fraca, fácil manipulação e adaptação, um efeito direto na formação óssea e capacidade de aumentar a espessura do tecido. Portanto, o material de colagénio parece ser uma escolha ideal para uma barreira biorreabsorvível de GTR ou GBR (Liu & Kerns, 2014).

O colagénio é degradado através das atividades enzimáticas de macrófagos e leucócitos polimorfonucleares em dióxido de carbono e água (Iviglia *et al.*, 2019).

5.1.1.4 Desvantagens das membranas reabsorvíveis

Em comparação com as membranas barreira não reabsorvíveis (reforçadas), tanto as membranas de colagénio tal como as sintéticas não possuem capacidade de manter a função de barreira durante um período de tempo adequado (Barbosa & Carroquino 2016).

Estas membranas são frequentemente utilizadas com materiais de suporte (diferentes enxertos ósseos ou material de preenchimento) para evitar o colapso do espaço. Quando os materiais de enxerto são utilizados com membranas biorreabsorvíveis, os resultados dos procedimentos de GBR são geralmente favoráveis e mesmo comparáveis aos resultados obtidos com barreiras não reabsorvíveis.

O processo de reabsorção de algumas membranas reabsorvíveis pode interferir na cicatrização de feridas e na formação óssea (Barbosa & Carroquino 2016). Por exemplo quando membranas reabsorvíveis PGA ou PLA são usadas, a degradação ocorre principalmente via hidrólise. Isso cria um ambiente ácido, que pode ter um efeito negativo na formação óssea. Apenas as membranas de colagénio parecem ser absorvidas através de processos catabólicos que se assemelham àqueles envolvidos no *turnover* normal dos tecidos.

Além disso, como não têm nenhum reforço dentro de sua estrutura, elas precisam ser estabilizadas por pinos, parafusos ou outros materiais de suporte de membrana (Liu & Kerns, 2014; Iviglia *et al.*, 2019).

5.1.2 Vantagens da GBR

A regeneração óssea guiada é uma técnica bem documentada que tem sido usada por cirurgiões há mais de duas décadas e tem resultados previsíveis. Os benefícios dessa técnica são a facilidade de aplicação, é uma técnica minimamente invasiva e permite uma adaptação do enxerto ósseo ao contorno ósseo irregular (Budihardja, 2019).

5.1.3 Desvantagens da GBR

As complicações podem ser devidas ao colapso da membrana o que levará a uma formação óssea inadequada e possivelmente a um crescimento fibroso. É necessário manter um espaço adequado sob a membrana para permitir a migração das células e o crescimento de novos vasos sanguíneos. Grandes defeitos podem requerer suporte com osso particulado e possivelmente membranas de titânio (Tolstunov *et al.*, 2019).

Também a exposição precoce da membrana resultará em menos regeneração óssea porque aumenta o risco de infecção. Infecção pós-cirúrgica do sítio cirúrgico resultará em falha de regeneração. O uso de colutório bucal à base de clorexidina combinado com o uso de antibiótico de amplo espectro pode ajudar a reduzir essa complicação potencial. A melhor defesa contra a exposição precoce da membrana e a perda óssea resulta de um encerramento sem tensão associado à estabilização da membrana (Urban *et al.*, 2019).

No entanto, uma taxa maior de complicações (entre 10% e 20%) foi relatada, mesmo por cirurgiões experientes. Esta técnica requer habilidades cirúrgicas avançadas, porque é tecnicamente exigente. Como as barreiras não absorvíveis são geralmente usadas com osso autógeno, a necessidade de coletar esse osso aumenta a complexidade geral do procedimento e a morbidade pós-operatória (Chiapasco, & Casentini, 2018).

Além disso, o volume de aumento para esta técnica permanece limitado (Urban *et al.*, 2019).

5.2 Enxertos de blocos aposicionais

5.2.1 Indicações

O enxerto ósseo aposicional (figura 4), é uma técnica muito previsível usada nas deficiências horizontais ou vertical ou deficiência horizontal e vertical combinada. Também é a técnica mais bem documentada para o tratamento da atrofia avançada num arco completamente edêntulo. A única situação em que um enxerto de bloco não pode ser usado é quando um defeito tem uma forma e tamanho irregulares (Chiapasco & Casentini, 2018; Louis & Sittitavornwong, 2019).

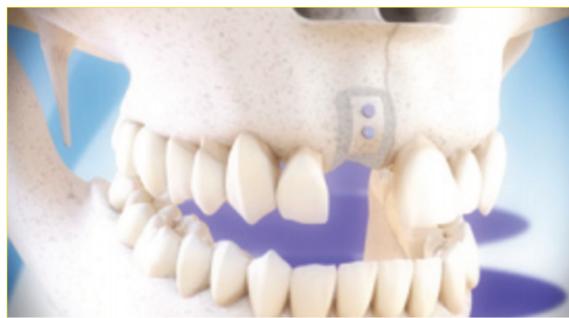


Figura 5 Imagem 3D de um enxerto de aposição (Adaptada de Dr. Pardiñas López, 2016)

5.2.2 Técnica

Esta é uma das técnicas mais comumente empregues para o aumento horizontal e vertical da crista óssea. A melhor técnica, cientificamente documentada para correção de defeito ósseo alveolar horizontal e/ou vertical significativo, é o uso de blocos ósseos autógenos (Chiapasco & Casentini, 2018).

Enxertos autólogos de bloco foram descritos como o *gold standard* para atrofias graves (Urban *et al.*, 2019).

O comportamento biológico dos blocos ósseos autógenos transplantados é bem conhecido e combina a degradação osteoclástica e a substituição osteoblástica, que levam à cicatrização e integração do enxerto. Durante o processo de integração, o espaço entre o enxerto e o local recetor é preenchido principalmente com osso esponjoso recém-formado. Então, o novo tecido ósseo cresce dentro do enxerto, pela formação dos chamados "cones de corte", que representam túneis que conectam o osso nativo e o

enxerto. Os cones de corte, que são preenchidos com camadas concêntricas de osso lamelar, formam a base para a formação de osteons (Chiapasco, & Casentini, 2018).

Recomendações cirúrgicas

Após a elevação do retalho, as dimensões do local do recetor são medidas para permitir que um bloco de largura, altura e comprimento adequados seja recolhido e para facilitar a modelagem cirúrgica do enxerto antes da fixação (Chiapasco & Casentini, 2018). É importante colocar uma largura maior do que a necessária, pois existe algum grau de reabsorção (Doonquah, Lodenquai, & Mitchell, 2015).

Preparação do local

A preparação do local receptor promove a aceleração da liberação de fatores de crescimento e plaquetas para estimular a cura (Le & Nielsen, 2015).

As perfurações da cortical são realizadas no local receptor para facilitar a migração de células osteogênicas e acelerar a revascularização. O enxerto é então cortado com brocas ou com instrumentos piezoelétricos com irrigação com solução salina esterilizada e refrigerada, e sua adaptação ao local receptor é verificada (Chiapasco & Casentini, 2018).

Adaptação precisa do enxerto ao local receptor preparado é necessária (Le & Nielsen, 2015). A adaptação e o contato íntimo com o osso subjacente devem facilitar a migração de células osteogênicas e garantir a rápida integração do enxerto (Chiapasco & Casentini, 2018).

Uma vez definida a melhor posição do enxerto, a perfuração para o parafuso de fixação é realizada com brocas específicas. Durante este passo, o bloco ósseo é imobilizado. A perfuração deve ser mais alargada no bloco e, inversamente, deve ser precisa no local receptor, permitindo uma compressão suave do enxerto pelo parafuso de fixação. Os parafusos são colocados através da técnica *lag screw*, que serve para comprimir o segmento doador de osso na área do receptor (Doonquah *et al.*, 2015; (Louis & Sittitavornwong, 2019).

O número de parafusos pode variar significativamente de acordo com a situação clínica, sendo regra geral aplicar o mínimo número de parafusos necessários para imobilizar o enxerto com confiança. Se houver uma lacuna significativa entre o enxerto e o osso nativo, esta deve ser preenchida com osso particulado autógeno. Isto é para

garantir um bom contato entre o enxerto e o local receptor e evitar o crescimento do tecido conjuntivo entre eles, o que pode ser prejudicial ao processo de integração do enxerto.

Bordas afiadas do enxerto devem ser eliminadas para evitar perfuração e deiscência do retalho durante a cicatrização (Chiapasco & Casentini, 2018).

O enxerto pode ser coberto com uma fina camada de substituto ósseo com baixa taxa de reabsorção. O uso de membranas e substitutos ósseos em associação com enxerto ósseo parece prevenir a potencial reabsorção óssea parcial do enxerto durante a cicatrização.

O encerramento primário da ferida sem tensão é essencial.

Implantes, em áreas enxertadas com blocos ósseos, são geralmente colocados após um período de cicatrização de 4 a 6 meses, dependendo da qualidade do osso enxertado.

Entretanto, tempos de cicatrização excessivamente longos podem levar à reabsorção excessiva do enxerto, como resultado da ausência de estímulos mecânicos que levam à atrofia por desuso (Chiapasco & Casentini, 2018).

O aumento vertical de 3 a 5 mm geralmente pode ser obtido usando o enxerto de bloco autógeno (Le & Nielsen, 2015).

O enxerto em bloco pode ser enxerto autógeno colhido de locais doadores intra-orais vizinhos, locais doadores extra-orais distantes ou xenoenxertos comercialmente disponíveis ou enxertos aloplásticos (Louis & Sittitavornwong, 2019).

5.2.3 Vantagens dos enxertos em bloco

As vantagens incluem ganho ósseo nas direções vertical e horizontal e um menor risco de lesões do nervo alveolar inferior no momento de colocação do enxerto em comparação com as técnicas usando osteotomia; distração, interposição de enxerto (Louis & Sittitavornwong, 2019). Além disso, a reconstrução óssea usando blocos autógenos é uma técnica muito bem documentada (Chiapasco & Casentini, 2018).

5.2.4 Desvantagens dos enxertos em bloco

As desvantagens incluem a associação com morbidade do sítio dador, mais tempo cirúrgico e fontes ósseas limitadas. Além disso, a fixação do parafuso é necessária, assim como o encerramento primário livre de tensão (Louis & Sittitavornwong, 2019).

Por outro lado, a coleta de quantidades significativas de osso de locais extra-orais aumenta a morbidade do paciente e requer anestesia geral ou sedação profunda (Chiapasco & Casentini, 2018).

As complicações incluem risco de deiscência da ferida e perda do enxerto e alterações sensitivas (Plonka, Urban & Wang, 2018).

5.2.5 Resultados clínicos na literatura

O uso de enxertos em bloco no aumento de rebordo horizontal e, ou vertical foi capaz de ganho ponderado entre 3,7 mm para o xenogénico e $4,6 \pm 1,4$ mm para os blocos alogénicos, com uma média ponderada global de $4,5 \pm 1,2$ mm. Os ganhos nas dimensões verticais foram significativamente aumentados para os blocos ósseos autógenos da crista ilíaca e do calvário ($9,4 \pm 3,1$ mm) em comparação aos enxertos ósseos autógenos da mandíbula ($5,3 \pm 1,6$ mm) e alogénicos $2,9 \pm 1,3$ mm).

Perdas de dimensão horizontal e vertical foram pequenas para todas as fontes.

As taxas de complicação associadas aos ganhos horizontais variaram entre $13,1 \pm 13,6\%$ para enxertos alogénicos em bloco e $7,1 \pm 17,0\%$ para enxertos ósseos extra-orais. Em contraste, as taxas de complicações associadas ao ganho vertical foram claramente maiores com $25,0 \pm 20,3\%$ para enxertos alogénicos em bloco, $20,1 \pm 16,8\%$ para osso autógeno extra-oral e $14,4 \pm 14,5\%$ para blocos ósseos intra-orais. A sobrevida do implante variou entre 96,1 e 98,9, sem qualquer diferença significativa entre os tipos de material ou aplicação (Troeltzsch *et al.*, 2016).

5.3 Enxerto interposto

5.3.1 Indicação

O enxerto ósseo interposicional representado na figura 5, também conhecido como osteotomia em sanduíche, é usado para aumentar a altura vertical na maxila e mandíbula com atrofia severa (De Groot, Oomens, Forouzanfar & Schulten, 2018). A técnica de interposição é geralmente realizada com um enxerto de bloco.

As indicações incluem defeitos horizontais ou verticais. Um mínimo de 4 mm de largura alveolar e 5 a 6 mm de osso acima do nervo alveolar inferior é necessário para realizar a osteotomia (Louis & Sittitavornwong, 2019).

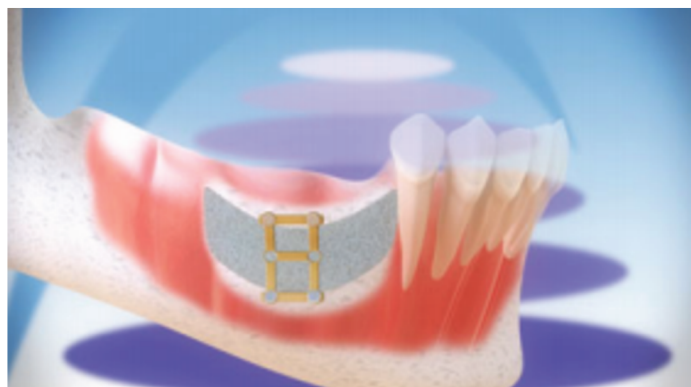


Figura 6 Imagem 3D representando uma osteotomia vertical na mandíbula com um enxerto de interposição (Adaptada de Dr. Pardiñas López, 2016)

5.3.2 Técnica

A técnica de osteotomia em sanduíche foi descrita pela primeira vez no final dos anos 70. A técnica envolve separar a parte superior da crista (processo alveolar) da parte inferior. Após a osteotomia ter sido concluída, o material de enxerto é interposto entre as duas partes. A estabilidade do enxerto é obtida pela fixação com placas de osteossíntese e parafusos (De Groot *et al.*, 2018).

