FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

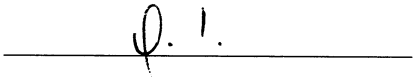
MARIANA CAMILO NEGREIROS LYRIO

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE FIXAÇÃO INTERNA UTILIZADAS NO TRATAMENTO DE FRATURAS DO ÂNGULO MANDIBULAR. ESTUDO MECÂNICO.

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica, Área de Concentração em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais.

Orientador: Prof. Dr. Valfrido Antonio Pereira Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Marcio de Moraes

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pela aluna, e orientada pelo Prof. Dr. Valfrido Antonio Pereira Filho



PIRACICABA, 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
MARILENE GIRELLO – CRB8/6159 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

L995c

Lyrio, Mariana Camilo Negreiros, 1980-
Comparação entre métodos de fixação interna utilizadas no tratamento de fraturas do ângulo mandibular. Estudo mecânico. / Mariana Camilo Negreiros Lyrio. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2011.

Orientador: Valfrido Antonio Pereira Filho.
Coorientador: Marcio de Moraes.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Placas ósseas. 2. Força oclusal. 3. Força compressiva. 4. Resistência de materiais. I. Pereira Filho, Valfrido Antonio. II. Moraes, Marcio de. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em Inglês: Comparison of internal fixation methods in the management of mandibular angle fractures. Mechanical study.
Palavras-chave em Inglês: 1. Bone plates. 2. Bite force. 3. Compressive strenght. 4. Material resistance.
Área de concentração: Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais
Titulação: Doutor em Clínica Odontológica
Banca examinadora:
Valfrido Antonio Pereira Filho [Orientador]
José Ricardo de Albergaria Barbosa
Alexandre Elias Trivellato
Leandro Eduardo Kluppel
José Maurício dos Santos Nunes Reis
Data da defesa: 10-06-2011
Programa de Pós-Graduação: Clínica Odontológica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 10 de Junho de 2011, considerou a candidata MARIANA CAMILO NEGREIROS LYRIO aprovada.

Prof. Dr. VALFRIDO ANTONIO PEREIRA FILHO

Prof. Dr. LEANDRO EDUARDO KLÜPPEL

Prof. Dr. JOSE RICARDO DE ALBERGARIA BARBOSA

Prof. Dr. ALEXANDRE ELIAS TRIVELLATO

Prof. Dr. JOSÉ MAURÍCIO DOS SANTOS NUNES REIS

Aos meus pais, Ronaldo e Jussara, que nunca negaram esforços em prol dos estudos de seus filhos. Pelo amor incondicional e pelo exemplo de criação e da família que formamos.

Aos meus irmãos, Ronaldo e Marina, pelo carinho, amizade e cumplicidade sempre presentes.

Ao Bruno, que faz dos meus dias sempre inesquecíveis e considera as minhas emoções e vitórias como suas também. Seu amor e compreensão são fundamentais para a conquista dos meus desafios e realização permanente de novos sonhos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Agradeço a Deus pela constante presença em minha vida. *"...porque Deus Poderoso fez grandes coisas por mim. Ele é Santo e mostra sua bondade a todos os que temem em todas as gerações."* (Lc 1,46-56)

À minha família e meu marido, base das minhas forças e arcabouço da minha existência "*...sem amor eu nada seria!*".

Ao Prof. Dr. Valfrido Antônio Pereira Filho pela orientação, ensinamentos, e confiança a mim depositados. Muito obrigada pelo respeito, incentivo, oportunidades e convívio amigável. Poucas são as palavras para expressar meus sentimentos.

Aos meus avós (*in memoriam*), a quem sempre peço proteção, e que em qualquer lugar que estejam sei que também estarão comemorando com mais essa vitória. Vocês, mais uma vez, farão falta em mais essa comemoração.

Aos meus amigos os quais sempre demonstraram que o valor de nossa amizade é independente da distância que estamos vivendo.

Ao amigo Henrique Duque de Miranda Chaves Netto que foi mais do que um irmão nos momentos de risadas, de choro, de consolo, de saudade, incertezas e angústias. Sem você seria, indiscutivelmente, muito mais difícil!

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, na pessoa do Diretor Prof. Dr. Jacks Jorge Junior, onde tive a oportunidade de dar um importante rumo ao crescimento científico e profissional, por meio do desenvolvimento de minhas atividades de pós-graduação.

Ao Prof Dr. Márcio de Moraes, pela orientação, ensinamentos, e confiança a mim depositados durante o mestrado. Pela sua dedicação ao curso de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Roger William Fernandes Moreira, pelo incentivo constante, amizade e disposição para me ajudar independente do que for preciso.

Ao Prof. Dr. José Ricardo de Albergaria Barbosa, pela amizade, apoio, e carinho indispensáveis e constantes aos alunos de pós-graduação, além de sua dedicação ao curso de graduação.

Ao Prof. Dr. Renato Mazzonetto, pelo convívio, carinho e suas palavras de amizade e acolhida durante o curso de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Luis Augusto Passeri, pelo incentivo à minha vinda a Piracicaba, pela amizade e especial carinho desde a orientação durante o estágio até o presente momento, independentemente das circunstâncias.

Aos professores do serviço de residência em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial da Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp, Prof. Dr. Mário Francisco Real Gabrielli, Profa. Dra. Marisa Aparecida Cabrini Gabrielli, Prof. Dr. Eduardo Hochuli Vieira, pelo convívio diário durante a execução deste trabalho, disponibilidade para os ensinamentos, motivação e acolhida.

Ao Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp, por permitir a realização dos experimentos

no laboratório e particular apoio e ajuda dos professores Luiz Geraldo Vaz e José Maurício dos Santos Nunes Reis.

À Área de Reabilitação Oral do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp, particularmente ao Prof. Dr. José Maurício dos Santos Nunes Reis pela incansável ajuda e indispensável orientação na operação das máquinas de ensaio do laboratório.

À Engimplan – Engenharia de Implantes Indústria e Comércio Ltda., em especial ao engenheiro José Tadeu Leme, pelo interesse na realização da pesquisa e pelo fornecimento do material de fixação.

Aos Profs. Drs. Eduardo Hochuli Vieira, Cássio Eduard Sverzut e Cecília Luiz Pereira Stabile pelas importantes contribuições feitas no exame de qualificação.

Às funcionárias Angélica, Daiana, Débora e Edilaine (Didi) pela amizade e constantes demonstrações de carinho.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), pela formação em Odontologia.

À amiga Profa. Dra. Liliana Aparecida Pimenta de Barros, pelo exemplo e inesquecível incentivo fundamentais para despertar o interesse à pesquisa e à docência.

Aos professores do Departamento de Clínica Odontológica da Universidade Federal do Espírito Santo, em especial da Área de Cirurgia Buco-Maxilo-Facial, representados pelo Prof. Dr. José Renato Costa, e Profa. Dra. Ivette Becalli de Souza pelos ensinamentos, amizade e incentivo durante meu período de monitoria e estágios durante e após a formação acadêmica.

Ao amigo e Professor Dr. Robson de Almeida Rezende, pelo exemplo profissional, confiança e incentivo a seguir a especialidade.

Às amigas Dra. Rossiene Motta de Bertollo e Dra. Renata Pittella Cançado, pelo incentivo à busca de nossas realizações profissionais e incontáveis orientações. É um prazer e uma honra ser amiga e trabalhar com vocês!

Aos amigos e professores Dra. Martha Salim, Dra. Liliane Scheidegger, Dr. Antônio de Melo Cabral e Ma. Patrícia Bianchi, pela amizade, companheirismo e cumplicidade no ambiente de trabalho.

Aos meus alunos da Associação Educacional de Vitória (FAESA) e Escola Superior São Francisco de Assis (ESFA) que transformam meus dias de docência em constante aprendizado.

Às minhas tias e às "vovós" Irene e Nice por todas as orações e carinho enviados desde a minha ida para Piracicaba.

Ao meu amigo-irmão Willian Tannous Sassine pela força, atenção indispensável em todos os momentos da minha vida e carinho indescritível. Prá você, sempre meu "muito obrigada por estar ao meu lado!"

Aos colegas Henrique Duque de Miranda Chaves Netto, Fábio Ricardo Loureiro Sato e Rafael Grotta Grempel pela amizade, companheirismo e cumplicidade sempre presentes em todos os momentos da pós-graduação. Me envaidece saber que após nossa "separação" mesmo longe estamos sempre perto!

À amiga Gabriela Mayrink pela cumplicidade, companhia e carinho durante os momentos de alegria, angústias e saudades da nossa casa.

À Anita Sanchez que consegue transformar momentos de angústia e cansaço uma brincadeira interminável, pela amizade, confiança e carinho. Amiga, sua ajuda contou bastante!

Aos novos colegas do Programa de Residência em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial da Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp, pelo apoio constante e carinho durante minhas estadias em Araraquara.

Aos demais colegas de Pós-Graduação, de estágio, mestrado e doutorado da Área de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais da FOP – Unicamp.

“É preciso que o discípulo da sabedoria
tenha o coração grande e corajoso.
O fardo é pesado e a viagem longa.”

Confúcio

RESUMO

Apesar dos diversos tipos de fixação interna existentes ainda não há um consenso quanto ao método de imobilização das fraturas do ângulo mandibular. Além disso, são poucos os estudos sobre a utilização de placas grade ultimamente lançadas no mercado. O presente estudo visou avaliar comparativamente a resistência entre três tipos de fixação interna em réplicas de hemimandíbulas de poliuretano seccionadas na região de ângulo mandibular, simulando uma fratura linear. As formas de fixação incluíram a utilização de placas em forma de grade com e sem barra intermediária e o método descrito por Champy (1978). O objetivo foi definir por meio de análise mecânica a técnica que permitiu maior resistência na fixação deste tipo de fratura. Os testes de carregamento linear vertical foram realizados em amostras de cada grupo estudado (n = 10) utilizando uma unidade de testes mecânicos para registro da carga atingida, nos momentos que o deslocamento vertical alcançou 3 mm e 5 mm. Médias e desvio padrão foram avaliados aplicando-se a Análise de Variância e o teste de Duncan em nível de significância de 5%. Concluiu-se que a técnica de fixação interna para as fraturas de ângulo mandibular descrita por Champy (1976) foi a mais resistente e, que a inclusão de barra vertical intermediária nas placas grade não ofereceu aumento da resistência quando comparadas às placas grade sem barra.

Palavras chaves: placas ósseas, força oclusal, força compressiva, resistência de materiais.

ABSTRACT

Although there are several methods of stable fixation, there is no consensus about the treatment of mandibular angle fractures, Also, there are few studies about grid plates recently commercially available. This study compares the resistance of three fixation methods in polyurethane hemimandible replicas. Those were osteotomized at the angle region to simulate a linear fracture. Fixation methods were four-hole 2.0mm grid plates with and without a vertical intermediate bar and 2.0mm four-hole straight plate. The objective was to determine, through mechanical analysis, the fixation method that results in greater resistance to displacement. The hemimandibles were submitted to vertical linear loading in a mechanical test unit for registration of load after displacement of 3 and 5mm. Means and standard deviation were determined. Variance analysis and Ducan's test were applied considering a significance level of 5%. Results showed that the 2.0 four-hole plates, positioned according to the Champy technique, provide greater stability than the grid plates. When a vertical intermediate bar was added to the grid plates, resistance of the system was not increased.

