

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

MARCOS ADRIANO DA SILVEIRA

FIXAÇÃO INTERNA RÍGIDA NA ÁREA BUCOMAXILOFACIAL COM
MATERIAIS BIOABSORVÍVEIS: REVISÃO DE LITERATURA

Porto Alegre

2012

MARCOS ADRIANO DA SILVEIRA

**FIXAÇÃO INTERNA RÍGIDA NA ÁREA BUCOMAXILOFACIAL COM
MATERIAS BIOABSORVÍVEIS: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Odontologia da Faculdade de Odontologia
da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito parcial para obtenção
do título de Cirurgião-Dentista.

**Orientador: Prof. Dr. Angelo Luiz
Freddo**

Linha de pesquisa: Biomateriais e Técnicas Terapêuticas em Odontologia.

Porto Alegre

2012

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos pelo carinho, educação e incentivo dado aos estudos. À minha namorada pelo companheirismo em todos os momentos.

Ao professor Angelo Luiz Freddo, pelos ensinamentos e pela orientação prestada a este trabalho.

A todo o corpo docente da Faculdade de Odontologia da UFRGS, em especial à área de Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial, pelo conhecimento transmitido.

RESUMO

SILVEIRA, Marcos Adriano da. **Fixação interna rígida na área bucomaxilofacial com materiais bioabsorvíveis**: Revisão de literatura. 2012. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

Há séculos vem sendo usadas técnicas para a fixação dos ossos faciais, e diversos materiais já foram empregados para este fim, como na antiguidade as tiras de couro extra-orais e fios de ouro e de linho. Com o passar dos anos houve muito progresso nos tratamentos em saúde, e as técnicas e materiais de fixação óssea evoluíram em conformidade com esse progresso. Nas últimas décadas ocorreu um grande desenvolvimento dos materiais metálicos com boas propriedades físicas e biocompatibilidade, como o titânio. Embora seja o material mais bem aceito e seu uso clínico esteja consolidado na literatura, o titânio apresentou um número relevante de problemas e questões a se discutir. Como alternativa aos metais e para contornar algumas de suas limitações, vem sendo pesquisado e introduzido no mercado os materiais bioabsorvíveis para a fixação interna rígida. Nas últimas duas décadas muitos trabalhos foram desenvolvidos visando avaliar a utilização desse tipo de material, comparar seus resultados com os outros sistemas e criar um protocolo de utilização. Este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão da literatura avaliando a utilização dos materiais bioabsorvíveis na área bucomaxilofacial.

Palavras-chave: Fixação interna rígida. Fixação bioabsorvível. Fratura bucomaxilofacial. Placas bioabsorvíveis. Materiais absorvíveis de PGA/PLLA.

ABSTRACT

SILVEIRA, Marcos Adriano da. **Rigid internal fixation in the oral and maxillofacial area with bioabsorbable materials**: Literature review. 2012. 33 f. Final paper (Graduation in Dentistry) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012

For centuries facial bones fixation techniques has been in practice, and a high number of materials have already been employed for this purpose, as in antiquity the leather straps and extra-oral gold wires and flax. Over the years there has been much progress in health treatments, and techniques and materials for bone fixation evolved in accordance with this progress. In recent decades there's been a large development of metallic materials with good physical properties and biocompatibility, such as titanium. Although it's the better accepted material and its clinical use is consolidated in the literature, titanium showed a significant number of problems and issues to be discussed. As an alternative to metals and to overcome some of its limitations, bioabsorbable materials has been researched and marketed for rigid internal fixation. In the last two decades many studies have been developed to evaluate the use of such material, to compare their results with other systems and to create a utilization protocol. This paper aims to review the literature evaluating the use of bioabsorbable materials in the oral and maxillofacial area.

Keywords: Rigid internal fixation. Bioabsorbable fixation. Maxillofacial fractures. Bioabsorbable Plates. PGA/PLLA absorbable materials.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIREME	Biblioteca virtual em saúde
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior
FIR	Fixação Interna Rígida
LILACS	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
N	Newtons
PGA	Ácido poliglicólico
P(L/DL)LA	Polímero de ácido poli-L-lático e ácido poli-DL-lático
PLLA	Ácido poli-L-lático
PLLA/PGA	Polímero de ácido poli-L-lático e ácido poliglicólico
PubMed	Banco de dados de artigos médicos
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
u-HA/PLLA	Hidroxiapatita não sinterizada com ácido poli-L-lático

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVO	10
3	METODOLOGIA	11
4	REVISÃO DE LITERATURA	12
4.1	VANTAGENS	17
4.2	DESvantagens	18
4.3	TÉCNICA	19
4.4	PROPRIEDADES	20
5	DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Os princípios essenciais do tratamento dos ossos fraturados não se alteram desde que Hipócrates ou os escritores hipocráticos os definiram pela primeira vez há mais de vinte e cinco séculos. Tais princípios consistem na redução dos segmentos fraturados e na imobilização durante o tempo de cicatrização óssea. Existem muitas formas de executar os princípios de redução e fixação (DINGMAN; NATVIG, 1983).

O termo fixação interna rígida (FIR) tem muitas definições. Inerente a essas definições, o pré-requisito é a exposição cirúrgica para alinhar anatomicamente os fragmentos (redução aberta) e assegurar a fixação dos dispositivos (MICHAEL MILORO *et al.*, 2008).

Décadas de desenvolvimento produziram dispositivos metálicos para quase todas as necessidades possíveis. Apesar do uso generalizado, um conjunto de problemas ou questões foi identificado. Estes incluem, estresse, quebra, a interferência com o padrão de imagem e restrição do crescimento em pacientes jovens (PIETRZAK *et al.*, 1996).

O uso de fixação por placas e parafusos de titânio no esqueleto craniomaxilofacial tem apresentado um baixo índice de complicações e excelente biocompatibilidade. Porém, uma controvérsia associada ao seu uso em ossos em crescimento tem levado ao desenvolvimento de materiais de fixação bioabsorvíveis (MICHAEL MILORO *et al.*, 2008).

No mesmo sentido, com intuito de melhorar as modalidades de tratamento de indivíduos acometidos por fraturas ósseas, diversos pesquisadores, ao acreditarem poder contornar as dificuldades da fixação interna metálica, realizaram estudos experimentais para o desenvolvimento de um material de fixação interna que fosse absorvível (CANÇADO *et al.*, 2006).

Placas bioabsorvíveis podem ser definidas como implantes absorvíveis compostos por homo ou co-polímeros, utilizados na contenção e na estabilização de fraturas ósseas (TÖRMÄLÄ; POHJONE; ROKKANEN, 1998). Os polímeros são formados por ligação covalentes de repetidas unidades ou monômeros (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

Um dos aspectos mais limitantes de polímeros bioabsorvíveis é a sua resistência mecânica inferior em comparação com os metais (PIETRZAK *et al.*, 1996). A utilização de implantes absorvíveis biologicamente inertes eliminaria a necessidade de uma segunda intervenção cirúrgica para a sua remoção em pacientes em crescimento, e oferece grandes

vantagens clínicas para a fixação de fraturas ósseas faciais em trauma e cirurgia ortognática (SIMON *et al.*, 1978; SUUROHEN *et al.*, 1992).

Todavia, a reação dos tecidos humanos aos co-polímeros não está suficientemente esclarecida. Portanto, evidências têm mostrado a importância da realização de novos estudos experimentais visando avaliar o comportamento biológico de tais materiais.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo construir uma revisão da literatura avaliando a utilização de materiais bioabsorvíveis para a fixação interna rígida do complexo bucomaxilofacial, bem como suas indicações, complicações, vantagens e desvantagens.

3 METODOLOGIA

O estudo representado será realizado por meio de uma revisão de literatura, dos principais artigos das principais bases de dados existentes. Será realizada a busca nos bancos de dados LILACS, PubMed, SCIELO, BIREME e no Portal Periódicos Capes.

A estratégia de busca empregará as seguintes palavras com todas possíveis combinações: fixação interna rígida bioabsorvível, fratura bucomaxilofacial, placas bioabsorvíveis, materiais absorvíveis de PGA/PLLA, tratamento das fraturas faciais, rigid internal fixation, bioabsorbable fixation, maxillofacial fractures, bioabsorbable plates, PGA/PLLA absorbable materials.