O tempo de cicatrização para consolidação óssea é de 3 a 4 meses (Louis & Sittitavornwong, 2019).

A técnica de sanduíche foi realizada da seguinte forma: um retalho subperiosteal paracrestal foi levantado. A liberação do retalho é obrigatória e inclui tanto incisões de libertação do mucoperiosteo lateral quanto incisões no perióstio do retalho em relevo. A crista alveolar foi exposta e um segmento de 5 mm de altura a 1–2 mm de cada raiz, se existisse, nas bordas lateral e medial foi projetado. A integridade e aderência da mucosa aderida à superfície oclusal do segmento transportado foram mantidas. O segmento foi separado do osso basal por meio de uma serra recíproca. A meticolosa técnica é crucial para manter o perióstio palatal / lingual intacto, pois isso constituirá a única fonte de suprimento sanguíneo para o segmento de transporte elevado nos estágios iniciais após a cirurgia. O segmento transportado foi elevado de acordo com a altura planejada e o enxerto ósseo autógeno colhido foi colocado entre os segmentos ósseos. O segmento

transportado e o enxerto ósseo foram fixados ao osso basal usando miniplacas. O retalho foi avançado e o encerramento foi realizado com suturas de nylon (Fonseca *et al.*, 2017; Louis & Sittitavornwong, 2019).

5.3.3 Vantagens do enxerto de interposição

As vantagens incluem manutenção da vascularização, vascularização mais rápida do enxerto e menor reabsorção do enxerto (Kamperos, Zografos, Tzermpos, & Iatrou, 2016; Louis & Sittitavornwong, 2019).

5.3.4 Desvantagens do enxerto de interposição

As desvantagens incluem o facto de que é tecnicamente difícil, especialmente na mandíbula atrofada, e há um risco de fratura mandibular.

Além disso, o retalho lingual poderia restringir o alcance do aumento vertical por causa da limitação do suprimento sanguíneo. As complicações incluem lesão do nervo mandibular e fratura mandibular (Louis & Sittitavornwong, 2019).

Quanto à técnica utilizando um enxerto autógeno, um sítio dador secundário é necessário. Existem possíveis complicações associadas ao local da colheita (Kamperos *et al.*, 2016).

5.3.5 Resultados clínicos na literatura

Na meta-análise feita por Troeltzsch *et al.*, (2016) os dados para osteotomias em sanduíche foram obtidos através de 641 cirurgias. Os ganhos verticais variaram de $2,2 \pm 3,5$ mm para enxertos alogénicos, $4,4 \pm 1,9$ mm para enxerto ósseo intraoral autógeno, $6,5 \pm 4,3$ mm para enxertos xenógenos, para $8,6 \pm 4,3$ mm para enxertos ósseos autógenos da crista ilíaca. A taxa de complicação variou entre $7,8 \pm 6,2\%$ para enxerto ósseo intraoral autógeno a $43,5 \pm 24,3\%$ para enxerto xenogênico. A sobrevida dos implantes variou entre 92,5% e 100,0%, sem diferença significativa entre os tipos de enxertos utilizados.

5.4 Levantamento do pavimento do seio maxilar.

O seio maxilar tem uma forma piramidal, estende-se desde os pré-molares, até aproximadamente o terceiro molar sendo o seu ponto mais baixo na área do primeiro molar (Soriano & Das, 2019).

Embora o volume do seio adulto permaneça estável após os 20 anos, múltiplos fatores podem causar uma pneumatização posterior. A causa primária é a perda de dentes, com a perda óssea mais vertical ocorrendo após a extração dos segundos molares (Fonseca *et al.*, 2017).

Nos maxilares desdentados, a pneumatização dos seios é comum. A técnica de enxerto ósseo mais previsível e bem documentada é o aumento do seio maxilar (Aghaloo, Misch, Lin, Iacono, & Wang, 2017; Larsen & Kennedy, 2019).

Em 1977, Tatum propôs a técnica cirúrgica de levantamento de seio maxilar (figura 6), ou seja, o preenchimento parcial desta cavidade com enxerto ósseo com o objetivo de aumentar a dimensão óssea vertical da maxila (Dinato *et al.*, 2018).

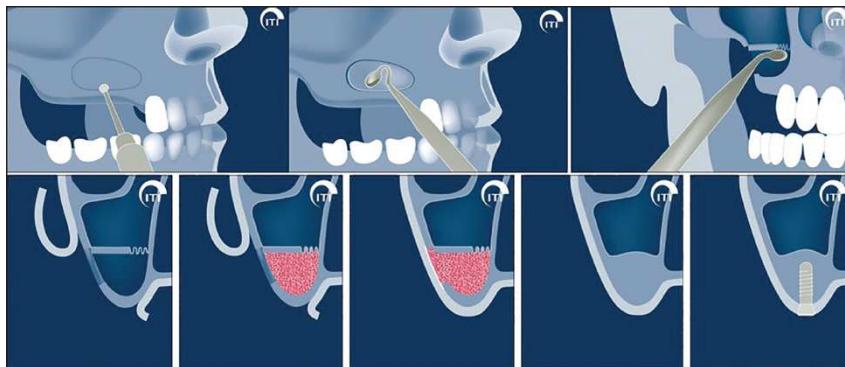


Figura 7 Abordagem da janela lateral para aumento do seio, adaptado de Kumar (2015)

5.4.1 Indicações

O aumento do pavimento do seio maxilar, aplicando a técnica de janela lateral com material de enxerto, é um procedimento cirúrgico seguro e previsível, utilizado para aumentar a altura do osso alveolar vertical da parte posterior da maxila severamente atrófica. Esta intervenção cirúrgica é recomendada quando a altura do osso alveolar residual é menor que 6 mm (Starch-Jensen & Jensen, 2017).

5.4.2 Técnica cirúrgica

Esta técnica é geralmente realizada sob anestesia local e sedação. O seio maxilar é exposto através da mucosa oral na região da parede anterior e lateral do seio maxilar

Um retalho mucoperioste com base trapezoidal é refletido expondo a parede lateral do seio maxilar.

A osteotomia em forma de janela é realizada na parede lateral do seio maxilar, com instrumentos rotatórios ou piezoelétricos.

A membrana de Schneider é cuidadosamente dissecada e elevada do pavimento do seio maxilar, bem como da parede lateral e medial do seio para criar um compartimento para colocação do material do enxerto. Os materiais de enxerto são então cuidadosamente introduzidos na cavidade sinusal.

Os implantes são inseridos 4 a 12 meses após o procedimento de aumento, se a estabilidade primária do implante estiver comprometida (Starch-Jensen & Jensen, 2017).

Uma técnica menos invasiva de levantamento do seio maxilar pode ser realizada numa situação de perdas unitárias e uma reabsorção vertical menos severa. A elevação é feita com o uso de osteótomos específicos e o enxerto ósseo é introduzido através da osteotomia realizada (Dinato *et al.*, 2018; Larsen & Kennedy, 2019).

5.4.3 Vantagens

Um procedimento cirúrgico seguro e previsível, com baixa morbidade (Dinato *et al.*, 2018; Raghoobar, Onclin, Boven, Vissink & Meijer, 2019).

5.4.4 Desvantagens

As complicações são frequentes; perfuração da membrana de Schneider é a complicação mais comum durante a elevação do pavimento do seio maxilar com uma frequência de 9.8 % segundo a estudo feito por Sakkas, o risco de perfuração da membrana sinusal aumenta se os septos sinusais e a altura óssea residual forem inferiores a 3,5 mm (Sakkas *et al.*, 2017).

No entanto, uma maior prevalência de sinusite é relatada em casos de perfuração da membrana. Outras complicações incluem sangramento, migração de implantes

dentários para o seio maxilar, infecção pós-operatória, sinusite, exposição do enxerto, perda do enxerto, edema, formação de seroma, vertigem posicional e exposição da membrana de colagénio (Starch-Jensen & Jensen, 2017).

5.4.5 Resultados clínicos na literatura

Numa revisão sistemática feita por Aghaloo e co-autores em 2017 a evidência científica para enxerto de levantamento de seio maxilar foi fornecida por 12 estudos incluindo dados sobre 4.860 implantes. O período de seguimento variou de 1 a 11,5 anos, e, a taxa de sobrevida média ponderada foi de 91,5% (Aghaloo *et al.*, 2017).

5.5 Técnicas de expansão da crista alveolar.

5.5.1 Indicações

Estes procedimentos são indicados em casos com atrofia alveolar maxilar moderada e horizontal, e onde o componente esponjoso de osso e a sua elasticidade permite a expansão. É por essa razão que as técnicas de expansão são mais aplicadas no maxilar superior do que na mandíbula (Chiapasco & Casentini, 2018).

A altura óssea adequada é um pré-requisito (Le & Pi-Anfruns, 2018).

Esta técnica (figura 7), permite aumentar a crista óssea na dimensão vestibulo-palatina ou vestibulo-lingual do osso, mas não permite um aumento no nível vertical (Tolstunov *et al.*, 2019).

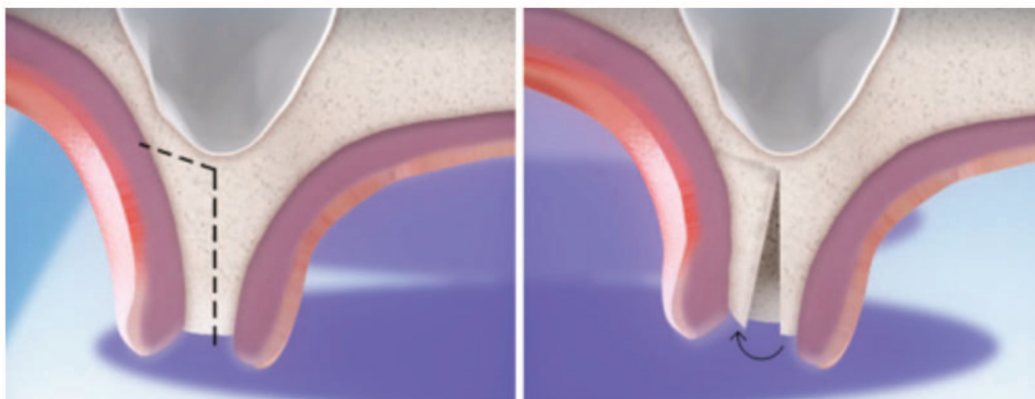


Figura 8 Imagem 3D representando a técnica de expansão da crista alveolar (adaptado de Dr. Pardiñas López, 2016)

5.5.2 Técnica

Em técnicas de expansão, a elevação mínima do retalho é recomendada, a fim de reduzir o risco de reabsorção do osso. Se uma técnica de osteotomia sagital for realizada, recomenda-se realizar um corte ósseo mediano utilizando a técnica menos invasiva, como a piezocirurgia ou um disco de corte fino. Os cortes ósseos de liberação mesial e distal são realizados com os mesmos instrumentos. A divisão sagital é então realizada com formões, parafusos de expansão ou dispositivos especiais de expansão (Chiapasco & Casentini, 2018).

Maxila e mandíbula são diferentes na sua rigidez ou densidade óssea. A densidade óssea é essencial para o enxerto interno da expansão da crista alveolar. O osso mandibular, sendo mais denso, é propenso a fraturas; o osso maxilar é mais maleável e tende a melhorar com a compressão óssea. É por isso que a técnica de expansão da crista alveolar é frequentemente realizada no maxilar num único estágio (osteotomias-expansão-enxerto dividido) e na mandibular frequentemente requer uma abordagem de dois estágios (estágio 1: osteotomias seguidas do estágio 2: enxerto-expansão) (Tolstunov *et al.*, 2019).

Procedimento de expansão da crista no maxilar superior

Uma abordagem de estágio único é frequentemente utilizada devido a uma estrutura óssea mais macia e mais maleável. O osso mole de uma crista alveolar maxilar permite divisão, expansão e enxerto ao mesmo tempo. Apenas pequenas corticotomias verticais são necessárias, depois os osteótomos levam à luxação e à fratura da placa cortical vestibular para formar uma lacuna que é preenchida com material ósseo particulado e coberta com uma membrana reabsorvível (Tolstunov *et al.*, 2019).

Procedimento de expansão da crista na mandíbula

Na mandíbula é feito frequentemente em 2 etapas devido ao osso ser mais denso. O primeiro estágio consiste em criar corticotomias de “janela” na área indicada. A segunda etapa é feita 4 semanas depois e consiste na divisão real ao longo das linhas das corticotomias, seguido de expansão e, em seguida, enxerto com material particulado inserido na abertura, e seguido de um encerramento pelo avanço da mucosa lingual na mandíbula para fechar sobre o gap dividido usando encerramento primário da ferida.

Alternativamente, a membrana de regeneração tecidual guiada (GTR) pode ser colocada com a intenção de cicatrização secundária (Tolstunov *et al.*, 2019).

Implantes são colocados 4 a 6 meses após a cicatrização do osso aumentado.

Vantagens

Teoricamente, o benefício das técnicas de expansão, comparado com a regeneração óssea guiada, é visto na baixa morbidade no período pós-operatório, se um tamanho mínimo de retalho é elevado, bem como em um custo reduzido, pois membranas e substitutos ósseos não são comumente usados (Chiapasco & Casentini, 2018).

Dentro dos limites deste estudo e de acordo com outros estudos, a técnica de expansão da crista pareceu ser confiável e é uma técnica simples, com redução de morbidade e do tempo (Tolstunov, 2016).

