

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**Reabilitação com implantes em pacientes com cancro oral : um
estudo comparativo de técnicas e biomateriais para uma
reconstrução ideal**

Trabalho submetido por

Anatole Pierre Arthur TRICOT

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2025

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**Reabilitação com implantes em pacientes com cancro oral : um
estudo comparativo de técnicas e biomateriais para uma
reconstrução ideal**

Trabalho submetido por

Anatole Pierre Arthur TRICOT

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentaria

Trabalho orientado por

Professor Doutor Carlos Manuel Zagalo Fernandes Ribeiro

junho de 2025

*“N’abandonne jamais, trouve ta voie
c’est la marque des champions”* **Big. Z**

Agradecimentos

Ao meu orientador, o Professor Doutor Carlos Manuel Zagalo Fernandes Ribeiro, gostaria de expressar o meu profundo agradecimento por todo o tempo, paciência, conhecimentos e sabedoria transmitidos.

Gostaria de agradecer também aos professores e cada pessoa que trabalha para o Instituto Universitário Egas Moniz, que acompanharam o meu percurso e permitiram o meu crescimento enquanto médico dentista, tanto na vertente académica como na vertente pessoal.

À mes parents, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont permis de réaliser ces études. Merci pour tout l'amour dont vous avez fait preuve, pour la confiance que vous avez en moi et pour toutes les valeurs que vous m'avez transmises, tout ceci est grâce à vous. Je vous en serais éternellement reconnaissant.

À ma sœur, ma Philo adorée, qui a été un soutien bien plus important qu'elle ne le pense, et qui s'embellit à mesure elle grandit.

À tous les membres du groupe JEU D'ÉTÉ, Antoine, Camille, Oscar, Mael, Titouan, Jean Eudes, Erwan, César, Ricco et Octave. Continuez à être remplis de bêtises et d'énergie, vous vous reposerez plus tard.

À Surf2Pro, avec mon frère Baptiste, mon binôme, mon moi en un peu plus grand, en un peu plus fort, en un peu plus tout. Et évidemment mon Doudou, quelle personne formidable tu es. « Lorsque le soleil se couche, les vagues se calment »

À Anna et à l'idéal que tu représentes à mes yeux, quelle chance que j'ai eue de croiser ton chemin.

À tous les copains d'ici, Manon, Soso, Valentin, Tuteur, Mayou, Yanis, Nathan, Coco, Marine, Lucas, Marg, Pierre, Margaux et tous les autres qui ont fait de ces cinq années un long rêve éveillé !

À la coloc Gatien, Thomas et Killian et à toutes nos parties de mus.

Resumo

O cancro oral é um grande desafio devido à destruição de tecidos e às sequelas funcionais e estéticas que causa. Muitas vezes o seu tratamento é associado a uma cirurgia ressectiva bastante pesada, que requer em um segundo tempo cirúrgico, uma fase de reconstrução para restaurar da melhor forma a anatomia e as funções da esfera oro facial.

Neste desenvolvimento, vamos nos interessar pelas diferentes soluções de reconstrução óssea, comparando o uso dos biomateriais naturais e sintéticos, nomeadamente os transplantes autógenos, aloenxertos e xenoenxertos. O objetivo é avaliar a sua contribuição para a gestão das perdas de substância óssea e encontrar as melhores soluções.

A reabilitação de implantes em pacientes que foram irradiados e muitas vezes reconstruídos, é outra questão importante. Vamos analisar as indicações e contraindicações dos implantes neste contexto, mas também o impacto que esta gestão pode ter na qualidade de vida dos pacientes.

Esta revisão narrativa tem como objetivo comparar as diferentes técnicas e biomateriais utilizados na reconstrução maxilofacial e na reabilitação de implantes, destacando suas vantagens e limitações, através de uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos utilizando PubMed; Google Scholar, Embase e Cochrane

Palavras chaves : cancro oral, biomateriais, implantes

Abstract

Oral cancer is a great challenge due to the destruction of tissues and the functional and aesthetic sequelae it causes. Often its treatment is associated with a very heavy resection surgery, which requires in a second surgical time, a reconstruction phase to restore the anatomy and functions of the orofacial sphere.

In this development, we will be interested in the different solutions of bone reconstruction, comparing the use of natural and synthetic biomaterials, namely autogenous transplants, allografts and xenografts. The objective is to evaluate its contribution to the management of bone loss and find the best solutions. The rehabilitation of implants in patients who have been irradiated and often reconstructed is another important issue.

We will analyze the indications and contraindications of implants in this context, but also the impact that this management can have on the quality of life of patients.

This narrative review aims to compare the different techniques and biomaterials used in maxillofacial reconstruction and rehabilitation of implants, highlighting their advantages and limitations, through a bibliographical research of scientific articles using PubMed; Google Scholar, Embase and Cochrane

Key words : oral cancer, biomaterials, implants

Résumé :

Le cancer oral est un grand défi en raison de la destruction des tissus et des séquelles fonctionnelles et esthétiques qu'il provoque. Souvent, son traitement est associé à une chirurgie resective assez lourde, qui nécessite dans un second temps chirurgical, une phase de reconstruction pour restaurer au mieux l'anatomie et les fonctions de la sphère oro-faciale.

Dans ce développement, nous allons nous intéresser aux différentes solutions de reconstruction osseuse en comparant l'utilisation des biomatériaux naturels et synthétiques, notamment les transplantations autogènes, allogreffes et xénogreffes. L'objectif est d'évaluer leur contribution à la gestion des pertes de substance osseuse et de trouver les meilleures solutions.

La réhabilitation implantaire chez les patients qui ont été irradiés et souvent reconstruits, est une autre question importante. Nous allons analyser les indications et contre-indications des implants dans ce contexte, mais aussi l'impact que cette gestion peut avoir sur la qualité de vie des patients.

Cette revue narrative a pour objectif de comparer les différentes techniques et biomatériaux utilisés dans la reconstruction maxillo-faciale et la réhabilitation implantaire, en soulignant leurs avantages et leurs limites, à travers une recherche bibliographique d'articles scientifiques en utilisant PubMed, Google Scholar, Embase et Cochrane

Mots Clés : Cancer Oral, Biomatériaux, Implants

INDÍCE DE FIGURAS :

Figura 1 : Anatomia da Mandíbula adulta, vista anterior (Adaptado de Standring et al.,2020)	18
Figura 2 : a, mandibulectomia sagital. B, Manibulectomia do aro (Barttelbort et al., 1987)	19
Figura 3 : A, incisão convencional na linha média do lábio. B, incisão que poupa o queixo. C, V-Incisão (Adaptado de Chaukar Devendra & Dandekar Mitali, 2020).....	20
Figura 4 : distração osteogénica (Zagalo. C et al.)	24
Figura 5 : placas de titânio (Zagalo. C et al.)	29
Figura 6 : desenho cutâneo do perónio. As linhas verticais marcam os limites epifisários necessários à função articular do joelho e do tornozelo (Villares, M. e Zagalo, C.)	35
Figura 7 : dissecação e autonomização do retalho do perónio com a sua componente de pele (Villares, M. e Zagalo, C.)	36
Figura 8 : Osteossíntese do retalho de fíbula no ramo mandibular esquerdo (Villares, M. e Zagalo, C.)	37

Índice geral

I	INTRODUÇÃO.....	13
II	DESENVOLVIMENTO	17
II.1.1	Abordagens reconstrutivas nos casos de mandibulectomia	17
II.1.1.1	A mandibulectomia	17
II.1.1.2	Abordagens reconstrutivas.....	21
II.1.2	Biomateriais na reconstrução da mandíbula	24
II.1.2.1	Definições.....	25
II.1.2.2	Biomateriais sintéticos.....	28
II.1.2.3	Biomateriais naturais	31
II.1.3	Utilização de enxertos ósseos.....	33
II.1.4	Papel dos biomateriais no tratamento do carcinoma epidermoide.....	39
II.2	REABILITAÇÃO IMPLANTOLÓGICA	40
II.2.1	Implantologia maxilo-facial	40
II.2.1.1	Princípios e critérios de implantação.....	40
II.2.1.2	Escolha dos implantes e gestão da sua localização	42
II.2.1.3	Protocolo operatório e cuidados peri-implantares associados.....	44
II.2.1.4	Interesse da oxigenação em câmaras hiperbáricas na reabilitação implantológica.....	45
II.2.2	Aspectos estéticos, psicológicos, funcionais e complicações	47
II.2.2.1	Impacto estético, psicológico funcionais da reconstrução maxilo-facial	47
II.2.2.2	Complicações e insucessos.....	48
III	CONCLUSÕES	51
IV	BIBLIOGRAFIA.....	53

Índice de siglas e abreviaturas

BMP - Bone Morphogenetic Protein (Proteína Morfogénética Óssea)

CAD/ CAM - Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing

CBCT - Cone Beam Computed Tomography (Tomografia Computorizada de Feixe Cónico)

DBBM-C - Deproteinized Bovine Bone Mineral with Collagen

DFDBA - Demineralized Freeze - Dried Bone Allograft (Enxerto ósseo alogénico desmineralizado)

DMADDM - Dimetilamino-dodecil metacrilato (composto antimicrobiano experimental)

FAMM - Facial Artery Musculomucosal flap (retalho miomucoso da artéria facial)

HA - Hidroxiapatite

OCP - Octacalcium Phosphate (Fosfato Octacálcico)

ORN - Osteorradionecrose

OTH - Oxigenoterapia Hiperbárica

PDGF - Platelet-Derived Growth Factor (Fator de crescimento derivado de plaquetas)

SCC - Squamous Cell Carcinoma (Carcinoma espinocelular)

SLA - Sand-Blasted , Large-grit, Acid-etched (Tratamento de superfície de implantes)

TAC - Tomografia Axial Computorizada

β -TCP - Fosfato tricálcico beta (Beta-tricalcium phosphate)

I Introdução

O cancro da cavidade oral é um dos tumores malignos mais comuns em todo o mundo. Sua forma histológica mais frequente é o carcinoma espinocelular (SCC) (Montero & Patel, 2015).

O consumo de álcool e tabaco influencia significativamente o risco de desenvolvimento desse câncer. Quanto maior a frequência e duração do tabagismo, maior o risco, que diminui progressivamente após a cessação do hábito. O álcool também contribui para o aumento desse risco e, quando combinado ao tabaco, gera um efeito sinérgico que potencializa consideravelmente as chances de desenvolvimento da doença (Abati et al., 2020).

Apesar da relativa facilidade de diagnóstico precoce, muitos pacientes ainda são diagnosticados em estágios avançados, o que dificulta o tratamento. A abordagem padrão baseia-se na ressecção cirúrgica, podendo ser complementada com radioterapia ou quimiorradioterapia. Nas últimas décadas, os avanços nas técnicas cirúrgicas, associados a tratamentos multimodais, melhoraram significativamente as taxas de sobrevivência (Montero & Patel, 2015).

As ressecções cirúrgicas e os efeitos da radiação no tratamento do câncer oral frequentemente resultam na perda de tecidos ósseos, mucosos e cutâneos. A radioterapia e a quimioterapia podem provocar efeitos adversos severos, comprometendo a integridade celular e tecidual, reduzindo a capacidade de cicatrização e aumentando o risco de infecções e complicações locais. Além disso, muitas vezes é necessária a extração dentária antes da radioterapia ou durante as cirurgias oncológicas, agravando ainda mais a perda funcional e impactando a qualidade de vida dos pacientes tratados (Epstein et al., 2012).

A reabilitação implantológica torna-se fundamental nesse contexto, visando melhorar a qualidade de vida dos pacientes oncológicos.

A reconstrução mandibular é um passo essencial no tratamento de pacientes com cancro oral que necessitam de mandibulectomia. Esse procedimento leva à perda óssea e

tecidual, afetando tanto a função quanto a estética do paciente. A restauração da morfologia mandibular é indispensável para garantir uma reabilitação satisfatória, especialmente facilitando a colocação de implantes com boa osteointegração. Os biomateriais desempenham um papel fundamental nesse processo. Entre as soluções disponíveis, os retalhos ósseos vascularizados, como o retalho livre de fíbula, são considerados a opção de referência devido à sua ótima integração biológica, resistência mecânica e baixo índice de complicações em comparação com as placas de titânio quando utilizadas isoladamente. Esses retalhos fornecem um suprimento sanguíneo essencial, favorecendo a cicatrização e a regeneração óssea. No entanto, em pacientes com comorbidades significativas ou baixa vascularização local, outras alternativas devem ser consideradas. As placas de titânio, combinadas com retalhos de tecidos moles, podem ser uma opção viável, pois permitem restaurar a estrutura mandibular reduzindo as exigências cirúrgicas. Outros biomateriais, como substitutos ósseos sintéticos e hidroxiapatitas, também podem ser utilizados para otimizar a regeneração óssea e a estabilidade das reconstruções (Molteni et al., 2023).

A implantação em osso irradiado é extremamente complexa devido a diversos fatores, como a redução da vascularização, o comprometimento da cicatrização e o maior risco de osteorradionecrose. A taxa de sobrevivência dos implantes é geralmente inferior à observada em ossos não irradiados. A dose de radioterapia recebida, o tipo de reconstrução óssea e o momento da colocação dos implantes são fatores determinantes para o sucesso da osteointegração (Macinnes & Lamont, 2014).

A osteorradionecrose é uma das complicações mais frequentes e aumenta os riscos de falha do implante ao comprometer a viabilidade óssea. Em pacientes afetados por essa condição, a colocação de implantes só pode ser considerada após um tratamento completo da patologia. Mesmo após a recuperação, a taxa de sucesso dos implantes nesses pacientes é significativamente reduzida. Um planejamento implantológico adequado requer uma avaliação rigorosa da área receptora (Mancha de la Plata et al., 2012).

Os retalhos ósseos vascularizados, como o retalho livre de fíbula, representam uma alternativa confiável para a reconstrução óssea, apresentando taxas de sobrevivência dos implantes semelhantes às do osso nativo. Por outro lado, os implantes colocados em enxertos ósseos não vascularizados têm um risco maior de falha devido à menor

integração óssea. A escolha da técnica reconstrutiva é, portanto, essencial para garantir a estabilidade e a longevidade dos implantes (Lavery et al., 2018).

Este trabalho tem como objetivo destacar as diferentes técnicas que podem ser utilizadas para reconstruir pacientes submetidos a cirurgia de ressecção tumoral. Também veremos o papel dos biomateriais nessas reconstruções. Por fim, vamos interessar-nos pelos diferentes fatores que devem ser levados em conta para realizar uma reabilitação implantar nestes pacientes.

Reabilitação com implantes em pacientes com cancro oral : um estudo comparativo de técnicas e biomateriais para uma reconstrução ideal

II Desenvolvimento

II.1.1 Abordagens reconstrutivas nos casos de mandibulectomia

II.1.1.1 A mandibulectomia

Antes de abordarmos o aspeto reconstrutivo, falaremos brevemente do aspeto embriológico e do aspeto cirúrgico, a mandibulectomia propriamente dita.