Serão selecionados os principais artigos de 1990-2012 publicados sobre o assunto, tendo como critério de inclusão os artigos onde fixação interna rígida com materiais bioabsorvíveis foi realizada em humanos ou animais, e aqueles com resultados consistentes. Além disso alguns livros consagrados na literatura também foram utilizados.

Com esta revisão bibliográfica concluída, pretende-se realizar uma discussão dos resultados encontrados.

4 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Dingman e Natvig (1983), Hipócrates já recomendava o uso de bandagens e tiras de couro para o tratamento das fraturas facias. Na antiguidade usavam-se também métodos como a fixação mono maxilar e intermaxilar com fio de ouro ou de linho, goteiras intermaxilares e outros dispositivos. O grande progresso no tratamento das fraturas faciais ocorreu com a introdução da terapia com antibióticos, o desenvolvimento e melhora das técnicas anestésicas e a difusão do uso das transfusões sanguíneas. Estes avanços prepararam o caminho para a aplicação efetiva das técnicas de cirurgia aberta que são as chaves da conduta nos métodos contemporâneos. Estes autores relatam também que Adams (1905-1957) propôs o tratamento de fraturas faciais com redução aberta e fixação por amarra interna, publicando sobre o assunto em 1942. Ao longo dos anos seus métodos vêm sendo complementados e pesquisados.

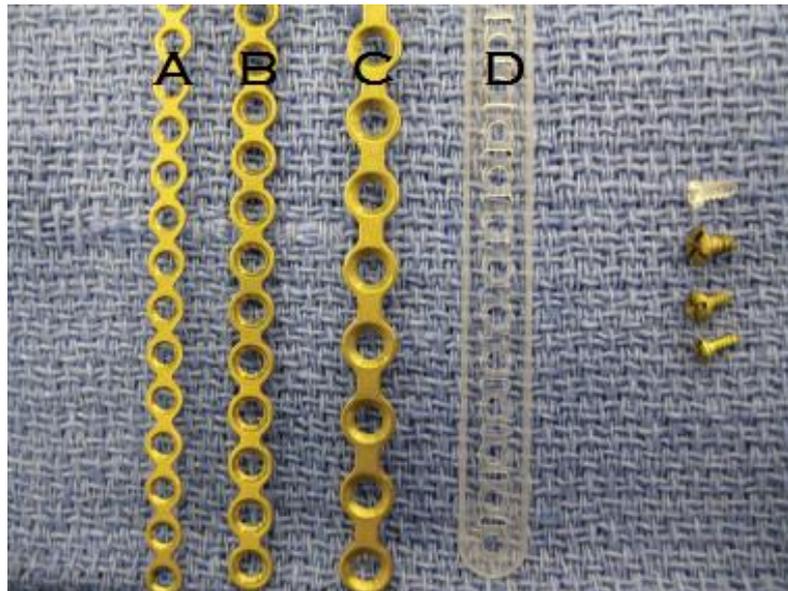
Nos últimos 20 anos, têm havido muitos avanços no desenvolvimento de sistemas de fixação dos ossos na prática da cirurgia bucomaxilofacial. Como as práticas cirúrgicas evoluíram, as complicações de cada avanço tecnológico mudaram em conformidade. Instabilidade interfragmentária de fixação foi substituída pelo risco de exposição, infecção e palpabilidade dos sistemas de fixação. Nos pacientes pediátricos, a presença das placas por longos períodos de tempo no crânio resultou em relatos de migração transcraniana e restrição de crescimento (CAMPBELL; LIN, 2009).

O titânio é aceito atualmente como o metal que apresenta a melhor biocompatibilidade e também apresenta boas propriedades mecânicas (IZUMI *et al.*, 2012). As desvantagens relatadas das placas de titânio incluem migração de placas e parafusos, restrição de crescimento, obstrução radiográfica e complicações fisiológicas. Motivos relatados para a remoção de placas e parafusos foram dor, palpabilidade, sensibilidade à temperatura, infecção e pedido do paciente (COSTA *et al.*, 2006).

O risco de restrição de crescimento, migração transcraniana e a eventual necessidade de remoção do dispositivo em pacientes pediátricos tem levado ao desenvolvimento e utilização de placas absorvíveis de PGA, PLLA e ácido polidioxanona em pacientes com lesões traumáticas e aqueles que necessitam de reconstruções de condições congênitas. As placas absorvíveis mantêm força suficiente de fixação óssea até que haja a cicatrização e

então são reabsorvidas pelo processo de hidrólise dentro de 12 a 14 meses minimizando a restrição de crescimento (CHRIS; KANT, 2009). Na figura 1, abaixo, apresenta-se diferentes placas de fixação, de titânio e absorvível.

Figura 1 – Fotografia demonstrando a variedade de sistemas de placas e parafusos de titânio e absorvível para FIR. Em A, B e C observa-se placas de titânio, em D, a dimensão relativamente maior da placa absorvível (comparado com as placas de titânio) e adição de reforço lateral.



Fonte: GILARDINO *et al.*, 2009.

Surpure *et al.* (2001) avaliaram o uso de placas absorvíveis para o tratamento de craniossinostoses. Dez crianças com 15 suturas foram avaliadas clinicamente e com tomografias computadorizadas no pós-operatório em diferentes intervalos de tempo. Em nenhum dos casos houve evidência de mau posicionamento dos segmentos ósseos, restrição de crescimento ou expansão calvária. Além disso, nenhuma complicação vista com frequência nas técnicas tradicionais ficaram evidentes nestes pacientes.

Um estudo prospectivo randomizado comparou a osteossíntese de osteotomias Le fort I com PLLA/PGA e titânio. Os tratamentos foram acompanhados por um ano de pós-operatório. Nas osteotomias fixadas com material bioabsorvível as análises cefalométricas demonstraram uma diferença estatisticamente significativa na posição vertical após 6 semanas. No grupo do titânio não foram observadas mudanças significativas neste período, e também não no período de 6 semanas a 12 meses em nenhum dos grupos. Mudanças na posição

maxilar não foram notadas clinicamente em nenhum dos grupos e todos os tratamentos foram concluídos com resultados satisfatórios (NORHOLT *et al.*, 2004).

O objetivo do estudo de Wittwer *et al.* (2006) foi comparar a evolução clínica de fixação de fratura zigomático usando três sistemas biodegradáveis e um sistema de titânio. Não houve diferença significativa entre os materiais de osteossíntese biodegradáveis ou entre material biodegradável e de fixação de titânio com relação à cura da fratura e em relação às complicações pós-operatórias.

Costa *et al.* (2006) avaliaram a estabilidade do tratamento de pacientes com má oclusão classe III em procedimentos combinados em mandíbula e maxila fixados com placas e parafusos de titânio e absorvíveis. O estudo mostrou que só foi encontrada correlação significativa entre a magnitude de avanço maxilar e a recidiva na FIR absorvível. Isso mostra que dispositivos absorvíveis devem ser utilizados com precaução em movimentos ósseos de maior magnitude (>5 mm).

Kiely *et al.* (2006) avaliaram a estabilidade pós-operatória de um ano de osteotomias Le fort I fixadas com dispositivos biodegradáveis, objetivando avaliar a magnitude da recidiva. Fizeram parte da amostra 23 pacientes e a análise de correlação determinou que existe uma relação positiva entre a amplitude do movimento cirúrgico e a magnitude da recidiva pós-operatória, mas os valores absolutos de recidiva com copolímeros bioabsorvíveis foi clinicamente insignificante.