5.5.3 Desvantagens

Por outro lado, as limitações desta técnica devem ser mencionadas:

- as indicações são limitadas devido à anatomia local (por exemplo, a necessidade de uma camada de osso esponjoso entre as placas corticais,) e esta técnica raramente é aplicável na mandíbula);
- Outros requisitos anatômicos são uma altura óssea vertical mínima e nenhuma concavidade no perfil ósseo alveolar (Moro, Gasparini, Foresta, Saponaro, Falchi, Cardarelli, Pelo, 2017).
- risco de fratura / reabsorção imprevisível da camada cortical vestibular;
- é uma técnica sensível ao operador que requer habilidades cirúrgicas avançadas (Chiapasco & Casentini, 2018).

5.5.4 Complicações

Nas técnicas de expansão da crista alveolar mandibular, a crista osteotomizada (*janela bucal*) pode ser inadvertidamente completamente separada do osso basal. Se isso acontecer, torna-se um *enxerto livre* totalmente desvascularizado.

Portanto, é necessário ser fixado de volta ao local doador com parafusos, e deve ser permitido curar por 4 meses antes de se aproximar novamente da crista.

Na região dos pré-molares inferiores a corticotomia deve ser feita com cuidado, prestando atenção ao nervo mentoniano. Cinco milímetros de espaço entre a osteotomia apical e a porção superior do forâmen mentoniano devem estar intactos para evitar lesões do nervo (Tolstunov *et al.*, 2019).

5.5.5 Resultados clínicos na literatura

A expansão da crista em combinação com diferentes enxertos particulados mostrou resultados promissores na maioria dos estudos e relatou taxas de sobrevivência de implante de 91% a 97,3% e taxas de sucesso de aumento de rebordo de 98% a 100% (George *et al.*, 2016).

5.6 Distração osteogênica

A distração alveolar (figura 8) é a elevação localizada da borda alveolar pelo deslocamento controlado de um segmento ósseo alveolar progressivamente mobilizado para estimular a formação óssea (Zhao, Wang, Huang, & Wu, 2018).



Figura 9 Imagem 3D representando a técnica de distração osteogênica e o dispositivo distrator (adaptado de Dr. Pardiñas López, 2016)

5.6.1 Indicações

Esta técnica permite um aumento significativo no tecido duro e mole em áreas de perda significativa de tecido.

Indicada quando:

- Défice ósseo alveolar severo maior do que 6 mm
- Falta de tecido mole para encerramento devido ao aumento ósseo
- O paciente recusa um segundo local doador para enxerto ósseo (Tolstunov *et al.*, 2019).

A técnica de distração osteogênica tem, apesar das suas vantagens, muitas contraindicações.

Um problema com o método de distração é que não altera a forma do processo alveolar, portanto, se houver um defeito como um contorno desfavorável, isso persistirá após a distração (Tolstunov, 2016).

Além disso, esta técnica é indicada apenas no caso de dimensões horizontais adequadas. Esta técnica permite aumentar na dimensão vertical, mas não permite um aumento ao nível horizontal (Tolstunov *et al.*, 2019).

A distração alveolar parece ser indicada apenas para a mandíbula devido à pneumatização do seio maxilar (Keestra, Barry, Jong & Wahl, 2016).

Defeitos menores, de um ou dois dentes de largura, foram associados a maiores taxas de complicações em diferentes estudos quando tratados com a técnica de distração; por este motivo, é recomendado para uma extensão de crista desdentada de pelo menos três dentes perdidos (Pardiñas López, Anitua & Alkhraisat, 2016).

5.6.2 Técnica

O segmento de transporte pode ser mobilizado em vários planos para permitir a correção simultânea das posições vestibulo-linguais (Goyal, Mittal, Gupta & Singhal 2015).

Distração osteogênica baseia-se no princípio biológico que um novo osso se preenche no defeito *gap* criado quando dois pedaços de osso são separados lentamente sob tensão. O processo envolve o corte de uma osteotomia no rebordo alveolar. Em seguida, um aparelho é parafusado diretamente nos segmentos ósseos.

A técnica da distração inclui quatro fases:

- fase de cirurgia; corticotomia ou osteotomia e colocação de um dispositivo de distração

- fase de latência de 5 a 7 dias, quando os tecidos moles se curam ao redor do local da cirurgia onde o distrator é colocado;
- fase de distração, quando os dois fragmentos ósseos são separados de forma incremental a uma taxa de 0,5 a 1 mm / dia;
- fase de consolidação de 3-4 meses enquanto o osso neoformado mineraliza e amadurece (Toledano-Serrabona *et al.*, 2018).

A hipercorreção da altura alveolar (1 a 2 mm) é recomendada para superar a reabsorção óssea que ocorre no final do período de contenção (Tolstunov *et al.*, 2019).

Uma vez atingida a quantidade desejada de distração, o distrator é removido e a qualidade do osso é avaliada. O implante é colocado após um período de cicatrização de 4 a 6 meses (Goyal *et al.*, 2015).

Os dispositivos de distração osteogênica são divididos em extraósseos, intraósseos e distração por implantes.

Dispositivos de distração intra-óssea requerem suporte ósseo abundante. Além disso, em comparação com dispositivos extra-ósseos, estão mais sujeitos a influências negativas de forças laterais que podem afetar o vetor de alongamento e causar reabsorção óssea ao redor do distrator.

Dispositivos extra-ósseos são os dispositivos mais usados. No entanto, requerem um grande lúmen subperiosteal, afetando a circulação sanguínea periosteal e resultando em possível deiscência e exposição dos tecidos moles.

Dispositivos de distração de implantes podem ser deixados e usados para reabilitação protética ou removidos e substituídos por implantes dentários osseointegráveis. Mas é difícil prever a localização final dos dispositivos de distração do implante e pode ser difícil usá-los para reabilitação (Tolstunov *et al.*, 2019).

5.6.3 Vantagens

Vantagens da distração osteogênica alveolar na preparação para colocação de implantes :

- Aumento simultâneo de ossos e tecidos moles

- Menos reabsorção do que os enxertos ósseos tradicionais
 - O segmento de transporte pode incluir dentes ou implantes, facilitando a correção de defeitos oclusais ou protéticos
 - Eliminação da morbidade do sítio doador
 - Tempos de tratamento mais curtos em comparação com técnicas tradicionais de enxerto ósseo
- (Toledano-Serrabona *et al.*, 2018).

5.6.4 Desvantagens

Desvantagens da distração osteogênica alveolar:

- Aceitação do paciente e necessidade da sua colaboração,
 - Requer cuidadoso controlo de vetores programando mais visitas no consultório
 - O vetor incorreto de alongamento ou posição da haste pode levar a interferências oclusais. É importante planejar e posicionar corretamente o dispositivo de distração.
 - Alto custo de dispositivo
 - A necessidade de uma segunda operação para remoção do dispositivo (embora alguns defendam a inserção simultânea de implantes dentários durante a remoção)
 - Dor durante o processo de alongamento, que pode ser controlado pela taxa e extensão do alongamento e pela medicação para a dor.
- (Toledano-Serrabona *et al.*, 2018; Tolstunov *et al.*, 2019).
- Outras desvantagens incluem comprometimento da fala, alimentação e aparência (Iocca, 2016).

Além disso, as taxas de complicações são muito altas; variam de 10 a 76 %:

- Lesão do nervo alveolar e mentoniano. Isso pode ser evitado através de uma cuidadosa elevação do retalho
- Danos nos dentes adjacentes.

- Comprometido vetor de alongamento. Esta é uma das principais dificuldades no processo. O segmento de transporte é propenso a inclinações palatinas / linguais devido às trações periosteais. Pode-se usar elásticos nos dentes, dispositivos temporários de ancoragem ou dispositivos personalizados para manter o vetor adequado. O vetor pode ser melhor controlado usando 2 distratores.
- Falha mecânica. O distrator funciona sob forças mastigatórias constantes e pode quebrar ou funcionar mal. Isso requer outra intervenção cirúrgica para a substituição do dispositivo.
- O vetor incorreto de alongamento ou posição da haste pode levar a interferências oclusais. É importante planejar e posicionar corretamente o dispositivo de distração.
- Suprimento de sangue inadequado, levando à reabsorção do segmento de transporte.
- Infecção, taxa inadequada de alongamento ou exposição da câmara de distração podem levar à ossificação inadequada.
- Forças mastigatórias, ossificação inadequada ou período de consolidação curto podem causar recidivas (Toledano-Serrabona *et al.*, 2018; Tolstunov *et al.*, 2019).

Neste estudo de Pérez-Sayáns e co-autores feito em 2018, 618 pacientes submetidos à técnica de distração osteogênica houve um total de 507 complicações, das quais 430 (84,81%) foram complicações menores e 76 (15,18%) foram complicações maiores.

Por ordem de frequência, as complicações foram as seguintes:

Tabela1 Complicações da distração osteogênica (adaptado de Perez Sayanz ,2018)

Complicações menores	Complicações maiores
inclinação do vetor de distração: 133 (26,33%);	problemas mecânicos: 29 (5,71%);
largura óssea insuficiente: 88 (13,36%);	fratura do osso basal: 19 (3,75%);
deiscências: 60 (11,83%);	fratura do distrator: 17 (3,35%);
parestesias: 43 (8,48%);	fratura do segmento de transporte: 9 (1,77%);
problemas de tecidos moles: 49 (9,66%);	hipoestesia: 5 (0,98%);
dor: 21 (4,14%);	perda de ancoragem basal: 3 (0,59%).
infecção: 20 (3,94%);	
altura insuficiente: 11 (2,17%).	

5.7 Ortodontia - distração do ligamento periodontal.

A extrusão ortodôntica ou erupção forçada, também conhecida por distração dentária, é uma técnica não cirúrgica realizada para aumentar a quantidade de osso alveolar e tecidos moles disponíveis para o desenvolvimento do local implantar. O ligamento periodontal pode ser usado como um meio de distração-osteogênese. As fibras do ligamento periodontal são inseridas no perióstio do osso alveolar. A extrusão ortodôntica cria tensão em toda a parede da crista e estica as fibras gengivais, que exercem tensão sobre o osso alveolar e estimulam a deposição de osso da crista (Watanabe, Marchack & Takei, 2013).

Desse ponto de vista, um dente irrecuperável não deve ser extraído como primeira escolha, pois, usando procedimentos adjuvantes, ele pode ser extremamente útil para melhorar a anatomia do osso e do tecido, permitindo assim uma melhor e mais previsível cirurgia de implante. Com base na literatura disponível, a extrusão ortodôntica de dentes não restauráveis antes da colocação do implante parece ser uma alternativa viável aos

procedimentos cirúrgicos de aumento ósseo convencionais no desenvolvimento do local implantar (Borzabadi-Farahani & Zadeh, 2016).

5.7.1 Vantagens

As vantagens de usar ortodontia lingual para regenerar tecidos duros e moles em vez de outras terapias regenerativas puras são múltiplas. O aparelho lingual resolve o problema estético de um aparelho ortodôntico instalado em vestibular.

Em primeiro lugar, o uso de dentes não restauráveis condenados à extração pode ajudar na reabilitação da boca inteira. Então, durante a distração e desenvolvimento ósseo, o aparelho lingual pode ortodonticamente resolver más oclusões.

O uso da extrusão ortodôntica torna possível limitar ou mesmo eliminar técnicas regenerativas mais complexas (Kaitsas, Paolone, M. G. & Paolone, G., 2015).

5.7.2 Desvantagens

Para todos os benefícios oferecidos, essa abordagem tem uma limitação importante. O uso de aparelho ortodôntico, necessário para a extrusão ortodôntica, pode causar problemas estéticos e comprometer a higiene bucal. Além disso, a duração do tratamento (4 a 6 semanas de extrusão e 4 a 6 meses de retenção) pode desencorajar alguns pacientes (Kaitsas *et al.*, 2015).

5.8 A troca ortodôntica do local implantar

A terapia ortodôntica tem sido proposta como uma alternativa à intervenção cirúrgica nos locais edêntulos atróficos adjacentes aos dentes naturais. O movimento ortodôntico dos dentes em direção a um rebordo alveolar edêntulo atrófico adjacente é acompanhado pelo movimento do osso alveolar associado ao dente. Em casos cuidadosamente selecionados leva à expansão do osso alveolar, potencialmente evitando a necessidade de aumento cirúrgico do rebordo. Este procedimento tem sido associado a mudanças mínimas no suporte periodontal do dente transposto (Borzabadi-Farahani & Zadeh, 2016).

6. Alternativas às técnicas de aumento ósseo

Apesar do progresso na regeneração do osso perdido, os procedimentos de aumento são caros, invasivos, tecnicamente exigentes e acompanhados por maior morbidade e maior tempo de tratamento (Larsen & Kennedy, 2019).

Várias estratégias alternativas existem para abordar o comprometimento do suporte ósseo. Eles podem ser categorizados da seguinte forma:

1. Alteração da dimensão dos implantes colocados. Isto é principalmente realizado colocando implantes mais curtos com um diâmetro aumentado para compensar, ou mais estreitos quando a largura do rebordo é insuficiente

2. Alterando a localização dos implantes. Isso inclui implantes de tuberosidade maxilar, implantes zigomáticos, evitando o seio (Hoefler & Al-Sabbagh, 2019).

6.1 Implantes curtos

A escolha do comprimento do implante em relação à qualidade e quantidade de osso disponível e força de mordida é um fator crítico no sucesso dos implantes e na longevidade da prótese (Jain, Gulati, Garg & Pathak, 2016).

O uso dos implantes o mais longo possível foi defendido com base no princípio de que os implantes mais longos exibiriam maiores taxas de sobrevida e prognóstico mais favorável (Esfahrood, Ahmadi, Karami & Asghari, 2017).

Os implantes longos sempre foram considerados mais desejáveis a esse respeito, mas em pacientes com reabsorção óssea alveolar avançada, a sua colocação é problemática devido aos limites anatômicos. A limitação anatômica na maxila reabsorvida inclui o seio maxilar posteriormente e o assoalho nasal e o canal nasopalatino anteriormente, enquanto na mandíbula reabsorvida é o canal alveolar inferior (Jain *et al.*, 2016).