Depois da clavícula, a mandíbula é o segundo osso a iniciar a ossificação durante o desenvolvimento embrionário. A maior parte da mandíbula desenvolve-se por ossificação membranosa a partir de tecido conjuntivo na superfície lateral da cartilagem de Meckel. Um centro de ossificação aparece em cada metade da mandíbula por volta da 6^a/ 7^a semana de vida intra-uterina, servindo como base para o desenvolvimento da maior parte do corpo e dos ramos mandibulares. Gradualmente, formam-se massas cartilaginosas independentes da cartilagem de Meckel no tecido conjuntivo. Esses aglomerados de cartilagem, que se ossificam secundariamente, estão localizados nos topos dos processos coronoide e condiloide, no ângulo mandibular, nas extremidades anteriores da mandíbula e no arco alveolar. Estas estruturas fundem-se de seguida para formar um único osso. Pouco antes do nascimento, um ou dois pequenos ossos do queixo (ossículos mentais) formam-se no tecido conjuntivo entre as duas metades da mandíbula. Pouco depois do nascimento, eles se fundem para formar a protuberância do queixo. No recém-nascido, a mandíbula ainda é composta por duas metades distintas que são unidas pela sínfise mandibular, que se ossifica durante o primeiro ano de vida. A extremidade posterior da cartilagem de Meckel está em continuidade com a região auricular, enquanto as suas extremidades anteriores esquerda e direita se aproximam, mas não se encontram completamente. A parte posterior da cartilagem dá origem a dois ossículos do ouvido médio: o martelo e a bigorna. A parte anterior funde-se com a mandíbula, enquanto o resto da cartilagem acaba por se atrofiar. O sulco milo-hióideo representa um vestígio da passagem anterior da cartilagem de Meckel. Por fim, o ligamento esfenomandibular desenvolve-se a partir da bainha fibrosa que envolve a cartilagem (Lipski et al., 2013).

Existem 2 situações em que a cirurgia ressectiva está indicada:

- Na presença de um tumor canceroso avançado (estádio T4), em que a excisão é a primeira fase do tratamento. A cirurgia inclui sistematicamente a remoção de uma parte adicional saudável, de 5 mm a 10 mm, consoante o tipo e o tamanho do cancro, de cada lado do tumor que foi removido que corresponde à margem de segurança (Gou et al., 2018).
- Em casos de osteoradionecrose. Esta situação ocorre em doentes tratados com radioterapia para o cancro das vias respiratórias, frequentemente associada a uma saúde oral deficiente. A radiação ionizante provoca uma infecção óssea que, numa fase avançada, só pode ser curada através da remoção do tecido ósseo afetado. Neste caso, não é necessário acrescentar margens de segurança (Costa et al., 2016).

A mandibulectomia dependerá da localização e do volume do tumor. Anatomicamente, a mandíbula pode ser dividida em várias secções: a para-sínfise, o corpo, o ângulo e o ramo ascendente, o processo coronoide, o côndilo e o colo. Os defeitos mandibulares induzidos por tumores são considerados complexos porque envolvem muitas vezes várias destas secções e, como a remoção não está sistematizada, criam inúmeras combinações (Jagtiani et al., 2024).

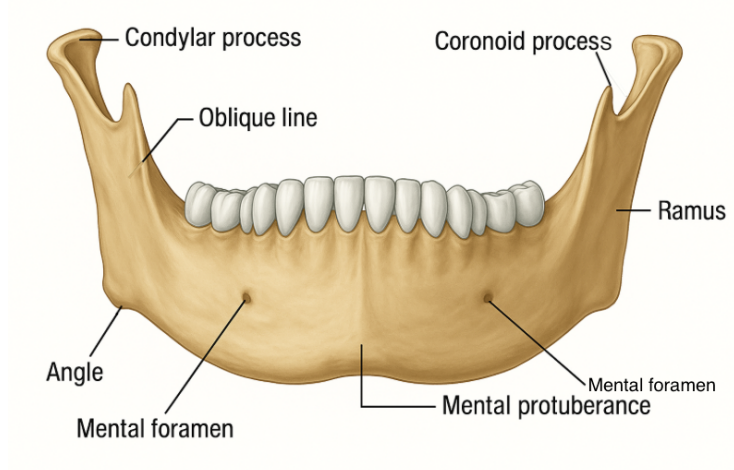


Figura 1 : Anatomia da Mandíbula adulta, vista anterior.

Vários critérios podem ser utilizados para definir e classificar os tratamentos cirúrgicos mandibulares.

A mandibulectomia pode ser interruptiva ou não-interruptiva. Na ressecção mandibular interrompida, a continuidade mandibular é quebrada de forma a ressecar o tumor com margens de segurança aceitáveis. Nos casos de mandibulectomia interrompida, a reconstrução da mandíbula é sempre efectuada ao mesmo tempo, o que pode prolongar o tempo de operação até 12 horas. A interrupção da continuidade mandibular também pode levar a deformidades faciais e alterações estéticas importantes. Quando a mandibulectomia é definida como não-interruptiva, a remoção é efectuada dentro da espessura do osso, que é assim refinado mas não cortado. Esta técnica cirúrgica é utilizada para os cancros superficiais e localizados, e a reconstrução pode ser efectuada posteriormente (Gou et al., 2018).

O tratamento de ressecção também pode ser identificado pela sua localização anterior ou lateral/posterior (incluindo a área molar e retromolar).

Na mandibulectomia sem interrupção, é feita uma distinção entre 2 técnicas cirúrgicas:

- Mandibulectomia sagital
- Mandibulectomia horizontal

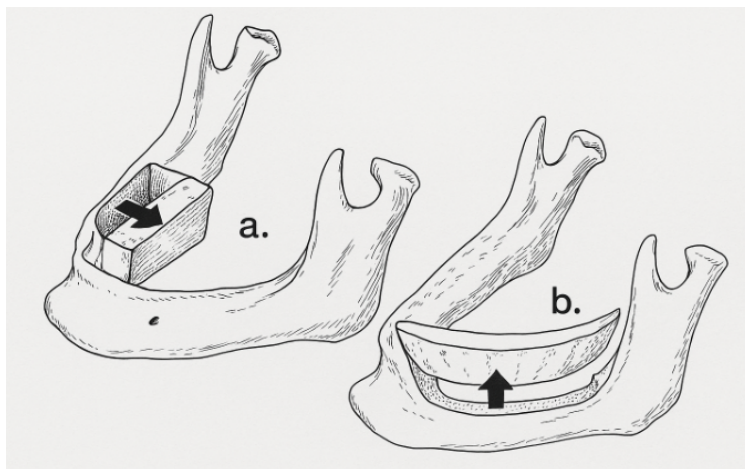


Figura 2 . a, mandibulectomia sagital. B, Manibulectomia do aro

Ao preservar parte da mandíbula, existe um maior risco de recidiva se as margens oncológicas não forem respeitadas, e também um maior risco de fratura se as ressecções forem demasiado grandes (Bozec et al., 2008).

A cirurgia de remoção pode ser efectuada por via transoral se o tumor estiver localizado anteriormente. Se o tumor for grande e estiver localizado mais para trás, faremos uma incisão externa. Existem 2 técnicas para o efeito:

- Incisão mediana do lábio: quando uma lesão está localizada a uma distância da comissura oral, o lábio é incisado na linha mediana. Esta incisão permite manter o tónus e o controlo do lábio. A incisão é continuada no queixo, em direção ao osso hioide. Esta incisão pode ser modificada para melhorar a estética.

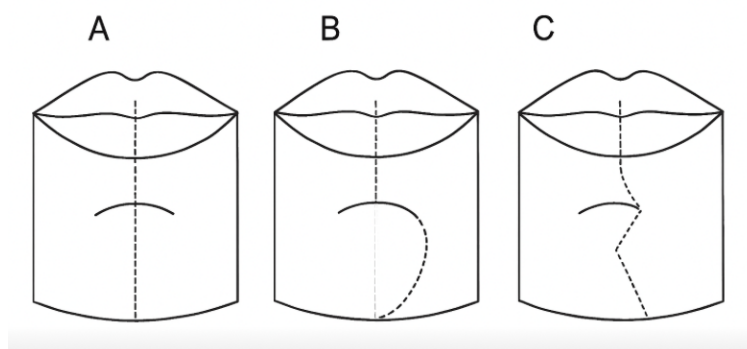


Figura 3. A, incisão convencional na linha média do lábio. B, incisão que poupa o queixo. C, V-Incisão

- Fenda angulada: A incisão é efectuada ao nível da comissura oral quando a lesão se aproxima da comissura. Desta forma, evita-se cortar a vascularização do segmento do lábio entre a comissura e a linha média. Este método é também preferível quando é necessária a excisão da pele adjacente.

Podem ser removidos vários tecidos: parte da língua (hemi-glossectomia) ou toda a língua (glosso-mandibulectomia ou glossectomia), o pavimento da boca (pelvi-mandibulectomia ou pelvectomia), a mandíbula (mandibulectomia). A cirurgia excisional é, portanto, definida por todas as zonas afectadas pelo tumor e que, por conseguinte, devem ser removidas (Bozec et al., 2008).

A pelviglossectomia envolve a remoção de parte da língua e do pavimento da boca por baixo da língua.

No entanto, apesar de todos estes critérios, não existe atualmente um sistema de classificação universal que tenha em conta todos os aspectos e defeitos das discontinuidades mandibulares (Jagtiani et al., 2024).

II.1.1.2 Abordagens reconstructivas

A reconstrução é considerada um grande desafio para a maioria dos cirurgiões maxilofaciais. Existem duas razões principais para este facto:

- Em primeiro lugar, a diversidade anatómica da região e a elevada complexidade dos movimentos mandibulares, responsáveis por funções orais como a mastigação, a deglutição e a fonação, bem como as mímicas/expressões faciais. Este facto tem um enorme impacto na manutenção da qualidade de vida e na inclusão social.
- Mas, por outro lado, os cancros orais têm uma elevada prevalência e um prognóstico reservado (Ferreira et al., 2015).

A perda de substância mandibular só tem consequências importantes se interromper a continuidade óssea, particularmente na região anterior da sínfise (K. Y. T. Chen et al., 2024). Por conseguinte, vamos analisar primeiro as abordagens reconstructivas efectuadas após uma cirurgia de interrupção, antes de analisarmos as abordagens para uma cirurgia sem interrupção.

A cirurgia interruptiva resulta na perda de osso, músculo, mucosa e substância dentária, levando a perturbações da região orofacial. A perda óssea após a remoção de um tumor é sempre reconstruída na ausência de contra-indicações vasculares ou anestésicas. Esta reconstrução restaura o relevo do ângulo mandibular e do masseter, restabelece a simetria facial, compensa o desvio mandibular e permite a reabilitação (K. Y. T. Chen et al., 2024).

É importante salientar que, para além da reconstrução mandibular, outros factores desempenham um papel importante no restabelecimento das funções orais acima descritas: o tamanho e a localização do tumor e a extensão do envolvimento da língua, dos tecidos moles e dos dentes remanescentes.

A reconstrução após a cirurgia de excisão interrompida depende de uma série de factores que influenciam a escolha das técnicas e dos biomateriais. Como mencionado anteriormente, a localização e a extensão do defeito mandibular desempenham um papel fundamental na estratégia de reconstrução. Os defeitos laterais podem ser preenchidos com segmentos ósseos retos, como um retalho livre de fíbula, sem a necessidade de uma etapa de remodelação. No entanto, no caso de uma pelvo mandibulectomia anterior, por

exemplo, envolvendo a sínfise mandibular, é frequentemente necessário efetuar osteotomias no enxerto para o remodelar e, assim, restaurar o arco mentoniano da melhor forma possível. Em seguida, o estado dos tecidos moles e a vascularização da zona recetora são de grande importância. Nos doentes submetidos a radioterapia, a hipovascularização local resultante aumenta o risco de complicações. A reconstrução pode ser efectuada ao mesmo tempo que a exérese, otimizando a recuperação funcional e estética. Em alguns casos, a reconstrução tardia é preferível devido ao elevado risco de recidiva do tumor. Outra decisão é a de enxertar um retalho ósseo vascularizado ou não vascularizado. Isto dependerá do tamanho do defeito, das necessidades vasculares do enxerto e da qualidade do local recetor. Os retalhos livres são preferidos para reconstruções complexas para garantir uma melhor integração e suporte para futuros implantes dentários (Kumar et al., 2016a).

Na ausência de interrupção mandibular, são as possibilidades de reparação dos tecidos moles e de reabilitação dentária que determinarão essencialmente o prognóstico funcional. No caso de remoção não-interruptiva, não se coloca o problema da reconstrução óssea propriamente dita. Com a continuidade mandibular mantida, a reabilitação é dominada pelo problema dentário (Nemade et al., 2020).

Pequenas perdas de substância mucosa do pavimento da boca com extensão limitada à massa lingual podem beneficiar do encerramento direto de margem a margem, especialmente quando são laterais. O fechamento direto de lesões anteriores só muito raramente é possível sem causar fixação lingual. A área pode ser deixada a sangrar para se conseguir uma cicatrização controlada, ou pode ser utilizado um retalho local (Marhic et al., 2021).

As reconstruções podem ser feitas diretamente com um retalho local. E entre essas técnicas, o retalho miomucoso da artéria facial (FAMM flap) é uma opção confiável e eficaz. Inicialmente descrita por Pribaz em 1992, é utilizada principalmente para perdas de substância mucosa do assoalho bucal ou nas reconstruções após mandibulectomia parcial. Esta técnica tem muitas variantes específicas e dependendo de qual área deve ser restaurada. Neste estudo (Joseph et al., 2017) descrevem o tratamento de um carcinoma mucoepidermóide das glândulas submandibulares e sublinguais. Para reconstruir o piso bucal e a face da língua, eles usaram um retalho FAMM, totalmente mobilizado mas

pediculado nos vasos faciais. Este retalho favoreceu uma restauração da mobilidade lingual satisfatória.

Outra aplicação desta técnica foi proposta no estudo de (Shivanand et al., 2018) para a reconstrução de perdas de substâncias da língua, onde o retalho é tunelizado na face lingual da mandíbula. Esta variação da técnica permite uma reconstrução em um único tempo cirúrgico, com correspondência tissular ótima com a mucosa lingual e morbidade mínima no local doador. O retalho de FAMM aparece assim como uma solução de escolha para a gestão dos tecidos mole em reconstruções orais de tamanho moderado, particularmente nas situações onde o uso de um retalho livre é contra-indicado ou desproporcional. Outra questão que se coloca na abordagem reconstrutiva é a de quando fazê-la. Duas possibilidades são possíveis, a reconstrução imediata, feita no mesmo tempo cirúrgico, ou adiada, exigindo um segundo tempo cirúrgico. Esta decisão de realizar uma reconstrução diferida depende de vários fatores como:

- O estado geral do paciente: se ele tem alta morbidade ou um risco aumentado de anestesia, complicando uma intervenção prolongada.
- A situação oncológica: quando existe incerteza sobre as margens de remoção do tumor, ou no caso de um tumor avançado que requer uma avaliação posterior.
- A necessidade de tratamento adjuvante, como radioterapia após a cirurgia.

