



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA
DENTÁRIA**

**TÉCNICA SPLIT BONE BLOCK (SBB): O PRESENTE E
O FUTURO DA REGENERAÇÃO ÓSSEA?**

Trabalho submetido por
Daniel Sousa Costa
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**TÉCNICA SPLIT BONE BLOCK (SBB): O PRESENTE E
O FUTURO DA REGENERAÇÃO ÓSSEA?**

Trabalho submetido por
Daniel Sousa Costa
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Abecasis

setembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família por todo o apoio prestado durante estes 5 anos. Foram 5 anos de muito esforço e dedicação onde sempre me apoiaram e me deram motivação para dar o máximo de mim.

Gostaria também de mostrar o meu agradecimento ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Abecasis, por toda a disponibilidade, rapidez e ajuda durante a realização deste trabalho.

Agradeço também aos meus colegas de box, Duarte, Francisco e Tomás, por todos os momentos e ensinamentos que me proporcionarem. Graças a vocês, os anos de clínica ficarão para sempre guardados na minha memória. Foram muitas aventuras e gargalhadas passadas com todos vós.

Por fim, não me posso esquecer de agradecer a todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, fizeram parte do meu percurso académico e me fizeram crescer, não só, enquanto aluno, como também, enquanto pessoa. Não preciso de mencionar o nome de cada um, pois são imensos. No entanto, gostaria de reforçar que foram um pilar muito importante para mim.

RESUMO

Para alguns pacientes, a colocação de implantes seria impossível caso não se recorresse à regeneração óssea. Assim, é necessário ter, não só, um bom suporte ósseo, como também, saúde ao nível dos tecidos moles.

O procedimento de regeneração óssea tem como objetivo proporcionar as condições adequadas para a colocação de implantes, sendo uma área com um crescimento exponencial nas últimas décadas.

Apesar de existirem diversas técnicas e materiais disponíveis no mercado, cada técnica tem as suas devidas indicações e cada material características próprias, vantagens e desvantagens.

Com o presente trabalho pretende-se aprofundar os conhecimentos acerca da técnica *Split Bone Block* e o enxerto autólogo, fornecendo toda a informação sobre a técnica em questão e estimulando o espírito crítico dos leitores.

Para a realização da atual revisão de literatura foi feita uma pesquisa bibliográfica em diversos motores de busca como Cochrane Library, PubMed, B-on e SciElo.

Palavras-chave: “Split Bone Block”, “Regeneração óssea”, “Enxerto autólogo” e “Técnicas de regeneração óssea”.

ABSTRACT

For some patients, implant placement would be impossible without bone augmentation. Thus, it is necessary not only to have good bone support, but also in terms of soft tissue health.

The bone augmentation procedure aims to provide adequate conditions for the placement of implants, being an area with exponential growth in recent decades.

Although there are several techniques and materials available on the market, each technique has its proper indications, and each material has its own characteristics, advantages and disadvantages.

The present work intends to deepen the knowledge of the *Split bone Block* technique and the autologous graft, providing all the information about the technique in question and stimulating the readers' critical spirit.

In order to carry out the current literature review, a bibliographic search was carried out in several platforms such as Cochrane Library, PubMed, B-on SciELO.

Keywords: “Split Bone Block”, “Bone augmentation”, “Autologous graft” and “Bone augmentation techniques”.

ÍNDICE GERAL

I – INTRODUÇÃO.....	13
II – DESENVOLVIMENTO.....	15
1- Tecido ósseo.....	15
1.1– Osteoblastos.....	15
1.2– Osteócitos.....	15
1.3– Osteoclastos.....	16
1.4– Embriologia.....	16
1.5– O osso macro e microscopicamente.....	17
1.6– Histologia do tecido ósseo.....	18
1.7– Dinâmica de formação e remodelação óssea.....	19
2- Materiais de regeneração óssea.....	19
2.1 – Autoenxertos.....	20
2.2 – Aloenxertos.....	21
2.3 – Xenoenxertos.....	21
2.4 – Enxertos aloplásticos.....	22
3- Técnicas de regeneração óssea.....	23
3.1 – Regeneração óssea guiada.....	23
3.2 – Distração osteogénica.....	23
3.3 – Expansão da crista.....	23
3.4 – Enxerto em bloco.....	24
4- Split bone block.....	24
4.1 – Seleção do paciente.....	24
4.2 – Locais para a colheita de osso.....	26
4.3 – Protocolo de colheita óssea.....	27
4.4 – Fixação do bloco ósseo.....	31
4.5 – Lesão das estruturas anatómicas.....	33
4.6 – Instrumentos utilizados na colheita óssea.....	34
4.7 – Influência do tamanho das partículas.....	37
4.8 – Influência do design do enxerto ósseo.....	37
5- Complicações pós-operatórias da técnica.....	38
5.1 – Retalho em túnel.....	39
5.2 – Técnica de Rerhmann.....	41

5.3 – Exposição do nervo alveolar inferior.....	42
5.4 – Morbilidade do local dador.....	42
6- Resultados clínicos.....	43
III – CONCLUSÃO.....	49
IV – BIBLIOGRAFIA.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Incisão e descolamento do retalho com exposição da linha oblíqua externa. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	27
Figura 2 - Realização da osteotomia vertical na zona mesial da linha oblíqua externa recorrendo ao dispositivo Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	28
Figura 3 - Realização da osteotomia vertical na zona distal da linha oblíqua externa recorrendo ao dispositivo Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	28
Figura 4 - Realização de uma osteotomia horizontal na zona apical a interligar as osteotomias verticais previamente realizadas recorrendo ao Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	29
Figura 5 - Realização de perfurações com 3 a 4 mm de profundidade recorrendo a brocas esféricas. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	29
Figura 6 - Conexão das perfurações esféricas previamente realizadas recorrendo a um cinzel e, conseqüentemente, a remoção do bloco de osso. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	30
Figura 7 - Divisão longitudinal do bloco de osso colhido recorrendo ao Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).....	30
Figura 8 - Porções finais de osso obtidas após separação longitudinal do bloco de osso previamente recolhido. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).....	31
Figura 9 – Parafuso de titânio com 1.2mm de diâmetro fraturado durante o processo da sua remoção. Imagem retirada de (Khoury & Hidajat, 2011).....	32
Figura 10 – Microscrew® com 1mm de diâmetro. Imagem retirada de (Khoury & Hidajat, 2011).....	32
Figura 11 – Microsaw (Dentisply Implants®). Na imagem superior pode-se observar o dispositivo montado num contra-ângulo enquanto, que na imagem inferior o mesmo se encontra montado numa peça de mão. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).....	35
Figura 12 – Comparação do tempo de colheita óssea entre o dispositivo piezoelétrico e o Microsaw desde o momento inicial da primeira osteotomia até à luxação do bloco de osso final. Imagem retirada de (Hanser & Doliveux, 2018).....	36
Figura 13 – Comparação do volume ósseo recolhido através do dispositivo piezoelétrico e o Microsaw. Imagem retirada de (Hanser & Doliveux, 2018).....	36
Figura 14 – Osso particulado obtido através do processo de lascagem. Imagem retirada de (Moukrioti et al., 2019).....	37

Figura 15 – Comparação do volume ósseo ganho entre blocos de osso convencionais e porções ósseas separadas como indica a técnica de Khoury. Imagem retirada de (Kalchthaler et al., 2020).....	38
Figura 16 – Realização do retalho em túnel com exposição do defeito vertical na zona posterior da maxila. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).....	39
Figura 17 – Realização do procedimento regenerativo recorrendo à técnica de Khoury com estabilização do bloco inferior com dois parafusos e do bloco superior com, apenas, um parafuso. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).....	40
Figura 18 – Encerramento da incisão vertical realizada. Sem sinais de distúrbios na circulação sanguínea da região onde foi realizado o procedimento regenerativo. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).....	40
Figura 19 – Representação sequencial, de A a D, da realização do retalho de Rehrmann. Imagem retirada de (Dym & Wolf, 2012).....	41
Figura 20 – Comparação da quantidade média de reabsorção óssea entre pacientes sujeitos a regeneração óssea segundo a técnica de Khoury (Grupo de estudo – verde) e os pacientes que não foram sujeitos a nenhum procedimento regenerativo (Grupo de controlo – cinzento). Imagem retirada de (Moukrioti et al., 2019).....	44
Figura 21 – Biópsia óssea 3 meses após a realização do procedimento regenerativo pela técnica de Khoury. É possível observar a formação de novo osso com a cor roxa e o osso antigo e particulado com a cor rosa. Imagem retirada de (Khoury, 2022, p.33).....	45
Figura 22 – Biópsia óssea 3 meses após a realização do procedimento regenerativo segundo a técnica SBB. O novo osso formado identifica-se pela cor roxa e o osso antigo pela cor rosa. Imagem retirada de (Khoury, 2022, p.35).....	46
Figura 23 – Maior magnificação de uma biópsia óssea 4 meses após a realização do procedimento regenerativo segundo a técnica de Khoury. NB – novo osso formado, GB – osso do enxerto, setas brancas – osteócitos vitais. Imagem retirada de (Khoury & Khoury, 2006, p.121).....	46
Figura 24 – Biópsia óssea 4 meses após o procedimento regenerativo segundo a técnica de Khoury. VO (setas brancas) – osteócitos vitais, setas pretas – camadas osteóides. Imagem retirada de (Khoury & Khoury, 2006, p.124).....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das propriedades osteoindutivas, osteogénicas e osteocondutivas dos materiais regenerativos. Adaptado de (Block & Miller, 2011; Zhao et al., 2021).....	22
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

OPG - Osteoprotegerina

RANKL – Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa-Beta Ligand

ROG – Regeneração Óssea Guiada

SBB – *Split Bone Block*

VIH – Vírus da imunodeficiência humana

I. INTRODUÇÃO

O edentulismo é caracterizado pela ausência parcial ou total das peças dentárias. É uma condição que afeta negativamente a qualidade de vida das pessoas dificultando diversas atividades funcionais e sociais (Al-Rafee, 2020).

Os grandes avanços na área da implantologia têm permitido reabilitar variados pacientes com ausência de dentes. No entanto, sabe-se que para o sucesso a longo prazo do tratamento recorrendo a implantes dentários é necessário uma boa qualidade e quantidade de osso remanescente (Smeets et al., 2022).

Por vezes, a quantidade de osso remanescente não é suficiente para a colocação segura e adequada do implante dentário devido à perda dentária precoce, infeções, trauma, doença periodontal, entre outras razões. Dessa forma, pode ser necessário recorrer à regeneração óssea prévia à colocação de implantes (Smeets et al., 2022).

Atualmente, existem diversas técnicas e materiais para realizar todo o procedimento regenerativo. Ainda assim, valores éticos, morais e escolhas pessoais apresentam-se como um entrave à utilização de muitos materiais disponíveis no mercado (Angelis et al., 2022).

Em 2021, as estatísticas indicavam a realização de cerca de 2.2 milhões de procedimentos de regeneração óssea por ano com uma perspetiva de crescimento anual de 13%. Já o mercado dos materiais considerados como substitutos ósseos é avaliado em cerca de 493 milhões de dólares com um crescimento aproximado até 931 milhões de dólares até ao ano de 2025 (Zhao et al., 2021).

Quando se realiza um procedimento de regeneração óssea, para que o mesmo seja considerado um tratamento de sucesso é necessário obter bons resultados estéticos e funcionais e, principalmente, estabilidade a longo prazo (Khoury, 2022).

II. DESENVOLVIMENTO

1. TECIDO ÓSSEO

O osso é um tecido duro constituinte do organismo e uma peça fundamental à sobrevivência dos diversos seres, dado que protege os órgãos internos e estruturas nobres, torna possível a locomoção oferecendo suporte aos músculos, permite a manutenção da hemóstase e, ainda, serve como reservatório de fatores de crescimento e citocinas (Clarke, 2008).

Relativamente às células que constituem o tecido ósseo, existem três tipos principais: os osteoblastos, osteoclastos e osteócitos (Capulli et al., 2014).

1.1 OSTEOLASTOS

Os osteoblastos derivam das células estaminais mesenquimatosas localizando-se em camadas, essencialmente, ao longo da superfície do tecido ósseo. Do ponto de vista histológico, são células com apenas um núcleo e a sua forma varia de acordo com o ciclo celular em que se encontra. Na sua forma ativa, apresentam-se como células cubóides com um retículo endoplasmático e complexo de Golgi bem desenvolvidos, sendo que, após diminuição da sua atividade acabam por se tornar células mais achatadas (Capulli et al., 2014).

São responsáveis pela formação, em primeiro lugar, de uma matriz óssea não mineralizada, denominada de osteoide, e a sua posterior mineralização. A primeira etapa é possível através da síntetização, principalmente, de fibras de colagénio tipo I, mas também de glicoproteínas e proteoglicanos. Além disso, os osteoblastos são ainda responsáveis pela formação de diversos fatores de crescimento essenciais na regulação da formação do osso (Capulli et al., 2014).