Keywords: bone plates, bite force, compressive strenght, material resistance.

SUMÁRIO

1 Introdução 1

2 Revisão de Literatura 4

3 Proposição 23

4 Materiais e Método 24

5 Resultados 34

6 Discussão 37

7 Conclusões 47

Referências 48

Anexo I 58

1 INTRODUÇÃO

O manejo de fraturas mandibulares representa uma porcentagem relevante com relação ao número de pesquisas clínicas na Área de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais. Da mesma forma, técnicas cirúrgicas, ocorrência e etiologia das complicações decorrentes do tratamento de fraturas mandibulares atraem interesse considerável (Ellis III & Ghali, 1991; Ellis III & Karas, 1992; Passeri *et al.,* 1993; Ellis III, 1993; Ellis III & Sinn, 1993; Ellis III & Walker, 1994).

A região de ângulo é descrita como local mais comum na prevalência das fraturas mandibulares em diversos estudos (Fridrich *et al.*, 1992; Ogundare *et al.*, 2003; Paza *et al.*, 2008; Sauerbier *et al.*, 2010). Esta grande incidência está freqüentemente relacionada aos dentes impactados, que diminuem a quantidade e a estabilidade do osso na região, além da menor qualidade óssea do ângulo mandibular quando comparado com a porção dentada, devido à pouca vascularização desta área. Aspectos biomecânicos também contribuem para o fato de que o ângulo mandibular seja um local de predileção para ocorrência dessas fraturas (Tevepaugh & Dodson, 1995; Saito & Murr, 2008). Ressalta-se ainda que, independente do tipo de tratamento empregado, as fraturas do ângulo apresentam os maiores índices de complicações de todas as fraturas da mandíbula (Passeri *et al.*, 1993; Ellis III, 1999; Sauerbier *et al.*, 2010).

Dentre as modalidades de tratamento para as fraturas do complexo maxilofacial, tem-se desde o bloqueio maxilo-mandibular à fixação interna ou estável dos fragmentos ósseos (Wittenberg *et al.*, 1997). Apesar disso, mesmo com todo avanço na fixação interna, as fraturas de ângulo mandibular ainda permanecem entre as mais imprevisíveis de tratar quando comparadas com as de outras áreas fraturadas na mandíbula (Gerlach *et al.*, 1984; Kai Tu & Tenhulzen, 1985; Jackson *et al.*, 1986; Niederdellman &

Shetty, 1987; Ikemura *et al.*, 1988; Ardary, 1989; Ellis III & Ghali, 1991; Ellis III & Karas, 1992; Ellis III & Sinn, 1993, Passeri *et al.*, 1993; Elllis III, 1993; Ellis III & Walker, 1994; Ellis III & Walker, 1986; Wittenberg *et al.*, 1997).

Embora hajam diferenças óbvias no tamanho, no material, na aplicação clínica e forma de acesso para a fixação, os objetivos básicos dos diferentes métodos de fixação interna são os mesmos: permitir o retorno à função sem bloqueio maxilo-mandibular (BMM) e promover estabilidade suficiente para permitir o reparo ósseo (Wittenberg *et al.*, 1997). Alcançando estes objetivos, serão reduzidos o índice de complicações, o tempo de cirurgia, e o desconforto pós-operatório do paciente (Lovald *et al.*, 2009).

Quanto ao tipo de acesso necessário, a fixação por acesso intrabucal na região de ângulo mandibular permanece um problema, principalmente devido à difícil visualização e adaptação do material. Assim, apesar dos riscos, melhores resultados são relatados com o tratamento de fraturas do ângulo com a utilização de placas de reconstrução por acesso extrabucal (Ellis III, 1993; Wittenberg *et al.*, 1997; Guimond *et al.*, 2005).

Visando diminuir as falhas com a utilização de placas monocorticais e, da mesma forma, evitar a realização de acessos extrabucais, foram desenvolvidas placas grade para fixação de fraturas faciais e de cirurgias ortognáticas. São considerados sistemas de fácil aplicação para as fraturas do ângulo com acesso intrabucal quando associados à perfuração e inserção de parafusos via percutânea ou por meio de chaves com angulação de 90 graus (Wittenberg *et al.*, 1997; Guimond *et al.*, 2005).

Alguns estudos têm reportado uma baixa taxa de complicações com o uso de placas grade para fixação de segmentos ósseos, tornando-se uma alternativa ao uso das miniplacas convencionais. A fácil aplicação por acessos intrabucais, o simples manuseio e adaptação à superfície óssea sem causar distorção ou deslocamento da fratura são consideradas

vantagens claras de sua utilização quando comparadas às placas convencionais e placas de reconstrução. Além disso, o uso de apenas uma placa permite a adaptação simultânea nos bordos superior e inferior, favorecendo a maior estabilidade biomecânica quando comparada às placas convencionais (Guimond *et al.*, 2005; Feledy *et al.*, 2004; Zix *et al.*, 2007).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Técnicas de Fixação Interna em Fraturas de Ângulo Mandibular

O ângulo mandibular é uma das regiões mais acometidas em traumatismos que envolvem a mandíbula (Chacon *et al.*, 2005). Contudo permanece controverso qual o melhor tratamento a ser dado a este tipo de fratura (Gear *et al.*, 2005). Desde tratamentos sem a realização de acesso cirúrgico até uma série de métodos de fixação envolvendo princípios de carga compartilhada ou carga centralizada podem ser usados para a correção destas fraturas (Ellis III *et al.*, 1999). Contudo, atualmente há uma tendência ao uso da combinação de variadas placas de menor perfil e parafusos monocorticais através de acesso intrabucal no tratamento das fraturas de ângulo mandibular (Guimond *et al.*, 2005).

A fixação interna rígida (FIR) é um método que permite estabilizar os segmentos osteotomizados por meio de parafusos ou placas metálicas. Este tipo de fixação elimina ou reduz a aplicação do bloqueio maxilomandibular (BMM) pós-operatório resultando em maior benefício para o paciente (Leonard, 1990; Ellis III, 1991; Ellis & Dean, 1993; Stoelinga & Borstlap, 2003). Além de serem considerados métodos de fixação mais estáveis, possuem propriedades biomecânicas superiores às contenções com fios de aço, os quais eram anteriormente utilizados, já que permite a estabilização dos segmentos com manutenção da função mandibular durante o reparo ósseo (Ellis III & Dean, 1993).

A Fundação para o Estudo da Fixação Interna foi fundada em 1958 na Suíça, designada originalmente na língua alemã de *Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen* e na inglesa de *Association fot the Study of Internal Fixation* - AO/ASIF (Prein & Rahn, 1998). A partir daí, no início da década de 70, Spiessl introduziu modificações nos princípios de ortopedia e nos

instrumentais para adequá-los à utilização na cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial. Assim, os princípios da AO/ASIF para o reparo de fraturas ósseas também foram aplicados para procedimentos bucomaxilofaciais com finalidade de obtenção de estabilidade absoluta promovida pelo uso de placas e parafusos (Schmoker et al., 1976; Spiessl, 1989; Ellis, 1993; Spina & Marciani, 2000).

O principal objetivo da utilização da FIR seria imobilizar os segmentos ósseos de forma que permanecessem estáveis durante o processo de reparo. Esta técnica e filosofia de tratamento foram aceitas na Europa no final da década de 70, e nos Estados Unidos na década de 80, somente após a criação da AO/ASIF (Ellis III & Karas, 1992; Ellis, 1993; Alpert & Seligson, 1996).

Segundo a filosofia da AO/ASIF deve-se realizar a instalação de duas placas sobre a superfície vestibular da mandíbula, de forma a evitar ferimento às raizes dos dentes subjacentes e ao canal mandibular. Isto pode ser realizado com uma placa da compressão de 6 furos, ou uma placa de reconstrução, com os parafusos bicorticais introduzidos ao longo da borda inferior da mandíbula. Uma segunda placa é posicionada na zona de tensão, próxima ao rebordo alveolar, com parafusos monocorticais. A placa da zona de tensão pode ser substituída por uma barra de Erich, para neutralizar a tensão ao longo do rebordo alveolar quando houver impossibilidade de fixação da placa nesta região.

Entretanto, na prática a técnica da AO/ASIF é, na maioria das vezes, a escolhida para executar corretamente o tratamento de fraturas no ângulo mandibular. O acesso cirúrgico por via intrabucal pode ser escolhido, mas muitos cirurgiões preferem acesso extrabucal, correndo-se o risco de danificar o ramo marginal do nervo facial, infecção e a possibilidade de cicatriz hipertrófica na face. Além disso, após a fixação, pode-se criar um gap

na superfície lingual da zona de compressão devido a dobradura da placa, na tentativa de coaptar a cortical vestibular precisamente. Ressalta-se ainda que a espessura do osso na borda inferior do ângulo dificulta a adaptação da placa e a aproximação dos fragmentos.

Outro método de fixação, considerado semi-rígido, foi descrito por Champy (1976) baseando-se em uma modificação nos princípios de Michelet (1973), consistindo na colocação de uma placa monocortical justaposta à superfície óssea e subapical, sem compressão e sem necessidade de BMM. Este método surgiu após a realização de uma série de experimentos que desvendaram as "linhas ideais para osteossínteses", zonas consideradas como locais onde as forças de tensão e compressão se neutralizam durante a função mastigatória. No caso de fraturas de ângulo mandibular, os estudos biomecânicos demonstraram que o melhor local para fixação da placa é na face vestibular na região do terceiro molar extendendo-se sobre o rebordo alveolar retromolar, correspondente à linha oblíqua. O fácil acesso, a grande resistência cortical, e a estabilidade da fixação favorecem ao eleger este local para a osteossíntese na região do ângulo (Michelet et al., 1973; Champy & Lodde, 1976; Champy et al., 1978).

Embora a técnica de Champy não requeira a compressão entre fragmentos e o reparo ósseo primário, sua taxa de êxito para tratar fraturas do ângulo foi provada com muitos estudos clínicos, apresentando baixos índices de complicação. No entanto, apesar das experiências clínicas, os resultados de estudos biomecânicos *in vitro* avaliando fixações de fraturas no ângulo com método Champy demonstram que a resistência das placas monocorticais às forças mastigatórias é insuficiente (Champy *et al.*, 1978; Kroon *et al.*, 1991; Choi *et al.*, 1995). Isto pode, em parte, ser explicado pelo fato de que as forças mastigatórias nos pacientes pós - operatórios são inferiores ao normal por muitas semanas, de modo que uma fixação menos

rígida possa ser suficiente para a estabilidade do fragmento durante a fase de reparo ósseo (Shetty *et al.*, 1995).

Outra técnica, como a descrita no estudo de Niederdellmann *et al.* (1981) com o uso de parafusos compressivos interfragmentários também podem foram utilizadas para o tratamento das fraturas do ângulo mandibular. Neste trabalho, os autores avaliaram 18 pacientes tratados por meio de acesso intrabucal e fixação da fratura com um parafuso do sistema de 2,7 mm. Destes, 4 casos desenvolveram infecção, tratados com gaze e iodofórmio e sem a necessidade de remoção do dispositivo de fixação, sendo assim o sistema considerado seguro e estável.