Cançado *et al.* (2006) investigaram o efeito de placas bioabsorvíveis e microparafusos de titânio sobre o crescimento do esqueleto craniofacial de coelhos no período neonatal. A placa absorvível e os parafusos de titânio foram posicionados transversalmente a sutura coronária no grupo de estudo, e no grupo controle apenas os parafusos foram anexados ao crânio. Medições lineares ântero-posteriores foram feitas usando 3 dispositivos de medição diferentes. O estudo dos mesmos autores mostrou que as placas bioabsorvíveis afetaram o crescimento craniofacial neonatal normal dos coelhos. Outro estudo com coelhos também investigou o crescimento craniofacial após colocação de placas bioabsorvíveis na sutura coronária. Medições morfométricas de volume foram feitas utilizando tomografia computadorizada. Sob as condições experimentais deste estudo, as placas bioabsorvíveis não afetaram o crescimento do volume craniofacial em coelhos. No entanto, o crescimento ósseo

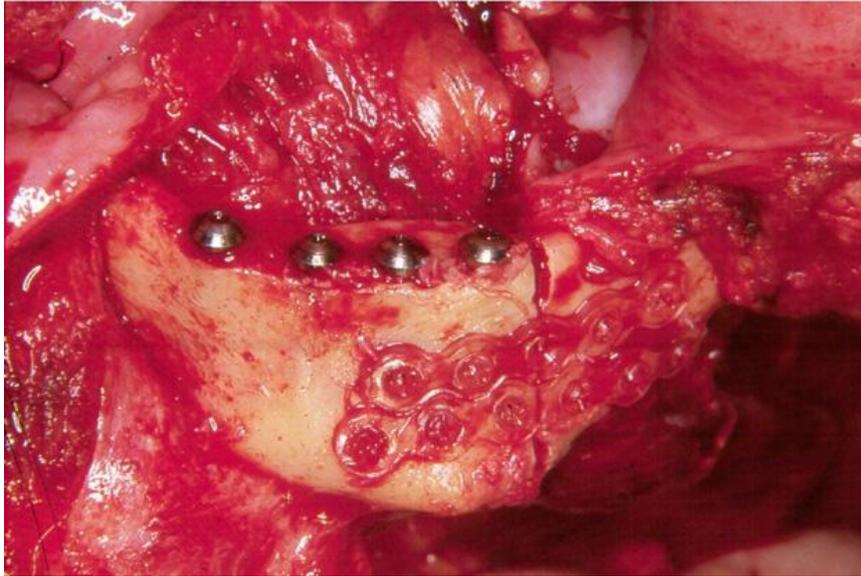
pode ter sido restringido em torno da placa, mas o volume craniofacial total pode ter sido o mesmo, devido a alterações de compensação em outras áreas do esqueleto.

O estudo prospectivo de Ferretti (2008) avaliou a utilização dos co-polímeros para a fixação de fraturas mandibulares e demonstrou uma taxa de complicações comparável a do titânio. As desvantagens financeiras e técnicas atualmente associados com o uso de fixação absorvível combinado com a falta de dados convincentes que apoiem a remoção rotineira do titânio, impede a inclusão de dispositivos absorvíveis de fixação na rotina da fixação interna de fraturas mandibulares, em pacientes adultos. Dos 29 pacientes que completaram o ensaio, 9 desenvolveram complicações como deiscência menor (4 pacientes) e franca contaminação necessitando remoção da placa (5 pacientes), que resultou em uma taxa de complicação de 22,5%. A taxa de complicações relatadas para FIR de fraturas mandibulares com titânio é de 13,7%-43% segundo a literatura. A fixação de placas e parafusos de PLLA/PGA, embora tecnicamente mais desafiador e caro, é uma alternativa viável aos dispositivos tradicionais de metal em pacientes selecionados.

Kim *et al.* (2009) avaliaram a estabilidade das placas bioabsorvíveis usadas na cirurgia ortognática para pacientes com mandíbulas prognáticas, e avaliaram também a tendência de recidiva após a cirurgia e os fatores que afetam a recidiva. Nas medições horizontais não foram observadas alterações significativas. Recidivas significativas foram mostradas nas medições verticais, o que indica que há um recuo mandibular no sentido vertical após a cirurgia, este recuo pode ser induzido por vários fatores como a musculatura e a língua.

Em uma pesquisa, avaliando 15 pacientes nos quais houve a utilização de placas a parafusos absorvíveis auto-reforçados para fixação mandibular em cirurgias ablativas de câncer bucal. Estes dispositivos podem oferecer muitos benefícios em comparação com os metálicos. O material não interfere na imagem nem na radioterapia pós-operatória, as placas e parafusos não precisam ser removidos, o número de cirurgias pode ser diminuído (figura 2). Não ocorreram problemas durante a cirurgia, os pacientes foram acompanhados por uma média de 3,5 anos. Uma taxa de 80% das osteotomias estavam clinicamente estáveis. Radiograficamente 6 estavam totalmente e 3 parcialmente consolidadas, 6 pseudoartroses foram observadas, dos quais 3 eram clinicamente estáveis. O estudo mostra um elevado número de pseudoartroses na fixação de cirurgias de câncer (KETOLA-KINNULA *et al.*, 2010).

Figura 2 – Vista do transoperatório. Duas placas 2.0 foram fixadas com 4 parafusos em cima e 6 em baixo. Implantes foram implantados simultaneamente.



Fonte: KETOLA-KINNULA *et al.*, 2010.

Um estudo com 15 pacientes observou a utilização de parafusos absorvíveis para a fixação de enxertos no alvéolo. A taxa de sucesso é semelhante usando parafuso de fixação reabsorvível de 2,0 mm ou 1,5 mm de titânio. Entretanto, a utilização de dispositivos absorvíveis evita a necessidade de remoção do parafuso. Embora a amostra seja pequena os resultados mostraram que o PLLA com PGA não teve influência negativa na osteointegração e permanência do enxerto autógeno (QUERESHY *et al.*, 2010).

Um artigo comparou a estabilidade da FIR entre material bioabsorvível e titânio em 192 osteotomias (101 pacientes). Foram feitas avaliações clínicas e radiográficas que mostraram uma clara tendência a recidiva em todos os grupos, mas sem importância clínica. O material de fixação não mostrou ter efeito sobre a recidiva esquelética (TUOVINEN *et al.*, 2010).

Ahn *et al.* (2010) publicaram uma comparação entre as placas não absorvíveis e absorvíveis, o estudo foi realizado com 272 pacientes submetidos a cirurgia ortognática. Um total de 8,6% e 18,3 % dos pacientes que utilizaram placas de titânio e placas absorvíveis apresentaram, respectivamente, complicações e um maior grau de mordida aberta pós-operatória e uma tendência a recidiva foi observado em pacientes que utilizaram placas absorvíveis.

Em 2011, Ueki *et al.*, avaliaram as mudanças do longo eixo condilar e a estabilidade esquelética após osteotomia sagital do ramo mandibular ao longo do tempo em 60 pacientes japoneses. As mudanças foram acompanhadas através de cefalogramas frontais, axiais e laterais. Este estudo sugere que não há diferença significativa nas mudanças ao longo do tempo no pós-operatório quando comparada a fixação com u-HA/PLLA (hidroxiapatita não sinterizada/PLLA), PLLA e o sistema convencional de titânio.

Ueki *et al.* (2012) compararam a estabilidade após osteotomias Le fort I usando três sistemas diferentes (u-HA/PLLA, PLLA e titânio). Os 60 pacientes foram randomizados em três grupos de 20. O pós-operatório dos grupos foi avaliado usando cefalometria lateral e pósterio-anterior. O grupo do u-HA/PLLA apresentou mudanças significativamente maiores que o do PLLA em duas medições. Não houve diferenças significativas nas outras medições. O estudo sugere que podem ser obtidos resultados satisfatórios na estabilidade maxilar utilizando os três sistemas diferentes, apesar de haver uma pequena diferença entre o sistema u-HA/PLLA e o PLLA nas osteotomias Le Fort I.