1.2 OSTEÓCITOS

Quando um osteoblasto fica retido na substância osteoide, este passa a chamar-se

de osteócito. Os osteócitos caracterizam-se por ter um metabolismo mais lento que os osteoblastos e localizam-se em lacunas dentro da matriz óssea. Além disso, apresentam prolongamentos ao nível da membrana celular, permitindo a interação entre células através de *gap-junctions* e a formação de uma rede canalicular responsável pela difusão de nutrientes, trocas metabólicas e fluídos orgânicos. São células importantes para a hemóstase óssea, quer seja a nível local ou sistémico (Khoury, 2022).

1.3 OSTEOCLASTOS

Os osteoclastos são células de grandes dimensões (algumas com 100µm de diâmetro), com diversos núcleos e que se situam nas lacunas de Howship, locais ativos de reabsorção na superfície óssea. Derivam de monócitos e têm uma importante função na remodelação óssea sendo responsáveis pela reabsorção de osso. Os osteoclastos reabsorvem o osso por acidificação e proteólise da matriz óssea e dos cristais de hidroxiapatite. A sua formação é ativada por diversos fatores, entre eles, a proteína RANKL e a osteoprotegerina (OPG) (Hadjidakis & Androulakis, 2006; Khoury, 2022).

1.4 EMBRIOLOGIA

Embriologicamente, o tecido ósseo pode ter origem a partir da ossificação intramembranosa ou ossificação endocondral (Breeland et al., 2022).

A primeira ocorre dentro de uma membrana de tecido conjuntivo a partir da condensação de células mesenquimatosas. Estas células vão se diferenciar em osteoblastos e, a partir daí, inicia-se o processo de sintetização do osteoide. De seguida, há a mineralização desta matriz óssea, constituindo assim um centro primário de ossificação. Os diferentes centros de ossificação crescem de forma radial e vão, progressivamente, substituindo a membrana de tecido conjuntivo inicial por tecido ósseo. Este processo dá origem à maior parte dos ossos do complexo maxilo-facial (Breeland et al., 2022).

Já a ossificação endocondral tem origem a partir de um molde de cartilagem

hialina. Inicialmente, existe a diferenciação de células mesenquimatosas em condrócitos, sendo que estes se proliferam rapidamente segregando a matriz extracelular que constituirá o modelo cartilagíneo do osso. Este modelo é constituído por cartilagem hialina com uma forma semelhante à do futuro osso e rodeado por uma membrana denominada de pericôndrio. Os condrócitos que se localizam numa posição mais central começam a sofrer uma hipertrofia e a adicionar mais colagénio X e fibronectina à matriz (Breeland et al., 2022).

A matriz ao ser calcificada, impede que os nutrientes cheguem aos condrócitos, levando à apoptose dos mesmos. A sua morte, cria espaços vazios no modelo cartilagíneo, mas que, rapidamente são invadidos por vasos sanguíneos, responsáveis pelo transporte de células osteogénicas e pela transformação do pericôndrio em periósteo. Os osteoblastos começam então a criar uma região de osso compacto na região média da diáfise do periósteo, dando assim, origem aos centros de ossificação primário. Enquanto decorre, na região média, a substituição da cartilagem por osso, nas extremidades do osso (epífises) continua a proliferação da cartilagem, contribuindo assim, para o aumento do comprimento do osso. Mais tarde, surgem os centros de ossificação secundários nas epífises, onde o crescimento é radial em vez de longitudinal como nos centros de ossificação primários (Breeland et al., 2022).

1.5 O OSSO MACRO E MICROSCOPICAMENTE

Macroscopicamente, pode-se dividir o osso em duas categorias: o osso esponjoso e o osso compacto/cortical. O osso compacto pode ser encontrado, essencialmente, na diáfise dos ossos longos e na superfície externa dos ossos planos. Está organizado em lâminas ósseas concêntricas, sem interstícios, conferindo resistência ao osso. Numa posição mais interior do tecido ósseo encontramos o osso esponjoso, com um aspeto mais poroso e menos denso. Delimitam uma região mais profunda, denominada de canal medular. Este canal é preenchido com medula óssea que, numa idade mais precoce, apresenta uma cor mais avermelhada devido à sua elevada quantidade em células sanguíneas. Com o tempo, vai adquirindo uma tonalidade amarelada devido, principalmente, à infiltração de tecido adiposo (Marx & Garg, 1998).

A recobrir toda a superfície externa do osso, à exceção das superfícies articulares, encontra-se o periósteo. É um tecido conjuntivo rico em estruturas nervosas e vasos sanguíneos. Na sua porção mais externa, tem uma grande quantidade de fibroblastos e fibras de colagénio enquanto, que na sua porção interna, é rica em células osteogénicas. Por outro lado, a recobrir a superfície interna do osso e o canal medular, pode-se encontrar o endósteo. Tem uma constituição semelhante à porção interna (justa-óssea) do periósteo, sendo abastado de osteoblastos, osteoclastos, entre outras células (Marx & Garg, 1998).

1.6 HISTOLOGIA DO TECIDO ÓSSEO

Do ponto de vista histológico, o osso pode ser distinguido em osso primário, imaturo ou não-lamelar e em osso secundário, maduro ou lamelar. A diferença entre eles consiste na orientação das fibras de colagénio e no grau de mineralização. No osso primário, as fibras dispõem-se de forma irregular devido ao rápido processo de formação óssea. É, também, um osso mais elástico e mecanicamente menos consistente que o osso secundário, devido ao seu menor grau de mineralização. Já o osso lamelar, acaba por ser uma estrutura com uma maior organização onde as fibras de colagénio se encontram dispostas paralelamente. O seu processo de formação é mais lento e o grau de mineralização é maior (Khoury, 2022).

O tecido ósseo é composto por uma matriz extracelular/óssea e por diferentes tipos de células. Por sua vez, essa matriz apresenta uma parte orgânica e outra inorgânica. Cerca de 90% da parte orgânica é constituída por fibras de colagénio tipo I. No entanto, apresenta também proteoglicanos e glicoproteínas, tais como a fibronectina, osteonectina, entre muitas outras (Florencio-Silva et al., 2015).

Já a parte inorgânica é rica em iões de fosfato e cálcio tendo, em menor quantidade, iões de magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, citrato, bário, entre demais. A junção entre o cálcio e o fosfato permite dar origem aos cristais de hidroxiapatite, cuja fórmula química se apresenta como: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Juntamente com o colagénio e todas as proteínas não colagénicas, estes cristais são responsáveis pela dureza do osso (Florencio-Silva et al., 2015).

1.7 DINÂMICA DE FORMAÇÃO E REMODULAÇÃO ÓSSEA

A remodelação óssea é o processo, através do qual, o tecido ósseo antigo é removido e substituído por novo tecido, permitindo assim, a manutenção da força do osso e hemóstase. Tem início ainda antes do nosso nascimento e perdura até à nossa morte. A sua frequência aumenta com a idade, sendo que, tem um aumento significativo nas mulheres durante o seu período da menopausa. (Katsimbri, 2017).

O processo de remodelação óssea pode ser dividido em cinco etapas de forma sequencial: ativação, reabsorção, reversão, formação e terminação. Tem início com a deteção de um sinal, hormonal ou mecânico, libertado na zona que se prepara para a remodelação. A partir daí, são recrutadas, através da corrente sanguínea, células precursoras dos osteoclastos. Depois, dá-se a fase de reabsorção onde há, primeiramente, a produção de aniões Cl^- e protões H^+ , responsáveis pela acidificação da porção inorgânica da matriz óssea e dissolução dos cristais de hidroxiapatite e, de seguida, a proteólise da porção orgânica da matriz. Como resultado desta dissolução da matriz óssea, formam-se as lacunas de Howship. Já na reversão, são recrutadas células precursoras dos osteoblastos (Katsimbri, 2017).

Na fase de formação existe a produção do osteoide por parte dos osteoblastos, preenchendo as cavidades criadas pelos osteoclastos. No final desta fase, cerca de 50% a 70% dos osteoblastos sofrem apoptose enquanto, que os restantes se transformam em osteócitos ou em outros tipos de células. Para finalizar todo o processo de remodelação, dá-se início à etapa de terminação onde a matriz óssea é mineralizada. A quantidade de osso formada é igual à quantidade de osso reabsorvida (Katsimbri, 2017; Lind et al., 1995).

2. MATERIAIS DE REGENERAÇÃO ÓSSEA

Os enxertos ósseos já são utilizados há séculos na área da medicina, sendo que, o registo do primeiro a ser realizado com sucesso foi em 1682 onde foi restaurado um defeito craniano através de um enxerto de um cão falecido (Abhay & Haines, 1997).

Os enxertos ósseos consistem em materiais de origem natural ou sintética que são colocados no local do defeito ósseo e que apresentam características capazes de fazer regenerar o osso. Atualmente, no mercado, existe uma panóplia de materiais com o objetivo de regenerar o osso, sendo classificados em diferentes categorias de acordo com a sua arquitetura histológica, origem embriológica, forma, entre outras (Titsinides et al., 2019).

Para que todo o processo ocorra, deve ser tido em conta, três propriedades biológicas fundamentais: a osteocondução, osteoindução e osteogénese. A osteocondução corresponde à capacidade que o material tem de criar uma estrutura tridimensional que permita a fixação dos osteoblastos e outras células osteo-progenitoras de forma que haja o crescimento do novo tecido ósseo. A osteoindução diz respeito à habilidade do enxerto em induzir a diferenciação das células mesenquimatosas em osteoblastos. Por fim, a osteogénese corresponde à formação, propriamente dita, do novo tecido ósseo por parte dos osteoblastos (Wang & Yeung, 2017).

O material de regeneração óssea ideal deverá ter como características: ter capacidade osteogénica, osteoindutora e osteocondutora; ser capaz de estimular a angiogénese; não causar efeitos teratogénicos, carcinogénicos ou reações antigénicas; existir em quantidade suficiente para reabilitar o defeito ósseo; dar suporte e estabilidade satisfatórios; causar o mínimo de complicações ou morbilidade; fácil manuseamento e, por fim, ser de baixo custo (Titsinides et al., 2019).

Atualmente, existem 4 tipos básicos de enxertos utilizados no processo de regeneração óssea: os autoenxertos, aloenxertos, xenoenxertos e os enxertos aloplásticos (Moussa & Dym, 2020).

2.1 AUTOENXERTOS

Os autoenxertos ou enxertos autólogos correspondem a uma porção de osso do próprio indivíduo que é transportada de um determinado local, intra ou extra-oral, para o local onde se encontra o defeito ósseo. Apresentam elevadas propriedades de osteocondução, osteoindução e osteogénese, e ainda, não revelam qualquer tipo de problema relacionado com reações imunológicas adversas. Dessa forma, apresentam-se

como o material de maior segurança biológica para a realização deste tipo de procedimentos. No entanto, a morbidade associada à zona dadora acaba por ser a sua principal desvantagem (Moussa & Dym, 2020; Zhao et al., 2021).

2.2 ALOENXERTOS

Os aloenxertos são enxertos obtidos a partir de um outro indivíduo da mesma espécie, podendo ser um dador vivo ou um cadáver. O material obtido, antes de ser utilizado, passa por um tratamento prévio de forma a diminuir, principalmente, a sua antigenicidade. As principais desvantagens associadas à sua utilização passam pelo risco de transmissão de doenças, tais como o VIH, hepatite B e C, e também, risco de resposta imunológica por parte do órgão recetor. Podem ser apresentados em três formas primárias: frescos, congelados ou liofilizados. Na sua forma fresca ou congelada acabam por possuir maiores propriedades osteoindutivas. No entanto, apresentam também, maior risco de transmissão de doenças ou de desencadeamento de respostas imunológicas, comparativamente à sua forma liofilizada (Zhao et al., 2021).

O tamanho das partículas em que o aloenxerto é apresentado também tem uma importância relevante na sua capacidade osteocondutora. Diversos estudos demonstram que um tamanho entre 100 to 300 μm , oferece um maior potencial de osteocondução ao material (Moussa & Dym, 2020).

2.3 XENOENXERTOS

Já os xenoenxertos são definidos como tecidos provenientes de espécies diferentes. Os mais comuns acabam por ser os de origem bovina ou equina. Por se tratar de uma espécie geneticamente diferente, todo o processo de tratamento do material acaba por ser mais rigoroso comparativamente aos aloenxertos reduzindo assim, substancialmente, as suas capacidades osteoindutoras. Outras desvantagens associadas a este tipo de material passam por taxas de reabsorção variadas e falta de células e estruturas biológicas viáveis. Ainda assim, a sua elevada disponibilidade e menor custo relativamente aos aloenxertos são pontos que favorecem a utilização deste tipo de

material (Moussa & Dym, 2020; Zhao et al., 2021).

2.4 ENXERTOS ALOPLÁSTICOS

Aquando de todo o processo de regeneração óssea são encontradas diversas dificuldades, tais como: problemas de manuseamento do material, falta de suporte, pressão exercida pela contração dos tecidos durante todo o processo, entre outras. Desta forma, torna-se mais difícil obter resultados previsíveis. Assim, com o objetivo de combater algumas destas desvantagens, foram desenvolvidos os enxertos aloplásticos. São materiais de origem natural ou sintética, inertes, radiopacos, com capacidade osteocondutora e, em alguns casos, com propriedades osteoindutoras (Moussa & Dym, 2020).