Niederdellmann & Shetty (1987) realizaram um estudo retrospectivo para avaliar os pacientes tratados por meio de fixação com parafusos compressivos interfragmentários na região do ângulo mandibular. Os parafusos de 2,7 mm foram instalados através de acesso intrabucal com auxílio de trocarte por via transcutânea. Os autores reportam 4% de casos de infecção, 6% de distúrbios neurosensoriais persistentes e 2% de maloclusão. Como conclusão, consideraram os índices altamente satisfatórios e indicam a técnica para osteosíntese do ângulo mandibular.

Levy *et al.* (1991) revisaram retrospectivamente pacientes tratados por meio de fixação com placas e parafusos monocorticais no ângulo mandibular. Os grupos estudados foram divididos de acordo com a técnica de fixação realizada da seguinte forma: fixação com uma placa; uma placa e BMM; duas placas; duas placas e BMM. Foram encontrados índices de complicações correspondentes a 30% no grupo fixado com uma placa associado ao BMM, 22% com uma placa e 7,1% com duas placas e BMM. Não foram observadas complicações no grupo de duas placas sem BMM. Dentre as complicações, foram diagnosticadas infecções, maloclusões e não-união. Como conclusões do estudo, compararam os resultados obtidos com os resultados

apresentados por outros autores usando sistemas compressivos, e consideraram o uso de 2 miniplacas sem BMM como sistema mais indicado para o tratamento desse tipo de fratura.

Ellis III & Ghali, em 1991, revisaram 30 casos de pacientes que sofreram fraturas do ângulo mandibular tratadas com parafusos compressivos inter-fragmentários, utilizando apenas um parafuso do sistema de 2,7 mm, com comprimentos variando entre 30 e 40 mm. Vinte e oito pacientes apresentaram dentes em linha de fratura, que foram removidos durante a cirurgia. Oito pacientes não apresentaram fraturas fixadas com estabilidade suficiente durante o trans-operatório, sendo mantidos com BMM por período de 3 a 8 semanas imediatamente após a cirurgia. Os exames radiográficos pós-operatórios mostraram excelente redução das fraturas. Não ocorreu união fibrosa em nenhum dos casos e nenhum paciente desenvolveu união fibrosa. Dois casos de má-oclusão foram observados nas primeiras duas semanas após a cirurgia. Relatou-se, ainda, parafuso transfixando o canal mandibular em um caso, porém, o paciente já relatava parestesia pré-operatória. Além desses resultados, 23% dos casos apresentaram infecção, porém apenas 13% necessitaram de nova intervenção cirúrgica. Os autores indicaram essa técnica pela economia de tempo cirúrgico e de material de osteosíntese.

Dym *et al.*, em 1992, publicaram uma técnica alternativa para osteosíntese de fratura do ângulo mandibular, associando parafusos e fio de aço. Os autores a descrevem como uma técnica simples e de baixo custo, consistindo na fixação de 2 parafusos de 2,7 mm, um em cada lado da fratura. Os parafusos eram monocorticais e fixados verticalmente, ou seja, paralelos ao traço da fratura. A partir disso, torceram um fio de aço, sustentado nas cabeças dos parafusos. Em 40 casos analisados, não relataram complicações pós-operatórias.

Em 1992, Ellis III & Karas avaliaram 31 casos de fraturas de ângulo mandibular tratadas com fixação interna, utilizando duas miniplacas de compressão dinâmica e parafusos auto-rosqueáveis, fixadas mocorticalmente nas bordas superior e inferior, por acesso intrabucal. Os resultados demonstraram que 5 casos apresentaram edema prolongado, infecção em 3 casos e, apenas um caso de união fibrosa entre os fragmentos. Para todas as complicações foi preconizado nova intervenção cirúrgica com substituição ou remoção do sistema de fixação. Na maioria dos casos, as placas instaladas na borda superior apresentaram-se soltas e foram retiradas. Considerando que 29% dos casos tratados apresentaram complicações pós-operatórias, foi considerado alto o índice de complicações, não recomendando a técnica.

Ellis III (1993) publicou um estudo retrospectivo de pacientes com fraturas do ângulo mandibular tratados com placas de reconstrução e parafusos bicorticais de 2,7 mm instaladas na borda inferior. Dos 52 pacientes tratados, 31 apresentaram fraturas cominutivas, 12 apresentaram fraturas oblíquas e 9 com fraturas lineares. Quanto ao índice de complicações pós-operatórias, quatro pacientes (7,5%) apresentaram infecção na área fraturada, os quais foram tratados com incisão e drenagem, e apenas um caso necessitou de nova intervenção cirúrgica para remoção da fixação. Devido ao baixo índice de complicação e ausência de casos de má-oclusão pós-operatória, o autor considerou a técnica indicada e satisfatória para casos mais complexos.

Ainda em 1993, Ellis III & Sinn revisaram 65 casos de pacientes com fraturas do ângulo mandibular tratados por meio de placas de compressão dinâmica, fixadas na borda inferior com parafusos monocorticais, ambos do sistema de 2,4 mm. Apesar do acesso cirúrgico intrabucal, os parafusos foram inseridos por via transcutânea com o auxílio de trocarte. Nesse estudo, obtiveram índice de complicações de 32% (21 casos), considerando 20

casos de infecção e um de união fibrosa. O tratamento das complicações consistiu na drenagem dos abscessos e remoção das fixações. Dos 21 casos nos quais foram removidas as fixações, 12 casos necessitaram de instalação de nova fixação. Como justificativas para o elevado índice de complicações encontrado, os autores consideraram a possível desvitalização óssea, devido à compressão entre os fragmentos, e a falta de rosqueamento prévio à inserção de parafusos. Da mesma forma, os autores sugerem que a utilização das placas de compressão com parafusos monocorticais podem prevenir a má-união e a má-oclusão no tratamento de fraturas de ângulo, desde que não sejam instaladas em fraturas com traço oblíquo, cominutivas ou naquelas com perda de fragmentos ósseos.

Analisando as complicações dos pacientes tratados por meio de fixação não rígida das fraturas de ângulo mandibular, Passeri *et al.* (1993) avaliaram retrospectivamente 96 pacientes que apresentaram 99 fraturas. O índice de complicações do grupo estudado correspondeu a 17%, sendo as infecções a totalidade dos casos. Em 13% dos casos, foi encontrada infecção isolada, enquanto que nos demais 4% ela foi associada a má-união ou não-união. A principal causa dos traumatismos foi a agressão física (83%), seguida de ferimentos por arma de fogo (5%), em vítimas entre 20 e 30 anos de idade, do gênero masculino (83%) e negros em sua maioria (58%). Foram encontrados 19 casos sem dentes em linha de fratura, não sendo relata infecção em nenhum dos casos. Apesar disso, os autores consideraram o estudo inespecífico para essa avaliação e concluíram que o método de tratamento apresentou um alto índice de complicações, atribuindo isso à técnica empregada e às características da população tratada.

Dichard & Klotch (1994), realizaram teste biomecânico comparativo, em mandíbula de polietileno com fratura de ângulo mandibular. Aplicaram 9 possibilidades de fixação, variando as características da fixação e o seu local de aplicação, distribuindo-as nas áreas de tensão e de compressão.

Consideraram o estudo com resultados limitados, embora indiquem a associação de fixações nas diferentes áreas de tensão apenas para casos selecionados.

Tate *et al.* (1994) avaliaram as forças mastigatórias apresentadas em pacientes com fraturas de ângulo mandibular e indivíduos saudáveis. O intuito do estudo seria prever a necessidade e a quantidade de fixações a serem empregadas nos pacientes que apresentassem fraturas de mandíbula. Como esperado, o estudo demonstrou que a carga oclusal mastigatória foi menor no lado fraturado, mesmo após os primeiros dias de tratamento. Quando comparados com os indivíduos sem fratura, os resultados foram ainda mais discrepantes. Os autores justificaram estes resultados pela lesão muscular que ocorre, pelo traumatismo sofrido e pela técnica cirúrgica empregada. Como conclusões, consideraram que em função da diminuição da carga oclusal exercida no pós-operatório imediato, as fixações necessárias para manter o sistema estável podem possuir resistência a esforços mastigatórios reduzidos.

Na mesma linha de estudos anteriores, Ellis III & Walker (1994) avaliaram o tratamento de 69 fraturas de ângulo mandibular, ocorridas em 67 pacientes, tratadas com duas miniplacas não compressivas de sistema 2,0 mm. Os autores observaram que 19 fraturas (28%) apresentaram complicações, dentre as quais 17 casos foram realizados procedimento de drenagem, e em 16 casos foram removidas as fixações. Dentre os casos de reintervenção, apenas 5 pacientes necessitaram de nova fixação e em um foi realizado reconstrução com enxerto ósseo. Como conclusão do estudo, a técnica foi considerada de fácil execução, porém com índices inaceitáveis de complicações para esse tipo de fratura.

Marciani *et al.* (1994) revisaram o uso de fios de aço para osteosíntese na borda superior do ângulo mandibular, e a consideraram como uma

alternativa rápida, de baixo custo e indicada para fraturas lineares, pouco deslocadas e com relativa dificuldade de adaptação da placa sobre a linha oblíqua. Essa técnica seria aplicada aos casos com exodontia dos terceiros molares, associada ao BMM durate 5 a 6 semanas pós-operatórias.

No mesmo ano, Assael revisou as indicações e as técnicas de fixação por meio de placas e parafusos para as fraturas do ângulo mandibular. Considerou nesta revisão as opções de fixação, os índices de infecção, união óssea, má-oclusão, função motora-sensitiva, distúrbios neurosensoriais, função mandibular, relação custo-benefício e experiência do profissional. O autor considerou todas as técnicas de fixação internas rígidas superiores as não rígidas para o tratamento das fraturas.

Atualmente, os métodos de fixação das fraturas de ângulo se resumem basicamente em duas filosofias de tratamento, ambas através de fixação interna. A primeira é através do uso de placas e parafusos, que visam fornecer uma rigidez suficiente aos fragmentos impedindo a movimentação óssea, ou mínima movimentação durante a função mandibular. A segunda, considerada técnica semi-rígida, descrita por Champy (1976), consistindo na colocação de uma placa monocortical subapical aos dentes e justaposta à superfície óssea, sem compressão e sem necessidade de BMM (Champy *et al.*, 1976; Schilli *et al.*, 1998; Ellis III, 1999).

Em 1994, o grupo AO/ASIF substituiu o termo "fixação rígida" das fraturas para "fixação funcionalmente estável" ou "fixação estável", podendo denominá-las simplesmente de "fixação interna". Isto se refere ao fato de que foram observados micromovimentos interfragmentários após a fixação, apesar da estabilidade alcançada e resistência aos esforços mastigatórios no pós-operatório, permitindo ainda a função durante o processo de reparo ósseo (Champy *et al.*, 1976; Prein, 1998; Ellis III, 1999; Barber *et al.*, 2005).