Vamos agora abordar as distrações osteogênicas. Esta técnica pode ser utilizada quando há uma interrupção da continuidade óssea, por exemplo em casos de mandibulectomias segmentais. O espaço criado é preenchido progressivamente por um Cal graças ao fenómeno de osteogénese. Um distractor, que é um dispositivo ajustável é colocado no nível das secções ósseas, permitindo um alongamento lento e progressivo do calço ósseo, isto é chamado a fase ativa. Uma vez atingido o comprimento desejado, o distractor é removido e deixa-se o calcário consolidar e cicatrizar completamente, é a fase de contenção (Tevlin et al., 2023). A vantagem da distração osteogênica vem da criação de tecidos moles e ósseos, o que permite recriar gengiva ligada, bem como osso alveolar, o que, em alguns casos, faz com que não seja necessário um retalho. Além disso, a distração osteogênica tem uma vantagem financeira em comparação com a reconstrução de retalhos livres (Weill et al., 2023).

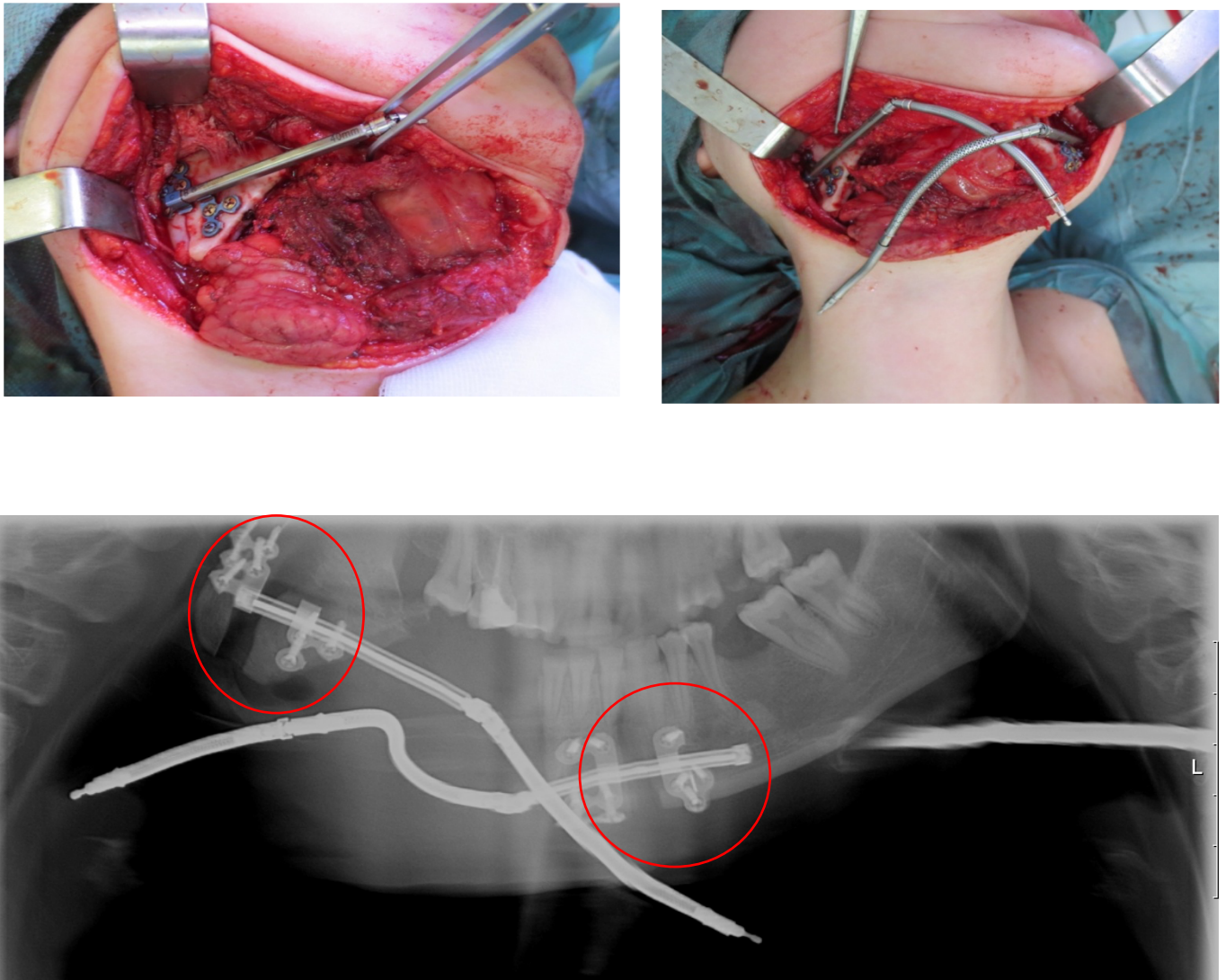


Figura 4 . distração osteogénica (Zagalo. C et al.)

É importante ressaltar que não há diferença significativa na taxa de sobrevivência dos retalhos, entre os dois tempos de reconstrução, e não mais com tratamento radioterapêutico (Thiem et al., 2024).

II.1.2 Biomateriais na reconstrução da mandíbula

A reconstrução mandibular em ressecção tumoral representa um verdadeiro desafio na cirurgia maxilofacial. Nos últimos anos o constante desenvolvimento de biomateriais, oferece soluções inovadoras para restaurar a continuidade anatômica e apoiar a regeneração. Os biomateriais podem ser usados sozinhos ou em combinação com

elementos biológicos, e visam imitar as propriedades do osso natural ao mesmo tempo que reduzem a morbidade causada por transplantes autólogos (Tan et al., 2021a).

Estes biomateriais podem ser de origem natural ou sintética, e são selecionados com base na sua biocompatibilidade, resistência mecânica, integração com tecidos adjacentes e capacidade para promover a regeneração óssea.

II.1.2.1 Definições

Antes de prosseguir, vamos definir os termos que vamos utilizar nesta secção e na seguinte, "utilização de enxerto ósseo".

A osteogénese é o processo biológico completo de formação do tecido ósseo, que envolve a proliferação, a diferenciação e a atividade funcional dos osteoblastos. Este fenómeno é a base do crescimento, da remodelação e da reparação óssea após uma lesão. No contexto dos biomateriais, a osteogénese depende da presença de células osteogénicas viáveis, frequentemente derivadas de enxertos autólogos, que podem produzir matriz óssea. Este processo requer não só um substrato adequado (osteocondução) e sinais moleculares (osteoindução), mas também um ambiente imunitário favorável. As interações entre as células imunitárias, como os macrófagos, e as células ósseas são muito importantes no controlo da osteogénese. Uma resposta aguda bem controlada é benéfica, enquanto a inflamação crónica pode inibir a formação óssea (Miron et al., 2024).

A osteoindução é o processo pelo qual células estaminais ou mesenquimais indiferenciadas são recrutadas e transformadas em células ósseas (osteoblastos) capazes de produzir matriz óssea. Este processo assenta em sinais biológicos específicos, em particular as proteínas morfogénicas ósseas (BMP), que activam as vias de sinalização celular e desencadeiam a diferenciação. A osteoindução permite igualmente a formação de osso em zonas onde este não existia anteriormente, incluindo sítios ectópicos. Este mecanismo é essencial para a regeneração óssea guiada e para a reparação de defeitos importantes. É influenciado por vários factores, incluindo a natureza do biomaterial, a presença de um ambiente celular adequado e a interação com as células imunitárias. Para que o processo seja eficaz, é importante encontrar um equilíbrio entre a resposta

inflamatória e a estimulação regenerativa (Albrektsson & Johansson, 2001; Miron et al., 2024).

A osteocondução é a capacidade de um biomaterial atuar como suporte físico ou matriz tridimensional que permite a colonização por células ósseas. Ao contrário da osteoindução, não estimula diretamente a diferenciação celular, mas proporciona um ambiente propício à adesão, migração, proliferação e organização das células envolvidas na formação óssea. Para ser osteocondutor, um material deve ser poroso, biocompatível, estável e bem integrado na estrutura óssea circundante. Este processo é muito importante para a regeneração óssea durante a reconstrução. Facilita a continuidade óssea entre o tecido nativo e o substituto, assegurando uma integração harmoniosa e duradoura (Miron et al., 2024).

Na reconstrução mandibular, a escolha do enxerto ósseo depende da localização e extensão do defeito, dos objectivos protéticos e do estado geral do paciente. Quando a reconstrução com retalho ósseo vascularizado não está indicada, a utilização de enxertos não vascularizados ou biomateriais torna-se essencial para restaurar um volume ósseo compatível com a reabilitação com implantes. Existem várias opções disponíveis, incluindo enxertos autógenos, alogénicos, xenogénicos ou materiais sintéticos, cada um com indicações específicas. Estas escolhas devem ser integradas numa estratégia global que visa restaurar a morfologia mandibular, a estabilidade funcional e as condições necessárias para a osteointegração.

O enxerto autógeno consiste na utilização de osso retirado diretamente do paciente, quer intra-oralmente (mandíbula, sínfise do mento, ramo ascendente), quer extra-oralmente (fíbula, crista ilíaca). É considerado como a referência em matéria de enxertos ósseos, pois possui as três propriedades biológicas necessárias à regeneração óssea: osteogénese (fornecimento direto de células osteogénicas), osteoindução (estimulação da diferenciação celular) e osteocondução (apoio à formação de novo osso). Garante uma excelente biocompatibilidade e uma integração rápida. No entanto, apresenta certas limitações, como a morbilidade da zona dadora, a dor pós-operatória e o risco de reabsorção. A sua utilização continua a ser prioritária nos casos que requerem uma regeneração óssea significativa com a máxima fiabilidade biológica (Smeets et al., 2022; Zhang et al., 2021).

Os enxertos aloplásticos são feitos de materiais sintéticos bioativos ou bioinertes, como a hidroxiapatite, o fosfato tricálcico (β -TCP), ou compósitos de polímeros cerâmicos. Estes biomateriais são osteocondutores, oferecendo uma estrutura tridimensional que permite a migração e a adesão das células ósseas, mas não induzem a formação óssea. A sua grande disponibilidade, a ausência de riscos infecciosos ou imunológicos e a ausência de necessidade de cirurgia secundária tornam-nos uma alternativa de primeira ordem para reconstruções de pequeno e médio volume. No entanto, têm menor atividade biológica, integram-se mais lentamente e podem por vezes estar associados a reabsorções parciais. São frequentemente utilizados em combinação com factores de crescimento para aumentar a sua eficácia (Zhang et al., 2021).

Os aloenxertos são derivados de tecido ósseo humano retirado de doadores cadavéricos, depois de ser tratados por processos de descelularização, desproteinização ou desmineralização para eliminar os riscos imunitários e patogénicos. Em função do tratamento, conservam uma atividade osteoindutora parcial e uma osteocondução satisfatória. Os enxertos ósseos alogénicos desmineralizados (DFDBA) são capazes de libertar proteínas morfogénicas ósseas (BMPs) e promover a regeneração óssea. A sua principal vantagem é que evitam a necessidade de cirurgia no local do dador, reduzindo assim a morbilidade. No entanto, a sua eficácia pode variar consoante a qualidade do tratamento, o método de preservação e a resposta imunitária do recetor. São particularmente indicadas nos casos em que o osso autógeno é insuficiente ou está contraindicado (Smeets et al., 2022; Zhang et al., 2021).

Os xenoenxertos são biomateriais derivados de tecido ósseo de origem animal, mais frequentemente bovino, por vezes suíno ou equino. Após a extração, o osso é rigorosamente tratado para eliminar todos os componentes orgânicos, deixando apenas uma matriz estéril e porosa. Este suporte actua como um material osteocondutor, facilitando a neoformação óssea ao atuar como estrutura para o crescimento celular, mas sem potencial osteoindutor ou osteogénico próprio. A sua principal vantagem é a disponibilidade ilimitada e a ausência de cirurgia de dador, com um bom comportamento biológico ao longo do tempo. No entanto, a sua reabsorção é frequentemente lenta ou parcial, o que pode afetar a substituição completa por osso neoformado. São muito utilizados em cirurgia oral e implantologia, nomeadamente para enchimentos ou aumento ósseo moderado (Smeets et al., 2022).

Os factores de crescimento são proteínas bioactivas produzidas naturalmente pelo organismo, envolvidas na regulação de numerosas funções celulares, como a proliferação, a diferenciação, a migração, a sobrevivência e a regeneração dos tecidos. Actuam ligando-se a receptores específicos na superfície das células-alvo, desencadeando cascatas de sinais intracelulares que modificam a expressão de determinados genes. A sua ação pode ser autócrina, parácrina ou endócrina, dependendo da distância entre a célula produtora e a célula alvo. Estas moléculas são produzidas por diferentes tipos de células, incluindo plaquetas, fibroblastos, células epiteliais e células endoteliais. Na medicina regenerativa, são amplamente utilizadas para promover a cicatrização e a reconstrução dos tecidos. Entre os mais estudados contam-se o PDGF (Platelet-Derived Growth Factor), que estimula a proliferação de células mesenquimatosas e a formação de vasos. E a BMP (Bone Morphogenic Protein), particularmente conhecida pelo seu papel na indução da osteogénese. Embora benéficos, estes factores devem ser utilizados com precaução, pois uma ativação excessiva pode levar ao desenvolvimento de tumores (Herbst, 2004; Takayama et al., 2023).

II.1.2.2 Biomateriais sintéticos

No campo da reconstrução mandibular em pacientes com cancro oral, os biomateriais sintéticos estão a desempenhar um papel cada vez mais importante nas estratégias de regeneração óssea. O seu interesse reside na sua disponibilidade ilimitada, na sua biocompatibilidade optimizável e na possibilidade de modular com precisão as suas propriedades físico-químicas. Através da engenharia do tecido ósseo, estes materiais podem ser utilizados para criar estruturas tridimensionais que promovam a adesão e a proliferação, proporcionando simultaneamente um suporte mecânico adequado. As biocerâmicas, os polímeros biodegradáveis e as ligas metálicas com propriedades bioactivas são atualmente alternativas viáveis aos enxertos tradicionais. Estes materiais desempenham um papel central na restauração da mandíbula após a ressecção de tumores, substituindo o osso perdido, fornecendo suporte estrutural para a reconstrução e futura colocação de implantes, e promovendo a osteointegração. Também ajudam a estabilizar o ambiente tecidual, particularmente em áreas irradiadas, apoiando tanto os tecidos moles como as estruturas neo-formadas (Dec et al., 2023).

As placas de titânio são comumente usadas tanto como sistemas de fixação, estabilizando transplantes ósseos, quanto como próteses provisórias, substituindo o segmento ósseo ressecado para garantir a continuidade mandibular. No entanto, essas placas estão sujeitas a tensões mecânicas relacionadas à mastigação, como forças de cisalhamento. Isso pode levar a vários problemas como o afrouxamento dos parafusos, fratura da placa, reabsorção óssea localizada ou até mesmo falha na reconstrução. Devido a estas limitações, o uso destes dispositivos como solução permanente é fortemente desencorajado. Além disso, as placas de titânio não permitem uma restauração satisfatória do volume ósseo e não são adequadas para a colocação de implantes, o que compromete a possibilidade de reabilitação oral funcional (Ferreira et al., 2015).

