

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**Bianca de Souza Paiva**

**O USO DE MEMBRANAS NA REGENERAÇÃO ÓSSEA GUIADA**

Juiz de Fora

2023

**BIANCA DE SOUZA PAIVA**

**O uso de membranas na regeneração óssea guiada**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neuza Maria Souza Picorelli Assis

Juiz de Fora  
2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Paiva, Bianca de Souza.

O uso de membranas na regeneração óssea guiada / Bianca de Souza Paiva. -- 2023.

38 p.

Orientadora: Neuza Maria Souza Picorelli Assis  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2023.

1. Regeneração Óssea. 2. Implantes Dentários. 3. Membranas. I. Assis, Neuza Maria Souza Picorelli, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
REITORIA - FACODONTO - Coordenação do Curso de Odontologia

**Bianca de Souza Paiva**

**O uso de membranas na regeneração óssea guiada**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Aprovada(o) em 03 de março de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Neuza Maria Souza Picorelli Assis- Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Bruno Sales Sotto Maior  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Eduardo Machado Vilela  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria da Penha e Aguiar, e a minha irmã Olivia, por todo apoio e amor, a vocês minha gratidão eterna.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, por me dar forças para superar todas as adversidades.

Agradeço a toda minha **família** que sempre me deu todo apoio necessário para que meu sonho se realizasse. Em especial a minha mãe, **Maria**, por sempre ser um exemplo de força e determinação e nunca medir esforços para me fazer feliz. Ao meu pai, **Aguiar**, por sempre acreditar em mim e me incentivar em todos os momentos. A minha irmã **Olivia**, por ser minha maior companheira e nunca sair do meu lado. E as minhas tias **Carmem** e **Lucilea** por desde o início da graduação me ajudarem tanto e serem sempre tão prestativas comigo.

Agradeço, ainda, a todos os amigos que tive o prazer de compartilhar tantos momentos incríveis. Tanto aqueles de Muriaé, que estão comigo desde sempre e nunca soltaram minha mão, quanto a todos aqueles que fiz em Juiz de Fora, que durante todo esse tempo longe de casa foram minha segunda família. Em especial a **Larissa, Sofia, Carol, Bruna** e minha dupla **Júlia**, que estiveram comigo durante a graduação sendo minhas parceiras dentro e fora da faculdade. E ao meu namorado, **João Guilherme**, por tanto apoio nessa reta final.

Agradeço ao **Grupo PET-Odontologia-UFJF** por tanto conhecimento adquirido durante todos esses anos.

Por fim, agradeço a todos **professores** e à **Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora**, pela oportunidade de ensino de excelência que me foi oferecido.

## RESUMO

É comum e inevitável que haja reabsorção óssea da crista alveolar após a extração dentária, no entanto, isso muitas vezes interfere na colocação do implante dentário na posição protética desejada. Portanto, muitas vezes há a necessidade de procedimentos adicionais de aumento ósseo e uma das técnicas frequentemente utilizadas para esse aumento é a regeneração óssea guiada (ROG). A ROG é um procedimento cirúrgico que utiliza membranas de barreira com ou sem enxertos ósseos particulados e/ou substitutos ósseos. O objetivo deste trabalho é revisar a literatura sobre os diferentes tipos de membrana utilizados para a ROG. Foi realizada uma busca de artigos, na língua inglesa, utilizando a base de dados PubMed, no período de 2006 a 2022. As membranas disponíveis atualmente são divididas em reabsorvíveis e não reabsorvíveis. Os materiais reabsorvíveis que são usados como membranas pertencem aos grupos de polímeros naturais ou sintéticos, como é o caso das membranas poliméricas e membranas colágenas. Já as membranas não reabsorvíveis podem ser divididas em politetrafluoretileno expandido (e-PTFE), politetrafluoretileno de alta densidade (d-PTFE), malha de titânio e PTFE reforçadas com titânio. Cada uma delas apresenta suas vantagens e desvantagens e cabe ao clínico considerar fatores anatômicos, clínicos e relacionados ao paciente que influenciam os resultados do tratamento para escolher a membrana mais adequada para cada caso, além de apresentar uma compreensão completa dos benefícios de cada uma.

Palavras-chave: Regeneração Óssea. Implantes Dentários. Membranas.

## **ABSTRACT**

Post-extraction crestal bone resorption is common and unavoidable, however, this often interferes with dental implant placement in a desired position. Therefore, there is often a need for additional bone augmentation procedures and a technique frequently used is Guided Bone Regeneration (GBR). GBR is a surgical procedure that uses barrier membranes with or without particulate bone grafts or/and bone substitutes. The objective of this study is to review the literature regarding the different types of barrier membranes used for GBR. A search for articles was carried out, in English, using a PubMed database, from 2006 to 2022. The barrier membranes commercially available are divided into resorbable and non-resorbable membranes. The bioresorbable materials used as membranes belong to the groups of natural or synthetic polymers, like polymeric membranes and collagen membranes. The non-resorbable membranes can be divided in expanded polytetrafluoroethylene (e-PTFE), high-density polytetrafluoroethylene (d-PTFE), titanium mesh and titanium-reinforced PTFE. Each of them has its advantages and disadvantages and it is up to the clinician to consider anatomical, clinical and patient-related factors that influence treatment results to choose the most appropriate membrane for each case, in addition to presenting a complete understanding of the benefits of each one.

**KEYWORDS:** Bone Regeneration. Dental Implants. Membranes.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABBM	Osso bovino inorgânico derivado mineral
AVR	Aumento vertical do rebordo
CI	Intervalo de confiança
CPS	Fosfosilicato de cálcio
DMP	Diferença média ponderada
DO	Distração osteogênica
d-PTFE	Politetrafluoretileno de alta densidade
EO	Enxerto onlay
e-PTFE	Politetrafluoretileno expandido
IHC	Imunohistoquímica
ISQ	Quociente de estabilidade do implante
MCR	Taxa média de complicações
MISR	Taxa média de sobrevivência do implante
mm	Milímetros
PGAs	Poliglicolídeos
PLAs	Polilactídeos
PLGA	Polilactídeo-glicolídeo
PRF	Fibrina Rica em Plaquetas
PTFE	Politetrafluoretileno
PTFE-TR	Politetrafluoretileno reforçado com titânio
qPCR	Reação em cadeia da polimerase quantitativa
ROG	Regeneração óssea guiada
RTG	Regeneração tecidual guiada
Ti	Titânio
Ti-mesh	Malha de titânio
WB	Western blot
µm	Micrômetro

## LISTA DE SÍMBOLO

%	Por cento
=	Igual
±	Mais ou menos
p	Nível de significância estatística
<	Menor que
>	Maior que

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Após a extração dentária, é comum e inevitável que haja reabsorção óssea da crista alveolar, que sofre alterações horizontais e verticais, levando a mudanças dimensionais significativas do rebordo. Essas mudanças são mais significativas nos primeiros 3-6 meses e após esse período há uma redução gradual dessas dimensões (TAN et al., 2012; LIU; KERNS, 2014).

Segundo Tan et al. (2012), a diminuição da dimensão horizontal é maior que a dimensão vertical. Foi concluído em seu estudo uma mudança na dimensão vertical de 11-22%, enquanto na dimensão horizontal essa mudança foi de 29-63%, ambos observados no período de 6 meses após a extração dentária. Além disso, foi observada uma maior perda óssea na vestibular quando comparada a lingual/palatina. A reabsorção óssea após a perda do dente muitas vezes interfere na colocação do implante dentário na posição protética desejada e requer procedimentos adicionais de aumento ósseo. Dessa forma, uma técnica frequentemente aplicada para fornecer osso suficiente para a colocação do implante é a regeneração óssea guiada (ROG) (MILINKOVIC; CORDARO, 2014; KAWASAKI, 2018).

A ROG é um procedimento cirúrgico que utiliza membranas de barreira com ou sem enxertos ósseos particulados e/ou substitutos ósseos. As membranas utilizadas na ROG devem atender a critérios como biocompatibilidade, oclusividade, amplitude, gerenciamento clínico e integração adequada com o tecido circundante. Essas características são necessárias para fornecer a máxima função de membrana e suporte mecânico ao tecido durante a formação óssea (LIU; KERNS, 2014; RAKHMATIA et al., 2014). Segundo Khojasteh et al. (2013) as membranas não aumentam a infecção pós-operatória, a deiscência da ferida e a exposição da membrana/enxerto ósseo em modelos humanos ou animais nas cirurgias de aumento ósseo.