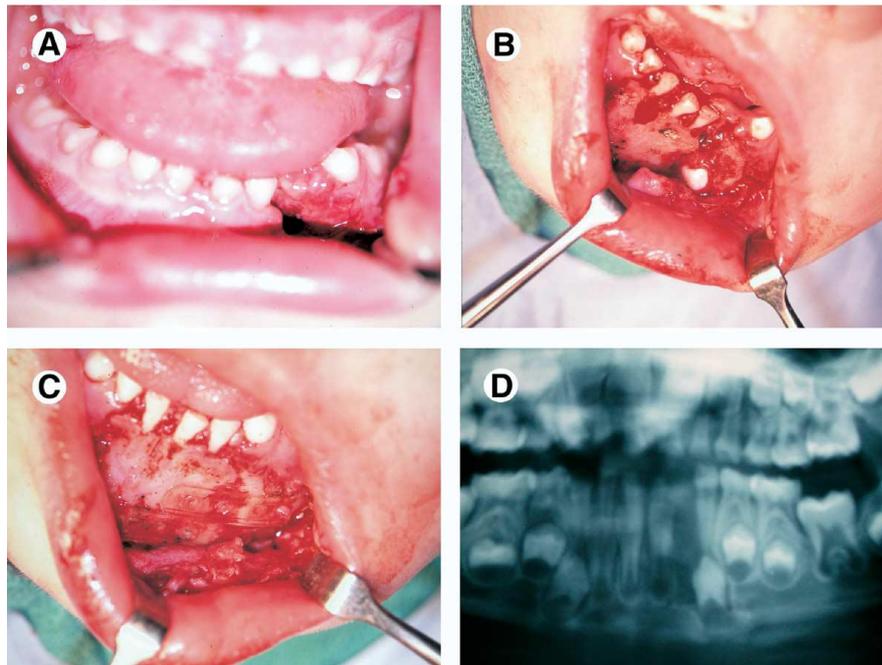
Um estudo randomizado com 200 japoneses com deformidades mandibulares comparou as complicações do uso de fixação bioabsorvível ou de titânio após a cirurgia bilateral sagital. A incidência de complicações pós-operatórias e quebras de placa no grupo biodegradável foi de 8,2% (9 casos) e no grupo de titânio foi de 3,3% (3 casos). Não houve diferença estatisticamente significativa na incidência complicações entre os 2 grupos. Os três casos de fratura da placa ocorreram com as biodegradáveis, no entanto, não há diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. A fratura das placas ocorreu com uma frequência significativamente maior nos pacientes com prognatismo e assimetria do que nos sem assimetria (IZUMI *et al.*, 2012).

4.1 VANTAGENS

Os dispositivos bioabsorvíveis apresentam uma série de vantagens e desvantagens que vem sendo estudadas nos últimos anos. Dentre as vantagens está a não necessidade de uma segunda intervenção para remoção dos dispositivos, o menor risco de enfraquecimento do osso por estresse e nenhum risco de corrosão metálica (UEKI *et al.*, 2011). As placas mantêm força suficiente para que haja a cicatrização e em seguida são absorvidas pelo processo de hidrólise (CAMPBELL; LIN, 2009). Estes dispositivos permitem o realinhamento e estabilização para cicatrização da fratura enquanto elimina problemas futuros relacionado à

retenção do metal por longo período (EPPLEY, 2005). Muitos estudos vêm traçando comparações entre as placas e parafusos absorvíveis e os de titânio, pois apesar de estabelecido na literatura como o mais confiável, a FIR com titânio apresenta uma série de desvantagens. Em um estudo que avaliou os resultados a longo e curto prazo da FIR de fraturas zigomáticas com dispositivos biodegradáveis, foi concluído que não há grandes efeitos adversos no período após a absorção (ENISLIDIS *et al.*, 2005). Em um acompanhamento a longo prazo de 44 pacientes pediátricos tratados com FIR polimérica não foram vistas complicações em nenhum paciente (figura 3) (EPPLEY, 2005).

Figura 3 – Fixação de placa e parafuso reabsorvível (1,5 mm) de fratura mandibular esquerda severamente deslocada em um menino de 5 anos de idade. A, Magnitude do deslocamento. B, exposição intra-oral de fratura. C, redução e fixação da fratura com placas e parafusos. D, no pós-operatório a radiografia panorâmica mostra alinhamento da fratura e furos próximo aos germes dentários em desenvolvimento.



Fonte: EPPLEY, 2005.

4.2 DESVANTAGENS

As desvantagens das placas incluem a palpabilidade inicial, reações inflamatórias auto limitantes, infecções e quebra da placa induzida por trauma e ação muscular (CAMPBELL; LIN, 2009) e o material bioabsorvível tem apenas 6% da rigidez de titânio (LOVALD *et al.*,

2009). O preço dos implantes bioabsorvíveis é geralmente superior ao dos metálicos, representado, em parte, pelo alto custo de polímeros especiais com propriedades reprodutíveis, a necessidade de esterilização pelo fabricante, e o sofisticada embalagem necessária para manter a estabilidade do produto (ASHAMMAKHI *et al.*, 2003; JUUTILAINEN *et al.*, 1997; BÖSTMAN, 1996).

As placas bioabsorvíveis precisam geralmente ser aquecidas para serem dobradas. Inserção de parafusos bioabsorvíveis requer uma rosca prévia, enquanto que é comum os parafusos metálicos serem auto-rosqueáveis. Diferente dos metálicos, os implantes bioabsorvíveis não podem ser diretamente visualizados em radiografias tornando mais difícil de visualizar a colocação (PIETRZAK, 2000).

Segundo Bessho, Iizuka e Murakami (1997), o maior problema com este sistema é o elevado grau de habilidade necessário para fixar adequadamente a placa firmemente com parafusos, tomando cuidado para não danificar os parafusos através da aplicação de força excessiva.

4.3 TÉCNICA

As placas metálicas são dobradas utilizando-se instrumentos para serem adaptadas à superfície óssea. Placas bioabsorvíveis são geralmente aquecidas e dobradas, embora uma limitada dobra a frio seja permitida em alguns tipos (ASHAMMAKHI *et al.*, 2003, PIETRZAK *et al.*, 1997; PIETRZAK, 1999). A inserção de parafusos bioabsorvíveis requer uma rosca prévia, enquanto que é comum os parafusos metálicos serem auto-rosqueáveis. Diferente dos metálicos, os implantes bioabsorvíveis não podem ser diretamente visualizados em radiografias, permitindo visão desobstruída do detalhe anatômico, mas tornando mais difícil de visualizar a colocação (PIETRZAK, 2000).

As placas de PLLA/PGA podem ser adaptadas a um local anatômico por dobragem cuidadosa sem o uso de calor. Se necessário, a placas podem ser separadas em duas linhas simples com um disco diamantado para aplicação acima e abaixo do forame mental (FERRETTI, 2008).

Vários dispositivos como uma pistola descartável de mão para aquecimento (figura 4) ou um banho de água quente são usados para fazer a adaptação do polímero. Por esta razão, quando se opera através de limitadas incisões intra-orais ou orbitais, o uso de um modelo de

metal é útil. O modelo é dobrado para o contorno desejado, em seguida é utilizado para moldar a placa reabsorvível usando uma fonte de calor (GILARDINO *et al.*, 2009).

Figura 4 – Dispositivo de mão utilizado para aquecimento da placa na região nasofrontal.



Fonte: GILARDINO *et al.*, 2009.

4.4 PROPRIEDADES

Existe uma infinidade de polímeros bioabsorvíveis agora disponíveis para uso clínico, e embora todos estejam relacionados com mudanças químicas aparentemente pequenas na formulação estas podem ter um grande efeito sobre as suas propriedades biomecânicas e fisiológicas (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

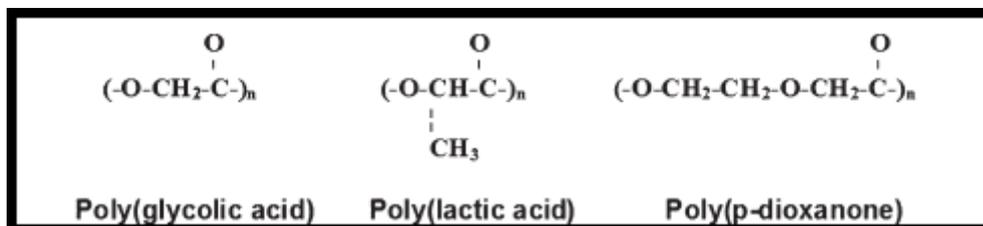
Para funcionarem adequadamente durante muitos anos, implantes em geral não devem causar respostas anormais no tecido local e não deve produzir efeitos tóxicos ou cancerígenos, localmente ou sistemicamente (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

O aquecimento das placas bioabsorvíveis para temperaturas acima da transição vítrea é comumente realizado para ajudar a sua adaptação ao osso. A transição ocorre sobre uma ampla gama de temperatura, entre 45 °C e 65 °C ou mais (PIETRZAK; EPPLEY, 2007).