Procedimentos cirúrgicos avançados, como regeneração óssea guiada, enxerto em bloco, enxerto no seio maxilar, distração osteogênica e reposicionamento nervoso podem ser realizados para obter altura alveolar nessas áreas e permitir a colocação de implantes de comprimento longo, mas essas técnicas são sensíveis, desafiadoras, caras, consome tempo e aumenta a morbidade cirúrgica. Os implantes curtos oferecem uma

alternativa de tratamento menos invasiva nos casos de crista reabsorvida (Hoefler & Al-Sabbagh, 2019; Budihardja & Kallmann, 2019). Não há consenso geral sobre a definição de implante curto. A maioria dos autores considera implantes menores que 10 mm como implantes curtos (Jain *et al.*, 2016).

No entanto, nenhuma relação linear distintiva entre taxa de sobrevivência e comprimento do implante foi cientificamente estabelecida, e muitos estudos mostraram que implantes dentários curtos não têm mais risco de falha do que implantes mais longos. Como as taxas de sobrevivência dos implantes são afetadas por muitos fatores, como superfície do implante, estabilidade primária, qualidade e quantidade óssea, protocolo protético e sobreaquecimento durante o preparo cirúrgico (Esfahrood *et al.*, 2017).

Alguns fatores de risco que podem aumentar o stress ao usar implantes curtos são:

- aumento da altura da coroa,
- alta densidade óssea na região e
- maior força de mordida.

Alguns métodos disponíveis para diminuir o estresse incluem

- minimizar a força lateral sobre a prótese,
- eliminar *cantilevers* nas próteses e
- ferulizar múltiplos implantes juntos.

(Esfahrood *et al.*, 2017).

Os implantes curtos têm muitas vantagens

- O enxerto ósseo para compensar a menor altura é desnecessário.
- Menos dinheiro, dor e tempo associados a vários procedimentos cirúrgicos antes da colocação do implante. Técnicas cirúrgicas regenerativas complexas são frequentemente associadas com complicações, o procedimento é sensível, desafiador, dispendioso e demorado e aumenta a morbidade cirúrgica e causa muitas complicações, como sinusite, infecção, hemorragia, lesão nervosa. Isso pode ser evitado (Hong & Oh, 2017).
- A preparação da osteotomia é simplificada, uma vez que é necessária uma preparação óssea mais curta no local do implante, o que proporciona acesso direto à irrigação com água e reduz a possibilidade de sobreaquecimento do osso.

- A inserção do implante é mais fácil.
- A angulação para a carga é melhorada com um pequeno local de osteotomia, uma vez que o osso basal além da crista alveolar original nem sempre está localizado no longo eixo do dente perdido (Jain *et al.*, 2016).

O aumento do diâmetro do implante pode ser considerado para compensar a diminuição do comprimento. Implantes de diâmetro amplo foram sugeridos para serem colocados em situações comprometidas, onde a altura e a qualidade do osso disponíveis eram limitadas. Foi alegado que o aumento do diâmetro do implante diminuiria o estresse e a tensão na crista alveolar e levaria a uma menor perda óssea. Os implantes de diâmetro largo podem exibir menos reabsorção óssea horizontal do que os implantes de diâmetro regular (Fonseca *et al.*, 2017; Hoefler, & Al-Sabbagh, 2019).

Em resumo, as evidências atuais sugerem que implantes mais curtos podem ser uma alternativa melhor ao aumento da crista alveolar em maxilares atroficos em que há espaço suficiente para colocar implantes mais curtos sem aumento (Yang, Cheng & Shi, 2016; Hong & Oh, 2017).

6.2 O implante zigomático

O implante zigomático é uma adição viável às modalidades de tratamento existentes sem necessidade de enxerto ósseo.

Para pacientes com extensão anterior significativa de seus seios maxilares na região do pré-molar, o implante zigomático é recomendado. O implante zigomático permite o estabelecimento de suporte maxilar posterior utilizando o osso alveolar crestal e o osso zigomático para estabelecer a estabilidade inicial do implante (Hoefler & Al-Sabbagh, 2019).

6.3 Lateralização do nervo alveolar inferior

O lateralização do nervo alveolar inferior permite a colocação de implantes dentários na mandíbula com uma altura vertical deficiente em substituição do enxerto.

Este método envolve uma translocação lateral do conteúdo do nervo mandibular para os tecidos moles do vestíbulo mandibular. Assim, os implantes podem ser colocados através do canal mandibular vazio. Esta técnica permite a colocação de implantes com 8 a 12 mm de comprimento sem enxerto ósseo (Goyal *et al.*, 2015; Haggerty, 2015)

Uma das desvantagens deste procedimento é que a anatomia original do rebordo alveolar não é recuperada, levando a um comprometimento estético da reabilitação protética. Outros pontos negativos deste procedimento estão associadas a possíveis complicações, como disfunção neurossensorial e fratura mandibular.

Essa técnica enfraquece temporariamente a mandíbula devido à remoção do osso cortical; que, em combinação com a colocação do implante, pode levar à fratura mandibular no local da operação (Pimentel *et al.*, 2016).

7. Comparação da eficácia das diferentes técnicas de aumento ósseo

Vários estudos discutiram a previsibilidade e o potencial de diferentes métodos de regeneração através do ganho ósseo e da sobrevivência do implante.

Portanto, o objetivo deste capítulo é avaliar a eficácia e a confiabilidade dos procedimentos de aumento alveolar nos maxilares atroficos, utilizando ganho ósseo, taxa de sucesso do implante e complicação.

Todos os estudos que constituem esta parte são revisões sistemáticas com meta-análise.

7.1 Ganho ósseo antes da colocação do implante

7.1.1 Distração osteogênica

Segundo o resultado da meta-análise de Pérez-Sayáns (2018) a distração óssea proporcionou um ganho médio de 7.55mm e segundo a meta-análise feita por Zhao *et al.*, em 2018, originou um ganho de 7.92 mm.

Todas as revisões sobre as técnicas de aumento vertical concordam que a distração osteogênica é a técnica com maior potencial em termos de ganho vertical (Pérez-Sayáns *et al.*, 2018; Urban *et al.*, 2019).

7.1.2 Regeneração óssea guiada

Ao usar uma membrana reabsorvível, o ganho ósseo vertical foi de 3,51 mm; enquanto para membranas não reabsorvíveis foi de 4,42mm de acordo com (Urban *et al.*, 2019).

O ganho ósseo foi de $3,61 \pm 0,27$ mm para regeneração óssea guiada na dimensão horizontal (Elnayef, Porta, del Amo, Mordini, Gargallo-Albiol, & Hernández-Alfaro, 2018). A dimensão média pré-operatória de uma largura de crista nos estudos incluídos foi de 2,9 mm. A largura média de uma crista pós-operatória aumentou para 6,2 mm, resultando em um ganho ósseo linear médio de 3,31 mm horizontal (Milinkovic & Cordaro, 2014).

7.1.3 Enxertos de blocos

Segundo o estudo feito por Elnayef em 2018, o ganho ósseo horizontal médio global estimado no momento da regeneração foi de $4,18 \pm 0,56$ mm para a técnica de enxerto em bloco (Elnayef *et al.*, 2018).

Com base na natureza do enxerto, os resultados foram heterogêneos e o ganho ósseo vertical variou de 4,12 mm para osso autólogo, a 2,03 mm para osso alogénico com uma média de 3,46 mm (Urban *et al.*, 2019).

A técnica de distração óssea é o procedimento que permite maior ganho ósseo na dimensão vertical. Na dimensão horizontal, as técnicas que usam blocos são mais eficazes que a regeneração guiada e, inversamente, se é para um aumento vertical, mas os resultados são muito semelhantes. As diferenças dependem principalmente da origem do enxerto e do tipo de membranas (detalhado na secção 5.5.6) (Troeltzsch *et al.*, 2016).

7.2 Sobrevivência e sucesso do implante

É importante definir os termos sobrevivência e sucesso para poder comparar as modalidades de tratamento com implantes. Quando o tratamento com implantes é considerado, é essencial distinguir entre sobrevivência, que consiste simplesmente em avaliar a perda ou persistência do implante na boca, e sucesso, cujos critérios foram definidos originalmente por Albrektsson:

- Falta de mobilidade;
- Ausência de sinais e sintomas referidos pelo paciente;
- Perda de osso ao redor do implante

(Iocca, 2016).

Embora a sobrevivência do implante dentário seja utilizada para determinar o sucesso do aumento ósseo, esta avaliação tem várias limitações. A falha do implante pode ocorrer independentemente do sucesso do aumento.

De facto, a taxa de sucesso do implante varia de caso para caso, dependendo de vários fatores como volume ósseo, densidade óssea, tecidos moles, planeamento do tratamento e habilidade do cirurgião e do dentista.

Além disso, a sobrevivência do implante pode ser relacionada com o osso nativo residual que suporta o implante, em vez do osso enxertado. Embora existam desvantagens em confiar na sobrevivência do implante para medir o sucesso do aumento, é um parâmetro que é consistentemente relatado para permitir a comparação entre as modalidades de tratamento implantar (Aghaloo *et al.*, 2017).

7.2.1 Distração osteogênica

Com base nas informações da revisão de Sayans e co-autores em 2018, a taxa de sobrevivência cumulativa dos 983 implantes foi de 98,00%, com um tempo médio de acompanhamento de 3,52 anos, o que é comparável ao que foi observado para colocação em osso nativo. A taxa de sobrevivência cumulativa foi 97,79 % para implantes localizados na mandíbula e 98,17% para implantes colocados tanto na mandíbula quanto na maxila (Zhao *et al.*, 2018) e a taxa de sucesso é de 95%, com um período médio de seguimento de 32 meses segundo (Pérez-Sayáns *et al.*, 2018).

7.2.2 Regeneração óssea guiada

A taxa média de sobrevivência do implante para implantes dentários variaram de 97% a 100% com o procedimento de GBR para aumento horizontal (Elnayef *et al.*, 2018). A taxa de sucesso é de 95% segundo (Milinkovic & Cordaro, 2014).

As taxas de sobrevivência dos implantes dentários no osso a partir da regeneração óssea vertical variaram de 94,1 a 100,0% e a média foi de 99,3%. A taxa de sucesso do implante variou de 75,0 a 100,0% e a média foi de 90,7% (Keestra *et al.*, 2016).

7.2.3 Enxertos de blocos

A taxa média de sobrevivência do implante foi de 98,4%. E uma taxa de sucesso de 90,9% segundo Milinkovic, na dimensão horizontal (Milinkovic & Cordaro, 2014).

As taxas de sobrevivência para os implantes dentários no osso a partir da técnica de interposição para um aumento vertical variaram de 95,9 a 100,0%, e a média foi de 98,5%. A taxa de sucesso do implante, que variou de 90,9 a 100,0% segundo os estudos na revisão sistemática feita por Keestra e co-autores, e a média foi de 93,4% (Keestra *et al.*, 2016).

As taxas de sobrevivência para os implantes dentários no osso a partir da técnica de aposição para um aumento vertical variaram de 72,8 a 100,0%, e a média foi de 94,7%. A taxa de sucesso do implante variou de 86,9 a 100,0%, e a média foi de 93,2% (Keestra *et al.*, 2016).

Para concluir, as taxas de sobrevivência e sucesso são muito semelhantes entre diferentes técnicas de aumento ósseo. Estas taxas também são semelhantes para implantes colocados em locais sem aumento (94%) (Knöfler *et al.*, 2016).

7.3 Complicações

7.3.1 Distração osteogênica

Nos 618 pacientes submetidos à técnica de distração osteogênica houve um total de 507 complicações, das quais 84,81% foram complicações menores e 15,18% foram complicações maiores como referido na tabela « 1 » (Pérez-Sayáns *et al.*, 2018).

7.3.2 Regeneração óssea guiada

A taxa média de complicações foi de 11,9% na dimensão horizontal, segundo Milinkovic & Cordaro (2014) e 12,1% para um aumento vertical de acordo com Urban *et al.*, (2019).

7.3.3 Enxertos de blocos

A taxa média de complicações foi de 6,3% na dimensão horizontal, segundo Milinkovic & Cordaro (2014) e 23,9% para um aumento vertical de acordo com Urban *et al.*, (2019).

Existem claramente mais complicações na técnica de distração. Para a técnica de blocos de aposição, a taxa de complicações é quase reduzida a metade em relação à regeneração guiada quando usadas para um aumento horizontal.

Existem, além disso, mais complicações para um aumento vertical em comparação com um aumento horizontal, o que pode ser explicado por razões histológicas e que está de acordo com a literatura sobre esta temática (Misch *et al.*, 2015; Urban *et al.*, 2019).

Conclusão

A técnica de distração óssea certamente permite o maior volume de aumento ósseo vertical, mas a taxa de complicações é maior. Portanto, é essencial avaliar adequadamente a relação benefício / risco da intervenção.

A regeneração óssea guiada é a técnica que apresenta menos complicações para um aumento que pode ser suficiente para o sucesso e sobrevivência do implante em alguns casos.

7.4 Estudos comparativos

7.4.1 Comparação entre a técnica de distração e regeneração óssea guiada.

A osteodistração e várias técnicas de regeneração óssea guiada têm a capacidade de aumentar o osso verticalmente (Elnayef, Monje, Gargallo-Albiol, Galindo-Moreno, Wang & Hernández-Alfaro, 2017). No entanto, não há evidências suficientes para sugerir se uma técnica é mais eficiente que a outra. A técnica de osteodistração tem o limite de não poder ser utilizada em todas as circunstâncias (por exemplo, no caso de risco de pneumatização do seio). Por outro lado, a distração osteogênica pode permitir um

aumento maior do rebordo alveolar vertical do que o GBR, apesar de um maior risco de complicações. No entanto, as técnicas de GBR também permitem o aumento ósseo horizontal simultâneo, se necessário (Chiapasco & Casentini, 2018).