Estão disponíveis membranas de barreira absorvíveis e não reabsorvíveis. Como exemplo de membrana absorvível pode ser citada a de colágeno e como barreiras não reabsorvíveis as de malha de titânio (Ti) (Ti-mesh), politetrafluoretileno

expandido e de densidade (PTFE) e PTFE reforçado com Ti (PTFE-TR) (PLONKA; URBAN; WANG, 2018).

Segundo Wang e Boyapati (2006), existem quatro principais princípios biológicos necessários para a regeneração óssea previsível: fechamento primário para garantir a cicatrização ininterrupta da ferida, angiogênese para fornecer suprimento sanguíneo necessário e células mesenquimais indiferenciadas, manutenção/criação de espaço para adequado crescimento ósseo e estabilidade da ferida e do implante. Dessa forma, é possível a indução de formação de coágulos sanguíneos e os eventos de cicatrização podem acontecer sem intercorrências.

Segundo Saletta et al. (2019), o sucesso dos implantes em áreas regeneradas foi semelhante aos implantes colocados em osso intacto com resultados entre 61,5% e 100%. No entanto, é importante que se conheça os principais tipos de membranas e suas características para que se defina qual a melhor para cada caso de ROG e aumente a taxa de sucesso.

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste trabalho foi revisar através da literatura os diferentes tipos de membrana utilizados para a ROG.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Wang e Boyapati (2006) realizaram um estudo a fim de descrever os 4 princípios biológicos necessários para que ocorra a regeneração óssea guiada. São eles: fechamento primário da ferida para garantir cicatrização ininterrupta, angiogênese para fornecer suprimento sanguíneo necessário e células mesenquimais indiferenciadas, manutenção e criação de espaço para facilitar o adequado crescimento ósseo e estabilidade da ferida e do implante, para então induzir a formação de coágulos sanguíneos e cicatrização sem intercorrências. Além disso, apresentam um caso clínico onde utilizaram uma membrana de colágeno absorvível com aloenxerto de osso humano mineralizado para corrigir um defeito de rebordo horizontal em conjunto com a colocação do implante. Em toda descrição da técnica foram usados os princípios apresentados.

Barber et al. (2007) realizaram um estudo utilizando uma membrana de politetrafluoretileno densa (d-PTFE), que não requer cobertura primária de tecidos moles. Assim, pode-se tratar grandes defeitos, preservar a papila interdentária e toda a largura da mucosa queratinizada sem preocupações com contaminação bacteriana ou infecção, diferentemente das membranas e-PTFE e reabsorvíveis, que necessitam dessa cobertura primária.

Behring et al. (2008) realizaram uma revisão sistemática para avaliar os possíveis efeitos da origem do colágeno e do modo de reticulação no potencial de diferentes células para se ligar, proliferar e migrar sobre as membranas de barreira in vitro. As membranas colágenas podem ser utilizadas como barreira tanto na regeneração tecidual guiada (RTG) quanto na regeneração óssea guiada (ROG). Esse colágeno está disponível em diferentes espécies e geralmente é processado para alterar as propriedades do produto final. Como resultado obtiveram que os fibroblastos de diferentes espécies e tecidos de origem, bem como células formadoras de osso, são capazes de se ligar às membranas de colágeno independentemente da origem do colágeno ou modo de processamento. Além disso, as membranas demonstraram excelentes características hemostáticas e quimiotáticas.

Lee et al. (2010) realizaram um estudo para examinar os resultados clínicos de diferentes barreiras não reabsorvíveis para GBR: politetrafluoretileno expandido (e-PTFE) (TR-Gore Tex, Flagstaff, AZ, EUA) e politetrafluoretileno de alta densidade (d-PTFE) (membrana Cytoplast, Oraltronic, Bremen, Alemanha). As barreiras não reabsorvíveis são barreiras bem documentadas devido à sua estabilidade e maleabilidade, no entanto, necessitam de uma segunda cirurgia para sua remoção. A membrana de e-PTFE é capaz de fornecer nutrientes através de múltiplos poros, porém, se exposta, a membrana pode permitir a invasão bacteriana. Quando isso ocorre, a ferida deve ser manejada cuidadosamente com o uso de agente antibiótico como a clorexidina e, se ocorrer inflamação, o e-PTFE deve ser removido imediatamente. Já na d-PTFE, a invasão bacteriana é menos frequente porque a distância intermodal é inferior a  $0,3 \mu\text{m}$ . Como resultado desse estudo comparativo obtiveram que os implantes em ambos os grupos apresentaram altas taxas de sobrevivência e as próteses implantossuportadas funcionaram de forma estável durante o período de acompanhamento. Além disso, não houve diferença significativa na regeneração óssea entre e-PTFE e d-PTFE.

Bottino et al. (2012) realizaram uma revisão com o objetivo de avaliar as terapêuticas atualmente empregadas para regenerar os diferentes tecidos periodontais e as membranas comercialmente disponíveis utilizadas para RTG e ROG. As atuais membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis agem como uma barreira física para evitar o crescimento do tecido conjuntivo e epitelial no defeito, favorecendo a regeneração dos tecidos periodontais. As membranas não reabsorvíveis apresentam como desvantagem a necessidade de uma cirurgia adicional para sua remoção. Já as reabsorvíveis possuem a desvantagem de apresentar uma cinética de degradação rápida por colagenases endógenas. No entanto, para diminuir essa taxa de degradação, diferentes métodos de reticulação química têm sido utilizados para melhorar as propriedades mecânicas e a estabilidade da matriz de colágeno.

Tan et al. (2012) realizaram uma revisão sistemática para verificar a magnitude das mudanças dimensionais de tecido mole e duro do rebordo alveolar com acompanhamento de 12 meses de extração dentária em humanos. Como resultado desse estudo, obtiveram que os tecidos duros em humanos apresentaram uma diminuição da dimensão horizontal maior do que a dimensão vertical em 6

meses. A mudança na dimensão vertical foi de 11-22% em 6 meses, enquanto na dimensão horizontal foi de 32% em 3 meses e 29-63% em 6-7 meses, apresentando maior perda na vestibular em comparação a lingual/palatina. Esses estudos mostraram também que há uma rápida redução dessas dimensões nos primeiros 3-6 meses e depois essa redução acontece de forma gradual. Já em relação às mudanças de tecidos moles, observaram um ganho de 0.4-0.5 mm de espessura em 6 meses no aspecto vestibular e lingual.

Her, Kang e Fien (2012) realizaram um estudo retrospectivo do tratamento de 27 locais cirúrgicos na maxila e mandíbula que foram tratados com enxerto ósseo em conjunto com fixação de malha de titânio, com o objetivo de determinar a taxa e a extensão das complicações associadas ao uso da malha de titânio para regeneração óssea guiada. A malha de titânio fornece manutenção de espaço, um pré-requisito fundamental para qualquer procedimento de regeneração óssea, além de estabilidade que evita o deslocamento do enxerto e plasticidade que permite flexão, contorno e adaptação a qualquer defeito ósseo. A exposição da malha de titânio foi observada em 26% dos sítios cirúrgicos avaliados, no entanto, todos os 69 implantes colocados funcionaram e a taxa de sucesso foi de 100%. Portanto, como resultado obtiveram que aumento substancial do osso pode ser alcançado utilizando malha de titânio em conjunto com enxerto ósseo e que a exposição da malha de titânio durante a cicatrização não necessariamente compromete o resultado final do tratamento. Além disso, foi relatado que quando a membrana é exposta, não necessita de remoção imediata e que, quando há exposição, é necessário que seja feito um alívio das bordas desse material para eliminar possíveis irregularidades e ângulos agudos, para minimizar o desconforto ao paciente resultante do contato da tela com a língua, bochecha e gengiva.