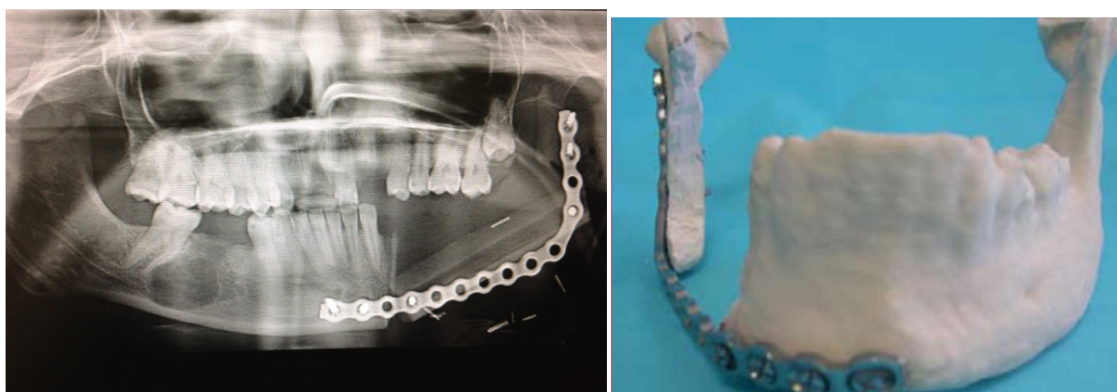


Figure 5 : placas de titânio (Zagalo, C et al.)

Exceto em casos de perda óssea posterior limitada, é geralmente necessário utilizar um retalho cutâneo ou musculocutâneo associado para cobrir a placa. No entanto, mesmo quando coberto por um retalho, existe o risco de as placas ficarem expostas e o material de osteossíntese poder ser expelido (Kakarala et al., 2018).

A hidroxiapatite (HA) é frequentemente combinada com **β -fosfato tricálcico (β -TCP)** é um biomaterial de referência para estratégias de substituição óssea. Este compósito bifásico, com uma proporção ideal de 60% de HA e 40% de TCP, demonstrou integrar-se bem nas mandíbulas dos animais em reconstruções horizontais. β TCP, demonstrou integrar-se bem nas mandíbulas dos animais em situações de reconstrução horizontal. A sua arquitetura porosa tridimensional, com uma macroporosidade superior a 100 μ m, favorece a migração celular, a revascularização e a adesão osteoblástica. Embora a incorporação óssea seja mais lenta do que a observada nos enxertos autógenos, este material apresenta uma boa osteocondutividade, com um contacto estreito entre o

biomaterial e o osso neoformado logo aos 30 dias. Aos 60 dias, observa-se um progressivo encapsulamento pelo tecido ósseo e reabsorção parcial do β -TCP, confirmando a biocompatibilidade e capacidade de remodelação do material. Este comportamento torna-o particularmente interessante para reconstruções mandibulares em que seja necessária uma alternativa aos enxertos autógenos, embora se deva ter em conta o seu tempo de integração no protocolo terapêutico global (Pires et al., 2020).

O fosfato octacálcico (OCP) é um biomaterial sintético da família dos fosfatos de cálcio, estudado pelas suas propriedades na regeneração do osso mandibular. A sua estrutura permite-lhe transformar-se em hidroxiapatite uma vez implantado, imitando a composição natural do osso. Na reconstrução mandibular, o OCP actua como suporte para o crescimento das células ósseas. De acordo com o estudo efectuado em ratos, observa-se a formação de novo osso a partir das primeiras duas semanas após a implantação, com uma clara organização dos tecidos a partir de 21 dias. O material é gradualmente reabsorvido à medida que se forma novo osso, demonstrando que é bem tolerado pelo organismo e pode ser integrado sem problemas no processo de cicatrização (Sargolzaei-Aval et al., 2020).

Os hidrogéis estão a emergir como uma alternativa inovadora para as reconstruções mandibulares, particularmente quando se trata de combinar regeneração óssea, controlo de infecções e volumes estéticos. A sua estrutura porosa, a sua boa biocompatibilidade e a sua capacidade de serem injectados tornam-nos ideais para o transporte localizado de biomoléculas como factores de crescimento, antibióticos ou nanopartículas. Os hidrogéis inteligentes, que são sensíveis ao pH ou enriquecidos com agentes funcionais, permitem a libertação orientada e controlada de agentes antimicrobianos, promovendo a cicatrização em ambientes infectados. Os sistemas combinados, que incorporam células estaminais mesenquimais e bioimpressão 3D, demonstraram a sua capacidade de restaurar a forma e a função óssea, mesmo em áreas sujeitas a elevadas tensões mecânicas. As versões sintéticas, por seu lado, oferecem uma maior estabilidade mecânica, o que permite a sua utilização em reconstruções complexas, mantendo uma abordagem minimamente invasiva e personalizada (A. Chen et al., 2023).

A integração das **tecnologias CAD/CAM** na cirurgia reconstrutiva alterou profundamente a abordagem das reconstruções mandibulares complexas, nomeadamente quando estas envolvem biomateriais sintéticos. Através de imagens 3D de alta resolução,

o planejamento assistido por computador permite conceber modelos precisos dos defeitos ósseos e maquinar peças de reconstrução perfeitamente adaptadas à morfologia do paciente. Os biomateriais sintéticos utilizados neste contexto, nomeadamente as ligas de titânio, os polímeros reforçados ou as cerâmicas bioactivas, podem ser esculpidos ou impressos em geometrias complexas, respeitando as restrições mecânicas e biológicas da região mandibular. Esta abordagem permite uma restauração óssea mais fiel à anatomia inicial, reduz a necessidade de ajustes pré-operatórios e melhora a estabilidade das reconstruções, mesmo em casos irradiados ou fibróticos. O CAD/CAM combinado com biomateriais sintéticos oferece uma solução reproduzível e feita à medida, facilitando a reconstrução funcional e estética (Balasundaram et al., 2012).

II.1.2.3 Biomateriais naturais

Alguns biomateriais naturais apresentam características particularmente favoráveis à regeneração óssea, nomeadamente na reconstrução mandibular. A sua composição, próxima do tecido humano, e a sua excelente tolerância tecidual permitem-lhes apoiar o processo de cicatrização, desempenhando simultaneamente um papel ativo na restauração do volume ósseo. Utilizados em combinação com matrizes reabsorvíveis, estes materiais ajudam a estabilizar o local da cirurgia, protegem contra a formação de coágulos sanguíneos e promovem a regeneração coordenada dos tecidos duros e moles. A sua capacidade de manter o espaço de cicatrização e de promover a integração progressiva no ambiente ósseo torna-os ferramentas essenciais nas abordagens atuais de reconstrução guiada (Gomez et al., 2021).

O mineral ósseo bovino desproteínizado combinado com colagénio (DBBM-C) é um biomaterial xenogénico habitualmente utilizado para a preservação óssea, mas cujas propriedades são também adequadas para a reconstrução mandibular, nomeadamente na fase pré-implantar ou pós-tumoral. Este material atua como um suporte osteocondutor, contribuindo para a manutenção do volume ósseo e para a formação de tecido mineralizado estável. O estudo mostra que, ao longo do tempo, a proporção de osso novo aumenta enquanto a quantidade de biomaterial residual diminui, apesar da lenta reabsorção. Esta integração progressiva, associada a uma boa tolerância dos tecidos, torna-o um candidato relevante para as reconstruções mandibulares, onde a estabilidade

a médio prazo é fundamental. No entanto, a reabsorção horizontal, particularmente a nível vestibular em áreas corticais finas, deve ser antecipada quando se indica o DBBM-C. No contexto mandibular, esta observação realça a importância de um planeamento preciso que tenha em conta a anatomia local e as restrições mecânicas específicas desta região (Couso-Queiruga et al., 2023).

O colagénio tipo I é o principal componente orgânico da matriz extracelular do osso e tem sido utilizado há várias décadas como material de suporte em tratamentos de enxertos ósseos quando os auto-enxertos não são bem sucedidos. Facilmente extraído de uma variedade de fontes animais, este polímero natural pode ser transformado em várias formas, como esponjas, partículas ou hidrogéis, para uma variedade de aplicações clínicas. Apesar da sua elevada biocompatibilidade e propriedades osteocondutoras, o colagénio tipo I tem algumas limitações, incluindo a rápida biodegradabilidade e a baixa resistência mecânica, que são necessárias nos tratamentos de regeneração óssea. As suas excelentes propriedades biológicas e grande versatilidade tornam-no um componente valioso na conceção de substitutos ósseos (Rico-Llanos et al., 2021).

As membranas de colagénio absorvíveis desempenham um papel essencial na estabilização dos enxertos ósseos e na prevenção da invasão de tecidos moles no local da cirurgia, criando um ambiente favorável à proliferação celular e à formação de novo osso. Existem duas formas principais: membranas não reticuladas, que mantêm uma estrutura natural flexível mas que se degradam rapidamente, e membranas reticuladas, nas quais as fibras de colagénio foram quimicamente ligadas entre si para formar uma malha mais densa. Esta reticulação atrasa a sua reabsorção e aumenta a sua rigidez, o que melhora a sua capacidade de manter o espaço necessário para a regeneração óssea. O estudo mostrou que a utilização de uma membrana não reticulada combinada com um bloco bifásico (60% HA / 40% β TCP) resultou nos maiores e mais duradouros volumes de osso regenerado, até 16 semanas de pós-operatório. Este resultado realça o valor das membranas de colagénio na reconstrução mandibular, como elementos de suporte essenciais para a eficácia dos biomateriais ósseos (J. T. Lee et al., 2020).

II.1.3 Utilização de enxertos ósseos

Os enxertos ósseos desempenham um papel central na reconstrução mandibular, particularmente quando se trata de restaurar a continuidade mandibular, a altura do osso alveolar e a forma do arco mandibular. A escolha do tipo de enxerto depende de vários critérios, incluindo a extensão do defeito, o estado dos tecidos moles, o historial de irradiação e a estabilidade do local recetor. Os enxertos podem ser vascularizados ou não vascularizados e o seu sucesso depende de condições bem definidas: contacto osso-osso extenso, vascularização suficiente da área recetora e fixação estável. Atualmente, as técnicas modernas já não se destinam apenas a preencher um vazio ósseo, mas a restaurar um ambiente funcional ótimo. Os retalhos musculares são agora amplamente utilizados para reconstruir a perda de tecido oral. O objetivo já não é adaptar um pedaço de pele aos bordos de uma ferida cirúrgica, mas restaurar as condições locais o mais fielmente possível (Kumar et al., 2016b).

Os retalhos osteomiocutâneos pediculados foram descritos pela primeira vez no início da década de 1970. Vários tipos de retalhos foram utilizados, incluindo o peitoral maior associado a uma costela, o esternocleidomastóideo com a clavícula e o trapézio com a escápula. Essas técnicas melhoraram os resultados, fornecendo osso vascularizado para restaurar o arco mandibular. No entanto, apesar destes avanços, o sucesso das reconstruções permaneceu limitado devido à insuficiente vascularização óssea e à fraca manobrabilidade dos tecidos moles em relação à estrutura óssea (Bak et al., 2010).

No caso de um enxerto ósseo não vascularizado, o segmento ósseo é transplantado sem o seu próprio fornecimento de sangue. Neste caso, a revascularização depende apenas da angiogénese no local recetor e o processo pode demorar várias semanas ou mesmo meses, com um risco acrescido de reabsorção óssea. No entanto, este tipo de enxerto apresenta algumas vantagens: é uma técnica relativamente simples que não requer microcirurgia vascular, sendo por isso menos invasiva. É uma alternativa adequada para pequenos defeitos em locais bem vascularizados e não irradiados. Por outro lado, a ausência de vascularização própria do enxerto aumenta o tempo necessário para a integração biológica, o que também atrasa a possível reabilitação do implante. Este tipo de reconstrução está também associado a uma maior taxa de complicações, nomeadamente a exposição de placa (até 42%) e a necessidade de cirurgias de revisão mais frequentes.

Em contrapartida, os enxertos ósseos vascularizados permitem a transferência de um segmento ósseo com o seu pedículo vascular, proporcionando um fornecimento imediato de sangue ao enxerto através de uma anastomose microcirúrgica no local receptor. Esta perfusão direta favorece uma cicatrização rápida e uma osseointegração eficaz, mesmo em contextos comprometidos, como locais irradiados ou tecido cicatrizado. Este tipo de enxerto é particularmente indicado para perdas ósseas mandibulares extensas. Por outro lado, o procedimento é mais complexo, com tempos operatórios mais longos, recurso a uma equipa especializada em microcirurgia e maior morbidade no local doador (Molteni et al., 2023).

Em 1989, Hidalgo foi o primeiro a relatar a utilização do osso fibular para a reconstrução de um defeito segmentar na mandíbula. Graças à cirurgia microvascular, é atualmente possível transferir uma quantidade significativa de osso e de tecidos moles com vascularização própria para as regiões da cabeça e do pescoço. Este avanço permitiu obter resultados reconstrutivos satisfatórios, mesmo em contextos clínicos complexos, como feridas contaminadas ou locais receptores que foram irradiados (Bak et al., 2010).

O retalho livre de fíbula é atualmente o padrão para a reconstrução mandibular segmentar. Permite a transferência microcirúrgica de um segmento ósseo longo e bem vascularizado, com ou sem componente cutâneo, oferecendo uma solução fiável para restaurar a continuidade mandibular após ressecção de tumores ou traumatismos. Este retalho é indicado para perdas ósseas extensas, reconstrução após radioterapia, ressecções segmentares complexas e em situações que exijam ancoragem óssea sólida para reabilitação. É particularmente adequado quando a qualidade do tecido no local recetor está comprometida. No entanto, esta técnica está contraindicada em doentes com problemas vasculares dos membros inferiores, insuficiência arterial periférica ou impossibilidade anatómica de colheita do perónio (fracturas antigas, anomalias vasculares). O osso fibular tem uma baixa reabsorção ao longo do tempo, inferior a 1%, o que garante uma boa estabilidade do volume reconstruído. Permite igualmente uma vascularização eficaz do enxerto através de uma anastomose microcirúrgica, o que favorece a cicatrização, mesmo em zonas irradiadas ou fibrosadas. O comprimento disponível (até 25 cm) permite várias osteotomias para restaurar a forma tridimensional da mandíbula. A taxa de complicações pós-operatórias é relativamente baixa, especialmente no que respeita a fístulas, não consolidação e reabsorções graves. As principais desvantagens desta técnica são a necessidade de microcirurgia vascular, o

tempo operatório prolongado e a morbilidade da zona dadora. Existem também complicações mecânicas associadas ao material de fixação, como fracturas da placa, afrouxamento dos parafusos e infecções secundárias que podem comprometer a consolidação óssea. No entanto, estes riscos são atenuados por um planeamento pré-operatório rigoroso e uma osteossíntese cuidadosa (Ou et al., 2020).

No pré-operatório, a extensão do osso a ser ressecado é medida na TAC, incluindo 2 cm de margens cirúrgicas. Esta medida é transferida para o perónio no pré-operatório, para que possa ser feita uma colheita personalizada. A cirurgia é realizada por uma equipa dupla sempre que possível. O primeiro cirurgião remove a lesão mandibular. Os vasos receptores são preparados e os gânglios linfáticos são removidos, se necessário.