7.4.2 Comparação entre a técnica de expansão da crista e regeneração óssea guiada.

Teoricamente, o benefício das técnicas de expansão, comparado com a regeneração óssea guiada, é visto na baixa morbidade no período pós-operatório, se um tamanho mínimo de retalho é elevado, bem como um custo reduzido, pois membranas e substitutos ósseos não são habitualmente usados (Chiapasco & Casentini, 2018).

Em comparação com a regeneração óssea guiada, as indicações para divisão da crista são limitadas porque a presença de uma camada de osso esponjoso entre as duas placas corticais é vital e, por essa razão, a técnica raramente é aplicada na mandíbula. A inclinação bucal da crista é uma contraindicação para essas técnicas, já que a divisão geralmente aumenta a inclinação bucal dos implantes inseridos simultaneamente. As técnicas requerem um nível de treino e experiência. Por estas razões, o uso da técnica é limitado em comparação com a regeneração óssea guiada (Chiapasco & Casentini, 2018).

7.4.3 Comparação entre a técnica de enxerto de aposição e regeneração óssea guiada.

A reconstrução óssea com o uso de blocos autógenos é uma técnica muito bem documentada que apresenta menor taxa de complicações quando comparada com a regeneração óssea guiada com barreiras não reabsorvíveis (Chiapasco & Casentini, 2018).

Além disso, a osseointegração rápida dos enxertos de blocos autógenos permite uma reentrada precoce para a colocação do implante, muitas vezes em 3 a 4 meses, em comparação com os 6 a 8 meses necessários para as técnicas de GBR particulado (Chiapasco & Casentini, 2018).

Os resultados do estudo feito por Mendoza *et al.*, (2019) indicaram que a regeneração guiada com ou sem blocos autógenos de aposição é uma abordagem eficaz

no aumento de cristas deficientes na dimensão horizontal antes da colocação do implante. No entanto, podem-se observar mais complicações com o uso de blocos ósseos, sobretudo relacionadas com os locais dadores (Mendoza-Azpur, Fuente, Chavez, Valdivia, & Khouly, 2019).

7.4.4 Comparação entre a técnica de enxerto de aposição e enxerto interpositional.

Quando comparada com a técnica de aposição, a técnica de interposição está associada com menor reabsorção óssea e produz resultados mais previsíveis, mas é uma técnica mais complicada devido à corticotomia. Após a inserção do implante, a sobrevivência e o sucesso do implante são muito semelhantes (Pardiñas López *et al.*, 2016).

A técnica de interposição permite uma incorporação superior do enxerto ósseo quem relação ao método de aposição, assegurando um maior suprimento sanguíneo.

Portanto, enxertos ósseos inseridos entre segmentos osteotomizados (enxertos interposicionais) reabsorvem menos do que os enxertos de aposição que são colocados fora do contorno ósseo (Aghaloo *et al.*, 2017).

No estudo feito por Barone *et al* (2017), os enxertos xenogénicos de interposição mostraram remodelamento ósseo volumétrico semelhante ao registrado para osso autógeno de aposição com altura de aumento vertical de 6,0 mm no grupo de interposição e 7,4 mm no grupo de aposição. O sucesso dos blocos de aposição autógenos (82,4%) parece ser menor que o registrado para o grupo de interposição (93,8%), mas a diferença não foi significativa. Não foram registradas diferenças significativas entre os dois grupos em relação a perda de volume do osso enxertado ou diminuição da altura óssea vertical do osso enxertado, nem nas taxas de complicações. De acordo com este estudo, não há diferença entre as duas técnicas, mas deve-se levar em conta, quando comparado com facto de que o material de enxerto também é alterado, e que, de acordo com outro estudo, o osso autógeno é considerado com qualidade superior (Barone, Toti, Menchini-Fabris, Felice, Marchionni, & Covani, 2017).

7.4.5 Comparação entre a técnica de separação do rebordo alveolar e o enxerto ósseo autógeno de aposição.

Altıparmak *et al.*, (2017) fizeram um estudo, onde o objetivo foi comparar as complicações e as taxas de sobrevivência do implante, quando as técnicas por expansão do rebordo alveolar ou enxerto ósseo autógeno de aposição são usadas.

A satisfatória taxa de sobrevivência foi de 92% no grupo de enxerto de aposição e 100% no grupo de expansão do rebordo, sem diferença significativa. Quando as taxas de complicações menores e maiores foram consideradas, não houve diferença significativa entre ambos os grupos.

Chegando-se à conclusão que ao reconstruir as cristas alveolares verticalmente suficientes, mas horizontalmente insuficientes, a técnica da expansão do rebordo pode encurtar o período de tratamento, diminuir o inchaço e dor pós-operatórios, eliminar a necessidade de um segundo local cirúrgico, reduzir o custo do tratamento e facilitar a cooperação do paciente (Altıparmak, Akdeniz, Bayram, Gulsever & Uçkan, 2017).

7.4.6 Comparação entre a técnica de distração alveolar e o enxerto ósseo autógeno de aposição.

Num estudo feito por Serrabona *et al.*, (2018), a técnica de distração osteogênica foi comparada com a técnica de enxerto autógeno de aposição em bloco.

Os autores concluem que o ganho ósseo e as complicações foram maiores com a distração alveolar osteogênica vertical em comparação com o enxerto ósseo autógeno. Houve maior reabsorção óssea com o enxerto ósseo autógeno, mas as taxas de sobrevivência e sucesso dos implantes foram semelhantes entre os estudos, apesar da técnica utilizada (Toledano-Serrabona *et al.*, 2018).

Os mesmos resultados foram demonstrados num estudo de Zhao *et al.*, (2018). A reconstrução bem-sucedida de defeitos alveolares verticais e colocação de implantes sem complicações foram alcançadas em todos os pacientes nos dois grupos.

Após um seguimento médio de $47,9 \pm 13,3$ meses, a sobrevivência do implante foi de 97,3% após a distração e de 95,5% após o enxerto de aposição. Não foram observadas diferenças estatisticamente relevantes.

A diferença da reabsorção óssea peri-implantar não foi estatisticamente relevante.

Em conclusão, as técnicas de distração alveolar e o enxerto ósseo autógeno de aposição podem ser usados para correção de defeitos alveolares verticais com prognóstico confiável do implante. Para as duas técnicas foram atingidas taxas de sobrevivência do implante comparativamente altas e condições peri-implantares favoráveis (Zhao *et al.*, 2018).

A meta-análise feita por Hameed *et al.*, (2019) não revelou diferença estatisticamente significativa entre distração e enxerto ósseo em bloco, em termos de ganho ósseo.

Também a reabsorção óssea e taxas médias de sobrevivência do implante foram mantidas acima de 90%, independentemente das técnicas de aumento. Assim, a preferência da técnica de aumento depende principalmente do clínico (Hameed *et al.*, 2019).

No entanto, as indicações dos dois procedimentos são diferentes. A distração é mais indicada em cristas severamente reabsorvidas na dimensão vertical, com largura adequada, enquanto que o enxerto de aposição é mais adequado para defeitos alveolares verticais e horizontais combinados. Além disso, para aqueles casos com falhas anteriores de enxerto ósseo, a distração pode ser mais adequada devido ao seu desempenho biológico superior (Zhao *et al.*, 2018).

8. Existe algum procedimento melhor?

Quando os procedimentos de aumento foram comparados entre si, os autores não foram capazes de tirar uma conclusão clara sobre a superioridade de um determinado procedimento de aumento ou protocolo de enxerto em relação a outro (Esposito *et al.*, 2009, Knöfler *et al.*, 2016; Aghaloo *et al.*, 2017; Elnayef *et al.*, 2017; De Groot *et al.*, 2018).

Nesta análise retrospectiva de Knöfle e co-autores feita em 2016, foram incluídos mais de 10 000 implantes seguidos até 20,2 anos. Eles foram inseridos numa variedade de indicações, com ou sem procedimentos de aumento. Embora não tenha sido possível tirar conclusões claras sobre a superioridade de um determinado procedimento de aumento, um material de enxerto ou uma membrana, as indicações para os diferentes materiais e procedimentos podem variar. Os dados indicaram que a sobrevivência do implante no osso aumentado pode ser ligeiramente melhor do que no osso não aumentado (Knöfler *et al.*, 2016).

No entanto, todos os procedimentos forneceram uma alta sobrevivência do implante de mais de 94%. Isso indica que, na prática diária, todos esses procedimentos de aumento podem fornecer resultados clinicamente aceitáveis. Revisões recentes também relataram uma alta sobrevivência do implante, de mais de 90%, em aumento do seio, aumento do rebordo lateral, em divisão óssea, bem como em aumentos tridimensionais usando malha de titânio (Knöfler *et al.*, 2016).

Segundo a revisão sistemática e análise de Aghaloo em 2017, todas as modalidades de tratamento discutidas, como enxerto ósseo de aposição, regeneração óssea guiada, enxerto interposição Le Fort I, enxerto de seio maxilar e / ou enxerto de pavimento das fossas nasais, ou a abordagem combinada, podem ser utilizadas com sucesso para aumentar a crista maxilar edêntula com alta taxa de sobrevivência de implantes (Aghaloo *et al.*, 2017).

Elnayef e co-autores concluíram que as técnicas de regeneração óssea que permitem maior ganho ósseo vertical foram o enxerto ósseo de interposição e a distração óssea, mas essas técnicas apresentaram maiores taxas de complicações em comparação com o enxerto ósseo de aposição e a GBR. Em conclusão, se houver técnica mais eficaz, não há técnica mais eficiente devido às complicações (Elnayef *et al.*, 2017).

De facto, a pesquisa efetuada revela que há consenso entre os autores de que não há método mais eficiente de aumento ósseo.

A escolha do procedimento cirúrgico deve ser feita com base na superioridade sobre outro procedimento, mas, como faltam evidências, outros fatores, como experiência cirúrgica ou preferência do cirurgião, morbidade do tratamento, duração do procedimento e ou custos devem ser tidos em conta na decisão (De Groot *et al.*, 2018).

A escolha do procedimento cirúrgico para regeneração óssea deve ter em conta as vantagens e desvantagens de cada técnica e cada material usado.

9. Guias da árvore de decisão para o aumento alveolar.

Depois de detalhar e comparar as diferentes técnicas de regeneração óssea que podem ser usadas no pré-implante nos capítulos anteriores, parece que elas têm indicações diferentes dependendo dos casos clínicos.

Antes de iniciar um caso clínico, temos que analisar a singularidade de cada caso tendo em conta os objetivos e as condições. Uma vez que um defeito tenha sido classificado seguindo o protocolo de diagnóstico, será mais fácil selecionar a técnica cirúrgica mais apropriada para tratar o defeito. É essencial tratar o paciente em geral, portanto suas condições sistêmicas e os seus desejos orientam a nossa decisão.

Ao decidir sobre o tipo de técnica de enxerto ósseo que deve ser usada para qualquer paciente que precise de terapia com implantes, pelo menos três fatores principais devem ser considerados:

- O plano final de tratamento protético para o paciente
- A saúde do paciente, tanto oral quanto sistêmica
- O tamanho e a morfologia do defeito ósseo (Tolstunov, 2019).

9.1 Avaliação do paciente e planeamento do tratamento

Antes de iniciar qualquer procedimento de enxerto ósseo eletivo para um paciente, qualquer doença ou infecção bucal deve ser tratada (isto é, periodontal ou endodôntica) e estabilizada.

Fatores que levam à cicatrização sub-ótima podem ser categorizados como sistêmicos ou locais. Condições sistêmicas como idade avançada, diabetes, desnutrição, imunossupressão e uso de tabaco podem afetar adversamente a cicatrização de enxertos ósseos (Fonseca *et al.*, 2017; De Groot *et al.*, 2018).

Pacientes que são sistemicamente saudáveis e sem limitações médicas sérias são candidatos a procedimentos de enxerto ósseo mais extensos. No entanto, o paciente com risco sistêmico deve receber informações claras explicando riscos e possíveis complicações. Também será necessário esclarecer que o período de cicatrização será

muitas vezes mais longo, os controles devem ser mais frequentes: sua cooperação é indispensável (Fonseca *et al.*, 2017; De Groot *et al.*, 2018).

No caso da GBR, pacientes medicamente frágeis são frequentemente melhor tratados com barreiras bioabsorvíveis e aloenxerto particulado porque essa abordagem requer menos tempo cirúrgico com menor potencial de morbidade pós-cirúrgica (Troeltzsch *et al.*, 2016).

A adesão do paciente também é necessária para o sucesso da regeneração. Escolher a técnica de acordo com as condições sistêmicas e a adesão do paciente; no caso da distração osteogênica, só é possível se o paciente tiver uma forte adesão ao tratamento, pois requer uma ativação diária do dispositivo (Toledano-Serrabona *et al.*, 2018).

9.2 Perspectivas dos pacientes sobre o tipo de enxerto:

A preferência do clínico por um tipo de enxerto ou outro depende de várias razões, como a quantidade de osso a ser regenerado, doença sistêmica no paciente, considerações econômicas, evidências sobre a eficácia e segurança do material, experiência e experiências anteriores

No entanto, o paciente nem sempre concorda com a decisão do clínico, mesmo que seja baseado em evidências científicas.

Alguns estudos investigaram especificamente o conforto do paciente, e, embora nenhuma diferença significativa no desempenho clínico pudesse ser demonstrada para muitos materiais e métodos, isso pode não ser verdade para o desconforto pós-operatório dos pacientes (Troeltzsch *et al.*, 2016).