Os polímeros são formados por ligação covalentes de repetidas unidades ou monômeros. Estes monômeros polimerizam formando uma cadeia. Na figura 5 apresenta-se a

estrutura química dos três polímeros bioabsorvíveis mais comuns: ácido poliglicólico, ácido polilático e polidioxanone (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

Figura 5 – Estrutura química dos polímeros absorvíveis mais comuns.



Fonte: MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011.

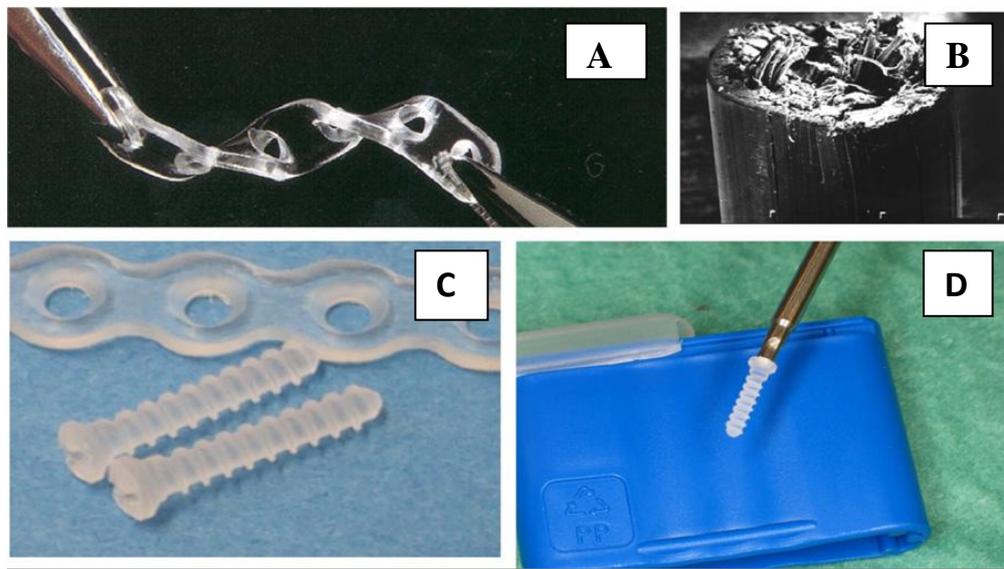
Os polímeros bioabsorvíveis são eliminados do organismo em um processo de dois estágios: hidrólise e metabolismo (PIETRZAK, 2000; HABAL; PIETRZAK 1999, SIMON; RICCI; DI CESARE, 1997; SIMON; RICCI; DI CESARE, 1997; PIETRZAK; CAMINEAR; PERNS, 2002). Primeiramente ocorre a redução do peso molecular, depois a redução da resistência mecânica seguida da redução da massa (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

Durante a hidrólise, o peso molecular diminui. Como estão menores, as cadeias poliméricas podem mover-se mais livremente, o polímero será mais facilmente deformado, e a sua resistência reduzida. A hidrólise progride, o espécime chega a um ponto em que começa a perder a integridade e quebra, aumentando a área de superfície e acelerando hidrólise (LI, 1999). Por fim, os macrófagos fagocitam os detritos poliméricos e converte-os em água e dióxido de carbono através do ciclo de Krebs. É através desta resposta metabólica que a massa do polímero é reduzida e eliminada (PIETRZAK, 2000; HABAL; PIETRZAK, 1999; PIETRZAK; CAMINEAR; PERNS, 2002, HUTMACHER; HÜRZELER; SCHLIEPHAKE, 1996). A água e o dióxido de carbono são excretados pelos rins e pelos pulmões (PIETRZAK *et al.*, 1996).

Polímeros bioabsorvíveis apresentam uma taxa real de degradação dependente de muitos fatores, incluindo a identidade química, estrutura (cristalina ou amorfa), e o tipo de processamento do polímero. Uma elevada taxa de metabolismo local e uma excelente circulação facilitam a degradação do material. Por outro lado, com uma baixa taxa de metabolismo local e má circulação é esperado retardo da absorção. A maioria dos fatores que afetam a velocidade de reabsorção são distintos de simples identidades químicas (PIETRZAK *et al.*, 1996).

Ashammakhi *et al.* (2004) relatam sobre os materiais bioabsorvíveis auto-reforçados, estes materiais mais fortes e confiáveis tem mostrado bons resultados a longo prazo (figura 6). O auto-reforço consiste na formação estrutural de um composto composto de uma parte cristalina ou material polimérico amorfo, feito de unidades de reforço orientadas e uma matriz de ligação com a mesma estrutura química.

Figura 6 – As placas podem ser curvadas com um alicate, sem a necessidade de aquecimento, evitando qualquer ruptura do dispositivo (A). Desenho esquemático do material auto-reforçado, em que as fibras são retas e esticadas (B), possibilitando a fabricação de dispositivo de maior força. Em C e D observa-se placas e parafusos.



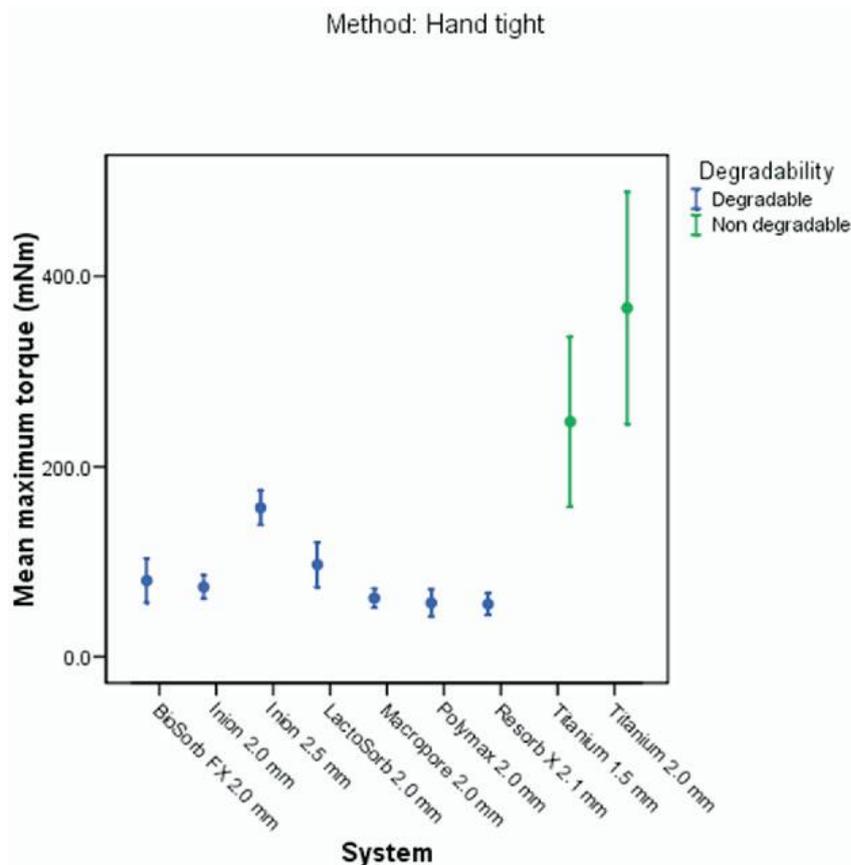
Fonte: KETOLA-KINNULA *et al.*, 2010.

Um estudo com oito pacientes submetidos à osteotomia mandibular fixada com dispositivos reabsorvíveis mostrou radiograficamente as cavidades dos parafusos imediatamente após a cirurgia, estes permaneceram inalterados no primeiro ano após a cirurgia. Aos 18 meses de pós-operatório, todas 48 cavidades de parafusos mostraram preenchimento ósseo trabecular quase completa ou completa. A biópsia óssea de um orifício de parafuso 2 anos após, mostrou preenchimento completo com osso trabecular normal. Nenhum material polimérico residual ou cicatriz fibrosa foi vista. Os sítios da sínfise mandibular mostraram eliminação total das cavidades dos parafusos aos dois anos de pós-operatório (EDWARDS; KIELY; EPPLEY, 2001).