Shetty *et al.* (1995) utilizaram um modelo de fratura de ângulo mandibular para analisar a estabilidade na linha de fratura com o sistema de fixação em função. Comparativamente, consideraram a estabilidade dos sistemas utilizando fixações compressivas superior às adaptativas. Entre os sistemas adaptativos, compararam a fixação isolada da borda superior com a fixação isolada da borda inferior, considerando a última superior em resistência. Os autores sugeriram também que os sistemas adaptativos não suportariam as cargas oclusais normais em pacientes totalmente desdentados.

Em discussão ao trabalho de Shetty *et al.* (1995), descrito anteriormente, Champy & Kahn (1995) justificaram a técnica e a utilização do material preconizado por haver a neutralização das forças de tensão no bordo superior que, associada a função da musculatura mastigatória, neutralizam as forças de compressão no bordo inferior naturalmente, sem a necessidade de outra fixação desta região.

Choi *et al.* (1995) testaram a estabilidade de duas miniplacas como técnica de fixação para fraturas de ângulo mandibular, por meio de um estudo *in vitro.* Os testes foram tridimensionais e tentou-se imitar as cargas mastigatórias que incidiam sobre o sistema. Como conclusão, ressaltam que essa técnica promove adequada estabilidade da fratura, mesmo sob carga.

Ainda em 1995, Gerard & D'Innocenzo preconizaram uma modificação de técnica para a adaptação de uma placa no bordo superior da região do ângulo mandibular. Essa modificação consiste no desgaste ósseo da linha oblíqua externa, a fim de permitir a adaptação da fixação de acordo com Champy *et al.* (1976), sem a necessidade de ajustar a placa, reduzindo o tempo operatório.

Em 1996, Kallela *et al.* avaliaram clínica e radiograficamente 7 pacientes portadores de fraturas de ângulo mandibular, tratados por meio de

parafusos compressivos isolados. Não encontraram complicações persistentes, apenas neuropatias temporárias, considerado a técnica sensível e indicada para uso extensivo.

No mesmo ano, Ellis III & Walker, avaliaram prospectivamente o tratamento de fraturas de ângulo mandibular por meio de uma miniplaca não compressiva, fixada com parafusos auto-rosqueáveis de 2,0 mm, por meio de acesso intrabucal. Dos 81 pacientes analisados, 13 apresentaram complicações. Destes, 11 necessitaram de intervenções ambulatoriais, consistindo em drenagens intrabucais e remoção de material de fixação. Todos apresentaram reparo ósseo no local das fraturas. A realização de nova intervenção cirúrgica e antibioticoterapia endovenosa ocorreu nos outros pacientes, sendo que em um dos casos houve união fibrosa e, por isso, foi submetido à enxertia óssea. A técnica foi considerada simples e com pequeno número de complicações maiores.

Haug *et al.* (1996) realizaram um ensaio biomecânico para comparar 3 técnicas de fixação de fraturas do ângulo mandibular. O grupo considerado tradicional consistiu de uma placa do sistema 2,4 mm no bordo inferior e 2,0 mm no bordo superior. O segundo grupo consistiu no inverso, ou seja, do sistema de 2,4 mm no bordo superior e de 2,0 mm no bordo inferior. No terceiro grupo utilizou-se placas de 2,0 mm nos bordos superior e inferior. Foram aplicadas forças em cantiléver no sistema, não apresentando diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Em relação às falhas nos sistemas, todas ocorreram com os parafusos monocorticais do bordo superior.

Em 1997, Schierle *et al.* analisaram comparativamente pacientes com fraturas do ângulo mandibular, tratados por meio de fixação com sistema de 2,0 mm. Os grupos foram divididos em pacientes tratados por uma e duas miniplacas, sem a utilização de BMM no período pós-operatório. As fraturas

cominutivas e infectadas foram excluídas do estudo. Em relação às complicações pós-operatórias não encontraram diferenças significativas entre os grupos, considerando infecção, má-oclusão e distúrbios neurosensoriais.

Em revisão de estudos realizado por Schilli (1998), foram descritos os diversos tipos de tratamento para as diferentes fraturas de ângulo mandibular, de acordo com os princípios AO/ASIF. Para as fraturas pouco deslocadas recomendou-se o acesso intrabucal para a fixação na banda de tensão com sistema 2,0 mm ou, associando a uma fixação na borda inferior (2,0mm) com auxilílio de trocarte trans-cutâneo para instalação dos parafusos na zona de compressão. Para os demais casos, o autor recomenda acesso extrabucal e diferentes tipos de fixações, considerando as características da fratura, como placa compressiva e parafusos 2,4 mm na base e 2,0 mm no bordo superior, parafuso compressivo interfragmentário de 2,4 mm na linha oblíqua externa ou, ainda, placa universal e parafusos 2,4 mm na base e 2,0 mm no bordo superior.

Em 1999, Potter & Ellis III publicaram uma avaliação de tratamento para fraturas de ângulo mandibular por meio de uma miniplaca de 1,3 mm, preconizada para o terço médio facial. Encontraram complicações em 15,2% dos casos, todas consideradas menores e que não necessitaram hospitalização. Dessas, 3 casos foram de fraturas da placa, sem relatos de sintomas do paciente, mas apresentando reparo da fratura no momento do diagnóstico. Dois casos apresentaram fratura da placa e mobilidade dos segmentos, tratados com BMM. Três casos de infecção em tecidos moles foram tratados com incisão intrabucal e drenagem. Segundo o estudo, os autores consideraram elevados os índices de complicações, porém ressaltam que as fixações necessárias para o tratamento das fraturas podem ser menores do que previamente descrito.

No mesmo ano, Ellis III avaliou, a partir de seus estudos, as diversas formas de fixação para as fraturas de ângulo mandibular no tratamento de pacientes num período de 10 anos consecutivos. Segundo esta análise, a maioria dos traumas foi decorrente de agressão (85-95%) e os tempos médios trauma/atendimento e atendimento/cirurgia foram, respectivamente, 2,5 e 3 dias. De acordo com os índices de complicações pós-operatória, nas diversas formas de tratamento, observou-se que a redução aberta por acesso extrabucal e fixação interna com placa reconstrutiva AO/ASIF e, a redução aberta por acesso intrabucal com fixação com uma miniplaca 1,3mm, foram as formas mais efetivas de tratamento.

Tams *et al.* (2001) realizaram um estudo computadorizado para avaliar a aplicabilidade de sistemas absorvíveis na fixação interna de fraturas do ângulo mandibular. Aplicaram carga em diferentes pontos do arco dental de um modelo tridimensional da mandíbula, com uma simulação de fratura do ângulo mandibular. Aplicaram placas de ácido polilático (PLA), classificadas como médias e maiores, em diferentes pontos da fratura. Como conclusões, os autores consideraram os sistemas absorvíveis aplicáveis para a manutenção do sistema de fixação e que a disposição ideal seria a de uma placa na linha oblíqua externa e outra na metade da altura mandibular.

Haug *et al.* (2001) realizaram uma avaliação mecânica de diferentes técnicas de fixação utilizadas em fraturas de ângulo mandibular, em modelos de mandíbulas sintéticas de poliuretano. Aplicaram 14 diferentes técnicas de fixação, não variando o comprimento dos parafusos: monocorticais (6 mm) e bicorticais (16 mm). Todas as técnicas de fixação mostraram-se suficientemente resistentes às cargas aplicadas, simulando as forças oclusais pós-operatórias. Diferenças estatísticas foram observadas entre os grupos de fixação monocortical no bordo superior e todos os grupos de fixação com duas placas.

Seguindo a mesma linha de estudos biomecânicos, Haug *et al.* (2002) analisaram o efeito da adaptação das placas na estabilidade do sistema, comparando sistemas de 2,0 e 2,4 mm com e sem sistema de travamento dos parafusos nas placas. Concluíram que nos sistemas sem travamento a adaptação da placa à superfície mandibular está diretamente relacionada com a estabilidade do sistema, o que não acontece com os sistemas com travamento, em que a estabilidade foi considerada independente da adaptação.

Para avaliar a resistência necessária da fixação interna para tratamento das fraturas de ângulo mandibular, descrita por Champy *et al.* (1976), Gerlach & Schwarz (2002), analisaram as forças oclusais de pacientes com fraturas de ângulo, da primeira à sexta semana pós-operatória. Segundo os autores, a carga mastigatória máxima atingida é de 31% após a primeira semana de pós-operatório e, 58% após 45 dias com relação à carga mastigatória máxima de indivíduos sem fraturas. Para os autores, isso justificaria o uso clínico da técnica, diferentemente dos resultados *in vitro*, que muitas vezes condenam a utilização da mesma.

Em 2002, Dimitroulis analisou o tratamento de fraturas unilaterais de ângulo mandibular sem a utilização de BMM trans-operatório. No grupo considerado padrão foram aplicados arcos e amarrias dentais, BMM e fixação interna. Para o grupo teste foi realizada a redução anatômica da fratura e fixação interna. Todas as fraturas foram acessadas por via intrabucal e fixadas com uma placa e parafusos monocorticais no bordo superior. Foram comparados os tempos cirúrgicos e de internação, além das características epidemiológicas dos traumas. No pós-operatório foram realizadas análises radiográficas e de oclusão. Em relação ao tempo cirúrgico, as médias para os grupos padrão e o grupo teste foram de 98,5 minutos e 40,2 minutos, respectivamente. No tempo de internação, essas médias foram, respectivamente, de 1,82 e 1,35 dias. Não foram observadas

diferenças nas análises radiográficas e de oclusão pós-operatórias. Desta forma, o autor ressalta que quando um auxiliar consegue manter a redução precisa da fratura, o uso de BMM trans-operatório pode ser desnecessário, reduzindo em aproximadamente 1 hora o tempo operatório.

Em discussão ao trabalho de Dimitroulis (2002), Walker (2002) considera a existência de múltiplas variáveis, dentre elas diferentes residentes e orientadores, podendo refletir significantemente no tempo cirúrgico e na capacidade de manter a redução da fratura, bem como de julgar, no momento da cirurgia, a necessidade ou não de BMM. Para o autor, a observação é válida, embora essas variáveis devessem ser eliminadas.

Barry & Kearns (2007) descrevem estudo avaliando o índice de complicações pós-operatórias em pacientes tratados de fraturas de ângulo por meio da técnica de Champy. Os autores concluíram que a técnica apresenta baixos índices de complicação.

Bayat *et al.* (2010) avaliaram o tratamento de 19 pacientes com fraturas de ângulo por meio de uma única placa biodegradável disposta no bordo inferior. Observaram que após 24 semanas todas as fraturas estavam consolidadas. Entretanto, 15,7% dos casos apresentaram complicações menores sem necessidade de intervenção. Dois pacientes apresentaram infecção as quais foram tratadas com antibioticoterapia e drenagem, e um caso apresentou má-oclusão necessitando de elásticos no pós-operatório. Segundo o estudo, a utilização de uma placa biodegradável de sistema 2,5mm parece oferecer fixação adequada para as fraturas do ângulo mandibular.

2.2 Técnicas de Fixação Interna com Placas Grade

As placas grade, formadas por duas placas retas unidas por barras verticais em suas extremidades, foram desenvolvidas com intuito de reduzir o

volume e a quantidade de todo o material implantado, associado a uma estabilidade satisfatória na redução dos fragmentos fraturados por acesso intrabucal (Farmand, 1996; Kim & Nam, 2001; Lovald *et al.*, 2009).