Rakhmatia et al. (2013) realizaram uma revisão a fim de discutir as características de algumas membranas comercialmente disponíveis, reabsorvíveis e não reabsorvíveis (membrana e-PTFE, membrana d-PTFE e malha de titânio), em relação a sua utilidade em estudos pré-clínicos. As membranas reabsorvíveis oferecem a vantagem de serem reabsorvidos pelo corpo, eliminando assim a necessidade de cirurgia de remoção de segundo estágio, no entanto, possui como desvantagem seu grau imprevisível de reabsorção. Já as não reabsorvíveis necessitam de uma segunda cirurgia para sua remoção, mas apresentam como

vantagem um desempenho mais previsível. Foi discutido também em relação aos critérios que as membranas de barreira devem atender, descrito por Scantlebury: biocompatibilidade, criação de espaço, oclusão celular, integração tecidual e capacidade de gerenciamento clínico. Consideraram que ainda não há uma membrana ideal estabelecida para aplicações clínicas, apesar de oferecerem soluções promissoras em modelos animais. Além disso, cada tipo de membrana apresenta vantagens e desvantagens. Em relação às membranas de malha de titânio, que foram o foco do estudo, foi constatado que oferecem excelentes propriedades mecânicas para o tratamento na ROG.

Khojasteh et al. (2013) realizaram uma revisão de literatura com o objetivo de avaliar a eficácia das membranas de barreira de aumento ósseo. Dos 3.986 artigos encontrados na busca inicial, 34 estudos atenderam aos critérios de inclusão. Desses, 4 estudos em animais concluíram que o uso de membranas aumenta a quantidade óssea verticalmente (diferença média de 0,32 mm;  $P = 0,006$ ). Além disso, eles constataram que os resultados qualitativos em relação ao aumento ósseo horizontal foram controversos. Foi analisado também que as membranas não aumentaram o risco de cicatrização inadequada, de acordo com estudos em humanos (oddsratio 5,67;  $P = 0,32$ ) e estudos em animais (oddsratio 3,35;  $P = 0,12$ ). Como conclusão obtiveram que são necessários mais ensaios clínicos randomizados para verificar a eficácia das membranas no aumento ósseo humano, já que a maioria dos resultados obtidos até então eram baseados em estudos em animais. Apesar das evidências limitadas para apoiar a eficácia das membranas de barreira no tratamento de deficiências ósseas, já foi constatado que as membranas não aumentam a infecção pós-operatória, a deiscência da ferida e a exposição da membrana/enxerto ósseo em modelos humanos ou animais.

Milinkovic e Cordaro (2014) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de verificar se há evidências suficientes para fornecer indicações para os vários procedimentos de aumento ósseo com base na dimensão e tipo do defeito. Foram incluídos na revisão 53 publicações sobre pacientes parcialmente desdentados e 15 publicações sobre pacientes desdentados. Relataram que a literatura fornece evidências de que deiscências e fenestrações podem ser tratadas com sucesso com regeneração óssea guiada (ROG) no momento da colocação do implante (taxa média de sobrevivência do implante (MISR) 92,2%, taxa média de

complicações (MCR) 4,99%). Foi observado que em rebordos parcialmente edêntulos, quando um defeito horizontal está presente, procedimentos com ROG estagiado (MISR 100%, MCR 11,9%), enxertos em bloco ósseo (MISR 98,4%, MCR 6,3%) e expansão/divisão do rebordo (MISR 97,4%, MCR 6,8%) se mostraram eficazes. Além disso, mostraram que defeitos verticais podem ser tratados com ROG simultâneo e ROG prévia (MISR 98,9%, MCR 13,1% e MISR 100%, MCR 6,95%, respectivamente), enxertos de bloco ósseo (MISR 96,3%, MCR 8,1%) e distração osteogênica (MISR 98,2%, MCR 22,4%). Foi constatado que em pacientes edêntulos, há evidências de que enxertos em bloco ósseo podem ser usados (MISR 87,75%) e que as osteotomias Le Fort I podem ser aplicadas (MISR 87,9%), mas associado a um alto índice de complicações. Concluíram então que o objetivo de extrair indicações específicas para cada procedimento não pôde ser totalmente alcançado devido à heterogeneidade dos estudos disponíveis. São necessários novos estudos sobre procedimentos de aumento ósseo que relatem medidas pré e pós-operatórias precisas para permitir uma análise mais exata do procedimento de aumento, além de fornecer a justificativa para a escolha da abordagem cirúrgica mais indicada.

Liu e Kerns (2014) descreveram e discutiram o conhecimento publicado sobre Regeneração óssea guiada. Após a remoção do dente, as alterações dimensionais ocorrem durante os primeiros 3 meses e podem continuar ao longo do tempo, com até 11% adicionais de perda óssea volumétrica durante os 5 anos seguintes. Discutiram sobre os materiais de enxerto disponíveis: autoenxerto ósseo; aloenxerto ósseo e sobre as membranas de barreira não reabsorvíveis (e-PTFE, d-PTFE, malha de titânio e PTFE reforçado com titânio) e reabsorvíveis (membranas poliméricas e membranas colágenas). A membrana e-PTFE é sinterizada com poros entre 5 e 20 µm na estrutura do material, já a membrana d-PTFE possui tamanho nominal de poro inferior a 0,3 µm. Essa mudança se veio quando médicos descobriram que o e-PTFE exposto à cavidade oral resultou na migração de microrganismos através da membrana altamente porosa. As malhas de titânio são flexíveis e mantêm o espaço a ser regenerado sem colapsar, podendo também serem moldadas e adaptadas para auxiliar a regeneração óssea em defeitos que não mantêm o espaço. As membranas e-PTFE e d-PTFE também estão disponíveis como e-PTFE ou d-PTFE reforçado com titânio. A estrutura de titânio incorporada permite que a membrana

seja moldada para se ajustar a uma variedade de defeitos e fornece estabilidade adicional em defeitos ósseos grandes e sem manutenção de espaço. Já as membranas poliméricas, que são reabsorvíveis, são compostas de poliésteres sintéticos, poliglicólidos (PGAs), polilactídeos (PLAs) ou copolímeros. Esses materiais sintéticos podem ser reproduzidos em quantidades quase ilimitadas. Apresentam como vantagem clínica a capacidade de serem completamente biodegradados em dióxido de carbono e água através do ciclo de Krebs, portanto, não precisam ser removidos em uma segunda cirurgia. Todas as membranas de barreira devem satisfazer as seguintes condições: adesão do tecido sem mobilidade, bloqueio do crescimento de tecido mole, facilidade de utilização, a capacidade de manter espaço e biocompatibilidade. Também foi discutida as duas possíveis abordagens da ROG na terapia com implantes: ROG na colocação do implante (abordagem simultânea) e ROG antes da colocação do implante para aumentar o rebordo alveolar ou melhorar a morfologia do rebordo (abordagem por etapas).

Urban et al. (2014) realizaram um estudo de uma série de casos prospectivos de 19 pacientes avaliando o uso de uma nova membrana não reabsorvível reforçada com titânio (politetrafluoretileno de alta densidade), em combinação com uma mistura de osso bovino inorgânico derivado mineral (ABBM) e osso particulado autógeno, para aumento vertical de defeitos na crista alveolar. Neste estudo a mistura de ABBM (Bio-Oss, Geistlich Pharma) e osso particulado autógeno foi utilizado para aumento da crista alveolar e foi coberto com uma membrana de politetrafluoretileno de alta densidade reforçada com titânio (Cytoplast Ti-250 Titanium-ReinforcedMembrane, OsteogenicsBiomedical). O uso da membrana relatado neste estudo mostrou boa compatibilidade com tecidos moles e nenhuma exposição ou infecção da membrana ocorreu em nenhum dos locais cirúrgicos. Os tecidos moles foram intencionalmente fechados acima das membranas. Como resultado se obteve que, no geral, todos os locais de defeitos tratados exibiram excelente formação óssea, com uma média de 5,45 mm (desvio padrão de 1,93 mm) de aumento vertical alcançado. Nenhum dos casos demonstrou reabsorção óssea durante o acompanhamento. O período de cicatrização transcorreu sem intercorrências em todos os casos e não foram observadas complicações, como exposição da membrana ou infecção. Oito espécimes foram examinados histologicamente e em média, osso autógeno representou 36,6% dos espécimes,

ABBM 16,6% e espaço medular 46,8%. Nenhuma resposta inflamatória ou reação de corpo estranho foi observada nas amostras. Como conclusão desse estudo foi observado que o tratamento de rebordos alveolares deficientes com ROG utilizando uma mistura de osso autógeno e ABBM e uma nova membrana não reabsorvível reforçada com titânio pode ser considerado bem-sucedido.