O maior problema com este sistema é o elevado grau de habilidade necessário para fixar adequadamente a placa firmemente com parafusos, tomando cuidado para não danificar os parafusos através da aplicação de força excessiva (BESSHO; IIZUKA; MURAKAMI, 1997).

A força de tensão de 7 sistemas de parafusos biodegradáveis e 2 sistemas de titânio foram comparadas em testes realizados por quatro cirurgiões bucomaxilofaciais (figura 7), o resultado indicou que o torque máximo médio dos dois sistemas de titânio foi significativamente mais elevado do que os biodegradáveis, mas a média máxima de torque para apertamento foi significativamente menor do que para ruptura em 2 sistemas biodegradáveis e em ambos os de titânio (BUIJS *et al.*, 2007).

Figura 7 – Medida do torque máximo organizado por sistemas de parafuso.



Fonte: BUIJS *et al.*, 2007.

Testes biomecânicos avaliaram os parafusos reabsorvíveis utilizados nas osteotomias sagitais de mandíbula. Os testes *in vitro* indicaram uma resistência relativamente alta para

cargas biomecânicas que representaram a mastigação e sugere que parafusos com 2,5 mm de diâmetro podem ser eficazes para fixação pós-operatória de osteotomias sagitais (EPPLEY; SARVER; PIETRZAK, 1999).

Esen *et al.* (2009) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo avaliar a estabilidade das placas e parafusos de titânio e absorvíveis nas fraturas de ângulo mandibular. A flexão em cantilever foi avaliada nos testes biomecânicos das três amostras (uma placa de titânio, uma placa absorvível e duas placas absorvíveis). Os valores de deslocamento para os três grupos diferiram significativamente, a análise mostrou que as placas de titânio tiveram comportamento biomecânico mais favorável em relação aos outros. Além disso, o grupo das duas placas absorvíveis teve melhor comportamento biomecânico do que o grupo com uma placa única absorvível, mas não foi significativamente diferente entre 10 a 40 N.

Lovald *et al.* (2009) utilizaram um modelo de elementos finitos para determinar o melhor desenho para uma placa de P(L/DL)LA 70/30 (polímero de ácido poli-L-láctico/ácido poli-DL-láctico, 70/30) que será tão boa quanto uma placa de titânio semelhante, em medições de pico de tensão ósseas e tensão média de fratura quando sujeito a cargas de mordida normal. Embora o material bioabsorvível tenha apenas 6% da rigidez de titânio, a otimização descobriu uma forma com desempenho tão bom quanto do titânio.

Quando um dispositivo bioabsorvível é implantado, ocorre uma resposta inflamatória inicial, que faz parte da cascata de cicatrização normal (PIETRZAK; SARVER; VERSTYNNEN, 1997). Este é seguido pelo encapsulamento por uma membrana fina e fibrosa que pode permanecer após o implante ser completamente absorvido (EDWARDS; KIELY; EPPLEY, 2001; NA *et al.*, 1998). Idealmente, o implante realiza a sua função de fixação, é absorvido, e eliminado pelos rins e pulmões, o corpo não deve responder localmente de uma forma que apresente sequelas clínicas (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

Dispositivos de fixação de PGA estavam entre os primeiros a serem usados clinicamente. No entanto, alguns estudos clínicos mostraram edema e/ou osteólise em alguns casos (BÖSTMAN *et al.*, 1990; BÖSTMAN *et al.*, 1992; BÖSTMAN *et al.*, 1991). A provável razão para essa reação tecidual atrasada que ocorre, geralmente, dentro de 2 a 4 meses é que o material é degradado tão rapidamente que os produtos ácidos da degradação ficam acumulados localmente, reduzindo o pH. Devido a isso, e também pela perda de força

ser muito rápida para algumas aplicações, os implantes de PGA saíram do mercado (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

O próximo passo na fixação bioabsorvível foi o homopolímero PLLA que se tornou prevalente em meados de 1990 e permanece em uso hoje. Este material, o mais estável e mais lentamente absorvido de todos, tem demonstrado ser adequado para proporcionar fixação temporária e parece ser razoavelmente bem tolerado pelo corpo (PIHLAJAMÄKI *et al.*, 1992; BUCHOLZ; HENRY; HENLEY, 1994; BARBER *et al.*, 2003). No entanto, devido ao seu perfil de degradação extremamente lento, anos de acompanhamento do paciente podem ser necessários para verificar a incidência de reação inflamatória tardia. PLLA é um material altamente cristalino. Acredita-se que as regiões amorfas são susceptíveis à hidrólise em primeiro lugar, liberando cristais resistentes a degradação que podem incitar uma resposta inflamatória (PIETRZAK, 2000; PIETRZAK; SARVER; VERSTYNNEN, 1997; FREEHILL *et al.*, 2003).

Desde meados dos anos 1990, os copolímeros ácido glicólico/L-láctico, ácido glicólico/DL-láctico e ácido D-láctico/L-láctico tornaram-se os polímeros bioabsorvíveis dominantes no uso para fixação (PIETRZAK; KUMAR; EPPLEY, 2003; BALCH *et al.*, 1999, HAERS *et al.*, 1998). Estes copolímeros amorfos não liberam partículas cristalinas e são absorvidos suficientemente devagar para minimizar o acúmulo local de produtos ácidos. Isto pode explicar sua aparente biocompatibilidade (MUKHERJEE; PIETRZAK, 2011).

5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais bioabsorvíveis vêm sendo utilizados e pesquisados há mais de 20 anos, então muitos são os relatos de suas vantagens clínicas quando comparados aos metais, principalmente ao titânio (tabela 1). Dentre as vantagens está a não necessidade de uma segunda intervenção para remoção dos dispositivos, menor risco de enfraquecimento ósseo por estresse e não há nenhum risco de corrosão metálica (UEKI *et al.*, 2011). As placas mantêm força suficiente para que haja a cicatrização e em seguida são absorvidas pelo processo de hidrólise (CAMPBELL; LIN, 2009). Eppley e Reilly (1997) demonstraram através de uma pesquisa com ratos, utilizando fixação interna com dispositivos de PLLA/PGA, a completa reabsorção do co-polímero em um ano.

Tabela 1 – Comparação entre as características dos materiais bioabsorvíveis e titânio para a fixação interna rígida.

BIOABSORVÍVEL	TITÂNIO
Absorvível	Não absorvível
Necessitam ser aquecidas	Não necessitam ser aquecidas
Requer rosca prévia	Não requer rosca prévia
Não são vistos radiograficamente	Vistos radiograficamente
Baixa resistência mecânica	Alta resistência mecânica
Sem sensibilidade à temperatura	Sensibilidade à temperatura
Sem problema estético e desconforto	Problema estético e desconforto
Não precisam ser removidos	Precisam ser removidos em alguns casos
Custo mais elevado	Custo menos elevado
Não restringe crescimento	Restrição de crescimento

Fonte: elaborado pelo autor.

A utilização de co-polímeros para a FIR é uma prática relativamente recente, apesar disso algumas vantagens importantes já são percebidas em relação aos materiais mais tradicionais. Esse fato leva a crer que estamos tratando de uma tecnologia promissora e com grande potencial de desenvolvimento.

O desenvolvimento de novos materiais como os bioabsorvíveis visa, principalmente, contornar os problemas enfrentados com o titânio, que são migração de placas e parafusos, restrição de crescimento em pacientes jovens, obstrução radiográfica e complicações fisiológicas e psicológicas decorrentes da presença de corpo estranho no interior dos tecidos, como citado por Costa *et al.* (2006). Além disso, Ketola-kinnula *et al.* (2010) comenta em seu estudo com pacientes submetidos a cirurgias ablativas de câncer bucal que o material bioabsorvível não interfere na imagem nem na radioterapia pós-operatória, as placas e parafusos não precisam ser removidos, o número de cirurgias pode ser diminuído e a reabilitação com implantes dentários pode ser mais precoce.