Com relação aos aspectos biomecânicos, a forma geral da estrutura da fixação deve corresponder aos tipos de deslocamentos experimentados em um local específico da fratura. Embora o valor da força mastigatória possa variar entre pacientes, a biomecânica de uma região particular da fratura exibirá modalidades do deslocamento similares entre indivíduos (Lovald *et al.*, 2009).

Estudos biomecânicos descrevem que, durante a função mastigatória normal, forças de tensão ocorrem na região alveolar dentada da mandíbula e, forças compressivas são observadas ao longo da borda inferior (Rahn *et al.*, 1975; Sonnenburg & Hartel, 1978; Niederdellmann & Shetty, 1987).

Dessa forma, quando somente uma placa é aplicada no bordo superior da mandíbula, as forças de tensão e compressão causam movimento no longo eixo da placa, levando ao deslocamento da fratura e formação de *gap* no bordo inferior. Com a aplicação das placas grade, os parafusos são instalados nos dois lados da fratura dando uma conformação de cubo, com criação de plataformas amplas, e aumento da força torsional no longo eixo da placa. Assim, o seu desenho permite melhor resistência contra a abertura do *gap* na borda inferior da mandíbula durante os movimentos de mastigação, ao contrário de quando se utiliza uma única placa na linha oblíqua (Champy) ou na borda superior e lateral (Guimond *et al.*, 2005).

Devido suas características geométricas, essas placas permitem o mínimo de movimento dos segmentos durante a execuçãoo de forças de torsão e compressão, ao contrário do que acontece quando uma única placa linear é aplicada no bordo superior da mandíbula (Farmand & Dupoirieux, 1992; Coward *et al.*, 1998).

O primeiro estudo biomecânico utilizando placas grade foi descrito por Farmand (1996). O autor descreve que essas placas de pouca espessura são tão estáveis quanto as placas convencionais de perfil 2,0mm.

Wittenberg *et al.* (1997) comparando a estabilidade e resistência de placas grade e placas de reconstrução concluem que a utilização das placas grade é uma boa opção para o tratamento das fraturas de ângulo e, devido sua facilidade de aplicação clínica pode ser considerada uma escolha satisfatória.

Feledy *et al.* (2004) compararam biomecanicamente as placas grade com placas convencionais em fraturas de ângulo mandibular. Os resultados demonstraram melhor estabilidade e maior resistência para as placas grade.

Guimond *et al.* (2005) descreveram um estudo avaliando 37 pacientes diagnosticados com fraturas de ângulo mandibular não-cominutivas as quais foram tratadas com placas grade e acesso intrabucal. Concluíram neste estudo que as placas grade permitem uma grande maleabilidade e, por apresentarem pequena espessura, facilitam na redução da fratura. Além disso, apresentam pequenos índices de infecção quando comparadas àquelas tratadas com placas de reconstrução.

Zix *et al.* (2007) avaliaram clinicamente a viabilidade do uso de placas grade no tratamento de fraturas de ângulo mandibular por acesso intrabucal. Diante dos resultados apresentados, os autores puderam concluir que essas placas são apropriadas para fixação de fraturas simples no ângulo mandibular e pode ser considerada uma alternativa segura ao uso de placas monocorticais convencionais. No entanto, o sistema pode ser contra-indicado para pacientes que apresentem insuficiente contato ósseo entre os fragmentos causando pequena estabilidade na redução da fratura.

Alkan *et al.* (2007) avaliaram por meio de ensaio biomecânico 4 diferentes métodos de fixação para fraturas do ângulo mandibular. Foram eles: uma placa utilizada pela técnica Champy, 2 placas dispostas uma no bordo superior e outra no bordo inferior de forma biplanar, 2 placas dispostas uma no bordo superior e outra no bordo inferior de forma monoplanar e uma placa grade de 8 furos disposta na zona neutra da mandíbula. Como resultado obtiveram que a placa grade de 8 furos foi melhor que uma placa disposta conforme a técnica Champy *et al.* (1978), porém foi pior quando comparada com a utilização de duas placas, sejam elas dispostas de forma monoplanar ou biplanar.

Jain *et al.* (2010) propuseram por meio de estudo clínico randomizado, comparar as fixações com placas convencionais seguindo a técnica de Champy (1978) e placas grade, descrevendo as vantagens e desvantagens de cada método avaliado. Os autores concluem que a técnica de Champy é um método melhor e de maior facilidade de aplicação do que a fixação com placas grade. Segundo a análise comparativa, o sistema de placas grade é desfavorável para aplicação nos casos de fraturas com traços oblíquos ou com envolvimento do nervo mentoniano. No entanto, na maioria dos casos, promove estabilidade suficiente e o tempo cirúrgico é menor devido a fixação simultânea das barras superior e inferior.

Todos os estudos prévios demonstrando a utilização de placas grade no tratamento de fraturas de ângulo mandibular reportam baixos índices de complicação e, além disso, concluem que essas placas são uma alternativa para as placas convencionais. Autores enfatizam que as barras que unem as placas servem de reforço à estrutura oferecendo vantagens sobre as placas convencionais e sistemas de reconstrução (Zix *et al.*, 2007).

Apesar dos resultados promissores demonstrados em pesquisas com testes mecânicos e avaliação clínica, poucos estudos são reportados quanto

a utilização de placas grade para a fixação de fraturas mandibulares. Devido a tal fato, o presente estudo visou observar o comportamento desta fixação em ensaio mecânico, bem como avaliar se o acréscimo de uma barra vertical na estrutura da placa favorecerá na resistência às forças aplicadas no sistema.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente *in vitro,* por meio de carregamento linear, a resistência de três tipos de fixação interna indicadas para o tratamento de fraturas do ângulo mandibular.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 Hemimandíbulas

Foram utilizadas como substrato réplicas de mandíbulas humanas dentadas, a base de poliuretano rígido, com padronização de morfologia (SYNBONE 8311- Malans - Suíça).

As réplicas de mandíbula foram seccionadas na região mediana de forma a selecionar o lado esquerdo para este ensaio. Em uma hemimandíbula esquerda realizou-se uma secção, desta vez oblíqua, na região de ângulo mandibular. Para tanto, a segmentação foi feita na região retromolar, correspondente ao rebordo, iniciando 3mm posteriormente à face distal do segundo molar, seguindo em direção oblíqua até a porção basilar (Figura 1). A partir da primeira hemimandíbula seccionada no ângulo foi confeccionado um guia em resina acrílica, quimicamente ativada incolor (Dental Vipi Ltda., Pirassununga-SP, Brasil), para localização da região do corte no intuito de reproduzir a segmentação das demais hemimandíbulas no mesmo local.

Figura 1 – Hemimandíbula esquerda após secção em região de ângulo

As hemimandíbulas foram seccionadas com auxílio de serra manual de 12 polegadas (Famastil®, Gramado-RS, Brasil).

4.2 Placas e Parafusos Utilizados nas Amostras

Para a formação dos grupos de fixação a serem estudados foram empregadas as seguintes placas e parafusos:

- 10 placas retas de titânio de 4 furos sistema 2,0 mm (1 mm x 25 mm x 5,5 mm) e 40 parafusos de titânio de 2,0 x 6,0 mm de comprimento – Bucoplan (Engimplam Indústria e Comércio de Materiais Dentários, Rio Claro-SP, Brasil) – Figura 2 (A).
- 10 placas grade do sistema 2,0 mm (1 mm x 20 mm x 11,5 mm) e 40 parafusos de titânio de 2,0 x 6,0 mm de comprimento – Bucoplan (Engimplam Indústria e Comércio de Materiais Dentários, Rio Claro-SP, Brasil) – Figura 2 (B).
- 10 placas grade com barra vertical intermediária do sistema 2,0 mm (1 mm x 20 mm x 11,5 mm) e 40 parafusos de titânio de 2,0 x 6,0 mm de comprimento – Bucoplan (Engimplam Indústria e Comércio de Materiais Dentários, Rio Claro-SP, Brasil)– Figura 2 (C).

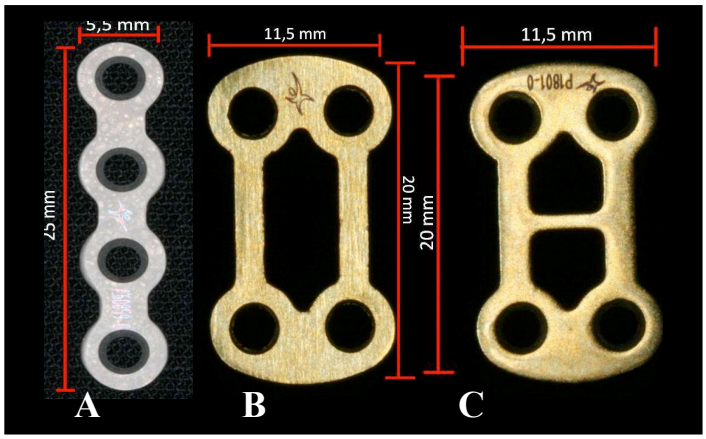


Figura 2 - Placas de sistema 2,0mm, utilizadas nos testes. (A) Reta convencional; (B) Grade sem barra; (C) Grade com barra intermediária

De acordo com as especificações do fabricante, as placas são de titânio comercialmente puro, de grau II e os parafusos de liga de titânio-6 alumínio-4 vanádio.

4.3 Preparo da Amostra

Todas as hemimandíbulas foram fixadas simulando a redução anatômica da fratura do ângulo mandibular. Para a padronização do posicionamento e fixação das placas, seguiu-se a metodologia empregada por Asprino (2005). Dessa forma, foram confeccionados guias em resina acrílica quimicamente ativada e incolor (Dental Vipi Ltda., Pirassununga-SP, Brasil) – Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Guia acrílico posicionado para auxílio da redução da fratura e local para posicionamento da placa das amostras do Grupo 1.

Figura 4 – Guia acrílico posicionado para auxílio no posicionamento da placa das amostras do Grupo 2 e 3.

Para o Grupo 1 (Figura 5) uma placa reta convencional foi posicionada na região do rebordo alveolar, na região da linha oblíqua, segundo a técnica descrita por Champy (1976).

Figura 5 – Amostra do grupo 1 - Fixação de acordo com a técnica de Champy (1976).

Para os Grupos 2 e 3 (Figura 6 e 7) a fixação das placas grade foi realizada na região da porção mediana do ângulo da hemimandíbula considerada, segundo os estudos de Champy (1976), de “zona ideal para osteossíntese”, ou zona neutra. Dessa forma, a posição da porção mediana da placa grade nesses grupos corresponde a uma posição a 10mm superiormente da base da mandíbula sintética. Além disso, as placas grade foram fixadas de forma que seu eixo horizontal estivesse posicionado perpendicularmente ao traço de fratura.

Figura 6 – Amostra do grupo 2 - Fixação com placa grade sem barra intermediária.

Figura 7- Amostra do grupo 3 - Fixação com placa grade com barra intermediária

Um grupo formado por hemimandíbulas íntegras, isto é, sem fixação, também foi testado afim de observar a força necessária para a fratura da mesma, bem como avaliar se o posicionamento no suporte era adequado (Figura 8).