Schneider et al. (2014) realizaram um ensaio clínico randomizado controlado multicêntrico comparando o desempenho clínico e histológico de uma nova membrana modificada de ácido polilactídeo-co-glicolídeo (PLGA) (Inion GTRTM BiodegradableMembrane System, InionOy, Tampere, Finland) a uma membrana expandida de politetrafluoretileno (ePTFE) reforçada com titânio (GORE-TEX RegenerativeMembrane, W.L. Gore & Assoc., Flagstaff, AZ, USA) em procedimentos de regeneração óssea guiada. Foram inseridos no estudo 40 pacientes que possuíam defeitos de deiscência peri-implantar, onde a membrana teste foi a PLGA modificada e a controle a de e-PTFE reforçada por titânio. Foram medidas as dimensões do defeito ósseo periimplantar além de ter sido realizada biópsia dos tecidos. Como resultado obtiveram que o componente do defeito ósseo vertical foi, em média, reduzido em 5,1 mm (CI 95% 6,8, 3,3) no grupo de teste e 6,9 mm (CI 95% 8,2, 5,5 mm) no grupo controle. A altura média do defeito vertical residual mediu 1,2 x 2,4 mm no grupo de teste e 0,3 x 1,1 mm no grupo controle, significando uma resolução média do defeito de 81% no grupo teste e 96% no grupo controle (P = 0,161). Em relação à espessura horizontal, foi observada uma perda durante o período de cicatrização de 6 meses em ambos os grupos, porém houve uma redução significativamente maior no grupo teste em comparação com o grupo controle. As análises histológicas qualitativas e quantitativas não mostraram diferenças significativas na composição tecidual entre os grupos. Como conclusão, obtiveram que a ROG foi realizada com sucesso em ambas membranas, no entanto, a membrana de controle foi capaz de manter melhor a espessura horizontal do osso regenerado e revelou menos complicações nos tecidos moles. Apesar disso, nenhuma evidência estatisticamente válida sobre a superioridade de uma membrana foi encontrada em quaisquer outros parâmetros.

Konstantinidis et al. (2015) realizaram um estudo de uma série de casos para avaliar a formação de osso após a ROG em defeitos de deiscência peri-implantar utilizando fosfosilicato de cálcio (CPS), massa óssea aloplástica, em combinação

com uma membrana de colágeno ou uma malha de titânio. Além disso, avaliaram também a taxa de sobrevivência de implantes colocados nos locais aumentados após 12 meses de função. Participaram do estudo 26 pacientes nos quais foram colocados trinta e seis implantes. Desses, vinte e seis foram colocados em conjunto com uma membrana de colágeno e os nove restantes utilizaram a malha de titânio. Apresentaram como efeito adverso a exposição da membrana em 13,9% dos casos, onde na malha de titânio foi de 33,33% (3 de 9 casos) e na membrana de colágeno 7,41% (2 de 27 casos). Como resultado, foi obtido um ganho médio em altura óssea de  $3,23 \pm 2,04$  mm, com 75% dos defeitos peri-implantares atingindo a regeneração completa. Já a taxa de sobrevivência do implante em 12 meses foi de 97,22%. Sendo assim, concluíram que o uso de massa óssea CPS durante a colocação tardia de implantes em locais de deiscência peri-implantar, em combinação com uma membrana de colágeno ou uma malha de titânio, resulta em cobertura previsível do defeito. E, apesar da exposição da membrana, os resultados da ROG não foram comprometidos pois a cobertura completa da superfície exposta do implante foi alcançada em todos os casos mesmo com exposição prematura.

Turri et al. (2016) realizaram um estudo com o objetivo de investigar o padrão molecular e estrutural da cicatrização óssea em defeitos ósseos trabeculares, com e sem uma membrana reabsorvível de origem animal. Foram criados defeitos no fêmur de 52 ratos, onde um defeito foi tratado com uma membrana extraída do intestino delgado suíno (DynaMatrix®; Keystone Dental, Boston, EUA) e o outro foi deixado vazio. Após 3dias, 6dias e 28dias, os locais do defeito e as membranas foram colhidos e analisados com histologia, histomorfometria, reação em cadeia da polimerase quantitativa (qPCR), Western blot (WB) e imunohistoquímica (IHC). Como resultado, foi demonstrado na histomorfometria que a presença da membrana promoveu a formação óssea nos períodos precoce e tardio. Também obtiveram como resultado que a membrana atrai células de diferentes fenótipos, que expressam e secretam sequencialmente fatores e sinais para regeneração e remodelação óssea (BMP-2, FGF2 e TGF- $\beta$ ) e vascularização (VEGF). Além disso, o compartimento da membrana promove a expressão de fatores quimiotáticos e modula os processos osteogênicos e de remodelação no defeito tratado, principalmente abaixo da membrana. Como conclusão se têm que esse estudo forneceu evidências estruturais, celulares e moleculares sugerindo que a membrana

atua como um compartimento bioativo, em vez de atuar apenas como uma barreira passiva.

Garcia et al. (2018) realizaram uma revisão com o objetivo de investigar o efeito da exposição da membrana sobre os resultados da regeneração óssea guiada (ROG) em locais peri-implantares e rebordos edêntulos. Foram incluídos ao todo oito artigos, onde cinco deles analisaram membranas e-PTFE, e três deles, membranas absorvíveis, incluindo ensaios clínicos humanos e série de casos, que relatam resultados de procedimentos de ROG com e sem exposição de membrana. Foi realizada uma meta-análise onde relataram a diferença média ponderada (DMP) entre os dois grupos e intervalo de confiança de 95% (CI). Como resultado eles obtiveram uma DMP do ganho ósseo horizontal em rebordos edêntulos de -76,24% (CI 95% = -137,52% a -14,97%,  $p = 0,01$ ), entre os locais com exposição da membrana e sem exposição. Além disso, a DMP da redução de deiscência em locais peri-implantar foi -27,27% (CI 95% de -45,87% a -8,68%,  $p = 0,004$ ). Com esses resultados, concluíram então que a exposição da membrana após procedimentos de ROG tem uma influência prejudicial significativa no resultado do aumento ósseo. Nos rebordos edêntulos, os locais sem exposição da membrana alcançaram um ganho ósseo horizontal de 74% em relação aos locais com exposição. Já nos defeitos de deiscência peri-implantar, os locais sem exposição da membrana tiveram uma redução de 27% a mais do defeito do que os locais com exposição.

Wessing, Lettner e Zechner (2018) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise com o objetivo de avaliar diferentes métodos de regeneração óssea guiada utilizando membranas de colágeno e materiais de enxerto particulados em implantodontia. Foram incluídos vinte estudos que preencheram os critérios de inclusão e como resultado obtiveram que as taxas de sobrevivência dos implantes foram semelhantes entre a colocação simultânea e subsequente do implante. Em relação a taxa de exposição, as membranas reticuladas apresentaram uma taxa 30% maior do que as não reticuladas. Também foi observado que a decorticação levou a um maior ganho ósseo horizontal e foi constatado que o uso de osso mineral bovino inorgânico levou a um osso recém-regenerado suficiente com altas taxas de sobrevivência do implante. Além disso, verificaram que a exposição precoce das membranas de colágeno durante a ROG é uma complicação relativamente comum e

deve ser esperada em aproximadamente um quinto dos casos. Como conclusão tem-se que a ROG utilizando materiais de enxerto particulados e membranas de colágeno reabsorvíveis é uma técnica eficaz para o aumento do rebordo alveolar. Ademais, concluíram que técnicas adicionais como fixação por membrana e decorticação podem representar implicações benéficas para a prática.