Entretanto, o titânio está consolidado quanto a seu uso clínico e é aceito atualmente como o metal que apresenta a melhor biocompatibilidade e também apresenta boas propriedades mecânicas, como visto no estudo de Buijs *et al.* (2007), no qual o resultado indicou que o torque máximo médio suportado pelos sistemas de titânio foi significativamente mais elevado do que o suportado pelos biodegradáveis.

Tendo em vista que esse tipo de material tem apresentado boa biocompatibilidade, as inovações devem ocorrer principalmente no que diz respeito às suas propriedades físicas. É preciso aumentar a resistência mecânica dos materiais bioabsorvíveis para permitir que esses possam ser amplamente empregados na rotina do cirurgião bucomaxilofacial. Um exemplo de inovação que visa contornar essa limitação são os materiais absorvíveis auto-reforçados. Essa tecnologia baseia-se em mudanças estruturais, mas não químicas, no interior do material, criando-se assim dispositivos mais fortes e confiáveis, como Ashammakhi *et al.* (2004) citam em seu trabalho.

A avaliação da estabilidade do tratamento em procedimentos combinados em mandíbula e maxila feita por Costa *et al.* (2006), encontrou correlação significativa entre a magnitude de avanço maxilar e a recidiva na FIR absorvível, e não na com titânio. Isso mostra que dispositivos absorvíveis devem ser utilizados com precaução em movimentos ósseos de

maior magnitude. A maior incidência de recidiva em procedimentos fixados com material bioabsorvível e por se tratar de região sujeita a grande força é pouco indicada a FIR de cirurgias ortognáticas, com grandes discrepâncias, com este tipo de material.

Os co-polímeros apresentam algumas vantagens importantes em relação aos outros sistemas, como o fato de ser bioabsorvível, dispensando assim um segundo procedimento para sua remoção, principalmente em pacientes pediátricos, nos quais causaria restrição de crescimento caso permanecesse por longo período. Mas suas limitações também são importantes, e muitos experimentos e inovações científicas são necessários para melhorá-lo principalmente em relação a sua resistência mecânica, que por ser baixa, ainda o torna pouco utilizável.

Todavia, como citado por Ferretti (2008), fixação de placas e parafusos absorvíveis, embora tecnicamente mais desafiadora e cara, é uma alternativa viável aos dispositivos tradicionais de metal em pacientes selecionados. Sendo estes principalmente os pacientes pediátricos submetidos a tratamentos de fraturas e de síndromes, os adultos que apresentam fraturas em regiões anatômicas sujeitas a poucas forças musculares e traumáticas como a região malar, e os pacientes oncológicos que necessitam de radioterapia pós-operatória.

REFERÊNCIAS

- AHN, Y.S. *et al.* Comparative study between resorbable and nonresorbable plates in orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 68, no. 2, p. 287-292, Feb. 2010.
- ASHAMMAKHI, N. *et al.* New resorbable bone fixation. Biomaterials in craniomaxillofacial surgery: present and future. **Eur. J. Plast. Surg.**, Berlin, v. 26, p. 383–390, 2004.
- ASHAMMAKHI, N. *et al.* Spotlight on naturally absorbable osteofixation devices. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 14, no. 2, p. 247-259, Mar. 2003.
- BALCH, O.K. *et al.*, Bioabsorbable suture anchor (co-polymer 85/15 D,L lactide/glycolide) implanted in bone: correlation of physical/mechanical properties, magnetic resonance imaging, and histological response. **Arthroscopy**. Philadelphia, v. 15, no. 7, p.691-708, Oct. 1999.
- BARBER, F.A. *et al.* Arthroscopic Bankart reconstruction with a bioabsorbable anchor. **J. Shoulder Elbow Surg.**, St. Louis, v. 12, no. 6, p. 535-538, Nov. 2003.
- BAYRAM, B. *et al.* Comparison of fixation stability of resorbable versus titanium plate and screws in mandibular angle fractures. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 67, no. 8, p. 1644-1648, Aug. 2009.
- BESSHO, K.; IIZUKA, T.; MURAKAMI, K. A bioabsorbable poly-L-lactide miniplate and screw system for osteosynthesis in oral and maxillofacial surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 55, no. 9, p. 941-945, Sep. 1997.
- BÖSTMAN, O. *et al.* Foreign-body reactions to fracture fixation implants of biodegradable synthetic polymers. **J. Bone Joint. Surg. Br.** London, v. 72, no. 4, p. 592-596, July 1990.
- BÖSTMAN, O. *et al.* Foreign body reactions to polyglycolide screws. Observations in 24/216 malleolar fracture cases. **Acta. Orthop. Scand.**, Basingstoke, v. 63, no. 2, p. 173-176 Apr. 1992.
- BÖSTMAN, O.M. Metallic or absorbable fracture fixation devices. A cost minimization analysis. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, New York, no. 329, p. 233-239, Aug. 1996.
- BÖSTMAN, O. Osteolytic changes accompanying degradation of absorbable fracture fixation implants. **J. Bone Joint. Surg. Br.**, London, v. 73, p. 4, p. 679-682, July 1991.
- BUCHOLZ, R.W.; HENRY, S.; HENLEY, M.B. Fixation with bioabsorbable screws for the treatment of fractures of the ankle. **J. Bone Joint. Surg. Am.**, Boston, v. 76, no. 3, p. 319-324, Mar. 1994.
- BUIJS, G.J. *et al.* Torsion strength of biodegradable and titanium screws: a comparison. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 65, no. 11, p. 2142-2147, Nov. 2007.

CAMPBELL, C.A.; LIN, K.Y. Complications of rigid internal fixation. **Craniomaxillofac Trauma Reconstr.**, New York, v. 2, no. 1, p. 41-47, Mar. 2009.

CANÇADO, R.P. *et al.* Effects of the LactoSorb bioabsorbable plates on the craniofacial development of rabbits: direct morphometric analysis using linear measurements. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 35, no. 6, p. 528-532, June 2006.

CANÇADO, R.P. *et al.* Morphometric analysis of the effects of LactoSorb bioabsorbable plates on the craniofacial growth of rabbits using computed tomography. **J. Mater. Sci. Mater. Med.**, Norwell, v. 17, no. 10, p. 945-948, Oct. 2006.

COSTA, F. *et al.* Stability of skeletal Class III malocclusion after combined maxillary and mandibular procedures: titanium versus resorbable plates and screws for maxillary fixation. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 64, no. 4, p. 642-651, Apr. 2006.7

DINGMAN, R.O.; NATVIG, P. **Cirurgia das fraturas faciais**. São Paulo: Livraria Santos Editora, 1983. 376 p.

EDWARDS, R.C.; KIELY, K.D.; EPPLEY, B.L. The fate of resorbable poly L.lactic/polyglycolic acid (LactoSorb) bone fixation devices in orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 59, no. 1, p. 19-25, Jan. 2001.

ENISLIDIS, G. *et al.* Fixation of zygomatic fractures with a biodegradable copolymer osteosynthesis system: shortand long-term results. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 34, no. 1, p. 19-26, Jan. 2005.

EPPLEY, B.L.; REILLY, M. Degradation characteristics of PLLA-PGA bone fixation devices. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 8, no. 2, p. 116-120, Mar. 1997.

EPPLEY, B.L.; SARVER, D.; PIETRZAK, B. Biomechanical testing of resorbable screws used for mandibular sagittal split osteotomies. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 57, no. 12, p. 1431-1435, Dec. 1999.

EPPLEY, B.L. Use of resorbable plates and screws in pediatric facial fractures. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 63, no. 3, p. 385-391, Mar. 2005.

FREEHILL, M.Q. *et al.* Poly-L-lactic acid tack synovitis after arthroscopic stabilization of the shoulder. **Am. J. Sports Med.**, Thousand Oaks, v. 31, no. 5, p. 643-647, Sep. 2003.

FERRETTI, C. A prospective trial of poly-L-lactic/polyglycolic acid co-polymer plates and screws for internal fixation of mandibular fractures. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 37, no. 3, p. 242-248, Mar. 2008.