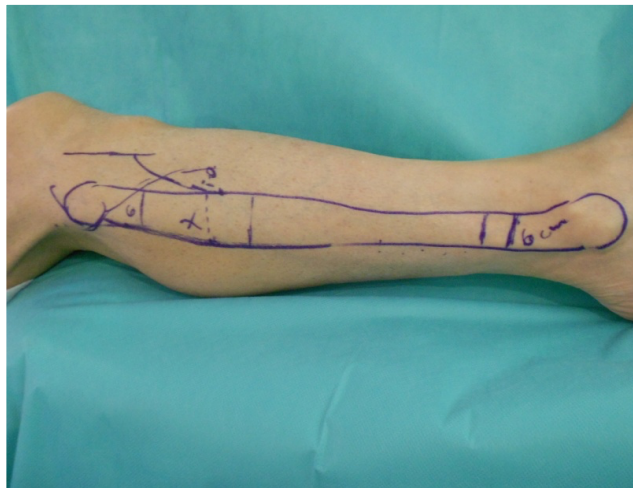
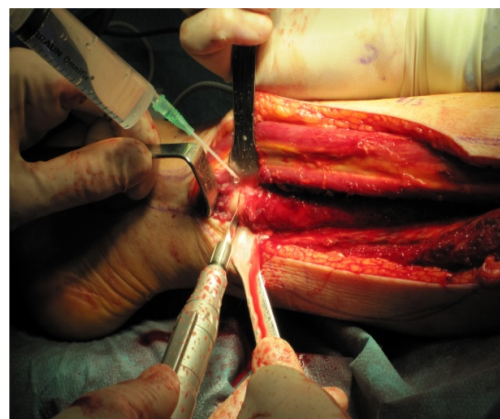


Figura 6 : desenho cutâneo do perónio. As linhas verticais marcam os limites epifisários necessários à função articular do joelho e do tornozelo (Villares, M. e Zagalo, C.).



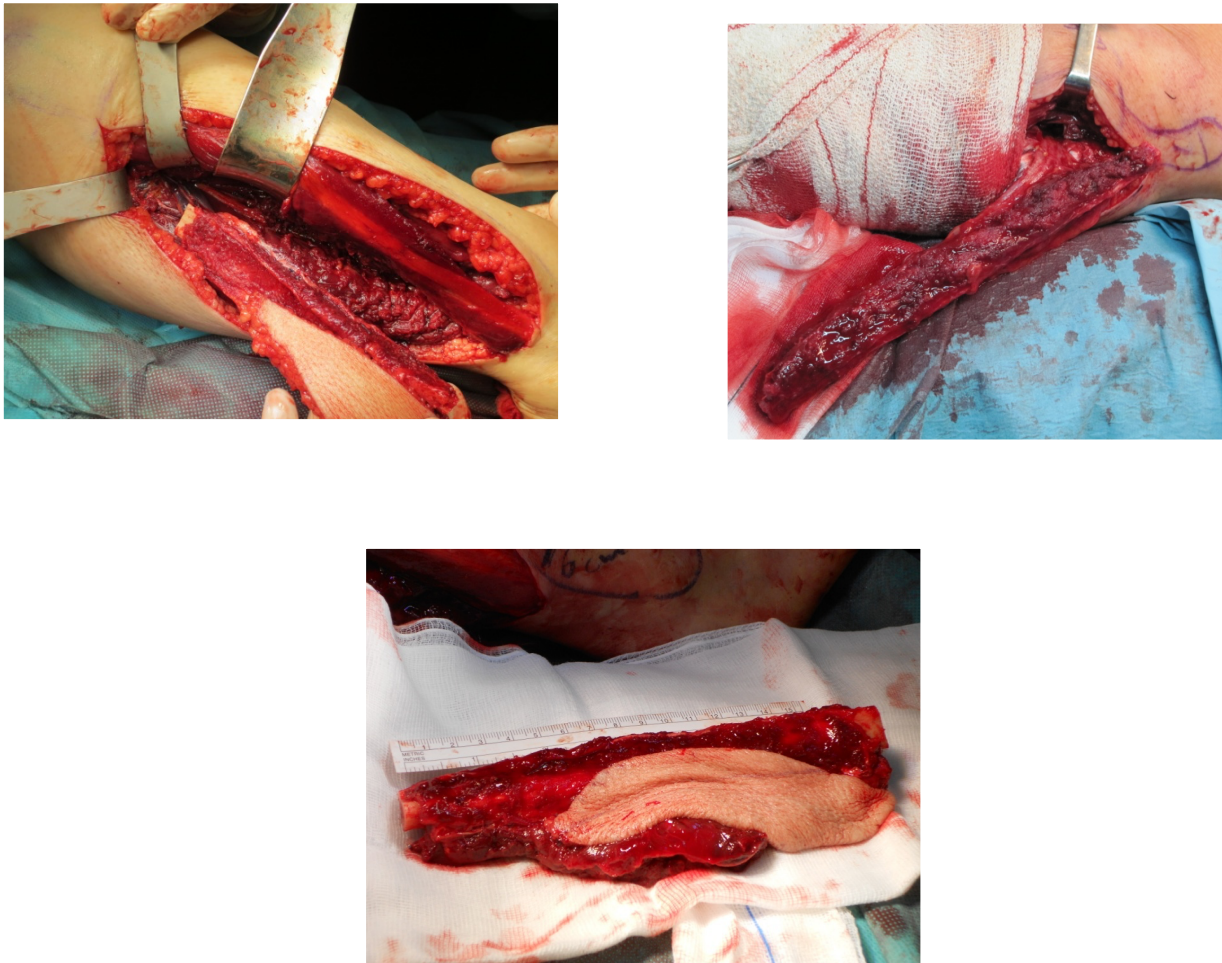


Figura 7 : dissecção e autonomização do retalho do perónio com a sua componente de pele (Zagalo, C. e Villares M.)

As osteotomias são efectuadas no perónio com um piezótomo ou uma serra reta, antes do seu desmame. São efectuadas nos locais dos futuros ângulos goníaco e para-sinfisário. O ponto mais importante, segundo Hidalgo, é obter uma curvatura sobreponível ao segmento mandibular ressecado, efectuando tantas osteotomias quantas forem necessárias e recorrendo, se necessário, ao exame radiológico. O retalho é desmamado e depois transposto para o local recetor. O retalho de pele é suturado. O enxerto é osteossintetizado no local recetor utilizando placas de reconstrução modeladas. A osteossíntese de fragmentos de fibula na mandíbula pode ser efectuada a partir de qualquer superfície óssea, desde que o pedículo do retalho não seja torcido ou esticado. A vantagem desta liberdade de posição do perónio é a possibilidade de orientar uma futura crista para a colocação de implantes (Z. H. Lee et al., 2024).

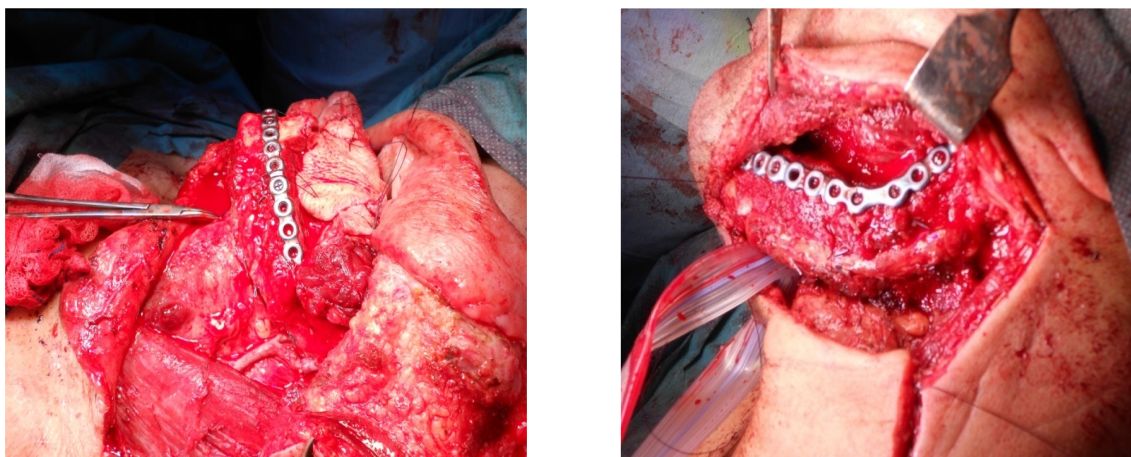


Figura 8 : Osteossíntese do retalho de fíbula no ramo mandibular esquerdo (Zagalo, C. e Villares M.).

Os retalhos osteomiocutâneos pediculados foram descritos pela primeira vez no início da década de 1970. Vários tipos de retalhos foram utilizados, incluindo o peitoral maior associado a uma costela, o esternocleidomastóideo com a clavícula e o trapézio com a escápula. Essas técnicas melhoraram os resultados, fornecendo osso vascularizado para restaurar o arco mandibular. No entanto, apesar destes avanços, o sucesso das reconstruções continua a ser limitado devido à insuficiente vascularização óssea e à fraca manobrabilidade dos tecidos moles em relação à estrutura óssea (Bak et al., 2010).

Baseado no sistema arterial subescapular, o retalho escapular permite a colheita combinada de osso, músculo e pele em proporções que podem ser ajustadas de acordo com as necessidades da reconstrução. O segmento ósseo, colhido da borda lateral ou da ponta da escápula, é de fácil manuseamento e adapta-se bem a defeitos mandibulares complexos. O local doador tem baixa morbidade, não necessita de enxerto de pele e permite o encerramento primário. A recuperação funcional é geralmente rápida, com uma incidência reduzida de edema ou dor crônica. A abordagem supina permite que a dissecação ocorra em paralelo com a ressecção mandibular, otimizando o tempo de operação e facilitando o trabalho em turnos duplos. O pedículo vascular longo e de bom calibre permite anastomoses fiáveis, mesmo nas regiões cervicais posteriores. Este tipo de retalho permite a transferência de um grande volume de tecido num único bloco, o que é particularmente útil em reconstruções pós-oncológicas extensas ou em casos de recidiva local. Por outro lado, a quantidade de osso disponível é inferior à do perónio, o que pode limitar a colocação de implantes dentários. O osso cortical relativamente fino e a ausência

de um eixo ósseo tão reto como o do perónio podem também complicar a restauração da arcada mandibular e reduzir a sua resistência mecânica. Por fim, a imobilização pós-operatória do braço pode causar desconforto funcional temporário, embora raramente seja persistente (Wolter et al., 2023).

Utilizado para a reconstrução de defeitos laterais da mandíbula, o **enxerto de crista ilíaca** não vascularizado permite a substituição imediata de um segmento ósseo após mandibulectomia. Adequado para reconstruções desde a região sinfisária até ao côndilo lateral, oferece disponibilidade óssea e uma forma compatível com a curvatura mandibular. Evita a necessidade de microcirurgia, o que simplifica o procedimento e reduz a morbilidade operatória. A consolidação óssea é geralmente satisfatória, com bons resultados funcionais e estéticos. As complicações são maioritariamente infecciosas ou relacionadas com a exposição do enxerto, e são pouco frequentes. Esta abordagem é uma alternativa séria às reconstruções vascularizadas em situações bem definidas (Okoturo, 2016).

Colhido em bloco, o **osso parietal** apresenta uma excelente biocompatibilidade e um bom potencial de osseointegração, graças à sua elevada densidade cortical. Remodelado para se adaptar ao local recetor, pode ser utilizado para preencher defeitos ósseos mandibulares com uma estabilidade inicial satisfatória. A regeneração óssea é progressiva, com uma integração geralmente previsível. A colheita está associada a uma baixa morbilidade quando a cirurgia é efectuada de acordo com protocolos rigorosos. A quantidade de osso disponível é limitada, restringindo a sua utilização a reconstruções de tamanho moderado. Este tipo de enxerto é adequado para situações em que se pretende evitar a microcirurgia e reduzir o tempo operatório (Carroll et al., 2019).

O planeamento digital tridimensional é utilizado para modelar a mandíbula a partir de tomografias computadorizadas, simular osteotomias e reconstruir virtualmente o arco mandibular antes da cirurgia. Ao gerar um modelo anatómico impresso em 3D, esta técnica facilita a pré-conformação da placa de reconstrução de titânio, que é ajustada de forma óptima aos segmentos ósseos. A utilização de um software de código aberto e de impressoras de baixo custo torna este método acessível, reduzindo simultaneamente os tempos e os custos de produção em comparação com os sistemas comerciais normais. Também reduz o tempo de operação, minimiza os erros de ajuste intra-operatório e melhora os resultados estéticos e funcionais, particularmente no caso de uma mandíbula

deformada ou de uma reconstrução complexa. Embora esta abordagem exija um investimento pessoal de tempo de modelação por parte do cirurgião, é uma alternativa fiável, reprodutível e rentável para a reconstrução mandibular (Villa et al., 2021).

II.1.4 Papel dos biomateriais no tratamento do carcinoma epidermoide

Os biomateriais desempenham um papel importante no tratamento do carcinoma espinocelular, nomeadamente na reconstrução óssea após mandibulectomia. Para além da sua utilização como material de enchimento, alguns deles foram concebidos para interagir ativamente com o microambiente tumoral. Este artigo analisa um biomaterial inovador composto por um hidrogel de gelatina metacrilada (GelMA) combinado com pó de osso esponjoso humano, que actua simultaneamente como suporte estrutural e modulador biológico. Este material favorece a regeneração óssea, limitando as reacções inflamatórias locais, aspeto essencial nos tecidos submetidos a cirurgia tumoral. Os ensaios demonstraram que é bem tolerado, sem toxicidade local ou sistémica, nem efeitos genotóxicos, o que reforça a segurança da sua utilização em meio clínico. Ao modular favoravelmente a resposta dos tecidos, evitando os riscos associados aos enxertos convencionais, este tipo de biomaterial representa uma alternativa promissora no tratamento reconstrutivo dos cancros orais (Tan et al., 2021b).

Ao influenciar o comportamento das células do sistema imunitário, nomeadamente as que participam nas primeiras fases da cicatrização das feridas, certos materiais criam um ambiente mais propício à reparação dos tecidos. Esta modulação imunitária permite limitar a inflamação excessiva, muitas vezes prejudicial após grandes intervenções cirúrgicas como a mandibulectomia, e estimular os processos de regeneração óssea. Este tipo de ação é particularmente pertinente no tratamento dos carcinomas espinocelulares, onde os tecidos estão frequentemente enfraquecidos ou sensibilizados por tratamentos anteriores. Ao actuarem tanto estrutural como biologicamente, estes biomateriais ajudam a melhorar os resultados clínicos e a reduzir as complicações pós-operatórias (Sunga et al., 2023).