Kawasaki et al. (2018) realizaram um estudo clínico para avaliar se a membrana de ácido poliláctico-glicólico (membrana GC), que já é usada para regeneração tecidual guiada (RTG), pode ser usada também para a regeneração óssea guiada (ROG). A técnica ROG é frequentemente aplicada para fornecer osso suficiente para a colocação ideal do implante. O estudo foi realizado em 18 pacientes, totalizando 23 implantes. Todos os pacientes foram submetidos à colocação de implantes utilizando a membrana GC® (GC Corporation, Tóquio, Japão) que é composta de ácido poliláctido-co-glicólido (PLGA), um polímero sintético bioabsorvível por sua estrutura ser suscetível à hidrólise. Foram realizadas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico 13 a 30 semanas após a cirurgia para avaliar a quantidade de aumento ósseo. Foi avaliado também o quociente de estabilidade do implante (ISQ) após a segunda cirurgia. A deiscência da ferida foi observada em 4 regiões, mas apesar disso todas as feridas fecharam rapidamente e não houveram sintomas de infecção ao redor dos implantes. Os resultados obtidos foram de um aumento ósseo de 0,70–2,56 mm horizontalmente e 0–6,82 mm verticalmente. Apenas 0,18 mm de recessão óssea foi observada 16-24 meses após a colocação do implante. Durante todo o período de acompanhamento não foram observadas recessão das margens gengivais e exposição das roscas do implante indicando que o aumento ósseo foi mantido. Como conclusão do estudo sugere-se que a membrana GC pode ser usada tanto para RTG quanto para ROG, por fornecer aumento ósseo suficiente para o tratamento com implantes e por manter o osso aumentado por um longo período.

Plonka, Urban e Wang (2018) realizaram uma revisão para verificar todos os procedimentos disponíveis utilizados para o aumento vertical do rebordo (AVR), sendo eles: distração osteogênica (DO), enxerto onlay (EO) e regeneração óssea guiada (ROG). E então desenvolveram uma árvore de decisão, baseada na quantidade de altura de crista adicional necessária (< 4, 4 a 6 ou > 6 mm) para melhorar o processo de seleção e aumentar o sucesso nesses procedimentos. Para

isso, o clínico deve considerar fatores anatômicos, clínicos e relacionados ao paciente que influenciam os resultados do tratamento. Como conclusão, definiram que a ROG é geralmente preferida devido à sua alta previsibilidade e baixa incidência de complicações. Já em relação à OG, ele deve ser reservado para pacientes resistentes a fontes de enxerto alogênico e xenogênico. No entanto, a DO, só deve ser usada em casos de extrema deficiência vertical do rebordo e com elevada experiência e habilidade do operador.

Urban et al. (2019) realizaram uma revisão de literatura para avaliar o efeito de algumas técnicas usadas para aumento vertical do rebordo no ganho ósseo vertical clínico. Foram incluídos trinta e seis publicações, dentre elas: ensaios clínicos randomizados e controlados e séries de casos prospectivos e retrospectivos. Após isso foram realizadas meta-análises para avaliar o ganho ósseo vertical com base no tipo de procedimento e comparar os ganhos ósseos em estudos controlados. Como resultado eles obtiveram que em todas as abordagens de tratamento houve um ganho ósseo vertical significativo ( $n = 33$ ; efeito médio ponderado = 4,16 mm; CI 95% 3,72–4,61;  $p < 0,001$ ). Já o ganho ósseo vertical clínico e a taxa de complicações variaram entre os diferentes procedimentos, com ganho médio ponderado de 8,04 mm e taxa de complicações de 47,3% para distração osteogênica, 4,18 mm e 12,1% para regeneração óssea guiada (ROG) e 3,46 mm e 23,9% para blocos ósseos. Em estudos comparativos, a ROG obteve um ganho ósseo significativamente maior quando comparado aos blocos ósseos ( $n = 3$ ; diferença média ponderada = 1,34 mm; CI 95% 0,76–1,91;  $p < 0,001$ ). E em relação à ROG, as membranas reabsorvíveis foram mais propensas a complicações do que as membranas não reabsorvíveis (23% versus 7%). Como conclusão, obtiveram que o aumento vertical do rebordo é uma terapia viável e eficaz para a reconstrução de rebordos alveolares deficientes, embora as complicações sejam comuns.

Saletta et al. (2019) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar e comparar a qualidade de revisões sistemáticas de técnicas de regeneração óssea vertical, utilizando duas ferramentas de avaliação de qualidade (AMSTAR e ROBIS). Foram incluídas dezessete revisões sistemáticas, das quais sete apresentaram meta-análise, e todas elas avaliaram pelo menos um dos seguintes resultados: sobrevivência do implante, taxas de sucesso, complicações ou ganho ósseo após o aumento vertical do rebordo. A pontuação média do intervalo de confiança de 95%

AMSTAR foi de 6,35 [4,74;7,97], com pontuações mais altas sendo correlacionadas com um menor risco de viés (coeficiente de correlação de Pearson = 0,84;  $P < 0,01$ ). O kappa inter examinador de Cohen mostrou concordância substancial para ambas as listas de verificação. Como resultado obtiveram que é possível obter ganhos ósseos verticais, independente da técnica utilizada. A regeneração óssea guiada foi considerada a técnica mais previsível em relação à estabilidade óssea, enquanto a distração osteogênica alcançou os maiores ganhos ósseos com o maior risco de complicações. Além disso, verificaram que o sucesso dos implantes em áreas regeneradas foi semelhante aos implantes colocados em osso intacto com resultados entre 61,5% e 100%. Concluíram que as técnicas de regeneração óssea vertical se apresentam como eficientes quanto ao ganho ósseo e sobrevida do implante, no entanto, são necessários mais estudos com maior tempo de seguimento, para melhor esclarecer qual técnica apresenta os melhores resultados.

Hartmann e Seiler (2020) realizaram uma análise retrospectiva para analisar o risco de exposições de malha de titânio personalizadas. Foi implementado um tratamento dos defeitos ósseos tridimensionais com base em uma malha de titânio personalizada (Yxoss CBR®, ReOSS, Filderstadt, Alemanha). Os pacientes e locais de aumento foram analisados retrospectivamente com foco nas regiões do defeito, fatores demográficos, dificuldades de cicatrização e potenciais fatores de risco. Além de investigar a taxa de exposição em relação à aplicação de tala cirúrgica, A®-PRF (Fibrina Rica em Plaquetas) e desenho do retalho. Foram colocados 98 implantes e a malha de titânio foi retirada após um tempo médio de  $6,53 \pm 2,7$  meses. O desenho do retalho foi realizado como preparo de retalho completo (27,9%), retalho completo e incisão periosteal (39,7%), incisão periosteal (1,5%), poncho/retalho dividido (27,9%) e retalho rotacionado (2,9%). Foram documentadas exposição das telas em 25% dos casos. Dentro dessa taxa de exposição, a maioria foi leve e apenas pontual (A = 16,2%), como largura de um dente (B = 1,5%) e completa (C = 7,4%). A®-PRF proporcionou significativamente menor exposição das telas de titânio (76,5% sem exposição vs. 23,5% sim,  $p = 0,029$ ). Além disso, o sexo feminino foi significativamente associado a menor taxa de exposição (78,4% feminino vs. 21,6% masculino,  $p = 0,043$ ). Como resultado obtiveram que as telas de titânio personalizadas demonstraram ser uma técnica promissora e o A®-PRF deve ser recomendado para melhorar a cicatrização dos tecidos moles, além disso, as

exposições foram complicações que não afetaram o desfecho e o sucesso do procedimento de enxertia.

Bornert et al. (2021) realizaram um estudo comparativo para avaliar a cinética de degradação e a biocompatibilidade de duas membranas de colágeno reabsorvíveis. O estudo foi realizado em 18 minipigs Yucatán machos, onde foram extraídos os pré-molares e primeiros molares inferiores de todos eles. Após 4 meses de cicatrização foram criados defeitos em semi-sela (comprimento 12 mm, largura 8 mm e profundidade 8 mm), com distância de 10 mm entre eles. Esses defeitos foram preenchidos com xenoenxerto bovino (BioOss grânulos, 1–2 mm, Geistlich [Wolhusen, CH]) e cobertos com as membranas escolhidas para o estudo, sendo a controle a membrana de colágeno Bio-Gide (Geistlich (Wolhusen, CH)) e a teste sendo a membrana de Jason (Botiss (Berlin, DE)), de acordo com as instruções do fabricante. Após 4, 8 e 12 semanas foram realizadas análises histológicas para avaliar a quantidade de membrana residual. Essa comparação foi calculada usando o modelo de regressão mista de Brunner-Langer. Como resultado dessas análises verificaram que houve presença de membrana residual em ambos os grupos em todos os momentos, com degradação significativa observada em ambos os grupos em 12 semanas em comparação com 4 semanas. No entanto, não houve nenhuma diferença significativa nas pontuações classificadas de membrana residual entre as membranas de controle e teste. Portanto verificaram que a degradação e biocompatibilidade da membrana de colágeno de teste Jason foi comparável à da membrana de teste de colágeno de camada dupla Bio-Gide quando usada em combinação com um xenoenxerto bovino para a regeneração de osso em defeitos semi-sela em miniporcões. No entanto, é necessário uma avaliação mais aprofundada em ambiente clínico.