Existem diversos tipos de materiais aloplásticos que vão desde os metais até às cerâmicas, compósitos ou polímeros. O consenso atual refere que devem ser usados como um material complementar aos autoenxertos ou outro tipo de enxerto devido às vantagens que oferecem através, essencialmente, das suas propriedades mecânicas. Quando são utilizados sem associação a outro tipo de material, a previsibilidade de resultados acaba por ficar comprometida (Moussa & Dym, 2020; Zhao et al., 2021).

Na seguinte tabela encontram-se resumidas as principais características dos diferentes materiais regenerativos (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo das propriedades osteoindutivas, osteogénicas e osteocondutivas dos materiais regenerativos. Adaptado de (Block & Miller, 2011; Zhao et al., 2021)

Propriedades Materiais	Autoenxerto	Aloenxerto	Xenoenxerto	Enxerto Aloplástico
Osteocondução	+	+	+	+
Osteoindução	+	+	+	+/-
Osteogénese	+	-	-	-

Legenda Tabela 1 – “+” – Presente; “+/-” – Presente em alguns casos; “-” – Ausente

3. TÉCNICAS DE REGENERAÇÃO ÓSSEA

Atualmente, existem diversas técnicas capazes de regenerar defeitos ósseos verticais e/ou defeitos horizontais. As técnicas usadas mais comuns passam pela: regeneração óssea guiada (ROG); distração osteogénica; expansão da crista ou enxertos em bloco (Tolstunov et al., 2019).

3.1 REGENERAÇÃO ÓSSEA GUIADA

O princípio da ROG tem por base o uso de membranas, reabsorvíveis ou não, com o objetivo de excluir células de proliferação rápida e tecido conjuntivo, e assim, permitir a manutenção de espaço necessário à proliferação das células provenientes do tecido ósseo. A maior complicação associada a esta técnica é a exposição precoce da membrana, podendo levar a uma infecção da zona e, consequentemente, a um menor ganho de osso (Elgali et al., 2017).

3.2 DISTRAÇÃO OSTEOGÉNICA

A distração osteogénica foi usada pela primeira vez em 1992 por McCarthy e segue o princípio da tensão-stress descrito pelo Ilizarov. O processo consiste numa osteotomia seguida de uma distração gradual, levando a um aumento tanto de tecido duro, como também, de tecido mole. As principais complicações associadas a esta técnica passam por: lesão do nervo alveolar inferior, danos nos dentes adjacentes, falhas mecânicas (principalmente devido às forças mastigatórias) e comprometimento do vetor de alongamento (Tolstunov et al., 2019).

3.3 EXPANSÃO DA CRISTA

Já a expansão da crista é baseada em diferentes osteotomias, verticais e horizontais, de forma a separar a tábua vestibular do osso cortical lingual/palatino. Assim, é criado um espaço para uma possível colocação de material de regeneração óssea e de um implante. Um defeito apontado a esta técnica é a possibilidade de haver fratura da tábua vestibular, principalmente na mandíbula, aquando da osteotomia (de Souza et al., 2020).

3.4 ENXERTOS EM BLOCO

Os enxertos em bloco, particularmente de osso autólogo, continuam a ser uma das técnicas mais usadas pelos médicos dentistas. Consiste na recolha de osso a vários locais, intra ou extra-orais, seguida da sua colocação e fixação na zona a regenerar. A técnica apresenta diversas vantagens, no entanto, a principal desvantagem associada à mesma está relacionada com a morbilidade do local dador, podendo levar a complicações pós-operatórias (Tolstunov et al., 2019).

4. SPLIT BONE BLOCK

Split Bone Block (SBB), também conhecida como técnica de Khoury, refere-se a uma técnica de regeneração óssea onde são utilizados blocos de osso colhidos, especialmente, da região retromolar através de diversos dispositivos. Depois de colhidos, esses blocos são cortados longitudinalmente, originando duas porções de osso mais finas juntamente com algumas lascas de osso. De seguida, os blocos são transportados para o local do defeito ósseo e estabilizados através de parafusos. O espaço presente entre o osso alveolar e o bloco estabilizado é, então, preenchido com as lascas de osso de forma a recriar o osso anteriormente ao defeito ósseo (Khoury, 2022).

Desta forma, é possível regenerar, principalmente, defeitos verticais, mas também, defeitos horizontais para, mais tarde, a colocação de um implante e sua posterior reabilitação (Khoury, 2022).

4.1 SELEÇÃO DO PACIENTE

Antes de qualquer procedimento de regeneração óssea é necessário conhecer as motivações do paciente, história médica e hábitos de higiene oral, de forma a evitar futuros problemas durante todo o processo e a aumentar a probabilidade de sucesso do tratamento (Khoury, 2022).

Um dos fatores que mais preocupa os médicos dentistas antes de realizar um tratamento desta natureza é o consumo de tabaco por parte do paciente. O processo,

através do qual, o tabaco vai afetar a osteointegração ainda não está bem explicado. No entanto, sabe-se que alguns dos seus constituintes causam uma redução da vascularização dos tecidos comprometendo, assim, todo o processo. Desta forma, apesar do consumo de tabaco não ser uma contra-indicação absoluta para o procedimento de regeneração óssea, o médico e o paciente devem estar cientes de todos os riscos e complicações associados a este hábito (Alfadda, 2018).

De entre as doenças sistêmicas presentes na população, as que têm um impacto direto no metabolismo do osso, tal como a osteoporose, acabam por se afirmar como um dos maiores grupos de risco para a realização deste procedimento (Hadji et al., 2013).

A diabetes mellitus também é uma doença a ter em consideração no planeamento da cirurgia dado a maior suscetibilidade destes pacientes a infeções e complicações vasculares, dificuldade de cicatrização e, também, maior risco de desenvolvimento da doença periodontal e perda óssea comparativamente a indivíduos saudáveis (Ladha et al., 2017). Ainda assim, vários estudos comprovam que não há aumento das taxas de insucesso neste tipo de procedimentos desde que haja uma orientação adequada do paciente e um bom programa de manutenção após a cirurgia (Erdogan et al., 2015).

A nível intraoral, existem diversos fatores a ter em conta, sendo que, a quantidade e qualidade do tecido mole merecem destaque. Tanto o biótipo gengival fino, como também, a presença de tecido de cicatrização, representam um elevado risco para a necrose tecidual e, consequente, exposição do material regenerador durante todo o processo. Particularmente, quando ocorre uma infeção durante o procedimento de regeneração óssea utilizando, por exemplo, o xenoenxerto, este material mantém-se ao nível do tecido conjuntivo tornando, assim, toda a preparação e descolamento do tecido mole mais difícil durante a cirurgia (Khoury, 2022).

Quando a quantidade de tecido de cicatrização na zona a regenerar é elevada, deve ser realizado um procedimento de enxerto gengival anterior à regeneração óssea, de forma a aumentar a qualidade do tecido mole (Khoury, 2022).

4.2 LOCAIS PARA A COLHEITA DE OSSO

Quando falamos em colheita de osso para o local a regenerar, a mesma pode ser feita a partir de locais extra ou intra-orais. Os principais locais extra-orais incluem a calote craniana, as costelas e a crista ilíaca. Já dentro da cavidade oral, essa colheita pode ser realizada a partir de algumas zonas da maxila e da mandíbula. A maxila oferece, essencialmente, pequenas quantidades de osso esponjoso, enquanto, que a mandíbula contribui com quantidades significativas, tanto de osso cortical como esponjoso, necessários para a reconstrução do defeito. Assim, os blocos de osso podem ser recolhidos, na mandíbula, a partir da sínfise mentoniana, da zona retromolar, linha oblíqua externa e áreas edêntulas (Khoury & Hanser, 2015; Shah & Chacko, 2017).

A principal desvantagem relacionada à recolha de osso autólogo é a morbidade associada ao local dador, sendo superior quando é feita a partir de locais extra-orais como, por exemplo, a crista ilíaca (Khoury & Hanser, 2015; Shah & Chacko, 2017). Já quando é recolhido de locais intra-orais, tem como vantagens a proximidade entre o local dador e o local recetor, um acesso cirúrgico mais conveniente, menor morbidade e a não necessidade de cuidados pós-cirúrgicos hospitalares (Khoury & Hanser, 2015).

O osso colhido de locais extra-orais, como por exemplo, do osso ilíaco normalmente é requerido em defeitos ósseos de maior dimensão e que, por isso, necessitam de uma maior quantidade de osso para os regenerar. No entanto, comparando o potencial regenerativo e de osteointegração entre o osso colhido do ilíaco com o osso colhido de locais intra-orais, diversos estudos demonstram maior sobrevivência dos implantes quando a regeneração óssea é feita a partir de osso recolhido de locais intra-orais (Lekholm et al., 1999; Mckenna et al., 2022).

Material proveniente do osso ilíaco demonstra maiores alterações volumétricas, maior taxa de reabsorção e menor taxa de mineralização comparativamente ao osso colhido da sínfise mentoniana. Esta diferença pode dever-se à origem embriológica de cada um, dado que os maxilares têm uma origem intramembranosa, enquanto, que o osso ilíaco sofre uma ossificação endocondral. Desta forma, a semelhança embriológica entre o local dador e o local recetor acaba por ser maior quando o osso é recolhido de um local intra-oral (Mckenna et al., 2022).

4.3 PROTOCOLO DE COLHEITA ÓSSEA

Segundo Khoury e Hanser (2015), o procedimento de recolha óssea mandibular é realizado com recurso à administração de anestesia infiltrativa na região retromolar por vestibular e lingual (4% de lidocaína + adrenalina 1:100.000) juntamente com sedação intravenosa. Durante esta fase, é evitada a administração de anestesia pela técnica troncular para bloqueio do nervo alveolar inferior de forma que o paciente consiga reagir aquando da aproximação/exposição do nervo durante o processo. No entanto, quando se realiza a recolha de osso mandibular em simultâneo com a extração de terceiros molares inclusos, já é indicado o bloqueio do nervo alveolar inferior pela mesma técnica.

Quando o paciente já se encontra anestesiado, é realizada a incisão e descolamento do retalho de forma a expor a linha oblíqua externa da mandíbula (figura 1). As dimensões do retalho e a quantidade de osso a ser colhida dependem da extensão da linha oblíqua externa e do tamanho do defeito a ser regenerado (Khoury & Hanser, 2015).



Figura 1 – Incisão e descolamento do retalho com exposição da linha oblíqua externa. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).

De seguida, são realizadas duas osteotomias verticais, delimitando a extensão do bloco a ser recolhido e uma osteotomia horizontal, na região apical, a interligar as duas previamente realizadas (Figuras 2,3 e 4) (Khoury & Hanser, 2015).



Figura 2 – Realização da osteotomia vertical na zona mesial da linha oblíqua externa recorrendo ao dispositivo Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).



Figura 3 – Realização da osteotomia vertical na zona distal da linha oblíqua externa recorrendo ao dispositivo Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).



Figura 4 – Realização de uma osteotomia horizontal na zona apical a interligar as osteotomias verticais previamente realizadas recorrendo ao Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).

Por fim, são realizadas pequenas perfurações entre as duas osteotomias verticais, com cerca de 3 a 4 mm de profundidade, paralelamente à parede vestibular mandibular (Figura 5). Com recurso a um cinzel, é criada tensão na zona de osso cortical e obtém-se um “efeito explosivo” na zona das pequenas perfurações, levando a um deslocamento lateral e remoção do bloco de osso pretendido (Figura 6) (Khoury & Hanser, 2015, 2019).



Figura 5 – Realização de perfurações com 3 a 4 mm de profundidade recorrendo a brocas esféricas. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).



Figura 6 – Conexão das perfurações esféricas previamente realizadas recorrendo a um cinzel e, consequentemente, a remoção do bloco de osso. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).

Após a obtenção do bloco de osso, o mesmo é separado em duas porções mais finas e é realizada a sua lascagem até terem cerca de 1mm de espessura (Figura 7 e 8). Desta forma, no final do processo, obtém-se dois blocos de osso finos em conjunto com lascas de osso a serem transportados para o local a regenerar (Khoury & Hanser, 2019).