II.2 Reabilitação implantológica

II.2.1 Implantologia maxilo-facial

II.2.1.1 Princípios e critérios de implantação

A colocação de implantes dentários após a reconstrução mandibular é um passo essencial na reabilitação funcional e estética de pacientes que foram submetidos a cirurgia ressectiva. O estudo de Ko et al (2024) ilustra a importância de um planeamento pré-operatório rigoroso, baseado na modelação estereolitográfica e na colaboração entre cirurgias maxilofaciais e protésicos. Neste contexto, a escolha de um retalho livre vascularizado, como o retalho da fíbula, permite restaurar a continuidade óssea e fornecer um suporte fiável para a colocação do implante. Vários parâmetros influenciam o sucesso da implantação num local reconstruído: a qualidade do osso enxertado; a condição do tecido mole peri-implantar; a possível utilização de radioterapia; e o momento da colocação do implante. O estudo salienta a importância de um atraso de vários meses após a reconstrução óssea, particularmente no caso de irradiação prévia, de modo a limitar o risco de fracasso do implante devido a osteoradionecrose ou recidiva do tumor. Por fim, podem ser necessários procedimentos adicionais, como enxertos de mucosa palatina, para otimizar o ambiente tecidual em torno dos implantes e promover a sua integração a longo prazo (Ko et al., 2024).

Um volume ósseo adequado é um pré-requisito essencial para a colocação de implantes em cirurgia reconstrutiva e pós-radioterapia. A altura, largura e densidade do osso disponível influenciam diretamente a capacidade de posicionar um implante de forma estável e duradoura. Quando o osso é insuficiente ou de má qualidade, o risco de fracasso aumenta significativamente. A estabilidade primária, obtida aquando da colocação do implante, está intimamente dependente destes parâmetros. Condiciona as primeiras fases da osseointegração e desempenha um papel decisivo no sucesso a longo prazo. Nas zonas que receberam doses elevadas de radiação, a estrutura óssea pode ser alterada, reduzindo a capacidade do osso para suportar o implante. Uma avaliação pré-operatória precisa é, portanto, essencial para identificar os locais mais favoráveis para a estabilidade mecânica imediata (Corrao et al., 2023).

A escolha dos pacientes para a reabilitação com implantes após a cirurgia do cancro maxilar depende principalmente do prognóstico do tumor. No caso de cancro avançado, o risco de recidiva é elevado. O artigo recomenda o adiamento da colocação de implantes durante 2 a 5 anos, consoante a progressão da doença. Existem outros fatores gerais a considerar. O estado geral de saúde do doente, o historial médico, o consumo de álcool e tabaco e o nível de adesão ao acompanhamento têm uma grande influência nos resultados. A motivação do doente é também essencial. Devem ser informados dos riscos, das possíveis limitações funcionais e da manutenção a longo prazo necessária. Isto ajuda a ajustar as expectativas e a evitar desilusões. Por fim, é necessário prestar uma atenção especial à função neuromuscular. Uma língua pouco móvel, um fecho labial deficiente ou uma salivação deficiente podem limitar a eficácia dos implantes, ou mesmo desaconselhá-los (Marunick & Roumanas, 1999).

As zonas irradiadas ou reconstruídas apresentam condições biológicas complexas. A irradiação causa hipovascularização, tornando o osso mais frágil e retardando a cicatrização. Os enxertos ósseos não vascularizados são mais susceptíveis à reabsorção, especialmente se tiverem sido irradiados. Por outro lado, os retalhos livres vascularizados, como os do perónio, oferecem melhores perspectivas de osseointegração. O artigo também salienta a gestão dos tecidos moles. Um tecido demasiado volumoso ou móvel à volta dos implantes pode levar a complicações. Por vezes, são necessárias operações secundárias, como enxertos de mucosa. Por último, existe um risco significativo de osteoradionecrose. Para reduzir este risco, os implantes podem ter de ser adiados por vários anos se a zona tiver recebido uma dose elevada de radiação (Corrao et al., 2023).

Antes da colocação de qualquer implante, é essencial uma avaliação radiológica precisa. O CBCT é o exame de referência para analisar a espessura óssea peri-implantar, mas tende a subestimar as áreas finas, particularmente na região vestibular. Para ultrapassar estas limitações, estão a ser utilizados métodos de modelação 3D para melhorar a visualização e o planeamento cirúrgico. Estas ferramentas fornecem uma representação mais exacta das estruturas ósseas e ajudam a antecipar riscos, por exemplo, em áreas críticas (Lan et al., 2022).

II.2.1.2 Escolha dos implantes e gestão da sua localização

Atualmente, dois materiais são utilizados principalmente no fabrico de implantes dentários: o titânio e a zircónia, cada um com as suas características específicas. O titânio é um metal conhecido pela sua elevada resistência mecânica, a sua resistência à fadiga e, sobretudo, a sua notável biocompatibilidade, ligada à sua capacidade de formar espontaneamente uma película protetora na sua superfície. Esta propriedade garante uma excelente resistência à corrosão no meio biológico. O titânio também promove uma boa osseointegração, mesmo sem tratamento de superfície, e continua a ser o material de referência para implantes endósseos. A zircónia, por outro lado, é uma cerâmica com uma estabilidade química muito boa, uma cor branca esteticamente agradável e uma adesão bacteriana inferior à do titânio. A sua resistência à flexão é elevada, embora inferior à do titânio, e a sua fragilidade estrutural continua a ser uma limitação. No entanto, os implantes de zircónia apresentam uma boa tolerância tecidual e, após tratamento de superfície, uma osseointegração comparável à do titânio. A escolha entre estes materiais deve, portanto, ser efectuada de acordo com as exigências mecânicas, biológicas e estéticas de cada situação clínica (Hanawa, 2020).

Em situações clínicas complexas em que a anatomia local é desfavorável, podem ser considerados vários tipos de implantes para contornar as limitações ósseas. Os implantes curtos são geralmente definidos como tendo menos de 8 mm de comprimento. São uma boa alternativa à cirurgia de enxerto ósseo, particularmente em áreas posteriores com baixa altura óssea. A sua utilização reduz a morbilidade e os custos cirúrgicos, bem como a duração do tratamento, oferecendo taxas de sobrevivência semelhantes às dos implantes padrão a curto prazo. No entanto, a sua eficácia a longo prazo requer um estudo mais aprofundado.

Os implantes zigomáticos são uma opção em casos de atrofia maxilar grave, em que o osso residual não permite a ancoragem de implantes convencionais. Estes implantes longos são ancorados no osso zigomático e passam através ou à volta do seio maxilar. Evitam a necessidade de técnicas complexas de preenchimento do seio ou de reconstrução óssea. Os resultados clínicos em termos de estabilidade e taxa de sucesso são satisfatórios.

Por último, foram desenvolvidos implantes com superfície modificada para melhorar a osteointegração, especialmente em condições ósseas desfavoráveis. Podem ser utilizados

vários tratamentos de superfície, tais como o jato de areia de grão grosso seguido de condicionamento ácido (SLA), a anodização, que forma uma camada porosa na superfície do titânio, ou revestimentos à base de hidroxiapatite. Estas modificações destinam-se a aumentar a rugosidade microscópica da superfície, o que favorece a atividade dos osteoblastos e a integração óssea. A longo prazo, certos tipos de superfície apresentam taxas de sobrevivência superiores a 95%, o que faz destes implantes uma escolha fiável para a reconstrução maxilofacial (Hong & Oh, 2017).

Nas reconstruções mandibulares complexas com retalhos de fíbula vascularizados, o posicionamento preciso dos implantes e o respeito pelo eixo protético são factores-chave para o sucesso funcional e estético. A forma variável da fíbula, que pode ser triangular, retangular ou trapezoidal, dependendo da área, torna difícil escolher uma superfície óssea que seja suficiente em altura ($>10\text{mm}$) e largura ($>6\text{mm}$) para acomodar implantes rectos e paralelos. Esta variabilidade anatómica pode levar a desvios angulares muito significativos, dificultando a adaptação das próteses, particularmente em reconstruções multi-segmento. Para ultrapassar estes desafios, os autores do artigo privilegiam o planeamento virtual com guias de corte e perfuração adaptados à topografia do perónio, permitindo posicionar os implantes com um desvio máximo de 15° , limite de tolerância para o fabrico de próteses cimentadas (Chang et al., 2023).

No caso dos retalhos de fíbula vascularizados, a estratégia operatória baseia-se numa dupla equipa: uma realiza a ressecção do tumor e a colocação do implante, a outra recolhe o retalho e realiza as osteotomias na mesa, seguindo guias pré-fabricados com base em imagens 3D. Esta abordagem permite adaptar os implantes ao segmento ósseo, assegurando simultaneamente um alinhamento coerente com a arcada antagonista. A montagem provisória em mesa, antes da fixação definitiva, permite a verificação visual da relação oclusal. Em caso de mau posicionamento, a estratégia "Jaw-during-admission" permite adiar o fabrico da prótese, dando tempo ao local para cicatrizar e aos cirurgiões para ajustar o desenho. Este método garante uma maior previsibilidade funcional, tendo em conta as limitações anatómicas e protéticas específicas dos enxertos ósseos (Chang et al., 2023).

A localização dos implantes na mandíbula reconstruída é muito importante. As regiões anterior e sinfisária oferecem geralmente uma melhor ancoragem, devido à elevada densidade óssea e ao acesso cirúrgico mais fácil. Estas áreas são frequentemente

escolhidas para a colocação de implantes de suporte de peso em reconstruções de arcada completa, particularmente em retalhos de fíbula, devido à sua estabilidade mecânica e ao seu papel fundamental no restabelecimento da oclusão.

As áreas posteriores, por outro lado, apresentam desafios mais complexos. O acesso é limitado, principalmente em casos de trismo ou sequelas pós-irradiação, dificultando a reabilitação protética. Para além disso, as reconstruções em zonas posteriores requerem muitas vezes estratégias específicas, como a utilização de implantes inclinados ou zigomáticos. O artigo salienta a importância do planeamento virtual pré-operatório para determinar a orientação ideal dos implantes de acordo com a topografia óssea disponível, particularmente em casos de múltiplos segmentos ou quando o volume ósseo é limitado (Breik et al., 2020).

II.2.1.3 Protocolo operatório e cuidados peri-implantares associados

Nos doentes submetidos a radioterapia, o implante deve seguir um protocolo cirúrgico rigoroso adaptado à zona reconstruída. O artigo salienta que a maioria dos médicos espera pelo menos um ano após o fim da radioterapia antes de qualquer procedimento de implante, para permitir a estabilização dos tecidos. O carregamento é adiado em dois terços dos casos, com um período de espera médio de 6 meses entre a colocação e a função. O local anterior da mandíbula é frequentemente preferido devido à sua densidade óssea e vascularização mais favorável, enquanto o aumento ósseo pós-radial é geralmente evitado devido à menor taxa de sobrevivência do implante. Por fim, a profilaxia antibiótica perioperatória é quase sistemática. Estas medidas destinam-se a limitar complicações como a osteorradionecrose e a promover uma osteointegração estável num ambiente comprometido (Wiedenmann et al., 2020).

A utilização de guias cirúrgicos personalizados é uma ferramenta comumente utilizada para otimizar a precisão do posicionamento dos implantes nas reconstruções de retalhos ósseos livres. Durante as implantações primárias, estes dispositivos são utilizados sistematicamente por mais de metade dos cirurgiões e, ocasionalmente, pelos restantes. Permitem antecipar os constrangimentos protésicos e adaptar a trajetória de perfuração à morfologia do enxerto. Nas implantações secundárias, a sua utilização continua a ser mais

variável: metade dos profissionais não os utiliza, enquanto outros os utilizam em função do caso clínico. Estes guias, baseados no planeamento pré-operatório digital, são particularmente úteis para evitar erros de eixo ou de profundidade em reconstruções anatomicamente complexas. A sua utilização permite tornar o procedimento cirúrgico mais seguro e melhorar o alinhamento protésico, sem aumentar significativamente o tempo de operação. Além disso, facilitam a antecipação da posição final da prótese, condição essencial para uma reabilitação funcional bem sucedida, nomeadamente num contexto em que a colaboração entre cirurgiões e protésicos continua a ser desigual de um centro para outro (Dugast et al., 2025).

A prevenção de infeções na fase pós-operatória continua a ser um grande desafio para o sucesso dos implantes, particularmente durante as primeiras semanas após a inserção, um período identificado como sendo de alto risco de contaminação bacteriana. Em vez de se basear apenas na administração sistémica de antibióticos, cuja eficácia pode ser limitada por uma difusão imperfeita ao nível do implante ou pela presença de biofilmes, foram desenvolvidas abordagens alternativas baseadas nas superfícies dos implantes. Este artigo apresenta um revestimento implantável que liberta localmente um agente antibacteriano (DMADDM) durante esta fase crítica. Esta estratégia permite atingir diretamente o local da cirurgia, reduzindo a adesão bacteriana a partir do momento da implantação, sem perturbar as células envolvidas na cicatrização óssea. Combinando a prevenção da infeção e a promoção da osteointegração, estes sistemas de libertação controlada poderiam complementar ou substituir certas abordagens profiláticas convencionais, nomeadamente em doentes de risco (Zhou et al., 2020).

II.2.1.4 Interesse da oxigenação em câmaras hiperbáricas na reabilitação implantológica

A oxigenoterapia hiperbárica (OTH) consiste em expor o doente a oxigénio puro sob pressão, geralmente entre 1,5 e 3 atmosferas absolutas, numa câmara de um ou vários locais. O objetivo deste tratamento é aumentar a concentração de oxigénio dissolvido nos tecidos, promovendo assim a cicatrização através da estimulação da neoangiogénese, da produção de colagénio e da atividade dos fibroblastos. Vários estudos clínicos e experimentais relatados na literatura mostram que a OTH pode ajudar a melhorar o

ambiente biológico em torno do implante, criando condições mais favoráveis à osseointegração. Esta abordagem faz parte de uma estratégia global para apoiar a regeneração dos tecidos, particularmente quando a capacidade de cicatrização está comprometida. Embora os dados disponíveis sejam ainda heterogêneos, os efeitos fisiológicos documentados da OTH justificam a sua inclusão em determinados protocolos de gestão de implantes, particularmente em situações de alto risco (Shah et al., 2017).

No contexto de pacientes irradiados, a osteorradionecrose (ORN) é uma complicação rara mas temida após a colocação de implantes dentários. Embora a incidência global registada nesta meta-análise seja de 3%, certos subgrupos de pacientes apresentam um risco mais elevado, especialmente aqueles que receberam enxertos ósseos ou beneficiaram de implantes primários. A oxigenoterapia hiperbárica é por vezes proposta como medida preventiva, particularmente em doentes identificados como estando em risco. O seu objetivo é melhorar a oxigenação dos tecidos e apoiar a cicatrização de feridas em tecidos irradiados, que são frequentemente hipovasculares. Embora os resultados clínicos variem de estudo para estudo, esta abordagem pode ser considerada como parte de uma estratégia global de redução do risco, para além de uma seleção rigorosa dos doentes e de um protocolo cirúrgico adequado (Toneatti et al., 2021).