Jung et al. (2021) realizaram um ensaio clínico prospectivo e controlado em relação ao desempenho clínico e radiográfico de implantes simultaneamente colocados com regeneração óssea guiada (ROG) utilizando membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis após 22-24 anos, em relação a aqueles colocados em osso sem ROG. O estudo foi realizado em 72 pacientes que receberam 265 implantes, no período de 1994 a 1996. Desses 265 implantes, 112 foram utilizados juntamente com uma membrana reabsorvível (BG), que nesse caso foi utilizado um osso mineral bovino desproteinizado (GeistlichBio-Oss®, Geistlich Pharma AG,

Wolhusen, Suíça) e uma membrana de colágeno nativo reabsorvível (GeistlichBio-Gide®, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suíça); 41 foram utilizados com uma membrana não reabsorvível (GT) onde também foi utilizado o osso mineral bovino desproteinizado (GeistlichBio-Oss®, Geistlich Pharma AG) e a membrana não reabsorvível era feita de politetrafluoretileno expandido (e-PTFE; Gore-Tex®, W.L. Gore/ImplantInnovations, West Palm Beach, FL, EUA); e 112 implantes foram o grupo controle, colocados em osso puro sem terapia regenerativa. Foram avaliados parâmetros clínicos e houve uma análise radiográfica 3D para avaliar as dimensões ósseas. A sobrevivência do implante foi avaliada com a análise de Kaplan–Meier e um modelo de fragilidade (nível de significância de 5%). Originalmente haviam 72 pacientes, porém após um período médio de 23,5 anos, apenas 39 pacientes com 147 implantes foram incluídos no estudo. A sobrevivência dos implantes foram de: 89,3% no grupo BG (n=100); 90,2% no grupo CT (n=37) e 93,8% no grupo CT (n=105). Os níveis médios de osso marginal vertical foram  $-2,3 \pm 1,4$  mm (BG, n = 59),  $-3,0 \pm 1,5$  mm (GT, n = 21) e  $-2,3 \pm 1,6$  mm (CT, n = 52). Os níveis ósseos vestibulares verticais foram  $-3,0 \pm 1,9$  mm (BG, n = 57),  $-3,5 \pm 2,2$  mm (GT, n = 21) e  $-2,6 \pm 1,8$  mm (CT, n = 49), sem diferenças significativas. Como conclusão desse estudo se tem que a colocação de implantes com procedimentos de ROG fornece resultados de tratamento com taxas de sobrevivência de implantes favoráveis (89,3%–93,8%) após 23,5 anos, sendo comparável aos implantes colocados no osso original. No entanto, fumar afetou negativamente a sobrevivência do implante.

Naenni et al. (2021) realizaram um estudo para avaliar os resultados clínicos, radiográficos e as alterações do contorno perfilométrico dos tecidos duros e moles peri-implantares ao redor de implantes unitários tratados com regeneração óssea guiada simultânea (ROG) em 5 anos. O estudo foi realizado com 27 pacientes onde todos receberam um implante de duas peças. A ROG foi realizada aleatoriamente usando uma membrana xenógena de colágeno reabsorvível (Bio-Gide, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suíça) (RES) ou uma membrana ePTFE reforçada com titânio não reabsorvível (Gore-Tex®, W.L. Gore & Assoc., Flagstaff, Arizona, EUA) (N-RES). Foram realizados exames de acompanhamento no início do estudo (BL= inserção da coroa), após 1 ano (FU-1), 3 anos (FU-3) e 5 anos (FU-5), incluindo parâmetros clínicos e radiográficos, bem como alterações perfilométricas. Após 5 anos, 20 dos 27 pacientes (9 RES, 11 N-RES) foram reexaminados. Como

resultados se obtiveram que os valores medianos para profundidade de sondagem mudaram insignificamente entre BL e FU-5 em ambos os grupos. Os níveis ósseos marginais medianos estavam localizados 0,23 mm (0,06; 0,46; RES) e 0,17 mm (0,13;0,28; N-RES) abaixo do ombro do implante em FU-5 (alterações ao longo do tempo  $p < 0,05$ ). A alteração perfilométrica mediana calculada entre BL e FU-5 foi -0,28mm (-0,53;-0,20; RES) ( $p = 0,016$ ) e -0,24mm (-0,43;0,08; N-RES) ( $p=0,102$ ) (intergrupo  $p=0,380$ ). A espessura óssea horizontal diminuiu significativamente entre a reentrada e FU-5 para o grupo RES em todos os níveis medidos ( $p < 0,05$ ) medindo 0,87mm (0,0;2,05) no ombro do implante, enquanto a diminuição para o grupo N-RES foi insignificante ( $p=0,031$ ) com 0mm (0; 0,84) no ombro do implante em 5 anos. Em geral, os locais do grupo N-RES exibiram valores mais altos e menos reabsorção em termos de espessura óssea horizontal em comparação com o grupo RES em 5 anos. Além disso, a membrana e-PTFE (N-RES) foi mais capaz de impedir que os tecidos moles sobrejacentes invadissem a área aumentada. No entanto, essas diferenças não tiveram a influência esperada no contorno bucal geral ao comparar os dois grupos. Independentemente da reabsorção de tecido duro observada, o tecido mole subjacente mostrou ter compensado a perda da espessura horizontal do osso por um aumento na espessura do tecido mole. Como conclusão desse estudo se tem que locais de implantes com ROG concomitante usando uma membrana reabsorvível ou não reabsorvível revelaram níveis ósseos marginais estáveis e bons resultados clínicos. Alterações perfilométricas foram clinicamente insignificantes ao longo de 5 anos. Além disso, a mudança observada na espessura do tecido duro foi parcialmente compensada por um aumento na espessura do tecido mole.

Ogata et al. (2022) realizaram um estudo piloto em 5 pacientes para investigar a segurança e a viabilidade da aplicação clínica de um novo material sintético biodegradável usado para ROG, a membrana poli (ácido L-láctico/ $\epsilon$ -caprolactona) [P (LA/CL)]. Nesse estudo a membrana de camada dupla P (LA/CL) (GMEM-B2; GC Corporation, Tóquio, Japão) foi usada simultaneamente com a colocação do implante nos 5 pacientes. Após 5 meses, foi feito outro procedimento cirúrgico para avaliar o aumento ósseo e para verificar a ocorrência de efeitos adversos. Foram feitas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico e avaliação do quociente de estabilidade do implante (ISQ) antes e depois dos dois

procedimentos cirúrgicos. Após a segunda cirurgia o ISQ indicou boa osseointegração em todos os 5 pacientes. Como conclusão desse estudo se obteve que o uso de P (LA/CL) não causou nenhum efeito adverso irreversível e mostrou resultados suficientes para regenerar o osso alveolar como uma membrana de ROG. No entanto, necessitam de novos estudos clínicos com maior número de participantes e de grupo controle para confirmar a eficácia e segurança desse biomaterial.

## 4 DISCUSSÃO

As membranas são divididas em reabsorvíveis e não reabsorvíveis. Os materiais reabsorvíveis que são usados como membranas pertencem aos grupos de polímeros naturais ou sintéticos, como é o caso das membranas poliméricas e membranas colágenas (LIU; KENS, 2014).