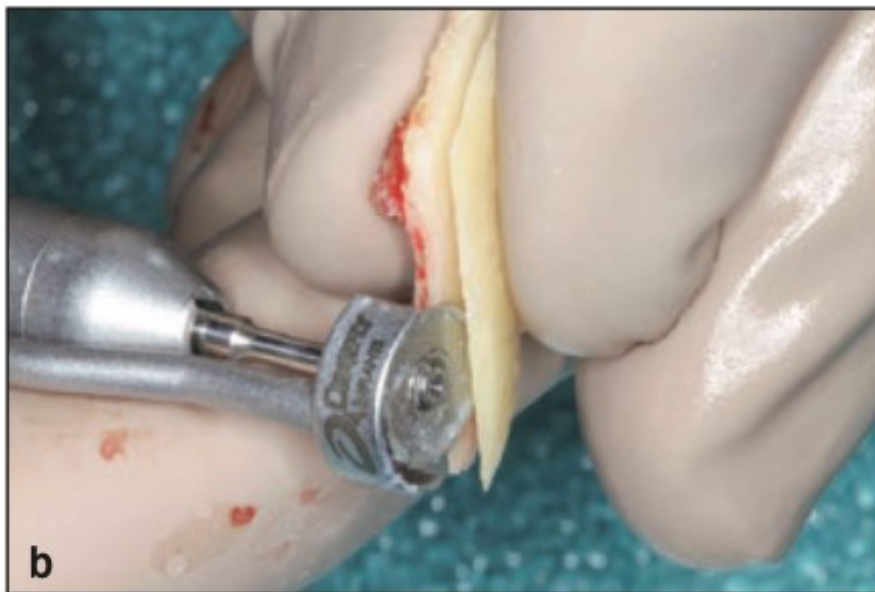


Figura 7 – Divisão longitudinal do bloco de osso colhido recorrendo ao Microsaw. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).

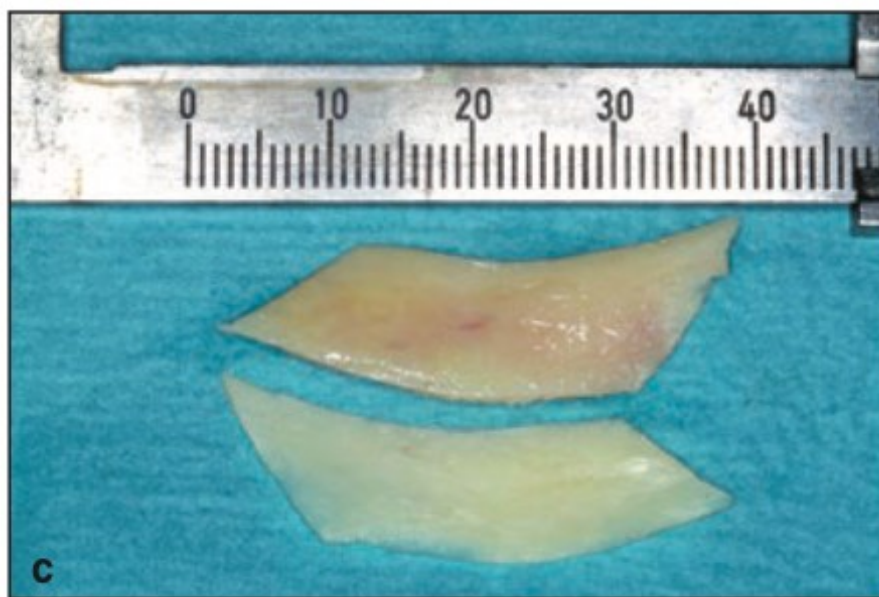


Figura 8 – Porções finais de osso obtidas após separação longitudinal do bloco de osso previamente recolhido. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).

O local dador é depois selado com uma membrana de colagénio e realizada a sutura final para fechar o retalho. No entanto, caso seja necessário apenas uma porção de osso, das duas previamente obtidas para a realização do processo regenerativo, a segunda porção de osso é recolocada na zona do local dador, por cima da membrana de colagénio (Khoury & Hanser, 2015).

4.4 FIXAÇÃO DO BLOCO ÓSSEO

Após a obtenção dos diversos blocos e lascas de osso, torna-se imprescindível a fixação correta dos blocos de osso ao local do defeito ósseo. Essa fixação é realizada por meio de parafusos (Khoury & Hidajat, 2011).

A maior parte dos parafusos utilizados na fixação dos blocos ósseos são de titânio e apresentam um diâmetro entre 1.3mm e 2mm. O diâmetro mínimo de 1.3mm, na maior parte dos parafusos, permite prevenir a sua fratura aquando do processo da sua remoção (Figura 9) (Khoury & Hidajat, 2011).



Figura 9 – Parafuso de titânio com 1.2mm de diâmetro fraturado durante o processo da sua remoção. Imagem retirada de (Khoury & Hidajat, 2011).

No entanto, tornam-se grandes e desadequados quando são utilizados para a fixação de blocos de osso em pequenos defeitos ósseos, podendo fraturar o próprio enxerto ou danificar implantes e raízes dos dentes vizinhos. Ainda, o facto de o titânio se osteointegrar no osso acaba por dificultar, ainda mais, todo o processo de remoção do parafuso (Khoury & Hidajat, 2011).

De forma a combater as desvantagens anteriormente apresentadas foram desenvolvidos os Microscrews® (Figura 10) com um diâmetro entre 1mm e 1.2mm e constituídos por uma liga de aço inoxidável médico. Os resultados clínicos obtidos com a utilização destes parafusos na fixação dos blocos de osso demonstram ótimos resultados, especialmente na correção de pequenos defeitos ósseos, sem fratura dos mesmos e sem sinais de osteointegração, facilitando assim, todo o processo relativo à sua remoção (Khoury & Hidajat, 2011).



Figura 10 – Microscrew® com 1mm de diâmetro. Imagem retirada de (Khoury & Hidajat, 2011).

4.5 LESÃO DAS ESTRUTURAS ANATÔMICAS

Um dos principais problemas aquando desta colheita de osso mandibular acaba por ser o risco de danificar diversas estruturas anatómicas, nomeadamente, o nervo alveolar inferior (Sakkas et al., 2017).

Sakkas et al. (2017) publicou um estudo que englobava mais de 270 pacientes onde foram realizados diferentes procedimentos de regeneração óssea através de osso autólogo. Desse mesmo grupo, 104 pacientes foram submetidos a uma colheita de osso na região do ramo mandibular e 13,5% (14/104) evidenciaram danos neurológicos temporários após a cirurgia. Dessa forma, torna-se fundamental entender a anatomia mandibular antes de realizar qualquer procedimento desta natureza.

Segundo Di Bari et al. (2014) a espessura média da cortical vestibular e a distância média horizontal desde o canal mandibular até à cortical vestibular é maior na zona do segundo molar, mais concretamente, na região retromolar.

De acordo com um estudo realizado por Fistarol et al. (2019) a zona distal da linha oblíqua externa, onde a vertente vertical do ramo mandibular se começa a desenvolver, apresenta uma distância média inferior a 3mm entre o canal mandibular e a porção externa mandibular. Já numa localização mais mesial relativa à zona anteriormente descrita, a distância média na zona da linha oblíqua externa propriamente dita aumenta para cerca de 3.7mm.

Dado que, o nervo alveolar inferior apresenta um trajeto mais superficial na zona do ramo mandibular, Khoury e Hanser (2015) afirmam no seu estudo ter realizado osteotomias verticais na porção distal com uma profundidade até 2mm. Ainda assim, em 26% dos casos realizados, a distância entre o canal mandibular e a superfície externa mandibular era inferior a 2mm. No mesmo estudo, consegue-se concluir ainda que a espessura média da cortical vestibular na região mesial da linha oblíqua externa é de 3.3mm enquanto, que na região distal já é de, apenas, 2.2mm.

Do ponto de vista cirúrgico, para se evitar qualquer risco de exposição/dano do nervo alveolar inferior as osteotomias, tanto vertical como horizontal, devem ser

realizadas acima do canal mandibular (Misch & Misch, 1995).

Optar por realizar as diferentes osteotomias acima do canal mandibular pode afetar negativamente a quantidade de osso a ser recolhido e, por vezes, torna-se numa tarefa bastante difícil dado a falta de pontos de referência na localização do canal mandibular (Fistarol et al., 2019).

De forma a contornar estas limitações anatómicas e de volume, De Stavola et al. (2015) sugere fazer uma colheita óssea utilizando guias cirúrgicas para a orientação das osteotomias.

Até ao momento, não existe nenhum instrumento de corte mandibular capaz de evitar totalmente os danos nas diferentes estruturas anatómicas. As novas técnicas computadorizadas permitem aos cirurgiões a colocação de implantes com um grau aceitável de precisão e, ainda, realizar um estudo mais detalhado dos diversos casos clínicos (De Stavola et al., 2015).

Assim, durante o período pré-cirúrgico são analisadas diversas imagens tridimensionais de forma a criar uma guia que permita controlar a angulação e profundidade das diferentes osteotomias, e assim, maximizar o volume de osso obtido a ser utilização no processo de regeneração óssea. No entanto, apesar do risco de lesão das estruturas anatómicas ser menor, o mesmo ainda está presente (De Stavola et al., 2015, 2017).

4.6 INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA COLHEITA ÓSSEA

Os blocos de osso utilizados para regenerar defeitos ósseos podem ser colhidos através de diversos instrumentos, entre eles, brocas com tamanho e forma variados, discos diamantados ou dispositivos piezoelétricos (Hanser & Doliveux, 2018)

O “Microsaw” (Dentisply Implants®) é um dispositivo desenvolvido por Khoury e que já tem utilização clínica desde 1984 (Figura 11). Consiste num dispositivo montado num contra-ângulo ou peça de mão constituído por um disco diamantado com 8mm de diâmetro e 0.25mm de espessura, juntamente com uma peça que protege os tecidos moles

envolventes aquando da osteotomia (Hanser & Doliveux, 2018; Khoury & Hanser, 2015).

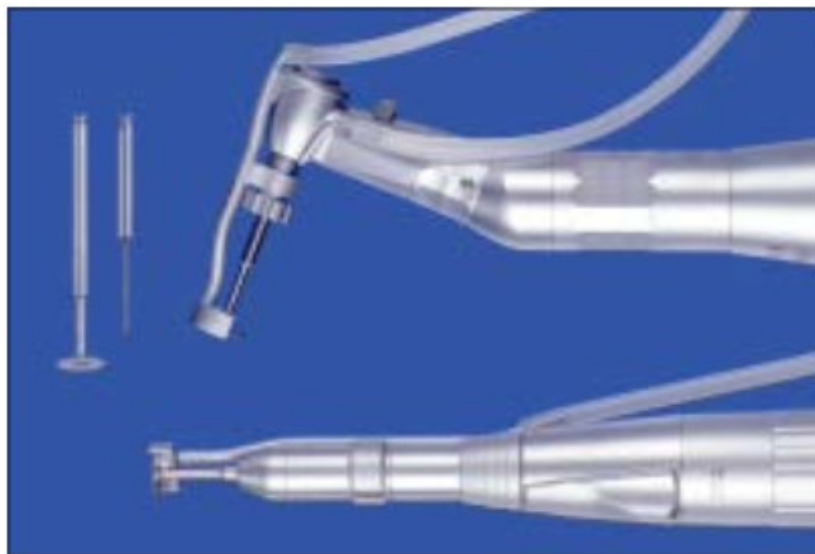


Figura 11 – Microsaw (Dentisply Implants®). Na imagem superior pode-se observar o dispositivo montado num contra-ângulo enquanto, que na imagem inferior o mesmo se encontra montado numa peça de mão. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2015).

Já os dispositivos piezoelétricos foram apresentados por Vercellotti em 1988 e utilizam uma frequência ultrassónica modulada (29 kHz) para o corte de tecidos duros (Hanser & Doliveaux, 2018; Vercellotti, 2000).

Num estudo realizado por Hanser e Doliveaux (2018) foram comparados os resultados clínicos da realização da colheita óssea na zona da linha oblíqua externa através de um dispositivo piezoelétrico e o MicroSaw. Os resultados obtidos demonstram que ambos os instrumentos são eficazes na realização desta tarefa apesar de, o Microsaw apresentar resultados significativamente melhores em alguns parâmetros.

Enquanto, que o tempo médio de colheita óssea utilizando o MicroSaw foi de 5.63 (± 1.37) minutos, com o dispositivo piezoelétrico a mesma tarefa demorou cerca de 16.47 (± 2.47) minutos (Figura 12). Já o tamanho médio do bloco de osso recolhido com o MicroSaw foi de 1.62 (± 0.27) cm³ e 1.26 (± 0.27) cm³ recorrendo à cirurgia piezoelétrica (Figura 13). Estas diferenças podem dever-se à maior capacidade de corte por parte do disco diamantado que constitui o MicroSaw levando a uma colheita mais rápida e menor perda de osso durante o processo (Hanser & Doliveux, 2018).

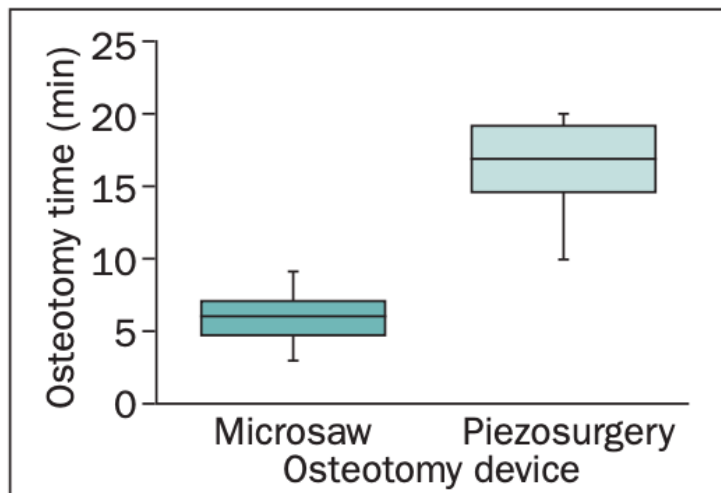


Figura 12 – Comparação do tempo de colheita óssea entre o dispositivo piezoelétrico e o Microsaw desde o momento inicial da primeira osteotomia até à luxação do bloco de osso final. Imagem retirada de (Hanser & Doliveux, 2018).