Num estudo multicêntrico feita por Bucchi *et al.*, (2019) sobre as preferências e preocupações dos pacientes em relação à origem dos enxertos ósseos utilizados em odontologia, onde foram questionados trezentos e trinta pacientes, o enxerto que suscitou maior percentual de recusa foi o aloenxerto (40,4%). A principal razão para a rejeição do aloenxerto foi motivações éticas / morais e o medo da transmissão de doença.

O enxerto ósseo autólogo de um sítio dador extra-oral é rejeitado por (34%), apesar das suas propriedades osteoindutoras, osteocondutoras e osteogênicas. A principal razão para a rejeição óssea autóloga foi o medo da dor e do desconforto.

A principal razão para a rejeição do xenoenxerto (32,7%) foi o medo da transmissão de doença e a rejeição do uso de animais para benefício humano.

O enxerto aloplástico (6,3% de rejeição) e os enxertos ósseos autólogos de um sítio doador intra-oral (24,5% de rejeição) foram os menos recusados (Bucchi *et al.*, 2019).

Os materiais não-autólogos mostraram um resultado significativamente melhor quando comparados aos materiais autógenos, especialmente o osso ilíaco, no que diz respeito ao bem-estar e preferência dos pacientes nos dias após a cirurgia (Chavda & Levin, 2018; Troeltzsch *et al.*, 2016).

Os resultados satisfatórios do enxerto autógeno podem convencer os pacientes da sua necessidade. Assim, num outro estudo feita por Chiapasco *et al.*, em 2018, 69 pacientes e 323 implantes com defeitos ósseos graves foram reconstruídos com blocos ósseos calvários autógenos cobertos com grânulos de osso bovino e membranas de colagénio.

Em relação aos resultados relatados pelos pacientes, registados no questionário, constatou-se que o tratamento recebido foi bem tolerado pela maioria dos pacientes. Dor pós-operatória e desconforto foram baixos. As restaurações protéticas finais foram consideradas muito satisfatórias em termos de estética e capacidade mastigatória pela maioria dos pacientes. No total, 88,4% dos pacientes, sabendo exatamente o que esperar em termos de fases cirúrgica e protética, teriam feito o mesmo procedimento reconstrutivo novamente se fosse necessário (Chiapasco *et al.*, 2018).

Reissmann, Poxleitner e Heydecke, num estudo feita em 2018, concluem que a coleta de enxerto ósseo intraoral e extraoral é um procedimento associado à dor de intensidade e duração significativas numa grande proporção de pacientes. Entretanto, um local doador extra-oral deve resultar em dor mais intensa, mais duradoura e dolorosa do que o previsto para um local doador intra-oral (Reissmann, Poxleitner & Heydecke, 2018).

O paciente deve ser informado das vantagens, desvantagens, riscos e potenciais complicações de cada opção de tratamento. Isso não só proporciona ao paciente maior tranquilidade, porque ele participa ativamente da escolha do tratamento, mas também dá ao clínico o conforto de saber que ele preparou adequadamente o paciente para o próximo tratamento.

As expectativas de adesão do paciente para cada opção de tratamento também devem ser discutidas. Qualquer tratamento médico é uma viagem de ida e volta entre paciente e o clínico, e o paciente deve ser responsável pela cooperação. De facto, a adesão do paciente ao tratamento é a chave para o sucesso (Misch & Resnik, 2017).

9.3 O tamanho e a morfologia do defeito ósseo

A morfologia de um defeito ósseo deve influenciar a escolha do material ou técnica. Locais com menos paredes ósseas circundantes e atrofia mais pronunciada são mais exigentes e necessitam de materiais e técnicas que ofereçam maior atividade biológica e capacidade regenerativa. Como regra geral, o aumento ósseo vertical é mais biológica e clinicamente desafiador do que o aumento ósseo horizontal. As explicações para essa diferença incluiriam menos paredes ósseas e maior dificuldade em obter manutenção do espaço, estabilidade do enxerto e cobertura de tecidos moles (Misch *et al.*, 2015; Urban *et al.*, 2019).

O tamanho de aumento necessário também é um fator importante. Na verdade, não é necessário usar uma técnica mais eficiente em termos de volume de aumento, mas com mais complicações (por exemplo, distração), se o aumento necessário não for volumoso e o aumento for viável com técnicas mais simples.

9.4 Aumento ósseo na dimensão horizontal

Uma limitação importante para a colocação do implante é a largura insuficiente do rebordo alveolar. Idealmente, é necessária uma largura mínima de 5 a 6 mm para a colocação de um implante regular de 4 mm (Testori *et al.*, 2018).

O processo de tomada de decisão para o aumento horizontal do rebordo depende das dimensões tridimensionais do osso vestibulo-lingual (representado na figura 9), juntamente com outros fatores, como a espessura do tecido, a estabilidade primária do implante e a disponibilidade de osso autógeno. A fim de extrapolar a sua aplicação para ambientes clínicos, a tomada de decisão dos métodos de aumento de rebordo pode ser discutida em divisões baseadas na largura da crista óssea (George *et al.*, 2016).

Para um aumento na largura de 1 a 2 mm

Quando a largura do rebordo é de 4mm a 5mm e espera-se osso esponjoso remanescente entre placas corticais.

A expansão do rebordo pode ser uma solução sabiamente optada. A expansão da crista é indicada em cristas com deficiência horizontal mas com altura adequada (George *et al.*, 2016).

A técnica da regeneração guiada pode também ser utilizada com alta previsibilidade para um aumento de uma pequena dimensão (Tolstunov, 2019).

Para um aumento na largura de 2 a 2,5

Na largura do rebordo de 3,5 mm a 4 mm, onde a estabilidade primária do implante não pode ser alcançada, a abordagem de regeneração óssea guiada pode ser defendida (George *et al.*, 2016).

Tolstunov (2019) considera uma largura inferior a 4 mm como severa e preconiza a utilização de blocos em técnica de aposição.

Para um aumento na largura de mais de 2,5 mm

Para uma largura de rebordo abaixo de 3,5 mm, o aumento de rebordo horizontal pode ser realizado com o uso de enxertos de bloco de aposição. Para enxertos de blocos de aposição, blocos ósseos alogénicos e xenogénicos, bem como autoenxertos de mento ou ramo podem ser utilizados (George *et al.*, 2016).

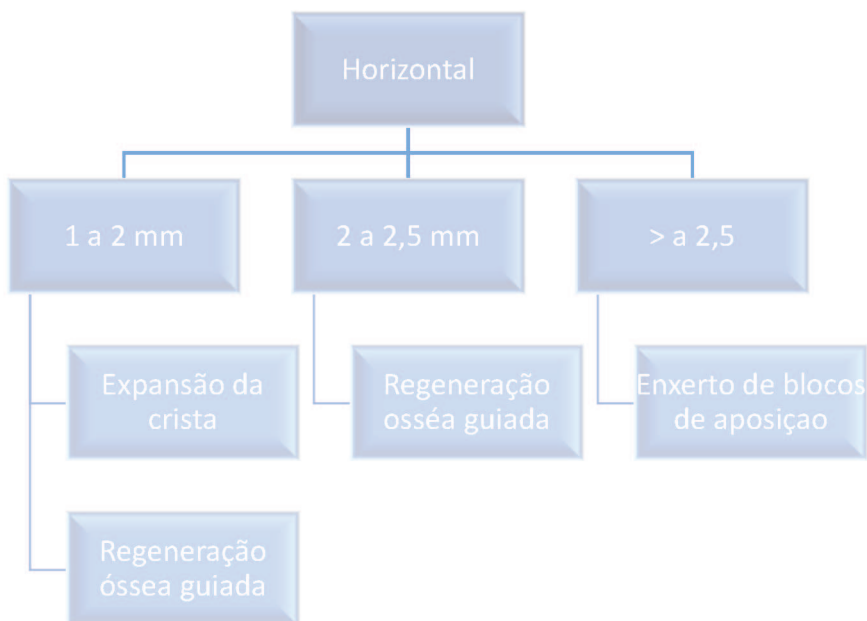


Figura 10 Árvore de decisão para um aumento na dimensão horizontal

9.5 Aumento ósseo na dimensão vertical



Figura 11 Técnica para aumento ósseo na dimensão vertical (Elnayef *et al.*, 2017)

Legenda : a-distração ostéogénica,b- enxerto de interposição c- enxerto de aposição d-GBR

O aumento vertical da crista é biologicamente exigente, pois visa a obtenção de regeneração óssea sem confinamento da parede óssea (paredes ósseas destinadas a promover a estabilidade do coágulo e do enxerto ósseo).

Por essa razão, a angiogénese deve alcançar uma certa distância do osso existente para o novo osso se formar (Urban *et al.*, 2019).

O processo de tomada de decisão para o aumento vertical do rebordo depende das dimensões tridimensionais (representado na figura 11).

Elevação Apicocoronal Pequena (<4 mm)

Em casos específicos onde esta técnica é possível, a ortodontia cirúrgica (erupção forçada) é recomendada para um aumento de menos de 3 mm, porque é uma abordagem mais conservadora (Tolstunov *et al.*, 2019).

A GBR pode ser usada para tratar previsivelmente pequenos defeitos verticais. A colocação simultânea do implante e a GBR podem ser considerados para ganho vertical médio de 3 mm (Plonka *et al.*, 2018).

A GBR é um método de aumento amplamente utilizado. É comumente usada para pequenas deficiências (Fonseca *et al.*, 2017). A regeneração óssea guiada é geralmente preferida devido à sua alta previsibilidade e baixa incidência de complicações (Elnayef *et al.*, 2017).

O enxerto de aposição em bloco pode ser considerado para um ganho vertical médio de 4,75 mm; no entanto, as taxas de complicações são maiores do que com a GBR. Enquanto os enxertos autógenos são considerados padrão-ouro, os blocos alogênicos apresentam altas taxas de sucesso nos estudos. Essa estratégia é recomendada para um aumento vertical maxilar moderado para evitar um local de colheita mandibular. Os enxertos xenógenos mostram relatos precoces promissores, mas são necessárias mais evidências para validar os achados (Plonka *et al.*, 2018).

Elevação Apicocoronal Média (4 a 6 mm).

A regeneração óssea guiada pode ser utilizada de forma previsível para defeitos médios (4 a 6 mm). A GBR é um método de aumento amplamente utilizado, mas falta-lhe a capacidade de atingir um aumento da altura óssea significativa (Tolstunov, 2019).

Enxerto de bloco autógeno é outra opção para um médio aumento na dimensão vertical, mesmo se no geral o enxerto de aposição tem uma alta taxa de complicações. A habilidade do clínico é fundamental quando se considera essa técnica.

Para deficiências de tamanho médio de até 6 mm, os enxertos ósseos em bloco são uma boa opção. O enxerto ósseo de aposição tem uma tendência à reabsorção, e tanto os enxertos ósseos de aposição quanto de interposição podem resultar em morbidade do local dador (Plonka *et al.*, 2018).

A técnica de osteotomia em sanduíche segmentar com um enxerto de partículas ou bloco pode ser usada para um aumento médio contudo não é útil para um aumento pequeno. Apesar de uma maior taxa de complicações, essa técnica permite um maior aumento comparado a técnica de aposição (Tolstunov, 2019).

Elevação Apicocoronal extensa (> 6 mm)

Num caso de um aumento vertical do rebordo em casos graves (> 6 mm) pode exigir extensos procedimentos de aumento de tecidos moles e duros ao longo de 1 a 2 anos.

A GBR usando uma membrana não reabsorvível com uma estrutura reforçada com Titânio pode ser a escolha preferida para um aumento extenso (Plonka *et al.*, 2018; Tolstunov, 2019).

Defeitos verticais maiores que 4 ou 5 mm, talvez até 10 mm, podem ser tratados com um enxerto interposicional usando a técnica de enxerto ósseo de osteotomia em sanduíche (Fonseca, 2017).

A distração é outra opção para os defeitos graves, com o maior ganho de estatura mas com o maior índice de complicações. Tolstunov recomenda o uso do método de distração em caso de deficiência significativa no osso alveolar já a partir de 6 mm (Tolstunov, 2019). Segundo Fonseca a distração alveolar é usada para defeitos verticais de 10 mm ou mais (Fonseca, 2017). Devido à sua alta taxa de complicações, a distração só deve ser usada em casos de deficiência vertical extrema na crista e com alta experiência e habilidade do cirurgião (Plonka *et al.*, 2018).

Uma limitação primária associada à distração é que ela só permite a correção de defeitos verticais e não pode ser usada para corrigir defeitos verticais e horizontais, enquanto o uso de enxerto ósseo em bloco pode tratar defeitos verticais e horizontais simultaneamente (Hameed *et al.*, 2019).

Em defeitos ósseos compostos maiores, a combinação de diferentes técnicas de maneira consecutiva permite a realização dos objetivos desejados (Tolstunov, 2019).

Em uma situação onde há apenas alguns milímetros acima do nervo. Precauções devem ser tomadas para evitar a colocação de parafusos que possam danificar a estrutura nervosa. Técnicas como enxerto em bloco ou osteotomias (distração, técnica em sanduíche) devem ser evitadas nos casos em que o nervo está muito próximo da crista. O procedimento ideal pode consistir numa regeneração guiada seguida por estas técnicas (Tolstunov, 2016).

Em paralelo, na região posterior da maxila, o enchimento do seio permite obter um aumento na altura da crista numa situação de pneumatização do seio maxilar (Dinato *et al.*, 2018; Raghoobar, Onclin, Boven, Vissink & Meijer, 2019).

Além disso, dependendo da morfologia dos defeitos, umas técnicas podem ser preferíveis a outras, de fato, se o rebordo é irregular, a regeneração óssea guiada é preferida a outras técnicas que não permitem uma correção de irregularidades (distração osteogênica o expansao da crista) ou não permite uma adaptação do enxerto ao defeito (enxerto em bloco) (Chiapasco & Casentini, 2018).