As membranas reabsorvíveis oferecem a vantagem de serem reabsorvidas pelo corpo, eliminando assim a necessidade de uma segunda intervenção cirúrgica para sua remoção. Dessa forma, atraem tanto o clínico quanto o paciente, reduzindo o risco de morbidade, o risco de dano tecidual e com melhor custo-benefício (RAKHMATIA et al., 2013; TURRI et al., 2016). No entanto, as principais desvantagens das membranas reabsorvíveis são a falta de rigidez e a cinética de degradação rápida por colagenases endógenas, de modo que a função de barreira pode não permanecer tempo o suficiente para a regeneração óssea, sendo imprevisível (BOTTINO et al., 2012; RAKHMATIA et al., 2013). Diferentes métodos de reticulação química têm sido utilizados para melhorar as propriedades mecânicas e a estabilidade da matriz de colágeno, diminuindo assim a sua taxa de degradação (BEHRING et al., 2008; BOTTINO et al., 2012).

Os resultados dos estudos de Turri et al. (2016) forneceram evidências que uma membrana reabsorvível de origem animal utilizada em seu estudo, atua não só como uma barreira passiva, mas também como um compartimento bioativo, secretando fatores e sinais para regeneração, remodelação óssea e vascularização. Além disso, as membranas reabsorvíveis demonstraram excelentes características hemostáticas e quimiotáticas (BEHRING et al., 2008; TURRI et al., 2016).

Alguns exemplos de membranas à base de colágeno são as derivadas de tecidos de pele humana (Alloderm®, LifeCell, Branchburg, NJ, EUA), tendão de Aquiles bovino ou pele suína (Bio-Gide®, Osteohealth, Shirley, NY, EUA) (BOTTINO et al., 2012). Bornert et al. (2021) realizaram um estudo comparativo em minipigs utilizando duas membranas de colágeno reabsorvíveis, a membrana de colágeno Bio-Gide (Geistlich (Wolhusen, CH)) e membrana de Jason (Botiss (Berlin, DE)), e como resultado obtiveram que a degradação e biocompatibilidade das duas

membranas foram comparáveis. No entanto, consideraram como necessária uma avaliação mais aprofundada em ambiente clínico.

Apesar do bom desempenho, podem ocorrer algumas complicações com as membranas absorvíveis. A exposição precoce das membranas de colágeno durante a ROG é uma complicação relativamente comum e deve ser esperada em aproximadamente um quinto dos casos (KONSTANTINIDIS et al., 2015; GARCIA et al., 2018; WESSING; LETTNER; ZECHNER, 2018). No entanto, o efeito direto dessa exposição no ganho ósseo não pôde ser identificado na meta-análise da revisão sistemática de Wessing, Lettner e Zechner (2018).

As membranas poliméricas são feitas de poliésteres sintéticos, poliglicolídeos (PGAs), polilactídeos (PLAs) ou copolímeros. Esses materiais sintéticos podem ser reproduzidos previsivelmente em quantidades quase ilimitadas e são completamente biodegradados em dióxido de carbono e água por meio do ciclo de Krebs (LIU; KERNS, 2014). A membrana de ácido poliláctido-co-glicólido (PLGA), já utilizada para RGT, forneceu aumento ósseo suficiente para o tratamento com implantes e manteve o osso aumentado por um longo período, quando utilizada na ROG (KAWASAKI et al., 2018). A segurança e viabilidade da aplicação clínica da membrana poli (ácido L-láctico/ $\epsilon$ -caprolactona) [P (LA/CL)] foi avaliada quando usada simultaneamente com a colocação do implante no estudo de Ogata et al. (2022). Não foi observado nenhum efeito adverso irreversível e mostrou resultados suficientes para regenerar o osso alveolar. Todavia, foi considerada a necessidade de novos estudos clínicos com maior número de participantes e de grupo controle para confirmar a eficácia e segurança desse biomaterial.

Já as membranas não reabsorvíveis necessitam de uma segunda cirurgia; no entanto, têm a vantagem de que o espaço pode ser mantido com mais previsibilidade e possuem maior maleabilidade. As membranas não reabsorvíveis podem ser divididas em politetrafluoretileno expandido (e-PTFE), politetrafluoretileno de alta densidade (d-PTFE), malha de titânio e PTFE reforçadas com titânio (LEE et al., 2010; BOTTINO et al., 2012; RAKHMATIA et al., 2013).

A membrana de e-PTFE é sinterizada com poros entre 5 e 20  $\mu$ m na estrutura do material. O tipo comercial mais popular de e-PTFE é o Gore-Tex®. Atuam como um obstáculo mecânico, e assim, os fibroblastos e outras células do tecido

conjuntivo são impedidos de entrar no defeito ósseo, de modo que as células de migração mais lenta com potencial osteogênico possam repovoar o defeito (LEE et al., 2010; LIU; KERNS, 2014).

No entanto, a exposição da e-PTFE à cavidade oral leva à migração de microrganismos e infecção bacteriana, o que pode comprometer o aumento ósseo e a osseointegração (LEE et al., 2010; LIU; KERNS, 2014). Portanto, quando a membrana é exposta precocemente à cavidade oral, a ferida deve ser manejada cuidadosamente com o uso de agente antibiótico como a clorexidina e, se ocorrer inflamação, o e-PTFE deve ser removido imediatamente (LEE et al., 2010). De acordo com a revisão de Garcia et al. (2018), a exposição da membrana tem uma influência prejudicial significativa no resultado do aumento ósseo e, em locais sem exposição, houve um ganho ósseo horizontal de 74% em relação a locais com exposição.

A membrana d-PTFE é usada como uma membrana não reabsorvível alternativa à e-PTFE. Foi desenvolvida em 1993, sendo a Cytoplast® a mais popular. Possui um tamanho de poro nominal inferior a 0,3  $\mu\text{m}$ , e, por apresentar um tamanho de poro menor, fornece uma resistência superior à penetração bacteriana (LEE et al., 2010; LIU; KERNS, 2014). Dessa forma, essa membrana pode ser exposta à cavidade oral sem medo de possíveis complicações que possam ocorrer. Por conta disso, o fechamento primário sobre essa membrana não é necessário. Dessa forma o cirurgião-dentista pode tratar grandes defeitos, preservar a papila interdentária e preservar toda a largura da mucosa queratinizada sem preocupações com contaminação bacteriana ou infecção (BARBER et al., 2007). Apesar disso, no estudo de Urban et al. (2014), que obteve resultados positivos de formação óssea sem exposição da membrana, os tecidos moles foram intencionalmente fechados acima da membrana d-PTFE contradizendo, portanto, o estudo anterior.

No estudo de Jung et al. (2021) foi comparado o desempenho clínico e radiográfico de implantes simultaneamente colocados utilizando membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis após 22-24 anos, em relação a aqueles colocados em osso sem ROG. Como conclusão, obtiveram que a colocação de implantes com procedimentos de ROG forneceu resultados de tratamento com taxas de sobrevivência de implantes (89,3%–93,8%) após 23,5 anos, com ambas membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis, sendo comparável aos implantes colocados no

osso original. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo de Lee et al. (2010), onde não houve diferença significativa na regeneração óssea entre e-PTFE e d-PTFE. No entanto, no estudo de Urban et al. (2019), foi relatado que as membranas reabsorvíveis foram mais propensas a complicações do que as não reabsorvíveis (23% versus 7%).

Além das membranas de PTFE, o titânio é outro material não reabsorvível aplicável ao reparo ósseo alveolar. A tela de titânio (Ti-mesh) possui excelentes propriedades mecânicas para a estabilização de enxertos ósseos abaixo da membrana. Sua rigidez proporciona manutenção do espaço, sua elasticidade evita a compressão da mucosa, sua estabilidade evita o deslocamento do enxerto e sua plasticidade permite flexão, contorno e adaptação a qualquer defeito ósseo (HER; KANG; FIEN, 2012; RAKHMATIA et al., 2013; LIU; KERNS, 2014).