No entanto, a utilização da oxigenoterapia hiperbárica como tratamento adjuvante à colocação de implantes em doentes irradiados continua a ser limitada por vários factores. A literatura atual baseia-se principalmente em estudos retrospectivos, muitas vezes em pequeno número, e os resultados permanecem heterogêneos. Apenas três estudos satisfizeram os critérios de inclusão rigorosos para esta revisão, salientando a escassez de dados sólidos. Para além disso, os protocolos de irradiação variam consideravelmente entre os doentes, tornando as comparações difíceis. A disponibilidade de centros equipados para administrar a OTH é um grande constrangimento, assim como o custo do tratamento, que raramente é coberto. Por último, não foi demonstrado de forma conclusiva qualquer benefício significativo em termos de sobrevivência dos implantes, o que torna a indicação da OTH ainda controversa. Estes factores limitam a acessibilidade real da OTH e levantam questões sobre o seu lugar nos protocolos padrão de reabilitação de implantes para doentes irradiados (Benites Condezo et al., 2021).

II.2.2 Aspectos estéticos, psicológicos, funcionais e complicações

II.2.2.1 Impacto estético, psicológico funcionais da reconstrução maxilo-facial

A reabilitação funcional e estética do rosto representa muitas vezes um verdadeiro desafio terapêutico, tanto para os pacientes como para os prestadores de cuidados: desde a reconstrução cirúrgica até à aceitação, passando pela restauração protésica e pela reabilitação, são muitas as considerações a ter em conta. Durante este processo terapêutico, surgem várias dificuldades. Em primeiro lugar estéticas, uma vez que o paciente vai querer aproximar-se, se não do seu rosto anterior, pelo menos de um rosto "normal", mas em segundo lugar e sobretudo dificuldades funcionais. A função deve ser restabelecida, tanto em termos de saúde orgânica como de saúde psicológica. Os tumores maxilofaciais e o seu tratamento podem ser física e psicologicamente destrutivos, resultando numa perda significativa de tecidos (incluindo pele, gordura, músculo e osso) e numa redução da qualidade de vida. Isto conduzirá a disfunções fisiológicas, incluindo problemas de mastigação, fala, sucção e respiração, devido à falta de osso e aos danos causados pela radioterapia e pelos medicamentos de quimioterapia. Os danos psicológicos resultantes do comprometimento das funções fisiológicas normais e da deformidade maxilofacial podem levar à depressão em alguns doentes (Tan et al., 2021a).

Os implantes dentários desempenham um papel central no restabelecimento funcional e estético dos pacientes após a reconstrução maxilo-mandibular. A sua contribuição vai para além da simples retenção protética: melhoram a eficiência mastigatória, facilitam a fonação e melhoram a estabilidade oclusal, factores essenciais para a recuperação da função oral plena. Ao mesmo tempo, os implantes suportam próteses fixas ou removíveis esteticamente agradáveis, ajudando a restaurar o sorriso e a promover a integração social. A escolha do tipo de prótese (fixa, híbrida, sobredentadura) depende de vários factores, incluindo a altura do osso residual, o volume protético disponível e a configuração do retalho ósseo. O planeamento dos implantes deve, portanto, ser cuidadosamente considerado antes, para garantir um alinhamento protético harmonioso e duradouro (Manju et al., 2023).

A melhoria da imagem corporal e da autoestima após a reabilitação maxilofacial depende muito do tipo de protocolo escolhido e da forma como este é implementado. Os pacientes que realizaram implantes zigomáticos com próteses fixas apresentam níveis de satisfação mais elevados, nomeadamente na esfera social e íntima, comparativamente aos que realizaram próteses obturadoras removíveis, que são muitas vezes fonte de desconforto e constrangimento persistente. Estas diferenças têm um impacto direto na auto-perceção, na retoma das actividades diárias e no sentimento de autonomia. Perante estes desafios, o apoio não pode limitar-se à cirurgia ou à prótese. Uma abordagem verdadeiramente multidisciplinar, envolvendo o cirurgião, o protésico e, sempre que possível, o apoio psicológico, permite antecipar melhor as expectativas, otimizar os resultados estéticos e funcionais e orientar o paciente na reconstrução da sua identidade. O envolvimento do psicólogo é particularmente precioso quando as transformações físicas, os constrangimentos técnicos ou a perturbação social têm um impacto grave no equilíbrio emocional do paciente. A reabilitação torna-se então um processo global, no cruzamento do cuidado, do diálogo e da auto-reconstrução (Goker et al., 2024).

II.2.2.2 Complicações e insucessos

As reconstruções mandibulares estão associadas a complicações, particularmente quando efectuadas no contexto de radioterapia adjuvante. No entanto, o desenvolvimento das técnicas e a experiência adquirida ao longo do tempo permitiram melhorar a segurança e a eficácia. A cirurgia de repetição não planeada ocorre em 5% a 20% dos casos, frequentemente devido a complicações vasculares do retalho livre, hematomas ou infecções com formação de fistulas. O prolongamento do tempo operatório está correlacionado com um aumento da taxa de complicações pós-operatórias e com um internamento hospitalar mais prolongado, o que sublinha o valor de uma abordagem em equipa dupla, em que as fases de excisão e de reconstrução são efectuadas simultaneamente para uma maior eficácia. Em centros especializados, a taxa de sobrevivência dos retalhos livres é geralmente superior a 95%. As complicações tardias incluem a pseudartrose e a falha de hardware, como a exposição ou fratura da placa. Se a placa estiver exposta, considera-se a sua remoção parcial ou total. Se o osso entre o

enxerto e o osso nativo não tiver consolidado, a placa deve ser substituída (Kakarala et al., 2018).

As falhas de osteointegração em áreas irradiadas podem ser explicadas por uma série de perturbações tecidulares resultantes dos efeitos da radioterapia no tecido ósseo. A irradiação induz uma cascata de alterações celulares e vasculares, marcadas por uma hipoxia duradoura, uma hipovascularização e uma hipocelularidade. Estas alterações conduzem a uma redução da atividade osteoblástica, à destruição da matriz óssea e à substituição progressiva por tecido fibroso não funcional. A presença de infecção, frequentemente encorajada pela colonização bacteriana de tecido necrótico ou exposto, agrava ainda mais o processo, estimulando respostas inflamatórias crônicas deletérias. A mobilidade mecânica dos implantes em osso enfraquecido, quer seja devido a um defeito de estabilidade primária ou a uma reabsorção óssea secundária, também compromete a osseointegração. Neste contexto, a falha do implante não é o resultado de um fator isolado, mas sim de uma falha multifatorial do tecido ósseo cujo potencial regenerativo está profundamente alterado. O papel do stress oxidativo, a persistência de mediadores inflamatórios e as alterações na microarquitetura óssea local aumentam ainda mais a complexidade do fenómeno. Além disso, atrasar o diagnóstico ou não gerir precocemente estes distúrbios biológicos pode levar a uma perda óssea irreversível e ao fracasso do tratamento com implantes, apesar de uma implementação técnica correta (Raj et al., 2022).

A osteorradionecrose (ORN) é uma complicação grave e por vezes incapacitante em doentes submetidos a radioterapia na região cervicofacial, incluindo em áreas reconstruídas. Caracteriza-se por uma exposição óssea persistente, sem cicatrização para além de três meses, e sem sinais de recidiva do tumor. O tecido irradiado está profundamente alterado, deixando o osso subjacente vulnerável mesmo anos após o fim do tratamento. O desenvolvimento de uma ORN pode ser espontâneo, mas é mais frequentemente desencadeado por um traumatismo local, extração de dentes ou cirurgia de implantes numa área enfraquecida. A reconstrução óssea não protege necessariamente contra este risco, especialmente se o enxerto estiver parcial ou totalmente incluído no campo de radiação. O artigo salienta que a incidência de ORN varia muito entre estudos, devido a definições clínicas heterogêneas, mas continua a ser uma preocupação constante no planeamento de cuidados com implantes a longo prazo. Várias intervenções têm sido estudadas para limitar o desenvolvimento da ORN e melhorar a sua gestão, como a

oxigenoterapia hiperbárica, os colutórios anti-sépticos e os tratamentos com fármacos adjuvantes. Entre estes últimos, uma combinação de tocoferol e pentoxifilina foi testada num ensaio clínico, com resultados clínicos encorajadores, embora o nível de evidência permaneça muito baixo. Até à data, nenhuma destas abordagens pode ser recomendada de forma sistemática. A prevenção baseia-se, portanto, numa seleção rigorosa dos doentes, numa identificação precisa das zonas de risco, na limitação dos procedimentos invasivos e num acompanhamento prolongado, nomeadamente nas reconstruções complexas ou irradiadas (El-Rabbany et al., 2019).

III Conclusões

O tratamento de pacientes com cancro oral, particularmente após cirurgia de ressecção, representa um grande desafio terapêutico, no cruzamento de imperativos oncológicos, funcionais e estéticos. A reconstrução maxilo-mandibular desempenha um papel central nesta estratégia, condicionando não só o restabelecimento morfológico mas também a possibilidade de uma efectiva reabilitação com implantes. Esta tese destacou as diferentes abordagens cirúrgicas disponíveis, tendo em conta a complexidade dos defeitos ósseos e as características anatómicas específicas. Os retalhos vascularizados livres, nomeadamente o retalho da fíbula, e atualmente a solução de referência para reconstruções complexas, devido à sua integração biológica, fiabilidade e compatibilidade com a posterior reabilitação protética.

Neste contexto, o papel dos biomateriais surge como um motor essencial para otimizar a regeneração tecidular, particularmente em pacientes que não podem beneficiar de enxertos autógenos extensos. Os biomateriais naturais e sintéticos oferecem uma vasta gama de soluções, combinando biocompatibilidade, propriedades mecânicas e capacidade de indução ou condução óssea. A sua utilização, muitas vezes associada a membranas, factores de crescimento ou técnicas digitais como o CAD/CAM, permite conceber reconstruções mais precisas, menos invasivas e melhor adaptadas às restrições clínicas e protésicas. O desenvolvimento destes materiais está a ajudar a melhorar as taxas de sucesso das reconstruções, a limitar a morbilidade da zona dadora e a oferecer alternativas viáveis aos pacientes mais frágeis.

A reabilitação com implantes numa área reconstruída, por vezes irradiada, é a fase final, mas não menos delicada, deste processo. Exige um planeamento rigoroso, uma seleção cuidadosa dos pacientes e dos locais dos implantes, bem como o cumprimento rigoroso dos prazos pós-operatórios, nomeadamente em caso de radioterapia prévia. Algumas limitações anatómicas podem ser ultrapassadas através da utilização de implantes curtos, superfícies modificadas ou soluções alternativas, como os implantes zigomáticos. No entanto, o sucesso dos implantes depende também da estabilidade

primária, da qualidade dos tecidos moles, da gestão de potenciais complicações, como a osteorradionecrose, e da gestão multidisciplinar dos aspectos psicológicos e sociais do tratamento. Neste contexto, a reabilitação oral não é apenas um procedimento técnico: contribui também para o restabelecimento da função e do sorriso e, de uma forma mais alargada, para a reconstrução da identidade do paciente.

Esta revisão destacou a importância de uma abordagem abrangente e personalizada, incorporando os avanços na cirurgia reconstrutiva, biomateriais e implantologia, para garantir uma reabilitação óptima para os pacientes com cancro oral.

IV Bibliografia

- Abati, S., Bramati, C., Bondi, S., Lissoni, A., & Trimarchi, M. (2020). Oral cancer and precancer: A narrative review on the relevance of early diagnosis. Em *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Número 24, pp. 1–14). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249160>
- Albrektsson, T., & Johansson, C. (2001). Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *European Spine Journal*, 10, S96–S101. <https://doi.org/10.1007/s005860100282>
- Bak, M., Jacobson, A. S., Buchbinder, D., & Urken, M. L. (2010). Contemporary reconstruction of the mandible. Em *Oral Oncology* (Vol. 46, Número 2, pp. 71–76). <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2009.11.006>
- Balasundaram, I., Al-Hadad, I., & Parmar, S. (2012). Recent advances in reconstructive oral and maxillofacial surgery. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 50(8), 695–705. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2011.11.022>
- Barttelbort, S. W., Bahn, S. L., & Ariyan, S. (1987). Rim mandibulectomy for cancer of the oral cavity. *The American Journal of Surgery*, 154(4), 423–428. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(89\)90017-2](https://doi.org/10.1016/0002-9610(89)90017-2)
- Benites Condezo, A. F., Araujo, R. Z., Koga, D. H., Curi, M. M., & Cardoso, C. L. (2021). Hyperbaric oxygen therapy for the placement of dental implants in irradiated patients: systematic review and meta-analysis. Em *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 59, Número 6, pp. 625–632). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.08.050>
- Bozec, A., Poissonnet, G., Mahdoun, P., & Dassonville, O. (2008). *Cancers du plancher buccal*.
- Breik, O., Goodrum, H., Koria, H., Edmondson, S., Praveen, P., & Parmar, S. (2020). Rehabilitation post maxillary and mandibular reconstruction: Current status and

- p future approaches.
- Oral Oncology*
- , 105.
-
- <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2020.104663>
- Carroll, C., Gill, M., Bowden, E., Ed O’Connell, J., Shukla, R., & Sweet, C. (2019). Ameloblastic fibroma of the mandible reconstructed with autogenous parietal bone: Report of a case and literature review. *Case Reports in Dentistry*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5149219>
- Chang, Y. M., Tsai, C. Y., & Wei, F. C. (2023). Fibula Jaw-during-Admission. *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 82, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2023.01.010>
- Chen, A., Deng, S., Lai, J., Li, J., Chen, W., Varma, S. N., Zhang, J., Lei, C., Liu, C., & Huang, L. (2023). Hydrogels for Oral Tissue Engineering: Challenges and Opportunities. Em *Molecules* (Vol. 28, Número 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules28093946>
- Chen, K. Y. T., Chen, A. C. Y., Tsao, C. K., Hung, S. Y., Cheong, D. C. F., & Kao, H. K. (2024). Hardware Complication Risks in Head and Neck Cancer Patients Undergoing Reconstructive Surgery With Segmental Mandibulectomy. *Head and Neck*. <https://doi.org/10.1002/hed.28000>
- Corrao, G., Mazzola, G. C., Lombardi, N., Marvaso, G., Pispero, A., Baruzzi, E., Decani, S., Tarozzi, M., Bergamaschi, L., Lorubbio, C., Repetti, I., Starzyńska, A., Alterio, D., Ansarin, M., Orecchia, R., D’Amore, F., Franchini, R., Nicali, A., Castellarin, P., ... Jereczek-Fossa, B. A. (2023). Oral Surgery and Osteoradionecrosis in Patients Undergoing Head and Neck Radiation Therapy: An Update of the Current Literature. Em *Biomedicines* (Vol. 11, Número 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/biomedicines11123339>
- Costa, D. A., Costa, T. P., Netto, E. C., Joaquim, N., Ventura, I., Pratas, A. C., Winckler, P., Silva, I. P., Pinho, A. C., Sargento, I. G., Guerreiro, F. G., & Moreira, A. R. (2016). New perspectives on the conservative management of osteoradionecrosis of the mandible: A literature review. Em *Head and Neck* (Vol. 38, Número 11, pp. 1708–1716). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/hed.24495>
- Couso-Queiruga, E., Weber, H. A., Garaicoa-Pazmino, C., Barwacz, C., Kalleme, M., Galindo-Moreno, P., & Avila-Ortiz, G. (2023). Influence of healing time on the