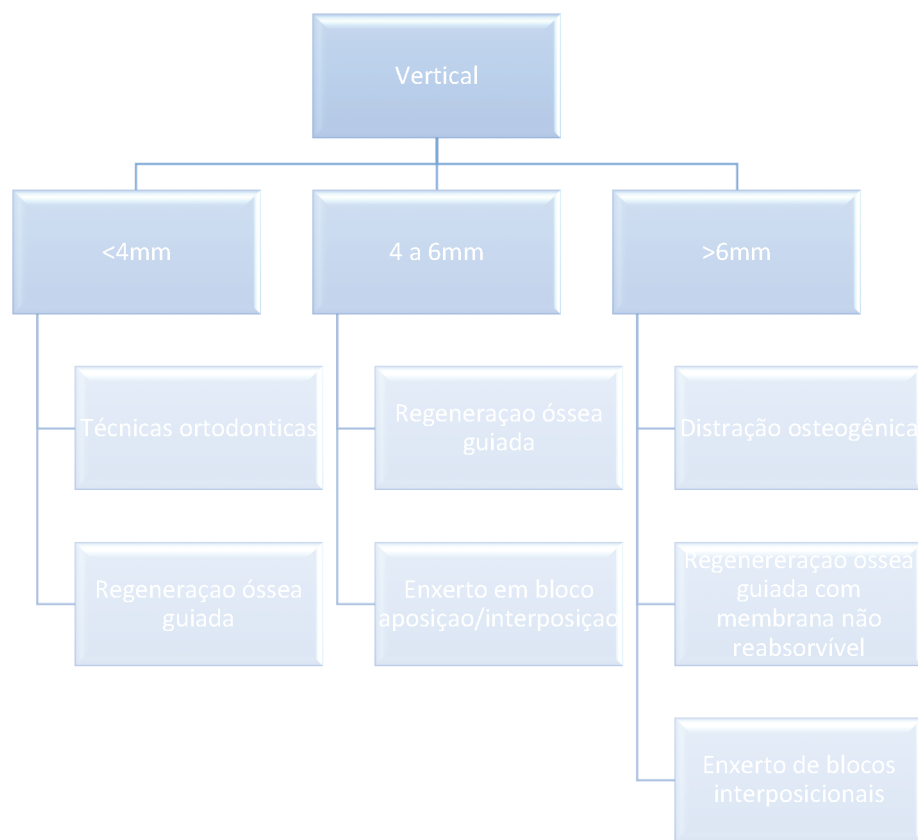


Figura 12 Árvore de decisão para um aumento na dimensão vertical

Conclusão:

O uso de um método capaz de um grande aumento, mas que apresenta mais complicações do que outros métodos, deve ser usado somente se os métodos mais simples não forem suficientes para alcançar o aumento requerido. Na verdade, seria um tratamento excessivo usar um método tão complicado quanto a distração, ou usar um enxerto extra-oral, enquanto o aumento pode ser previsível com técnicas com menos complicações, como a regeneração guiada com enxertos intra-orais ou mesmo aloplásticos.

Os fatores a serem levados em conta ao fazer o tratamento pré-implantar são muito numerosos, e uma técnica indicada por um motivo pode ser contraindicada por outro motivo no mesmo paciente, portanto, é apropriado que o clínico despenda o tempo que for necessário para pesar os prós e os contras de modo a eleger o método e o material mais adequados. A maior parte do sucesso está no planejamento.

CONCLUSÃO

Após a extração, o osso alveolar muda de qualidade e quantidade, o que pode então contra-indicar a colocação de implantes sob condições que garantam sua viabilidade e durabilidade.

Assim, foram desenvolvidas técnicas e materiais de regeneração óssea para aumentar o campo de ação da implantologia.

O enxerto ósseo, a regeneração óssea guiada, a expansão da crista e a distração alveolar são técnicas comprovadas para alcançar o ganho ósseo pré-implantar. De facto, sobrevivência do implante não é diferente entre um implante colocado em osso aumentado ou em osso nativo não aumentado.

Porém, além da escolha da técnica, há a questão do biomaterial que será utilizado para a reconstituição deste volume. O osso autólogo que é descrito como ideal por ser o único a ter células osteoprogenitoras viáveis apresenta a desvantagem da necessidade de um sítio dador e, portanto, apresenta um risco de morbidade. Por isso foram desenvolvidos substitutos ósseos.

Vários estudos foram feitos para comparar essas técnicas; não é possível determinar se uma técnica é superior a outra. De facto, se existem técnicas mais eficientes em termos de ganho ósseo, como distração osteogênica e o enxerto em bloco de interposição, quando comparadas à regeneração óssea guiada, estas técnicas também apresentam mais complicações. Ou seja, não há uma técnica mais eficiente.

A decisão do profissional, portanto, será guiada por outros fatores e indicações de acordo com cada paciente. É essencial notar que a destreza do clínico deve ser considerada para a escolha da técnica. Isso afeta diretamente os resultados e possíveis complicações. Portanto a indicação será caso a caso, dependendo da morfologia e do tamanho do defeito, do tempo de operação, do paciente e do cirurgião.

É importante lembrar que a decisão da técnica e do material a ser utilizado só pode ser tomada após uma análise de todos os fatores, e que não existe realmente uma guia predefinida.

Bibliografia

- Aghaloo TL, Tencati E, Hadaya D. (2019) Biomimetic Enhancement of Bone Graft Reconstruction. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* :193-205. doi: 10.1016/j.coms.2018.12.001. Epub 2019 Mar 2. Review. PubMed PMID: 30833125.
- Aghaloo, T., Misch, C., Lin, G., Iacono, V., & Wang, H. (2017). Bone Augmentation of the Edentulous Maxilla for Implant Placement: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31, 19–30. <https://doi.org/10.11607/jomi.16suppl.g1>
- Al Yafi F, Alchawaf B, Nelson K. (2019) What is the Optimum for Alveolar Ridge Preservation?. *Dent Clin North Am.* 2019 Jul;63(3):399-418. doi: 10.1016/j.cden.2019.02.007. Epub Apr 15. Review. PubMed PMID: 31097134.
- Altıparmak, N., Akdeniz, S. S., Bayram, B., Gulsever, S., & Uckan, S. (2017). *Alveolar Ridge Splitting Versus Autogenous Onlay Bone Grafting*. *Implant Dentistry*, 26(2), 284–
- Barone, A., Toti, P., Menchini-Fabris, G.-B., Felice, P., Marchionni, S., & Covani, U. (2017). Early volumetric changes after vertical augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional block graft versus onlay bone graft: A retrospective radiological study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 45(9), 1438–1447. doi:10.1016/j.jcms.2017.01.018
- Borzabadi-Farahani, A., & Zadeh, H. H. (2016). Orthodontic Therapy in Implant Dentistry: Orthodontic Implant Site Development. Vertical Alveolar Ridge Augmentation in Implant Dentistry : *A Surgical Manual*, 30–37. doi:10.1002/9781119082835.ch04
- Breeland G, Patel BC. Anatomy, Head and Neck, Mandible. (Updated 2018 Nov 14). In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532292/>
- Bucchi, C., Del Fabbro, M., Arias, A., Fuentes, R., Mendes, J. M., Ordonneau, M., ... Manzanares-Céspedes, M. C. (2019). Multicenter study of patients' preferences and concerns regarding the origin of bone grafts utilized in dentistry. *Patient preference and adherence*, 13, 179–185. doi:10.2147/PPA.S186846

- Budihardja, A. S. (2019). Guided Bone Regeneration, Bone Splitting, Interpositional Osteoplastic. *Bone Management in Dental Implantology*, 41–60. doi:10.1007/978-3-319-78951-4_3
- Budihardja, A. S., & Kallmann, M. (2019). Basic Principle in Bone Augmentation. *Bone Management in Dental Implantology*, 1-22. doi:10.1007/978-3-319-78951-4_1
- Ceccarelli, G., Presta, R., Benedetti, L., Cusella De Angelis, M. G., Lupi, S. M., & Rodriguez Y Baena, R. (2017). Emerging Perspectives in Scaffold for Tissue Engineering in Oral Surgery. *Stem cells international*, 2017, 4585401.
- Chappuis, V., Araújo, M. G., & Buser, D. (2016). Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontology 2000*, 73(1), 73–83. Doi:10.1111/prd.12167 <http://onlinelibrary.wiley.com/secure/sci-hub.tw/doi/pdf/10.1111/prd.12167>
- Chavda, S., & Levin, L. (2018). Human Studies of Vertical and Horizontal Alveolar Ridge Augmentation Comparing Different Types of Bone Graft Materials: A Systematic Review. *Journal of Oral Implantology*, 44(1), 74–84. doi:10.1563/aid-joi-d-17-00053
- Chiapasco M, Tommasato G, Palombo D, Scarnò D, Zaniboni M, Del Fabbro M (2018). Dental implants placed in severely atrophic jaws reconstructed with autogenous calvarium, bovine bone mineral, and collagen membranes: A 3- to 19-year retrospective follow-up study. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Jul;29(7):725-740. doi: 10.1111/clr.13281. Epub 2018 Jun 7. PubMed PMID: 29876968.
- Chiapasco, M., & Casentini, P. (2018). Horizontal bone-augmentation procedures in implant dentistry: prosthetically guided regeneration. *Periodontology 2000*, 77(1), 213–240. doi:10.1111/prd.12219
- Ciocca, L., Lizio, G., Baldissara, P., Sambuco, A., Scotti, R., & Corinaldesi, G. (2018). Prosthetically CAD-CAM–Guided Bone Augmentation of Atrophic Jaws Using Customized Titanium Mesh: Preliminary Results of an Open Prospective Study. *Journal of Oral Implantology*, 44(2), 131–137. doi:10.1563/aid-joi-d-17-00125
- Danesh-Sani, S. A., Tarnow, D., Yip, J. K., & Mojaver, R. (2017). The influence of cortical bone perforation on guided bone regeneration in humans. *International*

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 46(2), 261–266.

doi:10.1016/j.ijom.2016.10.017

Dayangac, E., Araz, K., Oguz, Y., Bacanlı, D., Caylak, B., & Uckan, S.

(2014). Radiological and Histological Evaluation of the Effects of Cortical Perforations on Bone Healing in Mandibular Onlay Graft Procedures. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(1), 82–88. doi:10.1111/cid.12238

De Avila, E. D., Filho, J. S., de Oliveira Ramalho, L. T., Real Gabrielli, M. F., & Pereira Filho, V. A. (2014). Alveolar ridge augmentation with the perforated and nonperforated bone grafts. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 44(1), 33. doi:10.5051/jpis.2014.44.1.33

De Groot, R. J., Oomens, M. A. E. M., Forouzanfar, T., & Schulten, E. A. J. M. (2018). Bone augmentation followed by implant surgery in the edentulous mandible: A systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(4), 334–343. doi:10.1111/joor.12605

De Sousa, C. A., Lemos, C. A. A., Santiago-Júnior, J. F., Faverani, L. P., & Pellizzer, E. P. (2018). Bone augmentation using autogenous bone versus biomaterial in the posterior region of atrophic mandibles: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 76, 1–8. doi:10.1016/j.jdent.2018.06.014

Doonquah L, Lodenquai R, Mitchell AD. (2015). Surgical techniques for augmentation in the horizontally and vertically compromised alveolus. *Dent Clin North Am*. 2015 Apr;59(2):389-407. doi: 10.1016/j.cden.2014.10.004. Epub 2015 Jan 27. Review. PubMed PMID: 25835801.

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. doi:10.1111/eos.12364

Elnayef B, Monje A, Gargallo-Albiol J, Galindo-Moreno P, Wang HL, Hernández-Alfaro F. (2017). Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Mandible: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Mar/Apr;32(2):291-312. doi: 10.11607/jomi.4861. Review. PubMed PMID: 28291849.

Elnayef, B., Porta, C., del Amo, F., Mordini, L., Gargallo-Albiol, J., & Hernández-Alfaro, F. (2018). The Fate of Lateral Ridge Augmentation: A Systematic Review

- and Meta-Analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(3), 622–635. doi:10.11607/jomi.6290
- Esfahrood, Z. R., Ahmadi, L., Karami, E., & Asghari, S. (2017). Short dental implants in the posterior maxilla: a review of the literature. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 43(2), 70-76.
- Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. (2009) The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants - a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2009 Autumn;2(3):167-84. Review. PubMed PMID: 20467628.
- Fonseca, R. J., Marciani, R. D., & Turvey, T. A. (2017). *Oral and Maxillofacial Surgery*. Philadelphia, PA: Saunders.
- Francisco Teixeira Barbosa, & Francisco Carroquino. (2016). *Guided bone regeneration for dummies*.
- Gentile, P., Chiono, V., Tonda-Turo, C., Ferreira, A. M., & Ciardelli, G. (2011). Polymeric membranes for guided bone regeneration. *Biotechnology Journal*, 6(10), 1187–1197. doi:10.1002/biot.201100294
- Goyal M, Mittal N, Gupta GK, Singhal M. (2015) Ridge augmentation in implant dentistry. *J Int Clin Dent Res Organ* 2015; 7, Suppl S1:94-112 DOI: 10.4103/2231-0754.172939
- Gual-Vaqués, P., Polis-Yanes, C., Estrugo-Devesa, A., Ayuso-Montero, R., Mari-Roig, A., & López-López, J. (2018). Autogenous teeth used for bone grafting: A systematic review. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*, 23(1), e112–e119. doi:10.4317/medoral.22197
- Haggerty, C. J., Vogel, C. T., & Fisher, G. R. (2015). *Simple Bone Augmentation for Alveolar Ridge Defects*. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), 203–226. doi:10.1016/j.coms.2015.01.011
- Hansson, S., & Halldin, A. (2012). Alveolar ridge resorption after tooth extraction: A consequence of a fundamental principle of bone physiology. *Journal of dental biomechanics*, 3, 1758736012456543.
- Hasan Hameed, M., Gul, M., Ghafoor, R., & Khan, F. R. (2019). Vertical Ridge Gain with Various Bone Augmentation Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Prosthodontics*.