Figura 8 – Amostra do grupo 4 - Hemimandíbula íntegra sem fixação.

As perfurações das mandíbulas nos locais de instalação dos parafusos foram realizadas com broca 1,5 mm, preconizada pelo fabricante do sistema de fixação, acoplada a peça-reta (Kavo, 10 ABN, Joinville-SC, Brasil) e montada em motor elétrico (Beltec Indústria e Comércio de Equipamentos Odontológicos Ltda., Lb 100, Araraquara-SP, Brasil). As perfurações foram realizadas com a estabilização manual dos segmentos, simulando uma perfeita adaptação anatômica, e com o auxílio dos guias em resina acrílica para o correto posicionamento das placas e seus respectivos furos. A inserção dos parafusos foi realizada com chave manual do sistema Bucoplan 2,0 mm (Engimplam, Rio Claro-SP, Brasil), perpendicularmente a superfície da hemimandíbula e à placa empregada.

Após a fixação das hemimandíbulas os guias foram removidos para a verificação da correta redução e fixação dos segmentos.

4.4 Teste de Carregamento

Os testes de carregamento foram realizados em máquina de ensaio eletromecânica EMIC DL 2000 (São José dos Pinhais-PR, Brasil) do Laboratório de testes mecânicos do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (FOAr -UNESP) – Figura 12.

Figura 12 – Hemimandíbula adaptada ao dispositivo para realização do ensaio na máquina EMIC - modelo DL 2000.

Para a realização de tal teste foram confeccionados, em aço inoxidável, um dispositivo de aplicação de carga e um suporte para fixação das hemimandíbulas junto ao equipamento do teste de carregamento.

Com as hemimandíbulas corretamente fixadas e adaptadas ao suporte de testes estas foram expostas a carga compressiva vertical, simulando a carga mastigatória na região entre canino e 1º pré-molar, por meio do dispositivo de aplicação da força, metálico e em forma de "U", o qual impedia os movimentos de torção durante o ensaio (Figura 13).

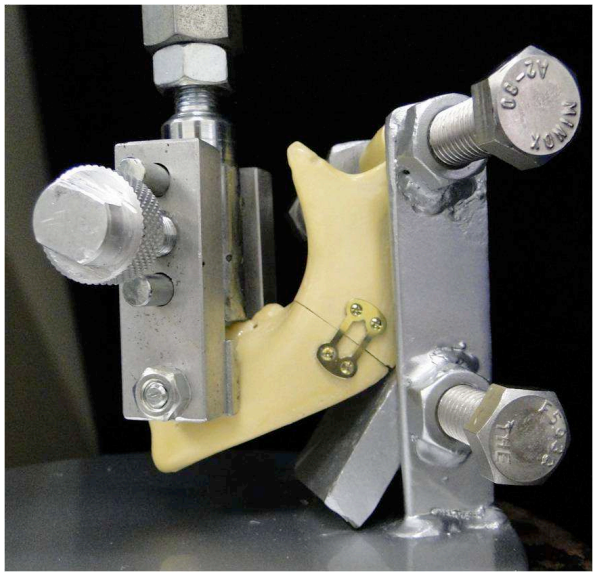


Figura 13 – Hemimandíbula adaptada ao suporte e posicionamento do dispositivo para a aplicação de carga vertical linear.

Para o teste de carregamento, foi estabelecida uma velocidade de 1mm/min, com célula de carga com capacidade máxima de 5000 N (5 Kgf). Por meio da aplicação de carga progressiva sobre o sistema, visou-se obter o valor de resistência ao carregamento, em Newtons (N), e o deslocamento imposto pelo ensaio, em milímetros (mm).

Os valores da carga suportada pelo sistema foram avaliados em 2 momentos distintos. O primeiro, quando o dispositivo de aplicação de carga atingisse deslocamento vertical de 3 mm e, o segundo, o deslocamento de 5 mm a partir do início do teste. O fim do teste foi considerado após o deslocamento de 5 mm do sistema, desde o início da aplicação da força de carregamento, mesmo nos casos em que houve falha do sistema antes da finalização do deslocamento.

4.5 Análise de Dados

A análise estatística foi realizada a fim de se comparar, quantitativamente, os 4 grupos estudados, quanto às médias da carga suportada (em Newtons) pelo sistema a partir do deslocamento de 3 mm e 5 mm de aplicação de força.

Para a comparação de todos os grupos utilizou-se a Análise de Variância *One-Way* (ANOVA) com nível de significância de 5%. Após concluir que houve diferença estatística por meio da ANOVA *One-Way*, e com interesse de avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado teste de comparações múltiplas, determinado pelo teste de Duncan (1955) – $\alpha = 0,05$.

5 RESULTADOS

Os valores da carga suportada, em Newtons, nos deslocamentos de 3 e 5 mm dos quatro grupos experimentais nos testes aplicados estão detalhados no Anexo I.

Segundo resumo de ANOVA é possível verificar que houve diferença estatística entre os grupos estudados (Tabela 1), demonstrando maior resistência para o Grupo 1, após a análise do teste de Duncan (Tabela 2). A presença de barra vertical intermediária para as placas grade não influenciou para o aumento de resistência no grupo avaliado, embora esta amostra apresente médias de resistência maiores que as placas grade sem barra intermediária.

Tabela 1– Estatísticas descritivas e resultado da ANOVA entre os grupos na carga com 3 mm de deslocamento.

Grupo	**Média**	**Desvio-Padrão**	**p-valor**
Placa reta (Champy)	149,10	48,86	
Placas grade sem barra intermediária	23,77	2,96	0,000*
Placas grade com barra intermediária	30,50	6,33	
Hemimandíbulas íntegras	364,22	101,82	

Tabela 2 – Resultado final segundo teste de Duncan.

Grupo	N	Subgrupos homogêneos (médias)		
		1	2	3
Placas grade sem barra intermediária	10	23,77		
Placas grade com barra intermediária	10	30,50		
Placa reta (Champy)	10		149,10	
Hemimandíbulas íntegras	10			364,22
Sig.	**-**	**0,792**	**1,000**	**1,000**

As médias e o desvio-padrão da carga quando o sistema atingiu deslocamento de 5 mm indicaram os mesmos resultados estatísticos quando do deslocamento de 3 mm (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Estatísticas descritivas e resultado da ANOVA entre os grupos na carga com 5 mm de deslocamento.

Grupo	Média	Desvio-Padrão	p-valor
Placa reta (Champy)	216,90	76,28	
Placas grade sem barra intermediária	36,28	5,22	0,000*
Placas grade com barra intermediária	46,22	9,66	
Hemimandíbulas íntegras	627,83	113,97	

Tabela 4 – Resultado final segundo teste de Duncan.

Grupo	N	Subgrupos homogêneos (médias)		
		1	2	3
Placas grade sem barra intermediária	10	36,28		
Placas grade com barra intermediária	10	46,22		
Placa reta (Champy)	10		216,9	
Hemimandíbulas íntegras	10			627,83
Sig.	**-**	**0,748**	**1**	**1**

Da mesma forma, quando o sistema atingiu um deslocamento de 5mm, as placas grade com barra vertical intermediária não apresentaram maior resistência mecânica.

6 DISCUSSÃO

As fraturas do ângulo mandibular foram escolhidas para este estudo mecânico principalmente por serem, juntamente com as do côndilo, um dos tipos mais comuns de fraturas da mandíbula (Chacon *et al.,* 2005). Apesar disso, ainda não há consenso com relação ao melhor método de fixação interna (Gear *et al.*, 2005; Regev *et al.*, 2010).

Ellis III, em 1999, após avaliar de forma retrospectiva 08 tipos de fixação para as fraturas do ângulo, concluiu que a redução aberta por acesso extrabucal e fixação interna estável, com placa de reconstrução mandibular AO/ASIF, assim como a redução aberta por acesso intrabucal e fixação com uma miniplaca 1,3mm foram as formas com menores índices de complicação. Isso demonstra que a opção por um sistema de fixação deve levar em conta não só as características da fratura, mas também diversos outros fatores, como hábitos e condição sócio-econômica, entre outros. Outro fator importante para a escolha pelo ensaio em fraturas do ângulo mandibular, é de que placas grade foram desenvolvidas principalmente para osteossíntese nessa área.

Foi determinada a utilização de secções lineares para a realização do ensaio devido, principalmente, ao fato das placas grade e a técnica Champy *et al.* (1976) serem indicadas para este tipo de fratura (Champy *et al.*, 1976; Champy *et al.*, 1978; Jain *et al.*, 2010). Esses métodos estão contra-indicados para casos em que não exista suficiente estabilidade inter-fragmentária, como seriam as fraturas com triângulo na base ou cominutas (Zix *et al.*, 2007; Hochuli-Vieira *et al.*, 2011). Portanto, obviamente, não seria interessante testar um material em um tipo de fratura para o qual ele não está indicado.

Os estudos mecânicos fazem parte da análise de um implante, servindo para avaliar o conjunto da fixação, bem como a disposição dos materiais de osteossíntese. As costelas bovinas frescas eram comumente utilizadas para esses ensaios em virtude da sua fácil obtenção. Entretanto, apresentam problemas em relação a anatomia, já que não se assemelham a região do ângulo mandibular especificamente, contra-indicando sua utilização neste tipo de ensaio.

Quanto ao registro da carga suportada por um sistema de fixação, alguns autores como Foley *et al.* (1989) e Kohn *et al.,* (1995) padronizaram um deslocamento máximo de 3 mm para registro do final do teste, considerando que movimentos acima de um determinado deslocamento limite para os testes biomecânicos não seriam compatíveis com as condições fisiológicas. Esses registros foram tomados a partir do início do deslocamento da ponta de aplicação de carga.

Outros autores como Trivellato (2001) e Guimarães-Filho (2003) padronizaram o deslocamento de 10 mm, ou quando houvesse a falha do sistema, caso esse ocorresse antes do deslocamento final pré-determinado.

No entanto, ao invés de definir um limite de deslocamento para finalização do teste, alguns autores preconizaram o deslocamento até o momento em que ocorresse a falha do sistema (Bouwman *et al*., 1994; Asprino *et al.,* 2006; Sato *et al.*, 2010). Dessa forma, obtêm-se quatro medidas: carga e deslocamento de pico; carga e deslocamento finais.

Diferentemente, Ardary *et al.* (1989) e Kim *et al.* (1995) determinaram um deslocamento máximo de 1 mm correspondente à distância entre os segmentos osteotomizados, o qual corresponderia à falha da fixação quando promove este deslocamento.

Nesse trabalho, a opção foi pela realização do teste mecânico até o deslocamento de 5 mm, pois assim seriam obtidas duas variáveis de comparação (carga suportada com deslocamento de 3 mm e 5 mm). Caso o deslocamento tivesse sido definido em 3 mm, como descrito nos estudos de Foley *et al.* (1989) e Kohn *et al*. (1995), não haveria ocorrido a falha do sistema antes mesmo de atingir o objetivo final, e não possibilitaria a avaliação da resistência dos tipos de fixação empregados neste estudo.