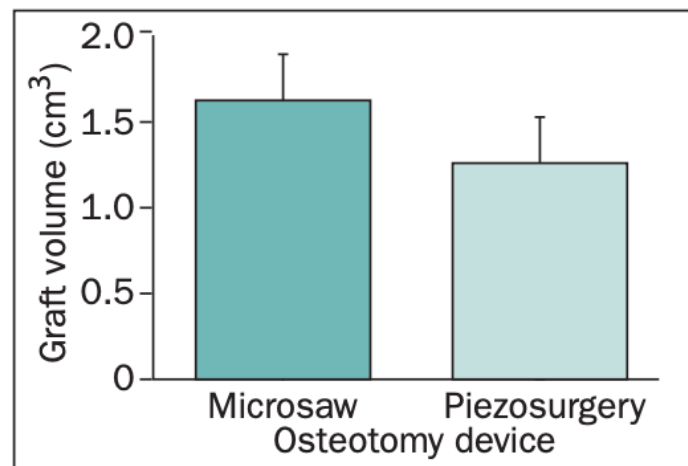


Figura 13 – Comparação do volume ósseo recolhido através do dispositivo piezoelétrico e o Microsaw. Imagem retirada de (Hanser & Doliveux, 2018).

No entanto, no que diz respeito à quantidade de osso obtido, ambos os instrumentos apresentam melhores resultados clínicos comparativamente aos instrumentos rotatórios convencionais (brocas) onde a média de osso obtido pelos mesmos é de 0.9 cm³ (Sittitavornwong & Gutta, 2010).

No que diz respeito à recolha de osso particulado, é possível observar que o osso colhido através do raspador de osso e brocas de trefina contém maior conteúdo celular, maior capacidade de diferenciação e produção de tecido mineralizado e, ainda, maior expressão de proteínas osteoindutoras comparativamente ao osso colhido através de dispositivos piezoelétricos (Miron et al., 2013).

4.7 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS PARTÍCULAS

O tamanho das partículas de osso usadas durante o processo de regeneração óssea tem provado afetar os resultados clínicos obtidos (Kon et al., 2014).

De acordo com diversos estudos é possível observar que o osso particulado (Fig. 14) oferece diversas vantagens comparativamente ao osso em bloco, tais como: maior revascularização, ampla superfície, bom prognóstico em caso de exposição, entre outras. No entanto, acaba por sofrer maior reabsorção (Khoury, 2022; Simion et al., 2015).

Apesar do osso em bloco apresentar maiores dificuldades no processo de revascularização e um mau prognóstico no caso de exposição, o mesmo consegue oferecer uma forma estável que permite recriar diferentes defeitos tridimensionais. Assim, a técnica *Split Bone Block* junta ambas as formas de apresentação óssea com o objetivo de explorar as vantagens de cada uma e maximizar os resultados obtidos com o processo (Khoury & Hanser, 2019; Pallesen & Hj, 2002).



Figura 14 – Osso particulado obtido através do processo de lascagem. Imagem retirada de (Moukrioti et al., 2019).

4.8 INFLUÊNCIA DO DESIGN DO ENXERTO ÓSSEO

Num estudo realizado por Kalchthaler et al. (2020) foi avaliada a influência do design do enxerto ósseo no volume de osso ganho após o processo de regeneração. Foram utilizadas cerca de 20 mandíbulas de porco e regenerados defeitos ósseos de uma parede através de blocos de osso convencionais e blocos de osso divididos, tal como indica a

técnica de Khoury.

Os dados obtidos a partir do CBCT (DICOM) demonstram um ganho de volume ósseo de $0.37 \text{ cm}^3 (\pm 0.14)$ e de $0.36 \text{ cm}^3 (\pm 0.09)$ a partir do scanner intraoral (STL) para o bloco de osso convencional. Já os resultados obtidos com a utilização do osso dividido demonstram um ganho de $0.76 \text{ cm}^3 (\pm 0.14)$ a partir do DICOM e $0.78 \text{ cm}^3 (\pm 0.09)$ através do STL (Figura 15).

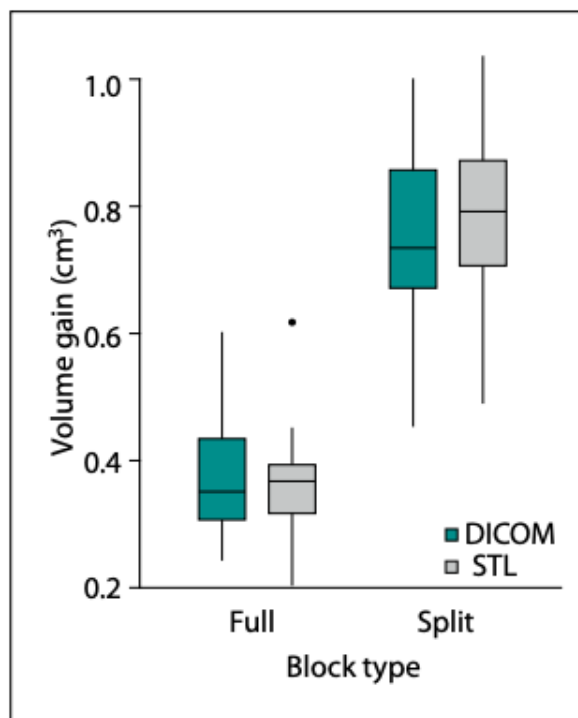


Figura 15 – Comparação do volume ósseo ganho entre blocos de osso convencionais e porções ósseas separadas como indica a técnica de Khoury. Imagem retirada de (Kalchthaler et al., 2020)

Desta forma, é possível constatar que o design do enxerto ósseo tem influência no volume de osso ganho, obtendo-se resultados significativamente melhores quando a regeneração é realizada através da divisão do bloco de osso como a técnica de Khoury indica (Kalchthaler et al., 2020).

5. COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS DA TÉCNICA

Sabe-se que, em procedimentos de regeneração óssea onde são utilizados blocos de osso retirados de diferentes estruturas da cavidade oral estão associadas possíveis

complicações tais como: infecções, deiscência dos tecidos moles, fraturas ósseas, danos neurológicos, entre outros (Sanz et al., 2022).

Uma das complicações mais comuns e que afeta todo o procedimento de regeneração é a deiscência dos tecidos moles que leva à exposição do enxerto e consequente infecção, originando assim, perda óssea (Ortiz-Vigón et al., 2018; Sanz et al., 2022).

De forma a contrariar esta desvantagem é sugerido, em diversos estudos, o retalho em “túnel” (De Stavola & Tunkel, 2013; Khoury & Hanser, 2019; Restoy-Lozano et al., 2015).

5.1 RETALHO EM TÚNEL

O retalho em túnel é iniciado com uma incisão vertical única ao longo da mucosa vestibular a mesial do último dente presente anterior à área edêntula que se pretende regenerar e, de seguida, é realizado o descolamento cuidadoso da mucosa, tanto vestibular, como também, palatina/lingual. Desta forma, toda a zona edêntula é exposta e obtém-se um retalho elástico e conservador (figura 16, 17 e 18) (Khoury & Hanser, 2019)

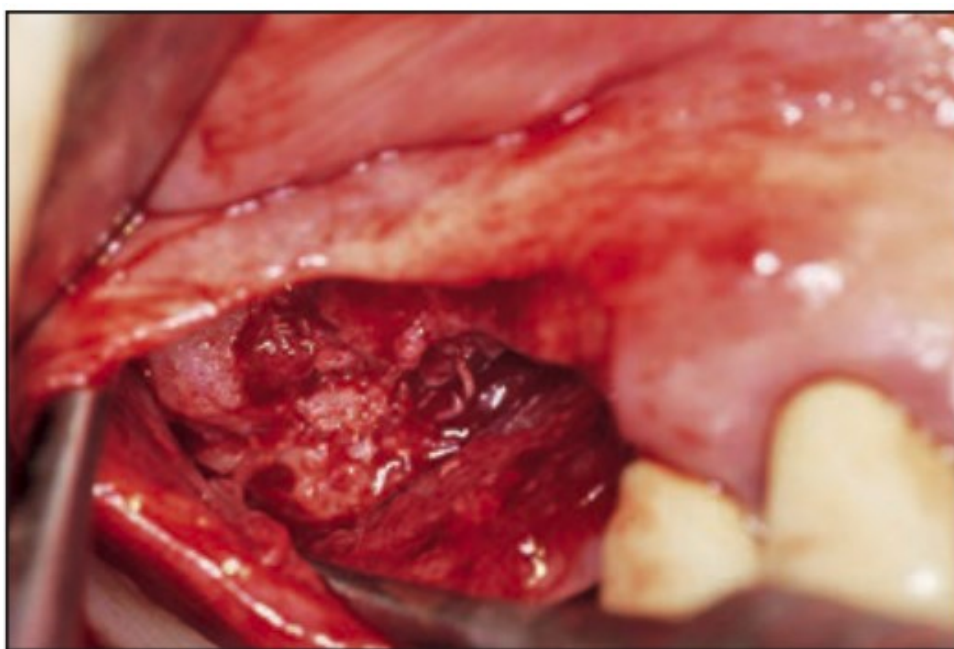


Figura 16 – Realização do retalho em túnel com exposição do defeito vertical na zona posterior da maxila. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).

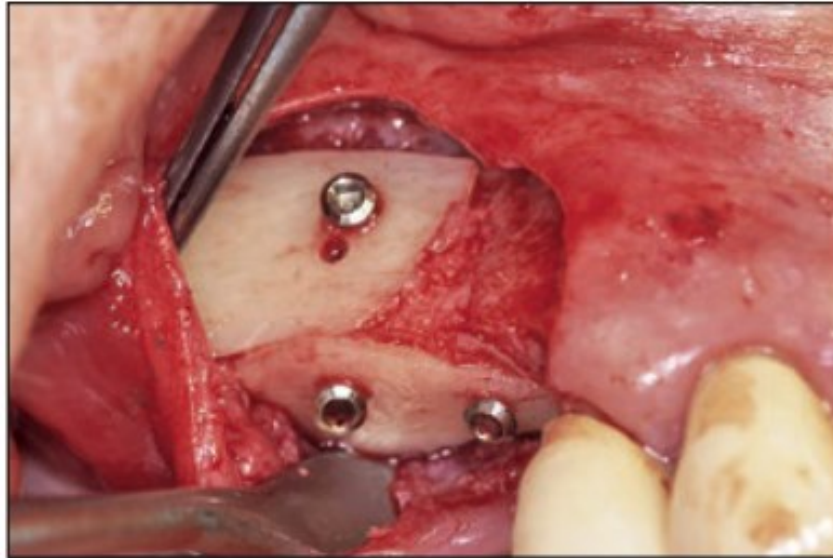


Figura 17 – Realização do procedimento regenerativo recorrendo à técnica de Khoury com estabilização do bloco inferior com dois parafusos e do bloco superior com, apenas, um parafuso. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019).

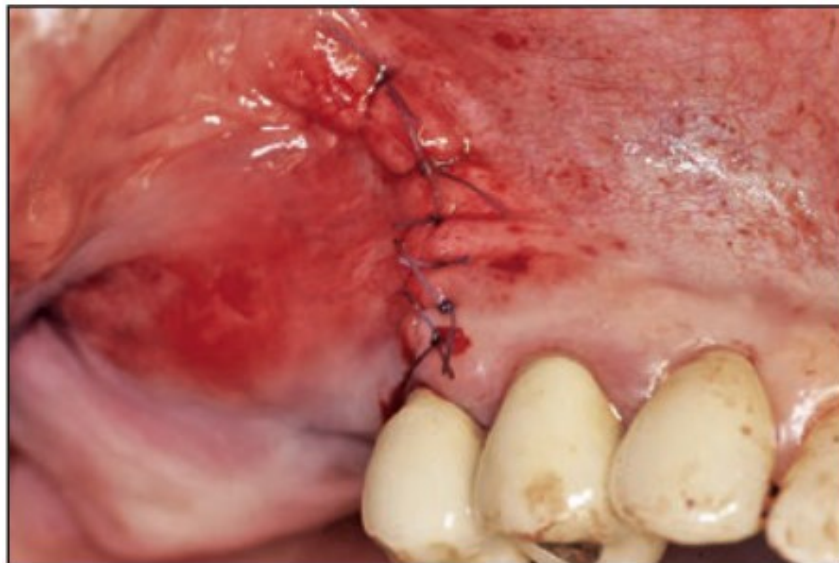


Figura 18 – Encerramento da incisão vertical realizada. Sem sinais de distúrbios na circulação sanguínea da região onde foi realizado o procedimento regenerativo. Imagem retirada de (Khoury & Hanser, 2019) .