- outcomes of alveolar ridge preservation using a collagenated bovine bone xenograft: A randomized clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 50(2), 132–146. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13744>
- Dec, P., Modrzejewski, A., & Pawlik, A. (2023). Existing and Novel Biomaterials for Bone Tissue Engineering. Em *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Número 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms24010529>
- Dugast, S., Guilmault, L., Bouhier, I., Airaudo, O., Longis, J., & Bertin, H. (2025). National survey on implantation practices for free bone flaps: Key findings and insights. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2025.102271>
- El-Rabbany, M., Duchnay, M., Raziee, H. R., Zych, M., Tenenbaum, H., Shah, P. S., & Azarpazhooh, A. (2019). Interventions for preventing osteoradionecrosis of the jaws in adults receiving head and neck radiotherapy. Em *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2019, Número 11). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011559.pub2>
- Epstein, J. B., Thariat, J., Bensadoun, R., Barasch, A., Murphy, B. A., Kolnick, L., Popplewell, L., & Maghami, E. (2012). Oral complications of cancer and cancer therapy. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 62(6), 400–422. <https://doi.org/10.3322/caac.21157>
- Ferreira, J. J., Zagalo, C. M., Oliveira, M. L., Correia, A. M., & Reis, A. R. (2015). Mandible reconstruction: History, state of the art and persistent problems. Em *Prosthetics and Orthotics International* (Vol. 39, Número 3, pp. 182–189). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/0309364613520032>
- Goker, F., Bonasco, M., & Grecchi, E. (2024). *Quality of life in oncologic patients after maxillectomy operations: clinical case series on different rehabilitation protocols*.
- Gomez, J., Bergamo, E. T. P., Tovar, N., Talib, H. S., Pippenger, B. E., Herdia, V., Cox, M., Coelho, P. G., & Witek, L. (2021). Microtomographic reconstruction of mandibular defects treated with xenografts and collagen-based membranes: A pre-clinical minipig model. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 26(6), e825–e833. <https://doi.org/10.4317/medoral.24811>

- Gou, L., Yang, W., Qiao, X., Ye, L., Yan, K., Li, L., & Li, C. (2018). Marginal or segmental mandibulectomy: treatment modality selection for oral cancer: a systematic review and meta-analysis. Em *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 47, Número 1, pp. 1–10). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.07.019>
- Hanawa, T. (2020). Zirconia versus titanium in dentistry: A review. Em *Dental Materials Journal* (Vol. 39, Número 1, pp. 24–36). Japanese Society for Dental Materials and Devices. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-172>
- Herbst, R. S. (2004). Review of epidermal growth factor receptor biology. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 59(2 SUPPL.), S21–S26. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2003.11.041>
- Hong, D. G. K., & Oh, J. hyeon. (2017). Recent advances in dental implants. Em *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery* (Vol. 39, Número 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40902-017-0132-2>
- Jagtiani, K., Gurav, S., Singh, G., & Dholam, K. (2024). *A review on the classification of mandibulectomy defects and suggested criteria for a universal description.*
- Joseph, S. T., Naveen, B. S., & Mohan, T. M. (2017). Islanded facial artery musculomucosal flap for tongue reconstruction. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(4), 453–455. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2016.11.010>
- Kakarala, K., Shnayder, Y., Tsue, T. T., & Girod, D. A. (2018). Mandibular reconstruction. *Oral Oncology*, 77, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2017.12.020>
- Ko, H. H., Chou, C. H., & Cheng, S. J. (2024). The dental implant survival rate in 18 patients with post-operation revolutionary jaw reconstruction using free fibular flap, dental implants, and overdentures. *Journal of Dental Sciences*, 19(3), 1819–1826. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2024.05.021>
- Kumar, B. P., Venkatesh, V., Kumar, K. A. J., Yadav, B. Y., & Mohan, S. R. (2016a). Mandibular Reconstruction: Overview. Em *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* (Vol. 15, Número 4, pp. 425–441). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12663-015-0766-5>

- Kumar, B. P., Venkatesh, V., Kumar, K. A. J., Yadav, B. Y., & Mohan, S. R. (2016b). Mandibular Reconstruction: Overview. Em *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* (Vol. 15, Número 4, pp. 425–441). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12663-015-0766-5>
- Lan, Y., Huang, X., Fan, M., Yu, H., Xie, Z., & Zhou, Y. (2022). Accuracy evaluation of cone beam computed tomography applied to measure peri-implant bone thickness in living patients: an ex vivo and in vivo experiment. *Clinical Oral Investigations*, 26(10), 6347–6359. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04590-y>
- Laverty, D. P., Kelly, R., & Addison, O. (2018). Survival of dental implants placed in autogenous bone grafts and bone flaps in head and neck oncology patients: a systematic review. *International journal of implant dentistry*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40729-018-0131-9>
- Lee, J. T., Cha, J. K., Kim, S., Jung, U. W., Thoma, D. S., & Jung, R. E. (2020). Lateral onlay grafting using different combinations of soft-type synthetic block grafts and resorbable collagen membranes: An experimental in vivo study. *Clinical Oral Implants Research*, 31(4), 303–314. <https://doi.org/10.1111/clr.13566>
- Lee, Z. H., Shuck, J. W., Largo, R. D., Chang, E. I., Hanasono, M. M., Yu, P., & Garvey, P. B. (2024). Free fibula mandible reconstruction for osteoradionecrosis is more challenging than for primary cancer. *Head and Neck*. <https://doi.org/10.1002/hed.27823>
- Lipski, M., Tomaszewska, I. M., Lipska, W., Lis, G. J., & Tomaszewski, K. A. (2013). The mandible and its foramen: Anatomy, anthropology, embryology and resulting clinical implications. Em *Folia Morphologica (Poland)* (Vol. 72, Número 4, pp. 285–292). <https://doi.org/10.5603/FM.2013.0048>
- Macinnes, A., & Lamont, T. (2014). Radiotherapy associated with higher rates of dental implant loss. *Evidence-Based Dentistry*, 15(1), 27–28. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400990>
- Mancha de la Plata, M., Gías, L. N., Díez, P. M., Muñoz-Guerra, M., González-García, R., Lee, G.-Y. C., Castrejón-Castrejón, S., & Rodríguez-Campo, F. J. (2012). Osseointegrated implant rehabilitation of irradiated oral cancer patients. *Journal of*

- oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 70(5), 1052–1063.
<https://doi.org/10.1016/j.joms.2011.03.032>
- Manju, V., Krishnapriya, V. N., Babu, A. S., Krishnadas, A., Subash, P., & Iyer, S. (2023). Prosthetic Rehabilitation Options in Post-Ablative Maxillomandibular Microvascular Reconstructions. Em *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* (Vol. 22, pp. 10–19). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12663-023-01883-x>
- Marhic, A., Guerlain, J., Benmoussa, N., Breuskin, I., Honart, J. F., Janot, F., Moya-Plana, A., Temam, S., & Gorphe, P. (2021). Replacement of lip-split mandibulotomy by pull-through approach for T3–4 oral carcinomas. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 50(9), 1123–1130.
<https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.10.011>
- Marunick, M. T., & Roumanas, E. D. (1999). *Functional criteria for mandibular implant placement post resection and reconstruction for cancer THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY* 107.
- Miron, R. J., Bohner, M., Zhang, Y., & Bosshardt, D. D. (2024). Osteoinduction and osteoimmunology: Emerging concepts. Em *Periodontology 2000* (Vol. 94, Número 1, pp. 9–26). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/prd.12519>
- Molteni, G., Gazzini, L., Sacchetto, A., Nocini, R., Comini, L. V., Arietti, V., Locatello, L. G., & Mannelli, G. (2023). Mandibular reconstruction in head and neck cancer: which is the gold standard? Em *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* (Vol. 280, Número 9, pp. 3953–3965). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00405-023-08050-5>
- Montero, P. H., & Patel, S. G. (2015). Cancer of the Oral Cavity. Em *Surgical Oncology Clinics of North America* (Vol. 24, Número 3, pp. 491–508). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.soc.2015.03.006>
- Nemade, H., Bollineni, N., Mortha, S., Jonathan, & G., Kumar, S., Rao, L., & Rao, S. (2020). *Marginal Mandibulectomy Defect Reconstruction with Pectoralis Major Myocutaneous (PMMC) Flap in Cases of Carcinoma Buccal Mucosa: Experience from a Tertiary Cancer Institute*. <https://doi.org/10.1007/s13193-020-01120-8>/Published

- Okoturo, E. (2016). Non-vascularised iliac crest bone graft for immediate reconstruction of lateral mandibular defect. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 20(4), 425–429. <https://doi.org/10.1007/s10006-016-0585-y>
- Ou, Q., Wu, P., Zhou, Z., Pan, D., & Tang, J. Y. (2020). Complication of osteo reconstruction by utilizing free vascularized fibular bone graft. Em *BMC Surgery* (Vol. 20, Número 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12893-020-00875-9>
- Pires, L. C. de A., da Silva, R. C., Poli, P. P., Esgalha, F. R., Hadad, H., Palin, L. P., Santos, A. F. P., Colombo, L. T., de Jesus, L. K., Bassi, A. P. F., Maiorana, C., Okamoto, R., de Carvalho, P. S. P., & Souza, F. Á. (2020). Evaluation of osteoconduction of a synthetic hydroxyapatite/ β -tricalcium phosphate block fixed in rabbit mandibles. *Materials*, 13(21), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma13214902>
- Raj, R., Nair, A. H., Krishnan, N. A., Balasubramanian, D., Iyer, S., & Thankappan, K. (2022). Advances and Controversies in the Management of Osteoradionecrosis After Head and Neck Cancer Treatment: A Narrative Review. Em *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* (Vol. 21, Número 3, pp. 836–844). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12663-021-01680-4>
- Rico-Llanos, G. A., Borrego-González, S., Moncayo-Donoso, M., Becerra, J., & Visser, R. (2021). Collagen type i biomaterials as scaffolds for bone tissue engineering. *Polymers*, 13(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/polym13040599>
- Sargolzaei-Aval, F., Saberi, E. A., Arab, M. R., Sargolzaei, N., Zare, E., Shahraki, H., Sanchooli, T., Sargolzaeiaval, F., & Arab, M. (2020). Reconstruction of mandibular defects using synthetic octacalcium phosphate combined with bone matrix gelatin in rat model. Em *Dental Research Journal* (Vol. 10). www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/1480
- Shah, D. N., Chauhan, C. J., & Solanki, J. S. (2017). Effectiveness of hyperbaric oxygen therapy in irradiated maxillofacial dental implant patients: A systematic review with meta-analysis. Em *Journal of Indian Prosthodontist Society* (Vol. 17, Número 2, pp. 109–127). Medknow Publications. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.203193>

- Shivanand, N. B., Mohan, M. T., & Joseph, S. T. (2018). Contralateral Islanded Facial Artery Myomucosal Flap for the Reconstruction of Floor of the Mouth Defect. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction*, 11(2), 157–160. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1604071>
- 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). <https://doi.org/10.1186/s40729-022-00421-7>
- Sunga, G. M., Hartgerink, J., Sikora, A. G., & Young, S. (2023). Enhancement of Immunotherapies in Head and Neck Cancers Using Biomaterial-Based Treatment Strategies. *Tissue Engineering - Part C: Methods*, 29(6), 257–275. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2023.0090>
- Takayama, T., Imamura, K., & Yamano, S. (2023). Growth Factor Delivery Using a Collagen Membrane for Bone Tissue Regeneration. Em *Biomolecules* (Vol. 13, Número 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/biom13050809>
- Tan, B., Tang, Q., Zhong, Y., Wei, Y., He, L., Wu, Y., Wu, J., & Liao, J. (2021a). Biomaterial-based strategies for maxillofacial tumour therapy and bone defect regeneration. Em *International Journal of Oral Science* (Vol. 13, Número 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41368-021-00113-9>
- Tan, B., Tang, Q., Zhong, Y., Wei, Y., He, L., Wu, Y., Wu, J., & Liao, J. (2021b). Biomaterial-based strategies for maxillofacial tumour therapy and bone defect regeneration. Em *International Journal of Oral Science* (Vol. 13, Número 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41368-021-00113-9>
- Tevlin, R., Griffin, M., Chen, K., Januszyk, M., Guardino, N., Spielman, A., Walters, S., Gold, G. E., Chan, C. K. F., Gurtner, G. C., Wan, D. C., & Longaker, M. T. (2023). Denervation during mandibular distraction osteogenesis results in impaired bone formation. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27921-9>
- Thiem, D. G. E., Sieberg, F., Vinayahalingam, S., Blatt, S., Krüger, M., Lethaus, B., Al-Nawas, B., Zimmerer, R., & Kämmerer, P. W. (2024). The Perfect Timing—

- Immediate versus Delayed Microvascular Reconstruction of the Mandible. *Cancers*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/cancers16050974>
- Toneatti, D. J., Graf, R. R., Burkhard, J. P., & Schaller, B. (2021). Survival of dental implants and occurrence of osteoradionecrosis in irradiated head and neck cancer patients: a systematic review and meta-analysis. Em *Clinical Oral Investigations* (Vol. 25, Número 10, pp. 5579–5593). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04065-6>
- Villa, S., Druelle, C., Juliéron, M., & Nicot, R. (2021). 3D-assisted mandibular reconstruction: A technical note of fibula free flap with preshaped titanium plate. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, 66(2), 174–179. <https://doi.org/10.1016/j.anplas.2020.07.001>
- Weill, P., Dubois, G., Preudhomme, R., Rouch, P., Veyssiere, A., & Benateau, H. (2023). Optimisation du transfert de planification de la distraction ostéogénique mandibulaire par dispositif externe sur mesure. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, 68(2), 113–122. <https://doi.org/10.1016/J.ANPLAS.2022.12.005>
- Wiedenmann, F., Liebermann, A., Probst, F., Troeltzsch, M., Balermipas, P., Guckenberger, M., Edelhoff, D., & Mayinger, M. (2020). A pattern of care analysis: Prosthetic rehabilitation of head and neck cancer patients after radiotherapy. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(3), 333–341. <https://doi.org/10.1111/cid.12912>
- Wolter, G. L., Swendseid, B. P., Sethuraman, S., Ivancic, R., Teknos, T. N., Haring, C. T., Kang, S. Y., Old, M. O., & Seim, N. B. (2023). Advantages of the scapular system in mandibular reconstruction. *Head and Neck*, 45(2), 307–315. <https://doi.org/10.1002/hed.27235>
- Zhang, S., Li, X., Qi, Y., Ma, X., Qiao, S., Cai, H. X., Zhao, B. C., Jiang, H. B., & Lee, E. S. (2021). Comparison of Autogenous Tooth Materials and Other Bone Grafts. Em *Tissue Engineering and Regenerative Medicine* (Vol. 18, Número 3, pp. 327–341). Korean Tissue Engineering and Regenerative Medicine Society. <https://doi.org/10.1007/s13770-021-00333-4>

Zhou, W., Peng, X., Ma, Y., Hu, Y., Wu, Y., Lan, F., Weir, M. D., Li, M., Ren, B., Oates, T. W., Xu, H. H. K., Zhou, X., & Cheng, L. (2020). Two-staged time-dependent materials for the prevention of implant-related infections. *Acta Biomaterialia*, 101, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.10.023>