Existem algumas vantagens descritas quando se opta por limitar o deslocamento: 1) diminuição da influência das forças torcionais durante o teste em um modelo de hemimandíbula; 2) racionalizar o tempo dispensado para a realização dos testes e; 3) representar mais fielmente um modelo clínico em humanos, uma vez que deslocamentos superiores a 10 mm entre os segmentos são considerados excessivos e não fisiológicos, representando falha do sistema de fixação em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial (Foley *et al*.,1989; Kohn *et al.,* 1995).

Quanto à escolha do substrato para os testes mecânicos, a utilização de mandíbulas frescas congeladas de animais foi por um bom tempo a melhor indicação para esses estudos (Foley & Beckman, 1992; Moraes, 1995). Kohn *et al.* (1995) avaliaram as propriedades mecânicas do osso humano, do osso bovino, e de um polímero, observando diferenças significantes entre os materiais testados. As mandíbulas humanas apresentaram maior resistência que os demais materiais, além de cada substrato ter apresentado um coeficiente de elasticidade diferente. Entretanto, a escolha pelo osso humano ou mandíbulas de animais implica em um outro problema, como a dificuldade ou impossibilidade de formar um grupo amostral homogêneo devido a grande variabilidade anatômica.

Atualmente, no intuito de obter uma melhor padronização desses ensaios mecânicos tem–se optado por modelos de resina (poliuretano). Além

da vantagem de padronização, os modelos utilizados nesta pesquisa são confeccionados, segundo o fabricante, em espuma de poliuretano simulando o osso medular e o osso cortical. A fórmula específica das substâncias utilizadas para a produção das hemimandíbulas de poliuretano utilizadas neste estudo não é divulgada pelo fabricante, tendo em vista o sigilo industrial.

Os modelos de hemimandíbula (Synbone 8311, Malans, Suíça) foram inicialmente desenvolvidos para treinamentos em cirurgia ortopédica. O principal objetivo seria proporcionar a mesma sensação de trabalho que o osso natural, requerendo a mesma força, por exemplo, tanto para perfurar como parafusar. Apesar de não ter as mesmas propriedades mecânicas do osso natural, estudos demostram que esta complexa composição de poliuretano oferece bons resultados em ensaios mecânicos, quando comparada ao osso natural. Adicionalmente, existem relatos de testes de balística, nos quais oferecem o mesmo padrão de fratura que o osso natural, favorecendo a uma sensação de trabalho semelhante à do osso humano (Synbone, 2004; Schwieger, 2004).

A utilização de placas de menor dimensão e parafusos monocorticais para o tratamento de fraturas do ângulo mandibular tem-se tornado um método amplamente empregado e estudado na literatura. O tipo de acesso, a ausência de cicatriz aparente, o menor tempo cirúrgico devido a fácil adaptação da placa, assim como o menor risco de dano ao nervo facial, são fatores que favorecem a aplicação dessa técnica de fixação nas fraturas do ângulo mandibular. No entanto, o grau de estabilidade promovido por placas monocorticais gera questionamentos entre os cirurgiões. Raveh *et al.* (1987) sugerem que o uso de miniplacas oferece estabilidade suficiente somente quando associadas ao BMM pós-operatório. Dessa forma, para diminuir os riscos de complicações, muitos cirurgiões utilizam esse tipo de fixação associado ao BMM no intuito de aumentar a estabilidade pós-operatória no

tratamento de fraturas de ângulo mandibular, e neutralizar as forças de tensão na região do rebordo alveolar (Pape *et al.*, 1983; Kroon *et al.*, 1991).

A popularização da fixação com o uso de placas de menor espessura associada a parafusos monocorticais deveu-se aos trabalhos Champy *et al.* (1976), embasados nas pesquisas realizadas anteriormente por Michelet *et al.* (1973). A aplicação de somente uma placa, de sistema 2,0 mm e parafusos monocorticais, instalada sobre a região da linha oblíqua passou a ser considerada uma forma eficiente de tratar fraturas lineares do ângulo mandibular (Champy *et al.*, 1978; Worthington & Champy, 1987). A partir de então, muitos estudos mecânicos e clínicos foram realizados, avaliando a resistência do método e estabilidade pós-operatória da fixação dos fragmentos fraturados, sem a necessidade de BMM, para confirmar a credibilidade da técnica.

Choi *et al.* (1995) compararam a resistência mecânica e a estabilidade de duas técnicas de fixação, utilizando placas de sistema 2,0mm e parafusos monocorticais, em fraturas de ângulo mandibular. Segundo o autor, ao considerar as forças mastigatórias, a fixação de apenas uma placa na região do rebordo alveolar, seguindo a técnica de Champy, oferece menor resistência e estabilidade quando comparada à mesma técnica associada à aplicação de outra placa no bordo inferior da mandíbula. Em contrapartida, Schierle *et al.* (1997) realizando estudo clínico prospectivo randomizado, avaliando a técnica de Champy para tratamento de fraturas de ângulo, não observaram diferenças estatísticas com a utilização de apenas uma placa na zona de tensão ou a associação de uma segunda placa na região de compressão do ângulo mandibular.

Apesar da menor resistência dos métodos que utilizam placas de menor espessura com parafusos monocorticais para fixação de fraturas, em relação às placas mais resistentes e parafusos bicorticais nos testes *in vitro*, deve-se

considerar que tais diferenças, quando se refere a estabilidade podem não ser importantes clinicamente. É possível tal afirmação tendo em vista que a força necessária para promover a fadiga do sistema de fixação não é a mesma exercida pelos pacientes em pós-operatório imediato (Murphy *et al.,* 1997*;* Tharanon, 1998; Peterson *et al.*, 2005). Além disso, há diversos fatores que agem *in vivo* e que não estão sendo avaliados *in vitro*.

Ao avaliar a força de mordida em pacientes saudáveis (grupo controle) e pacientes tratados cirurgicamente de fraturas de mandíbula, Tate *et al.* (1994) observaram que a força de mordida dos pacientes com fraturas, em região de molares bilateralmente e incisivos, é muito menor do que a do grupo controle, mesmo após várias semanas da cirurgia, mesmo que apresentassem um aumento gradativo ao longo do período pós-operatório.

Segundo Loukota & Shelton (1995) a força mastigatória máxima estimada num adulto jovem, com hábitos parafuncionais, é de 600 N (≈ 60Kgf), na região de molares. Entretanto, essa força máxima executada sobre os molares é bem menor em pacientes saudáveis e, mais ainda, em pacientes no período pós-operatório (Throckmorton *et al.*, 1996; Ellis III *et al.*,1996).

No estudo de Gerlach e Schwarz, em 2002, os autores observaram vinte e dois pacientes com fraturas do ângulo mandibular, utilizando apenas técnica Champy, afim de investigar a força de mordida de todos os indivíduos tratados, e compará-los a um grupo controle. Os autores mostraram que houve um aumento gradual da força de mordida ao longo do período estudado, revelando que na primeira semana o grupo com fratura apresentou apenas 31% da força registrada pelo grupo controle. Já na sexta semana estes valores chegaram a 58% dos valores referentes ao controle.

Van der Bilt *et al.* (2008) compararam a força de mordida máxima unilateral e bilateral em um grupo de 81 indivíduos dentados. A média da

força de mordida máxima bilateral observada foi de 560 N, enquanto que a média da força de mordida máxima unilateral foi significativamente menor, sendo 430 N a do lado direito e 420 N a do lado esquerdo.

Da mesma forma, Ribeiro (2010) mostraram resultados parcialmente concordes com os obtidos nos estudos da literatura, ao avaliar a força de mordida dos pacientes submetidos a cirurgia para redução de fratura unilateral de mandíbula. O valor da força de mordida variou, em valores aproximados, entre 90 N a 360 N na região de molares, e entre 60 N e 130 N na região de incisivos. Apesar da variabilidade anatômica das fraturas do estudo do autor, observa-se o aumento gradual dos valores da força de mordida para as regiões dentadas do lado da fratura, contra-lateral e região anterior, avaliados semanalmente, desde a primeira semana à 60 dias de pós-operatório. As forças de mordida nas regiões de molares e incisivos na última avaliação apresentaram valores próximos a 60% e 88,7%, respectivamente, em relação aos valores registrados no grupo controle. Contudo, assim como em estudos anteriores, o pacientes tratados mostraram que após 2 meses da cirurgia os valores de força de mordida na região de molares são menores aos do grupo controle, isto é, indivíduos sem fraturas.

O conceito de fixação interna estável e não rígida vem sendo amplamente discutido. A utilização cada vez maior do princípio de carga compartilhada no tratamento das fraturas mandibulares vem estimulando o desenvolvimento de novos sistemas e de desenhos de placas com o objetivo de obter uma maior estabilidade da fixação com um menor número e tamanho de implantes. Os novos sistemas com placas em forma de grade, que representam basicamente duas placas unidas por traves verticais, são considerados resistentes aos esforços mastigatórios, possibilitando a manutenção estável dos segmentos ósseos e, ainda, dispensando o uso de BMM após a correção cirúrgica (Wittenberg *et al.*, 1997; Guimond *et al.*, 2005).

A combinação dos parafusos monocorticais com a forma cuboidal ou retangular das placas, promove a estabilidade tridimensional da fixação. Ao contrário das placas compressivas e de reconstrução, a estabilidade não é derivada da espessura da placa, e sim a do seu desenho. Embora estudos biomecânicos experimentais tenham confirmado suficiente estabilidade do sistema de placas grade, somente algumas experiências clínicas são relatadas com essas placas no tratamento de fraturas de ângulo mandibular (Wittenberg *et al.*, 1997; Piffko *et al.*, 2003; Feledy *et al.*, 2004; Guimond *et al.*, 2005).

O primeiro estudo biomecânico utilizando placas grade foi descrito por Farmand (1996). No entanto, poucas informações podem ser obtidas deste estudo no que se diz respeito aos tipos de placas utilizados no experimento, que foi realizado em mandíbulas de porco. Porém, o autor descreve que placas grade de pequeno perfil são tão estáveis quanto placas convencionais de sistema 2,0mm. No presente estudo, as placas do sistema 2,0mm, diferentemente do trabalho de Farmand (1996), apresentaram menor resistência mecânica, quando comparadas a apenas uma placa disposta pelo método Champy. Entretanto, o ensaio realizado neste estudo foi apenas de flexão vertical, não havendo deslocamentos laterais e/ou torções, o que possivelmente teria melhorado o desempenho das placas grade.

Considerando que a falha do sistema de fixação é dada após o deslocamento dos segmentos que altera a redução anatômica prévia, o presente estudo demonstra que uma única placa disposta pelo método de Champy, suportou uma carga média maior que as placas grade nos 2 momentos analisados. Além de apresentarem menor resistência, observa-se que a adição de uma barra vertical intermediária não favoreceu o aumento da carga suportada pelo sistema de placas grade.