A escolha desta abordagem permite que haja a manutenção da vascularização sobre o enxerto ósseo. Além disso, o facto de não se utilizarem membranas artificiais durante este procedimento permite, não só, que os tecidos moles estejam em constante contacto com a superfície óssea, como também, favorecem um reposicionamento do retalho mais rápido e estável (Cuchi et al., 2017; Khoury & Hanser, 2019; Soldatos et al., 2017).

No estudo realizado por Khoury e Hanser (2019) pode-se constatar que a realização do retalho em túnel permite reduzir significativamente o risco pós-operatório de deiscência e necrose dos tecidos moles, mesmo em pacientes fumadores. A principal desvantagem é a diminuição da visão do campo operatório.

5.2 TÉCNICA DE REHRMANN

Ainda relacionado com a deiscência dos tecidos, por vezes, neste tipo de procedimentos regenerativos pode ser necessário recorrer à técnica de Rehrmann, inicialmente descrita em 1936 (von Arx et al., 2020).

O retalho de Rehrmann baseia-se na realização de duas incisões verticais divergentes até ao fundo do vestibulo. De seguida, com o auxílio de um bisturi ou outro instrumento é feita uma incisão horizontal no perióstio da zona vestibular, de forma a dar mobilidade ao retalho permitindo, não só, o encerramento de comunicações oro-antrais, como também, a compactação ideal dos tecidos evitando uma possível exposição do material regenerativo (figura 19) (Dym & Wolf, 2012).

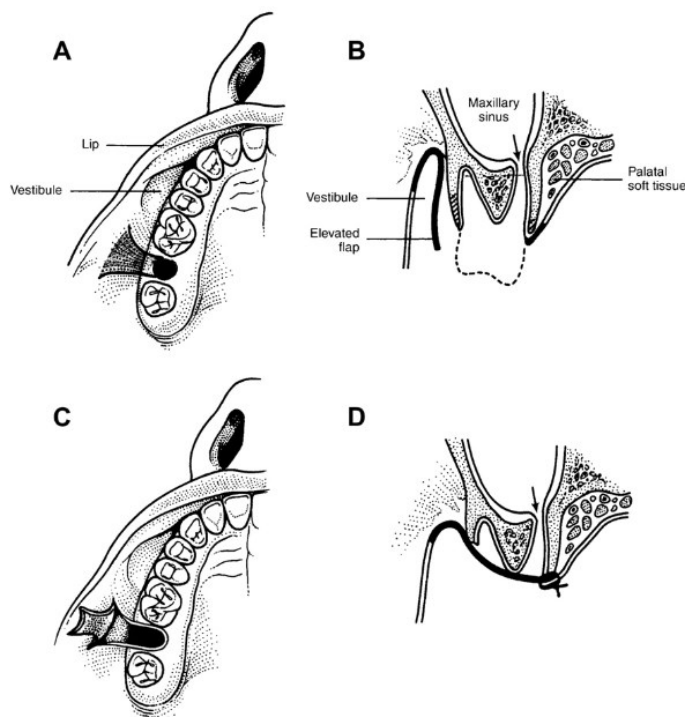


Figura 19 – Representação sequencial, de A a D, da realização do retalho de Rehrmann. Imagem retirada de (Dym & Wolf, 2012).

A técnica em questão oferece como vantagens o facto de ser conservadora, rápida de se realizar e, por isso, bem aceite pelo paciente. Ainda, a base ampla do retalho permite manter um bom aporte sanguíneo na área a regenerar (Dym & Wolf, 2012).

Por outro lado, pode causar algum desconforto pós-operatório e diminuir a profundidade do sulco vestibular (von Arx et al., 2020; Dym & Wolf, 2012).

5.3 EXPOSIÇÃO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR

Já no que diz respeito à exposição do nervo alveolar inferior, Khoury e Hanser (2015) realizaram no seu estudo cerca de 2285 colheitas de osso mandibular onde as osteotomias foram realizadas a apical do nervo alveolar inferior. Apenas em 168 casos (7.35%) houve exposição do nervo, não ocorrendo nenhuma complicação grave, tal como parestesia permanente.

5.4 MORBILIDADE NO LOCAL DADOR

Apesar de ser retirada uma porção de osso, muitas vezes da linha oblíqua externa, após todo o edema e inflamação associados à cirurgia desaparecerem, não são relatados qualquer tipo de problemas do ponto de vista estético e funcional utilizando esta técnica de regeneração óssea (Khoury & Hanser, 2015). As alterações estéticas parecem estar mais associadas a procedimentos onde a colheita de osso é realizada na zona do queixo, estando dependentes da idade do paciente e extensão do defeito a regenerar (Reininger et al., 2016).

Ainda relacionado à utilização do osso autólogo como material de regeneração óssea, um dos principais receios por parte dos pacientes é a dor/desconforto sentidos após todo o procedimento de colheita óssea (Reissmann et al., 2018). No entanto, após realizar a colheita óssea mandibular em cerca de 142 pacientes, Khoury e Hanser (2019) demonstram uma percentagem de 97.89% dos pacientes com uma percepção de dor leve a moderada.

Já num estudo de maior dimensão, é possível verificar uma taxa de 96.55% apresentando dor leve a moderada, num total de 3328 pacientes (Khoury & Hanser, 2015).

De um modo geral, procedimentos de regeneração óssea onde é feita uma colheita de osso mandibular são bem tolerados pelos pacientes (Cordaro et al., 2011).

6. RESULTADOS CLÍNICOS

No que diz respeito aos resultados clínicos obtidos aquando da utilização de osso autólogo como material de regeneração óssea, pode-se afirmar que este continua a ser considerado o *gold standart* (Khoury, 2022).

Atualmente, existem diversos estudos que evidenciam a viabilidade a longo prazo dos resultados obtidos através da técnica de Khoury em conjunto com o osso autólogo (Khoury, 2022).

Num estudo realizado por Khoury e Hanser (2019) foi possível recolher dados relativos à regeneração de diversos defeitos ósseos na zona posterior da maxila durante um período de 10 anos. Num total de 118 pacientes foram colocados cerca de 306 implantes. O tamanho médio dos defeitos verticais antes da cirurgia era de $7.8 \pm 3.9\text{mm}$ juntamente com uma largura horizontal média de $3.1 \pm 2.2\text{mm}$. Ao fim de 3 meses, o ganho vertical médio foi de $7.6 \pm 3.4\text{mm}$ e o ganho médio horizontal de $8.3 \pm 1.8\text{mm}$, permitindo assim a colocação de todos os implantes.

Ao fim de 10 anos, o tamanho vertical médio de osso ganho manteve-se estável nos $6.82 \pm 0.28\text{mm}$, representando assim, uma taxa de reabsorção óssea de, apenas, 8.3%. A taxa de sobrevivência dos implantes foi de 98.7%. (Khoury & Hanser, 2019).

Já na zona posterior da mandíbula foi realizado um outro estudo onde foram colocados cerca de 287 implantes em 117 pacientes recorrendo à técnica SBB. Ao fim de 10 anos, o tamanho vertical médio de osso manteve-se nos $6.72 \pm 2.26\text{mm}$ com uma taxa de reabsorção de 11,4%. Apenas 4 implantes foram perdidos por periimplantite e dor crónica representando uma taxa de sobrevivência implantar de 98.26% (Khoury & Hanser, 2022).

Relativamente a pacientes com comprometimento periodontal, existe evidência

que sugere uma menor sobrevivência de implantes e maior grau de complicações pós-cirúrgicas em pacientes com periodontite ou historial da doença (Roccuzzo et al., 2010; Sgolastra et al., 2015).

De forma a avaliar os resultados obtidos a longo prazo relativamente ao sucesso implantar e processo regenerativo em pacientes periodontalmente comprometidos, Keeve e Khoury (2017) realizaram um estudo comparativo envolvendo 77 pacientes (38 pacientes saudáveis e 39 pacientes periodontalmente comprometidos). Todos os defeitos ósseos foram regenerados utilizando a técnica de Khoury e colocados 241 implantes, dos quais 2 (0.83%) foram perdidos por periimplantite, ao fim de 5 anos.

Assim, o estudo sugere que implantes colocados em osso regenerado através da técnica SBB apresentam resultados clínicos idênticos entre pacientes saudáveis e pacientes periodontalmente comprometidos, num período de 5 anos, mostrando a viabilidade da técnica (Keeve & Khoury, 2017).

Outro estudo revela uma taxa média de reabsorção óssea vertical periimplantar de 0.7mm, ao fim de 5 anos, em pacientes sujeitos à regeneração óssea pela técnica de Khoury e de 0.6mm em pacientes onde não foi realizado qualquer procedimento regenerativo (Fig 20) (Moukrioti et al., 2019).

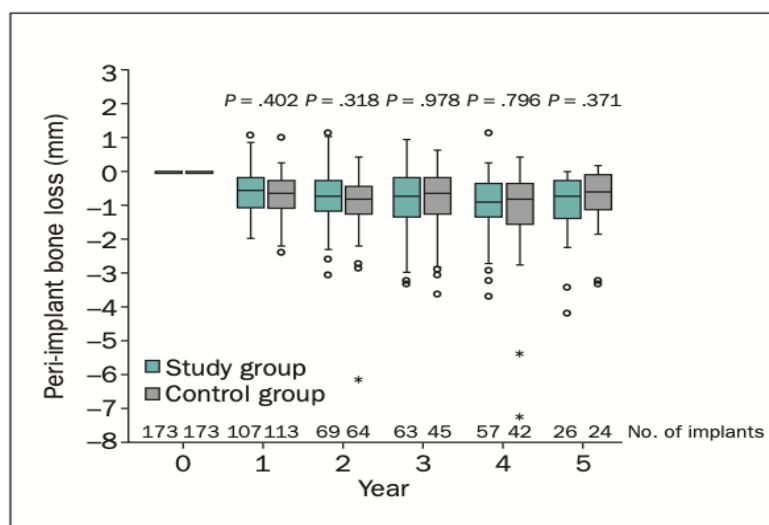


Figura 20 – Comparação da quantidade média de reabsorção óssea entre pacientes sujeitos a regeneração óssea segundo a técnica de Khoury (Grupo de estudo – verde) e os pacientes que não foram sujeitos a nenhum procedimento regenerativo (Grupo de controlo – cinzento). Imagem retirada de (Moukrioti et al., 2019).

De forma a obter bons resultados clínicos em pacientes com história de doença periodontal é necessário realizar um programa de acompanhamento e manutenção periodontal (Keeve & Khoury, 2017).

Histologicamente, após 3 meses de cicatrização, o osso regenerado pela técnica de Khoury apresenta claros sinais de formação óssea. É possível observar o novo osso formado com uma cor roxa em redor do osso antigo e particulado, ambos com uma cor rosa (Fig. 21, 22 e 23) (Khoury, 2022).

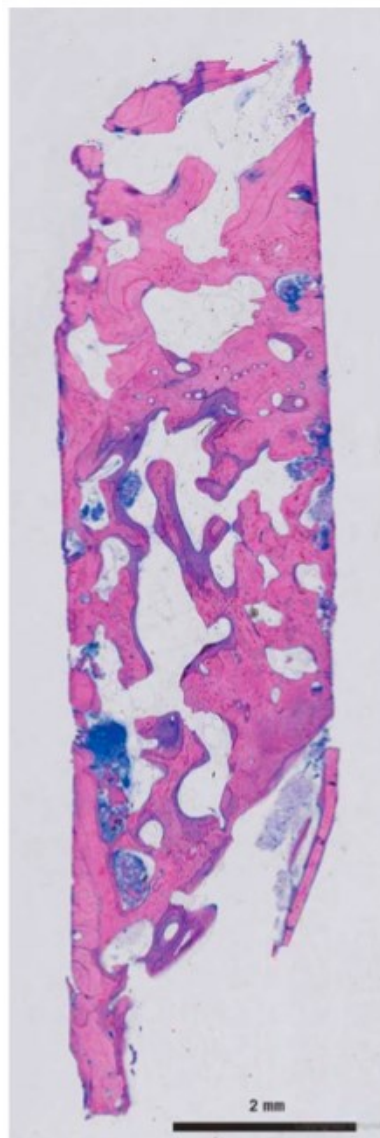


Figura 21 – Biópsia óssea 3 meses após a realização do procedimento regenerativo pela técnica de Khoury. É possível observar a formação de novo osso com a cor roxa e o osso antigo e particulado com a cor rosa. Imagem retirada de (Khoury, 2022, p.33).