GILARDINO, M.S.; CHEN, E.; BARTLETT, S.P. Choice of internal rigid fixation materials in the treatment of facial fractures. **Craniomaxillofac. Trauma Reconstr.**, New York, v. 2, no. 1, p. 49-60, Mar. 2009.

HABAL, M.B.; PIETRZAK, W.S. Key points in the fixation of the craniofacial skeleton with absorbable biomaterial. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 10, no. 6, p. 491-499, Nov. 1999.

HAERS, P.E. *et al.*, Biodegradable polylactic acid plates and screws in orthognathic surgery: technical note. **J. Craniomaxillofac. Surg.**, Edinburgh, v. 26, no. 2, p. 87-91, Apr. 1998.

HUTMACHER, D.; HÜRZELER, M.B.; SCHLIEPHAKE, H. A review of material properties of biodegradable and bioresorbable polymers and devices for GTR and GBR applications. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants.**, Lombard, v. 11, no. 5, p. 667-678, Sep. 1996.

IZUMI, I.Y. *et al.* Comparison of material-related complications after bilateral sagittal split mandibular setback surgery: biodegradable versus titanium miniplates. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 70, no. 4, p. 919-924, Apr. 2012.

JUUTILAINEN, T. *et al.* Comparison of costs in ankle fractures treated with absorbable or metallic fixation devices. **Arch. Orthop. Trauma Surg.**, Berlin v. 116, no. 4, p. 204-208, 1997.

KETOLA-KINNULA, T. *et al.* Bioabsorbable plates and screws for fixation of mandibulotomies in ablative oral cancer surgery. **J. Oral. Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v.68, no. 8, p. 1753-62, Aug. 2010.

KIELY, K.D. *et al.* One-year postoperative stability of Le Fort I osteotomies with biodegradable fixation: a retrospective analysis of skeletal relapse. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 130, no. 3, p. 310-316, Sep. 2006.

KIM, Y.K. *et al.* Evaluation of skeletal and surgical factors related to relapse of mandibular setback surgery using the bioabsorbable plate. **J. Craniomaxillofac. Surg.**, Edinburgh, v. 37, no. 2, p. 63-68. Mar. 2009.

LI, S. Hydrolytic degradation characteristics of aliphatic polyesters derived from lactic and glycolic acids. **J. Biomed. Mater. Res.**, Hoboken, v. 48, no. 3, p. 342-353, 1999.

LOVALD, S.T. *et al.* Mechanical design optimization of bioabsorbable fixation devices for bone fractures. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 20, no.2, p. 389-98, Mar. 2009.

MILORO, M. *et al.* **Princípios de cirurgia bucomaxilofacial da Peterson**. 2. ed. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2008. 1502 p.

MOHAMED-HASHEM, I.K.; MITCHELL, D.A. Resorbable implants (plates and screws) in orthognathic surgery. **J. Orthod.**, Oxford, v. 27, no. 2, p. 198-199, June 2000.

MUKHERJEE, D.P.; PIETRZAK, W.S. Bioabsorbable fixation: scientific, technical, and clinical concepts. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 22, no. 2, p. 679-89, Mar. 2011.

NA, Y.H. *et al.* Fixation of osteotomies using bioabsorbable screws in the canine femur. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, New York, no. 355, p. 300-311, Oct. 1998.

NORHOLT, S.E.; PEDERSEN, T.K.; JENSEN, J. Le Fort I miniplate osteosynthesis: a randomized, prospective study comparing resorbable PLLA/PGA with titanium. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 33, no. 3, p. 245–252, Apr. 2004.

PIETRZAK, W.S.; CAMINEAR, D.S.; PERNS, S.V.; Mechanical characteristics of an absorbable copolymer internal fixation pin. **J. Foot Ankle Surg.**, Philadelphia, v. 41, no. 6, p. 379-388, Nov. 2002.

PIETRZAK, W.S.; EPPLEY, B.L. An experimental study of heat adaptation of bioabsorbable craniofacial meshes and plates. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 18, no. 3, p. 540-545, Mar. 2007.

PIETRZAK, W.S. *et al.* Effect of simulated intraoperative heating and shaping on mechanical properties of a bioabsorbable fracture plate material. **J. Biomed. Mater. Res.**, v. 38, no. 1, p. 17-24, Spring 1997.

PIETRZAK, W.S. Heat adaptation of bioabsorbable craniofacial plates: a critical review of science and technology. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 20, no. 6, p. 2180-2184, Nov. 1999.

PIETRZAK, W.S.; KUMAR, M.; EPPLEY, B.L. The influence of temperature on the degradation rate of LactoSorb Copolymer. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 14, no. 4, p. 176-183, July 2003.

PIETRZAK, W.S. Principles of development and use of absorbable internal fixation. **Tissue Eng.**, New York, v. 6, no. 4, p. 425-433, Aug. 2000.

PIETRZAK, W.S.; SARVER, D.; VERSTYNEN, M. Bioresorbable implants - practical considerations. **Bone.**, New York, v. 19, no. 1, p. 109-119, Jun. 1996.

PIETRZAK, W.S.; SARVER, D.R.; VERSTYNEN, M.L. Bioabsorbable polymer science for the practicing surgeon. **J. Craniofac. Surg.**, Boston, v. 8, no. 2, p. 87-91, Mar. 1997.

PIHLAJAMÄKI, H. *et al.* Absorbable pins of self-reinforced poly-L-lactic acid for fixation of fractures and osteotomies. **J. Bone Joint. Surg. Br.**, London, v. 74, no. 6, p. 853-857, Nov. 1992.

QUERESHY, F.A. *et al.* Resorbable screw fixation for cortical onlay bone grafting: a pilot study with preliminary results. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 68, no. 10, p. 2497-2502, Oct. 2010.

SIMON, J.A.; RICCI, J.L.; DI CESARE, P.E. Bioresorbable fracture fixation in orthopedics: a comprehensive review. Part I. Basic science and preclinical studies. **Am. J. Orthop.**, Chatham, v. 26, no. 10, p. 665-671, Oct. 1997.

SIMON, J.A.; RICCI, J.L.; DI CESARE, P.E. Bioresorbable fracture fixation in orthopedics: a comprehensive review. Part I. Clinical studies. **Am. J. Orthop.**, Chatham, v. 26, no. 11, p. 665-671, Nov. 1997.

SURPURE, S.J. *et al.* The use of a resorbable plating system for treatment of craniosynostosis. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v.59, no. 11, p. 1271-5, Nov. 2001.

TÖRMÄLÄ, P.; POHJONE, T.; ROKKANEN, P. Bioabsorbable polymers: materials technology and surgical applications. **Proc. Inst. Mech. Eng.**, London, v. 212, no. 2, p.101-111, 1998.

TUOVINEN, V. *et al.* Comparison of the stability of bioabsorbable and titanium osteosynthesis materials for rigid internal fixation in orthognathic surgery. A prospective randomized controlled study in 101 patients with 192 osteotomies. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 39, no. 11, p. 1059–1065, Nov. 2010.

UEKI, K. *et al.* Maxillary stability after Le Fort I osteotomy using three different plate systems. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 41, no. 8, p. 942–948, Aug. 2012.

UEKI, K. *et al.* Skeletal stability after mandibular setback surgery: comparisons among unsintered hydroxyapatite/poly-L-lactic acid plate, poly-L-lactic acid plate, and titanium plate. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 69, no. 5, p. 1464-1468, May 2011.

WITTEWER, G. *et al.* Complications after zygoma fracture fixation: is there a difference between biodegradable materials and how do they compare with titanium osteosynthesis? **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 101, no. 4, p. 419-425. Apr. 2006.

CIP – Catalogação na Publicação

Silveira, Marcos Adriano da

Fixação interna rígida na área bucomaxilofacial com materiais
bioabsorvíveis / Marcos Adriano da Silveira. – 2012.

33 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Curso de Graduação
em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

Orientador: Angelo Luiz Freddo

1. Fixação interna rígida. 2. Fixação bioabsorvível. 3. Fratura
bucamaxilofacial. 4. Placas bioabsorvíveis. 5. Materiais bioabsorvíveis de
PGA/PLLA I. Freddo, Angelo Luiz II. Título.