- Hoeffler, V. J., & Al-Sabbagh, M. (2019). Are There Alternatives to Invasive Site Development for Dental Implants? Part I. *Dental Clinics of North America*. doi:10.1016/j.cden.2019.02.011
- Hong, D., & Oh, J. H. (2017). Recent advances in dental implants. *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*, 39(1), 33. doi:10.1186/s40902-017-0132-2 <http://jkamprs.springeropen.com/secure/sci-hub.tw/articles/10.1186/s40902-017-0132-2>
- Iocca, O. (2016). *Evidence-Based Implant Dentistry*. Basingstoke, England: Springer.
- Iviglia, G., Kargozar, S., & Baino, F. (2019). Biomaterials, Current Strategies, and Novel Nano-Technological Approaches for Periodontal Regeneration. *Journal of functional biomaterials*, 10(1), 3. doi:10.3390/jfb10010003
- Jain, N., Gulati, M., Garg, M., & Pathak, C. (2016). Short Implants: New Horizon in Implant Dentistry. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 10(9), ZE14-ZE17.
- Jamjoom, A., & Cohen, R. E. (2015). Grafts for Ridge Preservation. *Journal of functional biomaterials*, 6(3), 833-48. doi:10.3390/jfb6030833 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4598680/>
- Jensen, A. T., Jensen, S. S., & Worsaae, N. (2016). Complications related to bone augmentation procedures of localized defects in the alveolar ridge. *A retrospective clinical study. Oral and Maxillofacial Surgery*, 20(2), 115–122. <https://doi.org/10.1007/s10006-016-0551-8>
- José Cícero Dinato Leandro Soeiro Nunes Ricardo Smid. (2018). Técnicas cirúrgicas para regeneração óssea viabilizando a instalação de implantes. http://nunesodontologia.com/public/download_04.pdf
- Juiz de Fora,. (2018). Uma atualização sobre biomateriais em implantodontia *Biomaterials in Implantology: an update. HU Revista*,, 44.
- Kaitsas, R., Paolone, M. G., & Paolone, G. (2015). Guided orthodontic regeneration: A tool to enhance conventional regenerative techniques in implant surgery. *International Orthodontics*, 13(4), 539–554. doi:10.1016/j.ortho.2015.09.009
- Kamperos, G., Zografos, I., Tzermpos, F., & Iatrou, I. (2016). Segmental sandwich osteotomy of the posterior mandible in pre-implant surgery - A systematic review. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 22(1), e132–e141. doi:10.4317/medoral.21633

- Kazor CE, Al-Shammari K, Sarment DP, Misch CE, Wang HL. Implant plastic surgery: a review and rationale. *J Oral Implantol*. 2004;30(4):240-54. doi: 10.1563/0.637.1. Review. PubMed PMID: 15453224.
- Keestra, J. A., Barry, O., Jong, L. d., & Wahl, G. (2016). Long-term effects of vertical bone augmentation: a systematic review. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 24(1), 3–17. doi:10.1590/1678-775720150357
- Knöfler, W., Barth, T., Graul, R., & Krampe, D. (2016). Retrospective analysis of 10,000 implants from insertion up to 20 years-analysis of implantations using augmentative procedures. *International journal of implant dentistry*, 2(1), 25. doi:10.1186/s40729-016-0061-3
- Kumar, P., Vinitha, B., & Fathima, G. (2013). Bone grafts in dentistry. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 5(Suppl 1), S125-7.
- Larsen PE, Kennedy KS. Managing the Posterior Maxilla with Implants Using Bone Grafting to Enhance Implant Sites. (2019) *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2019 May;31(2):299-308. doi: 10.1016/j.coms.2019.01.002.
- Le, B., & Nielsen, B. (2015). Esthetic Implant Site Development. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), 283–311. doi:10.1016/j.coms.2015.01.009
- Le, B., & Pi-Anfruns, J. (2018). Advanced Grafting Techniques for Implant Placement in Compromised Sites. *Implants in the Aesthetic Zone*, 139–174. doi:10.1007/978-3-319-72601-4_7
- Lekholm U, Zarb G. (1985). Patient selection and preparation. In: Branemark PI, Zarb G, Albrektsson T, editors. *Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence; 1985. p. 199-209.
- Liu, J., & Kerns, D. G. (2014). Mechanisms of guided bone regeneration: a review. *The open dentistry journal*, 8, 56-65. doi:10.2174/1874210601408010056
- Lopes D, Martins-Cruz C, Oliveira MB, Mano JF. (2018) Bone physiology as inspiration for tissue regenerative therapies. *Biomaterials*. 2018 Dec;185:240-275. doi: 10.1016/j.biomaterials.2018.09.028. Epub 2018 Sep 17. Review. PubMed PMID: 30261426; PubMed Central PMCID: PMC6445367.
- Louis PJ and Sittitavornwong S. (2019). Managing Bone Grafts for the Mandible. - PubMed - NCBI.

- Marie-alphonsine S., Guillaume B., Chappard D.(2018) Préservation d'alvéole après extraction : Méthodes et comparaison. *Le Dentoscope*. N°201, 32-41, 2018.
- Mendoza-Azpur, G., Fuente, A., Chavez, E., Valdivia, E., & Khouly, I. (2019). Horizontal ridge augmentation with guided bone regeneration using particulate xenogenic bone substitutes with or without autogenous block grafts: A randomized controlled trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. doi:10.1111/cid.12740
- Misch, C. E., & Resnik, R. (2017). *Misch's Avoiding Complications in Oral Implantology - E-Book*. St. Louis, MO: Elsevier Health Sciences.
- Misch, C., Jensen, O., Pikos, M., & Malmquist, J. (2015). Vertical Bone Augmentation Using Recombinant Bone Morphogenetic Protein, Mineralized Bone Allograft, and Titanium Mesh: A Retrospective Cone Beam Computed Tomography Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(1), 202–207. doi:10.11607/jomi.3977
- Moro, A., Gasparini, G., Foresta, E., Saponaro, G., Falchi, M., Cardarelli, L., ... Pelo, S. (2017). Alveolar Ridge Split Technique Using Piezosurgery with Specially Designed Tips. *BioMed research international*, 2017, 4530378. doi:10.1155/2017/4530378
- N. George, G. Seema, S. Aswathy, (2016). Horizontal Ridge Augmentation - an Overview, *Ann Dent Spec* 42) 29-32.
- Nazirkar, G., Singh, S., Dole, V., & Nikam, A. (2014). Effortless effort in bone regeneration: a review. *Journal of international oral health : JIOH*, 6(3), 120-4.
- Oryan, A., Alidadi, S., Moshiri, A., & Maffulli, N. (2014). Bone regenerative medicine: classic options, novel strategies, and future directions. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 9(1), 18. doi:10.1186/1749-799X-9-18
- Pelegrine, A. A., Romito, G., Villar, C. C., Macedo, L. G. S. de, Teixeira, M. L., Aloise, A. C., & Moy, P. K. (2018). Horizontal Bone Reconstruction on sites with different amounts of native bone: a retrospective study. *Brazilian Oral Research*, 32(0).
- Pimentel, A. C., Sanches, M. A., Ramalho, G. C., Roman-Torres, C. V., Manzi, M. R., & Sendyk, W. R. (2016). Lateralization Technique and Inferior Alveolar Nerve Transposition. *Case Reports in Dentistry*, 2016, doi:10.1155/2016/4802637

- Plonka AB, Urban IA, Wang HL. (2018) Decision Tree for Vertical Ridge Augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018 Mar/Apr;38(2):269-275. doi: 10.11607/prd.3280. Review. PubMed PMID: 29447321.
- Raghoobar, G. M., Onclin, P., Boven, G. C., Vissink, A., & Meijer, H. J. A. (2019). Long-term effectiveness of maxillary sinus floor augmentation A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. doi:10.1111/jcpe.13055
- Reissmann, D. R., Poxleitner, P., & Heydecke, G. (2018). Location, intensity, and experience of pain after intra-oral versus extra-oral bone graft harvesting for dental implants. *Journal of Dentistry*. doi:10.1016/j.jdent.2018.10.011
- Saghiri, M. A., Asatourian, A., Garcia-Godoy, F., & Sheibani, N. (2016). The role of angiogenesis in implant dentistry part II: The effect of bone-grafting and barrier membrane materials on angiogenesis. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 21(4), e526-37. doi:10.4317/medoral.21200
- Sakkas, A., Wilde, F., Heufelder, M., Winter, K., & Schramm, A. (2017). Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a "gold standard"? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures. *International journal of implant dentistry*, 3(1), 23. doi:10.1186/s40729-017-0084-4
- Schnutenhaus, S., Doering, I., Dreyhaupt, J., Rudolph, H., & Luthardt, R. G. (2018). Alveolar ridge preservation with a collagen material: a randomized controlled trial. *Journal of periodontal & implant science*, 48(4), 236-250. doi:10.5051/jpis.2018.48.4.236
- Sheikh, Z., Sima, C., & Glogauer, M. (2015). Bone Replacement Materials and Techniques Used for Achieving Vertical Alveolar Bone Augmentation. (F. E. Weber Ed.). *Materials*, 8(6), 2953–2993. doi:10.3390/ma8062953
- Soriano RM, M Das J. Anatomy, Head and Neck, Maxilla. (Updated 2019 Feb 21). In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538527/>
- Starch-Jensen, T., & Jensen, J. D. (2017). Maxillary Sinus Floor Augmentation: a Review of Selected Treatment Modalities. *Journal of oral & maxillofacial research*, 8(3), e3. doi:10.5037/jomr.2017.8303
- Tarun Kumar, A. B. (2015). Maxillary sinus augmentation - *JInt Clin Dent Res Organ*. 2015;7:81-93

- Tayebi, L., & Moharamzadeh, K.(2017). *Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering. Cambridgeshire, England: Woodhead Publishing.*
- Testori T, Weinstein T, Scutellà F, Wang HL, Zucchelli G.(2018) Implant placement in the esthetic area: criteria for positioning single and multiple implants. *Periodontol 2000.*2018 Jun;77(1):176-196. doi: 10.1111/prd.12211. .
- Titsinides, S., Agrogiannis, G., & Karatzas, T. (2018). Bone grafting materials in dentoalveolar reconstruction: A comprehensive review. *The Japanese dental science review*, 55(1), 26-32.
- Toledano-Serrabona, J., Sánchez-Garcés, M. Á., Sánchez-Torres, A., & Gay-Escoda, C. (2018). Alveolar distraction osteogenesis for dental implant treatments of the vertical bone atrophy: A systematic review. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 24(1), e70–e75. doi:10.4317/medoral.22750
- Tolstunov L, Hamrick JFE, Broumand V, Shilo D, Rachmiel A.(2019) Bone Augmentation Techniques for Horizontal and Vertical Alveolar Ridge Deficiency in Oral Implantology.*Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 163-191. doi: 10.1016/j.coms.2019.01.005. Review. PubMed PMID: 30947846.
- Tolstunov L. (2019) Surgical Algorithm for Alveolar Bone Augmentation in Implant Dentistry.*Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019 May;31(2):155-161. doi: 10.1016/j.coms.2019.01.001. . Review. PubMed PMID: 30871782.
- Tolstunov, L.(2016). *Vertical Alveolar Ridge Augmentation in Implant Dentistry: A Surgical Manual.* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Troeltzsch, M., Troeltzsch, M., Kauffmann, P., Gruber, R., Brockmeyer, P., Moser, N., ... Schliephake, H. (2016). Clinical efficacy of grafting materials in alveolar ridge augmentation: A systematic review. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 44(10), 1618–1629. doi:10.1016/j.jcms.2016.07.028
- Urban, I. A., Montero, E., Monje, A., & Sanz-Sánchez, I. (2019). Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 46, 319–339.
<https://doi.org/10.1111/jcpe.13061>
- Vega, L. G., & Bilbao, A. (2010). Alveolar Distraction Osteogenesis for Dental Implant Preparation: An Update. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 22(3), 369–385. doi:10.1016/j.coms.2010.04.004

Watanabe, T., Marchack, B. W., & Takei, H. H. (2013). Creating labial bone for immediate implant placement: A minimally invasive approach by using orthodontic therapy in the esthetic zone. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(6), 435–441. doi:10.1016/j.prosdent.2013.09.003

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. doi:10.11607/jomi.5461

Yang, J., Cheng, Z., & Shi, B. (2016). Augmentation of the alveolar ridge compared with shorter implants in atrophic jaws: a meta-analysis based on randomised controlled trials. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(1), 68–73.

Yao, W., Shah, B., Chan, H.-L., Wang, H.-L., & Lin, G.-H. (2018). Bone Quality and Quantity Alterations After Socket Augmentation with rhPDGF-BB or BMPs: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(6), 1255–1265. doi:10.11607/jomi.6542

Yen, H. H., & Stathopoulou, P. G. (2018). CAD/CAM and 3D-printing Applications for Alveolar Ridge Augmentation. *Current Oral Health Reports*, 5(2), 127–132. doi:10.1007/s40496-018-0180-4

Zhao K, Wang F, Huang W, Wang X, Wu Y.(2017) Comparison of Dental Implant Performance Following Vertical Alveolar Bone Augmentation With Alveolar Distraction Osteogenesis or Autogenous Onlay Bone Grafts: A Retrospective Cohort Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017 Oct;75(10):2099-2114. doi: 10.1016/j.joms.2017.06.038. Epub 2017 Jul 1. PubMed PMID: 28738191.