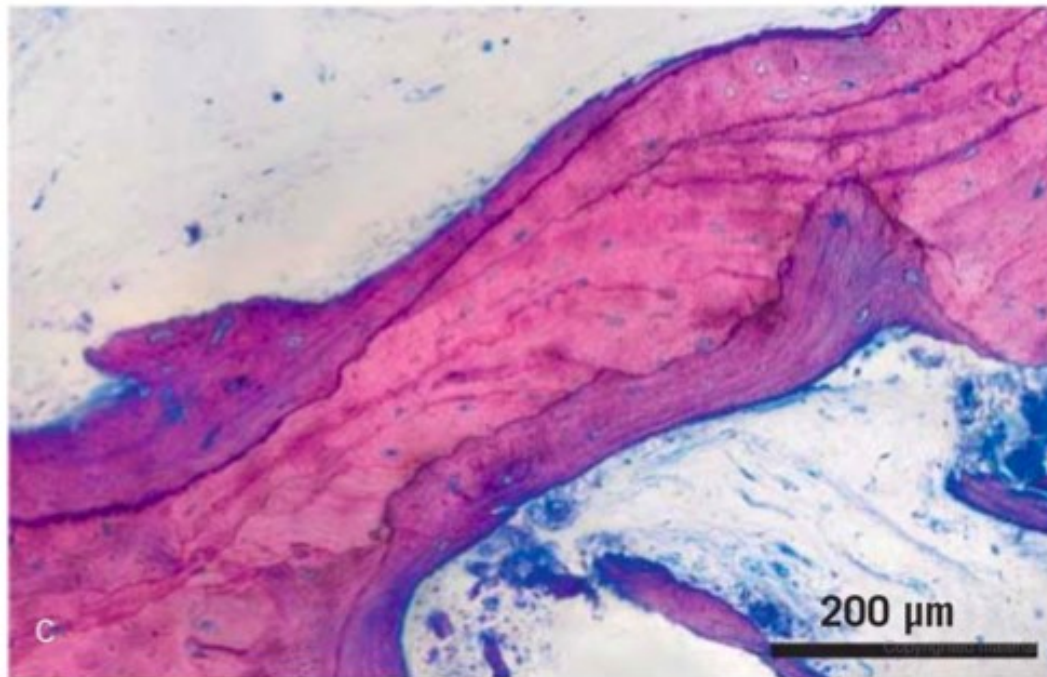


Figura 22 – Biópsia óssea 3 meses após a realização do procedimento regenerativo segundo a técnica SBB. O novo osso formado identifica-se pela cor roxa e o osso antigo pela cor rosa. Imagem retirada de (Khoury, 2022, p.35).

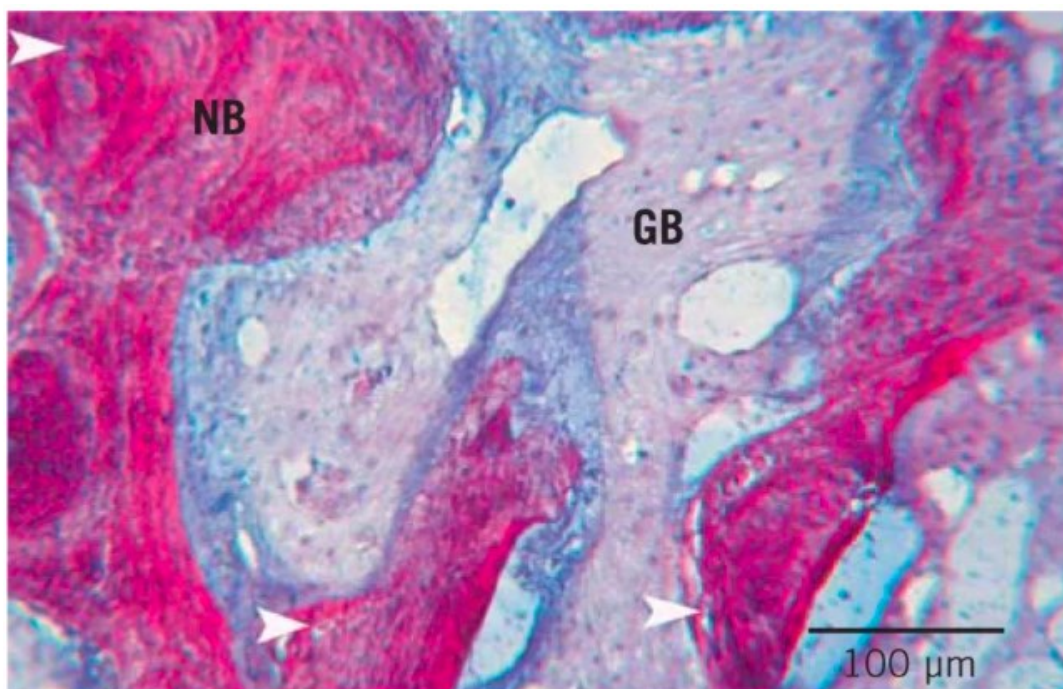


Figura 23 – Maior magnificação de uma biópsia óssea 4 meses após a realização do procedimento regenerativo segundo a técnica de Khoury. NB – novo osso formado, GB – osso do enxerto, setas brancas – osteócitos vitais. Imagem retirada de (Khoury & Khoury, 2006, p.121).

Passados 4 meses, visualiza-se uma intensa atividade remodeladora caracterizada por várias camadas osteóides em redor da superfície óssea e, ainda, grande quantidade de osteócitos vitais (Fig.24) (Khoury & Khoury, 2006).

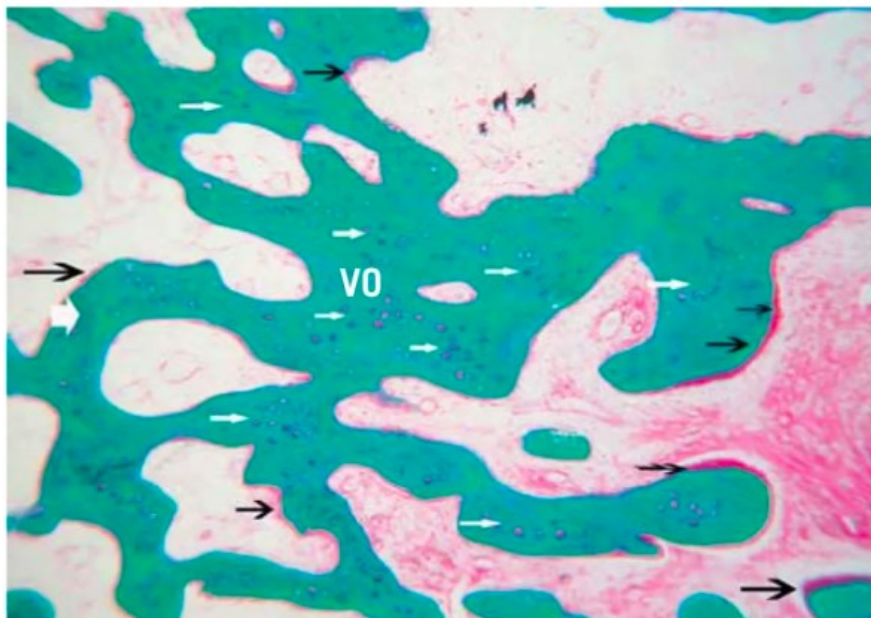


Figura 24 – Biópsia óssea 4 meses após o procedimento regenerativo segundo a técnica de Khoury. VO (setas brancas) – osteócitos vitais, setas pretas – camadas osteóides. Imagem retirada de (Khoury & Khoury, 2006, p.124).

Num estudo conduzido por Galindo-Moreno et al. (2011) foi possível comparar a atividade remodeladora entre o enxerto autólogo e o enxerto de bovino. No grupo 1 foi observado uma amostra constituída por 50% osso autólogo e 50% osso inorgânico de bovino enquanto, que no grupo 2 as percentagens utilizadas foram de 20% e 80%, respetivamente.

No grupo 1 foram visualizadas uma média de 18.05 ± 10.06 linhas osteóides e no grupo 2 uma média de 9.01 ± 7.53 . No que diz respeito à quantidade de osteócitos, o grupo 1 apresentou uma média de 631.85 ± 607.98 e o grupo 2 uma média de 219.08 ± 103.26 (Galindo-Moreno et al., 2011).

Desta forma, foi possível averiguar uma maior qualidade e atividade celular do osso nas amostras contendo maiores quantidades de osso autólogo (Galindo-Moreno et al., 2011).

Noutro estudo realizado por Schmitt et al. (2012) comparando as características clínicas e histológicas do autoenxerto com o aloenxerto (Zimmer Puros®), xenoenxerto (Geistlich Bio-Oss®) e enxerto cerâmico (Straumann BoneCeramic®) foi possível quantificar o volume de novo osso formado, 5 meses após a realização do procedimento regenerativo com os diferentes materiais.

Conclui-se que o processo regenerativo utilizando o osso autólogo demonstrou os melhores resultados, com um volume médio de novo osso formado de $41.74 \pm 2.1\%$ enquanto, que o aloenxerto demonstrou uma média de $35.41 \pm 2.78\%$, o enxerto cerâmico de $30.28 \pm 2.16\%$ e, finalmente, $24.9 \pm 5.67\%$ para os xenoenxertos (Schmitt et al., 2013).

III. CONCLUSÃO

Atualmente existem diversas técnicas e materiais para a realização de procedimentos regenerativos.

A técnica *Split Bone Block* oferece diversas vantagens comparativamente a outras técnicas. A divisão do bloco de osso em porções mais finas permite aumentar o número de blocos ósseos obtidos com apenas uma colheita, oferecendo assim, uma maior possibilidade de reconstrução de defeitos ósseos. Ainda, os blocos de osso mais finos permitem uma melhor adaptação ao defeito ósseo comparativamente aos blocos de osso convencionais.

Dado que é o médico dentista quem aparafusa os blocos de osso ao local recetor, torna-se mais fácil determinar/prever a futura largura do osso alveolar após o procedimento cirúrgico.

Quando os múltiplos blocos de osso não são utilizados na sua totalidade é possível recolocá-los no local dador sem necessidade de utilizar qualquer parafuso, permitindo assim, restabelecer a anatomia prévia à colheita óssea.

Por outro lado, a principal desvantagem associada a esta técnica é a morbilidade associada ao local dador. No entanto, diversos estudos revelam uma baixa taxa de complicações durante a colheita óssea e um baixo índice de desconforto pós-cirúrgico por parte dos pacientes.

Do ponto de vista clínico e histológico, a técnica de Khoury demonstra ótimos resultados a longo prazo e elevada formação óssea 3 meses após o procedimento regenerativo.

Respondendo à pergunta “técnica *Split Bone Block*: o presente e o futuro da regeneração óssea?” é possível concluir que o enxerto autólogo continua a ser considerado o *gold standart* e que a técnica de Khoury é cada vez mais utilizada na regeneração de defeitos ósseos verticais e horizontais. No que diz respeito ao futuro,

apesar de existir uma constante criação de novos materiais para os diversos procedimentos regenerativos, ainda nenhum material criado contém, simultaneamente, as 3 principais propriedades biológicas fundamentais à regeneração óssea: Osteoindução, Osteocondução e Osteogénese.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Alfadda, S. A. (2018). Current Evidence on Dental Implants Outcomes in Smokers and Nonsmokers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Oral Implantology*, 44(5), 390–399. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-17-00313>
- Al-Rafee, M. (2020). The epidemiology of edentulism and the associated factors: A literature Review. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(4), 1841. https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_1181_19
- Angelis, N. D., Benedicenti, S., Zekiy, A., & Amaroli, A. (2022). Current Trends in Bone Augmentation Techniques and Dental Implantology: An Editorial Overview. *Journal of Clinical Medicine*, 11(15), 4348. <https://doi.org/10.3390/jcm11154348>
- Block, J., & Miller, L. E. (2011). Perspectives on the clinical utility of allografts for bone regeneration within osseous defects: A narrative review. *Orthopedic Research and Reviews*, 31. <https://doi.org/10.2147/ORR.S18397>
- Breeland, G., Sinkler, M. A., & Menezes, R. G. (2022). *Embryology, Bone Ossification*. StatPearls. StatPearls Publishing.
- Capulli, M., Paone, R., & Rucci, N. (2014). Osteoblast and osteocyte: Games without frontiers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 561, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2014.05.003>
- Clarke, B. (2008). Normal Bone Anatomy and Physiology. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 3(Supplement 3), S131–S139. <https://doi.org/10.2215/CJN.04151206>
- Cordaro, L., Torsello, F., Tindara Miuccio, M., Mirisola di Torresanto, V., & Eliopoulos, D. (2011). Mandibular bone harvesting for alveolar reconstruction and implant placement: Subjective and objective cross-sectional evaluation of donor and recipient site up to 4 years: Morbidity of mandibular bone harvesting and implant success. *Clinical Oral Implants Research*, 22(11), 1320–1326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02115.x>
- Cucchi, A., Vignudelli, E., Napolitano, A., Marchetti, C., & Corinaldesi, G. (2017).