Nos estudos de Hartmann e Seiler (2020) e Her, Kang e Fien (2012) foram observados os efeitos da exposição das Ti-mesh, e ambos relataram que a exposição não causou complicações significativas ou interferiu na colocação posterior do implante. Her, Kang e Fien (2012) relataram que quando há exposição da tela de titânio, é necessário que seja feito um alívio das bordas desse material para eliminar possíveis irregularidades e ângulos agudos que possam gerar desconforto ao paciente no caso de contato com essa tela. Além disso, relataram que, quando exposta, não necessitam de remoção imediata, pois esse material não interfere no fluxo sanguíneo para os tecidos subjacentes devido à presença de poros no interior da tela. Ademais, os dois estudos apresentaram bons resultados de aumento ósseo. Na série de casos de Konstantinidis et al. (2015), foi feita uma comparação entre a malha de titânio e uma membrana de colágeno em combinação com fosfosilicato de cálcio (CPS), que é uma massa óssea aloplástica. Nos casos utilizando malha de titânio a taxa de exposição foi de 33,33%, já com a membrana de colágeno foi de 7,41%. Apesar da exposição, a cobertura completa da superfície exposta do implante foi alcançada em todos os casos, corroborando com os autores acima citados.

As membranas PTFE também estão disponíveis como e-PTFE ou d-PTFE reforçado com titânio. A estrutura de titânio incorporada permite que a membrana seja moldada para se ajustar a uma variedade de defeitos, tendo sua forma facilmente mantida, além de fornecer estabilidade adicional em grandes defeitos

ósseos sem manutenção de espaço (HER; KANG; FIEN, 2012; LIU; KERNS, 2014). Urban et al. (2014) realizaram um estudo utilizando uma membrana d-PTFE reforçada com titânio e nesse estudo o uso da membrana mostrou boa compatibilidade com tecidos moles e nenhuma exposição ou infecção da membrana ocorreu em nenhum dos locais cirúrgicos.

Alguns estudos fizeram comparações entre as membranas. Naenni et al. (2021) compararam uma membrana xenógena de colágeno reabsorvível e uma membrana e-PTFE reforçada com titânio não reabsorvível (Gore-Tex®, W.L. Gore & Assoc., Flagstaff, Arizona, EUA). Após 5 anos de observação, constataram que os locais com a membrana e-PTFE reforçada com titânio exibiram valores mais altos de aumento ósseo e menor reabsorção em termos de espessura óssea horizontal em comparação com a membrana reabsorvível. Além disso, a membrana e-PTFE apresentou maior capacidade de impedir que os tecidos moles sobrejacentes invadissem a área aumentada. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo de Schneider et al. (2014), que compararam o desempenho clínico e histológico da mesma membrana e-PTFE reforçada com titânio (Gore-Tex®, W.L. Gore & Assoc., Flagstaff, Arizona, EUA) com nova membrana modificada de ácido polilactídeo-co-glicolídeo (PLGA).

No geral, para a escolha da membrana mais indicada, o clínico deve considerar fatores anatômicos, clínicos e relacionados ao paciente que influenciam os resultados do tratamento.

## **5 CONCLUSÃO**

É possível concluir que a regeneração óssea guiada utilizando membranas se mostrou uma técnica eficaz de aumento ósseo, garantindo favoráveis taxas de sobrevivência de implantes. No entanto, cada membrana oferece vantagens e desvantagens, portanto para a escolha da membrana ideal o cirurgião dentista deve apresentar uma compreensão completa dos benefícios de cada uma, considerar fatores anatômicos, clínicos e relacionados ao paciente que influenciam os resultados do tratamento para a escolha da membrana mais adequada.

## REFERÊNCIAS

- BARBER, H. D. et al. Using a dense PTFE membrane without primary closure to achieve bone and tissue regeneration. **J Oral Maxillofac Surg.**, v. 65, n. 4, p. 748-752, 2007.
- BEHRING, J. et al. Toward guided tissue and bone regeneration: morphology, attachment, proliferation, and migration of cells cultured on collagen barrier membranes. A systematic review. **Odontology**, v. 96, p. 1-11, 2008.
- BORNERT, F. et al. Comparative barrier membrane degradation over time: Pericardium versus dermal membranes. **Clin Exp Dent Res.**, v. 7, n. 5, p. 711-718, 2021.
- BOTTINO, M. C. et al. Recent advances in the development of GTR/GBR membranes for periodontal regeneration—A materials perspective. **Dent Mater.**, v. 28, n. 7, p. 703-721, 2012.
- GARCIA, J. et al. Effect of membrane exposure on guided bone regeneration: A systematic review and meta-analysis. **Clin Oral Implants Res.**, v. 29, n. 3, p. 328-338, 2018.
- HARTMANN, A.; SEILER, M. Minimizing risk of customized titanium mesh exposures—a retrospective analysis. **BMC Oral Health.**, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2020.
- HER, S.; KANG, T.; FIEN, M. J. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. **J Oral Maxillofac Surg.**, v. 70, n. 4, p. 803-810, 2012.
- JUNG, R. E. et al. Clinical and radiographical performance of implants placed with simultaneous guided bone regeneration using resorbable and nonresorbable membranes after 22–24 years, a prospective, controlled clinical trial. **Clin Oral Implants Res.**, v. 32, n. 12, p. 1455-1465, 2021.
- KAWASAKI, T. et al. Clinical study of guided bone regeneration with resorbable polylactide-co-glycolide acid membrane. **Odontology**, v. 106, n. 3, p. 334-339, 2018.
- KHOJASTEH, A. et al. The effectiveness of barrier membranes on bone regeneration in localized bony defects: a systematic review. **Int J Oral Maxillofac Implants.**, v. 28, n. 4, 2013.
- KONSTANTINIDIS, I. et al. Clinical results of implant placement in resorbed ridges using simultaneous guided bone regeneration: a multicenter case series. **Clin Oral Investig.**, v. 19, p. 553-559, 2015.
- LEE, J. Y. et al. Guided bone regeneration using two types of non-resorbable barrier membranes. **J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.**, v. 36, n. 4, p. 275-279, 2010.
- LIU, J.; KERNS, D. G. Suppl 1: Mechanisms of guided bone regeneration: A review. **Open Dent J.**, v. 8, p. 56, 2014.

MILINKOVIC, I.; CORDARO, L. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review. **Int J Oral Maxillofac Surg.**, v. 43, n. 5, p. 606-625, 2014.

NAENNI, N. et al. Implants sites with concomitant bone regeneration using a resorbable or non-resorbable membrane result in stable marginal bone levels and similar profilometric outcomes over 5 years. **Clin Oral Implants Res.**, v. 32, n. 8, p. 893-904, 2021.

OGATA, K. et al. Safety and feasibility assessment of biodegradable poly (l-lactic acid/ $\epsilon$ -caprolactone) membrane for guided bone regeneration: A case series of first-in-human pilot study. **J Dent Sci.**, v. 17, n. 1, p. 368-376, 2022.

PLONKA, A. B.; URBAN, I. A.; WANG, H. L. Decision Tree for Vertical Ridge Augmentation. **Int J Periodontics Restorative Dent.**, v. 38, n. 2, 2018.

RAKHMATIA, Y. D. et al. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. **J Prosthodont Res.**, v. 57, n. 1, p. 3-14, 2013.

SALETTA, J. M. et al. Quality assessment of systematic reviews on vertical bone regeneration. **Int J Oral Maxillofac Surg.**, v. 48, n. 3, p. 364-372, 2019.

SCHNEIDER, D. et al. A randomized controlled clinical multicenter trial comparing the clinical and histological performance of a new, modified polylactide-co-glycolide acid membrane to an expanded polytetrafluorethylene membrane in guided bone regeneration procedures. **Clin Oral Implants Res.**, v. 25, n. 2, p. 150-158, 2014.

TAN, W. L. et al. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. **Clin Oral Implants Res.**, v. 23, p. 1-21, 2012.

TURRI, A. et al. Guided bone regeneration is promoted by the molecular events in the membrane compartment. **Biomaterials**, v. 84, p. 167-183, 2016.

URBAN, I. A. et al. Vertical ridge augmentation with titanium-reinforced, dense-PTFE membranes and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: a prospective case series in 19 patients. **Int J Oral Maxillofac Implants.**, v. 29, n. 1, 2014.

URBAN, I. A. et al. Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. **J Clin Periodontol.**, v. 46, p. 319-339, 2019.

WANG, H. L.; BOYAPATI, L. "PASS" principles for predictable bone regeneration. **Implant Dent.**, v. 15, n. 1, p. 8-17, 2006.

WESSING, B.; LETTNER, S.; ZECHNER, W. Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: a systematic review and meta-analysis. **Int J Oral Maxillofac Implants.**, v. 33, n. 1, p. 87-100, 2018.