- Evaluation of complication rates and vertical bone gain after guided bone regeneration with non-resorbable membranes versus titanium meshes and resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 19(5), 821–832. <https://doi.org/10.1111/cid.12520>
- de Souza, C. S. V., de Sá, B. C. M., Goulart, D., Guillen, G. A., Macêdo, F. G. C., & Nôia, C. F. (2020). Split Crest Technique with Immediate Implant to Treat Horizontal Defects of the Alveolar Ridge: Analysis of Increased Thickness and Implant Survival. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 19(4), 498–505. <https://doi.org/10.1007/s12663-020-01332-z>
- De Stavola, L., & Tunkel, J. (2013). Results of vertical bone augmentation with autogenous bone block grafts and the tunnel technique: a clinical prospective study of 10 consecutively treated patients. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 33(5), 651–659. <https://doi.org/10.11607/prd.0932>
- De Stavola, L., Fincato, A., & Albiero, A. (2015). A Computer-Guided Bone Block Harvesting Procedure: A Proof-of-Principle Case Report and Technical Notes. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(6), 1409–1413. <https://doi.org/10.11607/jomi.4045>
- De Stavola, L., Fincato, A., Bressan, E., & Gobbato, L. (2017). Results of Computer-Guided Bone Block Harvesting from the Mandible: A Case Series. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 37(1), e111–e119. <https://doi.org/10.11607/prd.2721>
- Di Bari, R., Coronelli, R., & Cicconetti, A. (2014). An anatomical radiographic evaluation of the posterior portion of the mandible in relation to autologous bone harvest procedures. *The Journal of craniofacial surgery*, 25(5), e475–e483. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000000598>
- Dym, H., & Wolf, J. C. (2012). Oroantral communication. *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 24(2), 239–ix. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2012.01.015>
- Elgali, I., Omar, O., Dahlin, C., & Thomsen, P. (2017). Guided bone regeneration: Materials and biological mechanisms revisited. *European Journal of Oral Sciences*, 125(5), 315–337. <https://doi.org/10.1111/eos.12364>

- Erdogan, Ö., Uçar, Y., Tatlı, U., Sert, M., Benlidayı, M. E., & Evlice, B. (2015). A clinical prospective study on alveolar bone augmentation and dental implant success in patients with type 2 diabetes. *Clinical Oral Implants Research*, 26(11), 1267–1275. <https://doi.org/10.1111/clr.12450>
- Fistarol, F., De Stavola, L., Fincato, A., & Bressan, E. (2019). Mandibular Canal Position in Posterior Mandible: Anatomical Study and Surgical Considerations in Relation to Bone Harvesting Procedures. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 39(6), e211–e218. <https://doi.org/10.11607/prd.3984>
- Florencio-Silva, R., Sasso, G. R. da S., Sasso-Cerri, E., Simões, M. J., & Cerri, P. S. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. *BioMed Research International*, 2015, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2015/421746>
- Galindo-Moreno, P., Moreno-Riestra, I., Avila, G., Padial-Molina, M., Paya, J. A., Wang, H.-L., & O'Valle, F. (2011). Effect of anorganic bovine bone to autogenous cortical bone ratio upon bone remodeling patterns following maxillary sinus augmentation: Effect of graft composition upon bone remodeling. *Clinical Oral Implants Research*, 22(8), 857–864. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02073.x>
- Hadji, P., Klein, S., Gothe, H., Häussler, B., Kless, T., Schmidt, T., Steinle, T., Verheyen, F., & Linder, R. (2013). The Epidemiology of Osteoporosis. *Deutsches Ärzteblatt International*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0052>
- Hadjidakis, D. J., & Androulakis, I. I. (2006). Bone Remodeling. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1092(1), 385–396. <https://doi.org/10.1196/annals.1365.035>
- Hanser, T., & Doliveux, R. (2018). MicroSaw and Piezosurgery in Harvesting Mandibular Bone Blocks from the Retromolar Region: A Randomized Split-Mouth Prospective Clinical Trial. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(2), 365–372. <https://doi.org/10.11607/jomi.4416>
- Kalchthaler, L., Kühle, R., Büsch, C., Hoffmann, J., & Mertens, C. (2020). The Influence of Different Graft Designs of Intraoral Bone Blocks on Volume Gain in Bone Augmentation Procedures: An In Vitro Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 35(6). <https://doi.org/10.11607/jomi.8368>

- Katsimbri, P. (2017). The biology of normal bone remodelling. *European Journal of Cancer Care*, 26(6), e12740. <https://doi.org/10.1111/ecc.12740>
- Keeve, P., & Khoury, F. (2017). Long-Term Results of Peri-implant Conditions in Periodontally Compromised Patients Following Lateral Bone Augmentation. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(1), 137–146. <https://doi.org/10.11607/jomi.4880>
- Khoury, F. (2022). *Bone and Soft Tissue Augmentation in Implantology* (1st Edition). Quintessence Publishing Deutschland.
- Khoury, F. & Khoury, C. (2007). Mandibular bone block grafts: Diagnosis, instrumentation, harvesting techniques and surgical procedures. In Khoury, F., Antoun, H. & Missika, P. (Eds.), *Bone Augmentation in Oral Implantology* (115–213). Quintessence Publishing UK.
- Khoury, F., & Hanser, T. (2015). Mandibular Bone Block Harvesting from the Retromolar Region: A 10-Year Prospective Clinical Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(3), 688–697. <https://doi.org/10.11607/jomi.4117>
- Khoury, F., & Hanser, T. (2019). Three-Dimensional Vertical Alveolar Ridge Augmentation in the Posterior Maxilla: A 10-year Clinical Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 34(2), 471–480. <https://doi.org/10.11607/jomi.6869>
- Khoury, F., & Hanser, T. (2022). 3D vertical alveolar crest augmentation in the posterior mandible using the tunnel technique: A 10-year clinical study. *International journal of oral implantology (Berlin, Germany)*, 15(2), 111–126.
- Khoury, F., & Hidajat, H. (2011). Secure and effective stabilization of different sized autogenous bone grafts. *European Journal of Oral Surgery*, 2(3), 6.
- Kon, K., Shiota, M., Ozeki, M., & Kasugai, S. (2014). The Effect of Graft Bone Particle Size on Bone Augmentation in a Rabbit Cranial Vertical Augmentation Model: A Microcomputed Tomography Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(2), 402–406. <https://doi.org/10.11607/jomi.2804>

- Ladha, K., Sharma, A., Tiwari, B., & Bukya, D. (2017). Bone augmentation as an adjunct to dental implant rehabilitation in patients with diabetes mellitus: A review of literature. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 8(2), 95. https://doi.org/10.4103/njms.NJMS_16_17
- Lekholm, U., Wannfors, K., & Isaksson, S. (1999). A 3-year retrospective multicenter study using the Branemark implant system. *Int J Oral Maxillofac Surg.* (28), 181-187
- Lind, M., Deleuran, B., Thestrup-Pedersen, K., Søballe, K., Eriksen, E. F., & Bünger, C. (1995). Chemotaxis of human osteoblasts. *Effects of osteotropic growth factors. APMIS: acta pathologica, microbiologica, et immunologica Scandinavica*, 103(2), 140–146.
- Marx, R. E., & Garg, A. K. (1998). Bone structure, metabolism, and physiology: its impact on dental implantology. *Implant dentistry*, 7(4), 267-276.
- Mckenna, G. J., Gjengedal, H., Harkin, J., Holland, N., Moore, C., & Srinivasan, M. (2022). Effect of autogenous bone graft site on dental implant survival and donor site complications: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 101731. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2022.101731>
- Miron, R. J., Gruber, R., Hedbom, E., Saulacic, N., Zhang, Y., Sculean, A., Bosshardt, D. D., & Buser, D. (2013). Impact of Bone Harvesting Techniques on Cell Viability and the Release of Growth Factors of Autografts: Release of Growth Factors from Autografts. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 15(4), 481–489. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2012.00440.x>
- Misch, C. M., & Misch, C. E. (1995). The repair of localized severe ridge defects for implant placement using mandibular bone grafts. *Implant dentistry*, 4(4), 261–267. <https://doi.org/10.1097/00008505-199500440-00006>
- Moukrioti, J., Al-Nawas, B., & Kreisler, M. (2019). Evaluation of the Split Bone Technique for Lateral Ridge Augmentation: A Retrospective Case-Control Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 34(5), 1152–1160. <https://doi.org/10.11607/jomi.7470>

- Moussa, N. T., & Dym, H. (2020). Maxillofacial Bone Grafting Materials. *Dental Clinics of North America*, 64(2), 473–490. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2019.12.011>
- Ortiz-Vigón, A., Suarez, I., Martínez-Villa, S., Sanz-Martín, I., Bollain, J., & Sanz, M. (2018). Safety and performance of a novel collagenated xenogeneic bone block for lateral alveolar crest augmentation for staged implant placement. *Clinical Oral Implants Research*, 29(1), 36–45. <https://doi.org/10.1111/clr.13036>
- Pallesen, L., & Hj, E. (2002). Influence of particle size of autogenous bone grafts on the early stages of bone regeneration: A histologic and stereologic study in rabbit calvarium. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 17(4), 498–506
- Reininger, D., Cobo-Vazquez, C., Monteserin-Matesanz, M., & Lopez-Quiles, J. (2016). Complications in the use of the mandibular body, ramus and symphysis as donor sites in bone graft surgery. A systematic review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e241–e249. <https://doi.org/10.4317/medoral.20938>
- 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*, 79, 102–106. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.10.011>
- Restoy-Lozano, A., Dominguez-Mompell, J. L., Infante-Cossio, P., Lara-Chao, J., Espin-Galvez, F., & Lopez-Pizarro, V. (2015). Reconstruction of mandibular vertical defects for dental implants with autogenous bone block grafts using a tunnel approach: Clinical study of 50 cases. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 44(11), 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.05.019>
- Roccuzzo, M., De Angelis, N., Bonino, L., & Aglietta, M. (2010). Ten-year results of a three-arm prospective cohort study on implants in periodontally compromised patients. Part 1: Implant loss and radiographic bone loss. *Clinical Oral Implants Research*, 21(5), 490–496. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01886.x>
- 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. <https://doi.org/10.1186/s40729-017-0084-4>
- Sanan, A., & Haines, S. J. (1997). Repairing holes in the head: a history of cranioplasty. *Neurosurgery*, 40(3), 588–603. <https://doi.org/10.1097/00006123-199703000-00033>
- Sanz-Sánchez, I., Sanz-Martín, I., Ortiz-Vigón, A., Molina, A., & Sanz, M. (2022). Complications in bone-grafting procedures: Classification and management. *Periodontology* 2000, 88(1), 86–102. <https://doi.org/10.1111/prd.12413>
- Schmitt, C. M., Doering, H., Schmidt, T., Lutz, R., Neukam, F. W., & Schlegel, K. A. (2013). Histological results after maxillary sinus augmentation with Straumann® BoneCeramic, Bio-Oss®, Puros®, and autologous bone. A randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 24(5), 576–585. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02431.x>
- Sgolastra, F., Petrucci, A., Severino, M., Gatto, R., & Monaco, A. (2015). Periodontitis, implant loss and peri-implantitis. A meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 26(4), e8–e16. <https://doi.org/10.1111/clr.12319>
- Shah, T., & Chacko, L. (2017). Autogenous bone harvesting and grafting: intraoral sites and techniques. *International Journal of Current Advanced Research*. 6(7), 4811-4819
- Simion, M., Benigni, M., Al-Hezaimi, K., & Kim, D. M. (2015). Early bone formation adjacent to oxidized and machined implant surfaces: a histologic study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 35(1), 9–17. <https://doi.org/10.11607/prd.2217>
- Sittitavornwong, S., & Gutta, R. (2010). Bone Graft Harvesting from Regional Sites. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 22(3), 317–330. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2010.04.006>
- Smeets, R., Matthies, L., Windisch, P., Gosau, M., Jung, R., Brodala, N., Stefanini, M., Kleinheinz, J., Payer, M., Henningsen, A., Al-Nawas, B., & Knipfer, C. (2022).

- Horizontal augmentation techniques in the mandible: A systematic review. *International Journal of Implant Dentistry*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40729-022-00421-7>
- Soldatos, N. K., Stylianou, P., Koidou, V. P., Angelov, N., Yukna, R., & Romanos, G. E. (2017). Limitations and options using resorbable versus nonresorbable membranes for successful guided bone regeneration. *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985)*, 48(2), 131–147. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a37133>
- Titsinides, S., Agrogiannis, G., & Karatzas, T. (2019). Bone grafting materials in dentoalveolar reconstruction: A comprehensive review. *Japanese Dental Science Review*, 55(1), 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2018.09.003>
- Tolstunov, L., Hamrick, J. F. E., Broumand, V., Shilo, D., & Rachmiel, A. (2019). Bone Augmentation Techniques for Horizontal and Vertical Alveolar Ridge Deficiency in Oral Implantology. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 31(2), 163–191. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.01.005>
- Vercellotti T. (2000). Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 20(4), 358–365.
- von Arx, T., von Arx, J., & Bornstein, M. M. (2020). Outcome of first-time surgical closures of oroantral communications due to tooth extractions. A retrospective analysis of 162 cases. *Swiss dental journal*, 130(12), 972–982.
- Wang, W., & Yeung, K. W. K. (2017). Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioactive Materials*, 2(4), 224–247. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2017.05.007>
- Zhao, R., Yang, R., Cooper, P. R., Khurshid, Z., Shavandi, A., & Ratnayake, J. (2021). Bone Grafts and Substitutes in Dentistry: A Review of Current Trends and Developments. *Molecules*, 26(10), 3007. <https://doi.org/10.3390/molecules26103007>