A vantagem relevante da utilização das placas grade é a fácil aplicação evitando a necessidade de acesso extrabucal e complicações relacionadas a tal acesso. Além disso, a simplificação da adaptação da placa ao osso, sem distorção ou deslocamento da fratura, estabilização simultânea tanto da borda superior como inferior, e a redução do tempo cirúrgico favorecem a indicação da técnica de fixação com esse sistema de fixação interna (Farmand, 1996; Feledy *et al.*, 2004; Zix *et al.*, 2007). No entanto, a utilização de placas grade deve ser limitada a casos em que o sítio da fratura apresenta suficiente estabilidade interfragmentária (Wittenberg *et al.,* 1997; Guimond *et al.*, 2005).

Apesar de alguns estudos *in vitro* demonstrarem poucos resultados satisfatórios quanto à sua resistência, os relatos clínicos com baixo índice de complicações com o uso de placas grade para fixação de segmentos ósseos, sugerem esta alternativa ao uso das placas convencionais de sistema 2,0mm (Zix *et al.*, 2007). Hochuli-Vieira *et al.* (2011) verificaram, em 45 pacientes tratados com placa grade 4 furos, uma incidência de complicações de 11,1% (5 pacientes). Dentre esses apenas um necessitou de troca do material de fixação (2,2%). Os 4 outros pacientes apresentaram complicações menores. Os autores concluem que as placas grade de 4 furos, sem barra transversal, apresentam uma opção clínica viável para o tratamento das fraturas de ângulo que apresentem suficiente contato inter-fragmentário.

O presente estudo demonstrou que a fixação de fraturas de ângulo com placas grade 4 furos são menos resistentes às forças de carregamento vertical linear do que a fixação de uma placa disposta de acordo com o método de Champy *et al.* (1976). Além disso, os resultados ainda demonstram que o acréscimo de uma barra vertical à placa não aumenta a resistência do sistema. No entanto, deve-se considerar que as forças mastigatórias são exercidas em várias direções e, por isso, não se deve

descartar a opção do método de fixação sem avaliar as condições clínicas, já que a carga compressiva foi realizada apenas no sentido vertical.

Além dos fatores biomecânicos, o trabalho propõe a utilização de um sistema de fixação de menor tamanho, que a maior parte das placas grade descritas na literatura, que requer menor tempo cirúrgico devido à facilidade de aplicação, além do menor custo. Isso se deve à sua configuração quadrangular, ou retangular, em que é preciso a adaptação de apenas uma placa, e à necessidade de menor número de parafusos, para fornecer estabilidade tridimensional.

Assim, a partir de estudos realizando testes mecânicos e avaliando o comportamento clínico pós-operatório, pode-se constatar que o sistema de fixação não necessita suportar a carga mastigatória máxima exercida em pacientes que não sofreram fraturas. Porém, o método de fixação deve oferecer estabilidade suficiente para permitir o reparo ósseo. Ressalta-se ainda que, estudos mecânicos são necessários para avaliar a resistência e a viabilidade da aplicação clínica dos métodos sugeridos.

Embora existam inúmeros estudos com placas de menor dimensão e parafusos monocorticais para o tratamento de fraturas do ângulo mandibular, existem poucas pesquisas envolvendo o uso de placas grade. A variedade de formas, comprimento e número de furos dessas placas dificulta uma comparação entre os trabalhos existentes.

Será necessária a continuidade de investigação demonstrando a eficácia e a efetividade de cada desenho de placas grade na prática clínica, além de poder se definir as vantagens e indicações das mesmas em modelos que simulem cargas mais complexas com a aplicação de forças horizontais, de torsão e verticais em dois sentidos verticais (compressão e extensão).

7 CONCLUSÕES

As condições experimentais deste estudo permitem concluir que:

- As placas retas com 4 parafusos monocorticais, utilizadas de acordo com o método de Champy, apresentaram maior resistência do que as placas grades, nos ensaios mecânicos de deslocamento vertical;

- A adição de uma barra transversal na porção média das placas grade não aumentou a resistência dessas placas ao deslocamento vertical.

REFERÊNCIAS *

1. Alkan A, Celebi N, Ozden B, Baş B, Inal S. Biomechanical comparison of different plating techniques in repair of mandibular angle fractures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007; 104(6):752-6.
2. Ardary WC. Prospective clinical evaluation of the use of compression plates and screws in the management of mandible fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1989; 47(11): 1150-3.
3. Asprino L, Consani S, de Moraes M. A comparative biomechanical evaluation of mandibular condyle fracture plating techniques. J Oral Maxillofac Surg. 2006; 64(3): 452-6.
4. Asprino L. Comparação da resistência ao carregamento de três técnicas de fixação interna rígida utilizada no tratamento de fraturas condilares. Estudo in vitro em hemimandíbulas de poliuretano. [Tese]. Piracicaba: Unicamp/FOP; 2005.
5. Assael LA. Treatment of mandibular angle fractures: plate and screw fixation. J Oral Maxillofac Surg. 1994; 52(7):757-61.
6. Barber HD, Bahram R, Woodbury S *et al.* Mandibular fractures. In: Fonseca RJ, Walker RV, Betts NJ, *et al.* Editors. Oral and maxillofacial trauma (3rd edition), Elsevier Saunders, St. Louis (2005), p. 479–522.
7. Barry CP, Kearns GJ. Superior border plating technique in the management of isolated mandibular angle fractures: a retrospective study of 50 consecutive patients. . J Oral Maxillofac Surg. 2007; 65(8):1544-9.
8. Bayat M, Garajei A, Ghorbani K, Montamed MHK. Treatment of mandibular angle fracture using a single biosorbable miniplate. J Oral Maxillofacial Surg. 2010, 68 (7): 1573-7.

* De acordo com a norma UNICAMP/FOP, baseada na norma do International Commitee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

9. Bouwman JPB, Tuinzing DB, Kostense PJ. A comparative in vitro study on fixation of sagittal split osteotomies with Würzburg screws, Champy miniplates, and Biofix (biodegradable) rods. Int J Oral Maxillofac Surg. 1994; 23(1): 46-8.
10. Chacon GE, Dillard FM, Clelland N, Rashid R. Comparison of strains produced by titanium and poly D, L-lactide Acid plating systems to in vitro forces. J Oral Maxillofac Surg. 2005; 63(7): 968-72.
11. Champy M, Kahn JL. Fracture lines stability a function of internal system: An in comparision using a mandibular angle model. J Oral Maxillofac Surg.1995, 53(7): 791-801.
12. Champy M, Loddé JP, Schmitt R, Jaeger JH, Muster D. Mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. J Maxillofac Surg. 1978; 6(1): 14-21.
13. Champy M, Wilk A, Schnebelen JM. Tretment of mandibular fractures by means of osteosynthesis without intermaxillary immobilization according to F.X. Michelet's technic. Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl. 1975; 63(4): 339-41.
14. Choi BH, Kim KN, Kang HS. Clinical and in vitro evaluation of mandibular angle fracture fixation with the two-miniplate system. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995; 79(6): 692-5.
15. Choi BH, Yoo JH, Kim KN, Kang HS. Stability testing of a two miniplate fixation technique for mandibular angle fractures. An in vitro study. J Craniomaxillofac Surg. 1995; 23(2): 123-5.
16. Choi, BH, Suh, CH. Technique for applying 2 miniplates for treatment of mandibular angle fractures. J Oral Maxillofac Surg. 2001, 59(3): 353 - 4.
17. Coward KA, Sikes JW Jr, Smith BR, Mukherjee DP. Comparison of fixation strengths of locking head and conventional screws, in fracture and reconstruction models. J Oral Maxillofac Surg. 1998; 56(4): 468-73.
18. Dichard A, Klotch DW. Testing biomechanical strength of repairs for the mandibular angle fracture. Laryngoscope.; 1994; 104(2): 201-8.

19. Dimitroulis, G. Management of fractured mandibles without the use of intermaxillary wire fixation. J Oral Maxillofac Surg. 2002, 60 (12): 1435 – 8.
20. Dym H, Coro CM, Ogle OE. Screw-wire osteosynthesis technique for intraoral open reduction of mandibular angle fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1992; 50(11): 1247-8.
21. Ellis III E, Ghali GE. Lag screw fixation of mandibular angle fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1991; 49(3): 234-43.
22. Ellis III E, Karas N. Treatment of mandibular angle fractures using two mini dynamic compression plates. J Oral Maxillofac Surg. 1992; 50(9): 958-63.
23. Ellis III E, Sinn DP. Treatment of mandibular angle fractures using two 2.4-mm dynamic compression plates. J Oral Maxillofac Surg. 1993; 51(9): 969-73.
24. Ellis III E, Throckmorton G, Palmieri C. Mandibular motion after closed and open treatment of unilateral mandibular condylar process fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1999; 57(7): 764-75; discussion 775-6.
25. Ellis III E, Walker L. Treatment of mandibular angle fractures using two noncompression miniplates. J Oral Maxillofac Surg. 1994; 52(10): 1032-6; discussion 1036-7.
26. Ellis III E, Walker LR. Treatment of mandibular angle fractures using one noncompression miniplate. J Oral Maxillofac Surg. 1996; 54(7): 864-71; discussion 871-2.
27. Ellis III E. A prospective study of 3 treatment methods for isolated fractures of the mandibular angle. J Oral Maxillofac Surg. 2010; 68(11): 2743-54.
28. Ellis III E. Rigid skeletal fixation of fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1993; 51(2): 163-73. Review.
29. Ellis III E. Treatment methods for fractures of the mandibular angle. Int J Oral Maxillofac Surg. 1999 Aug;28(4):243-52. Review.

30. Ellis III E. Treatment of mandibular angle fractures using the AO reconstruction plate. J Oral Maxillofac Surg. 1993; 51(3): 250-4; discussion 255.
31. Ellis III E, Throckmorton GS, Sinn DP. Bite forces before and after surgical correction of mandibular prognatism. J Oral Maxillofac Surg. 1996; 54: 176-181.
32. Eppley, BL. A computer study of biodegradable plates for internal fixation of mandibular angle fractures. Discussion. J Oral Maxillofac Surg. 2001, 4 (59): 407–8.
33. Farmand M, Dupoirieux L. The value of 3-dimensional plates in maxillofacial surgery. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 1992;93(6):353-7.
34. Farmand M. Experiences with the 3-D miniplate osteosynthesis in mandibular fractures. Fortschr Kiefer Gesichtschir. 1996;41:85-7.
35. Feledy J, Caterson EJ, Steger S, Stal S, Hollier L. Treatment of mandibular angle fractures with a matrix miniplate: a preliminary report. Plast Reconstr Surg. 2004; 114(7): 1711-6; discussion 1717-8.
36. Foley WL, Beckman TB. In vitro comparison of screws versus plate fixation in the sagittal split osteotomy. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg. 1992; 7: 147-51.
37. Foley WL, Frost DE, Paulin Jr WB, Tucker MR. Internal screw fixation: comparison of placement pattern and rigidity. J Oral Maxillofac Surg. 1989; 47(7): 720-3.
38. Fridrich KL, Pena-Velasco G, Olson RA. Changing trends with mandibular fractures: a review of 1,067 cases. J Oral Maxillofac Surg. 1992; 50(6): 586-9.
39. Gear AJ, Apasova E, Schmitz JP, Schubert W. Treatment modalities for mandibular angle fractures. J Oral Maxillofac Surg. 2005; 63(5): 655-63.
40. Gerard N, D'Innocenzo R. Modified technique for adapting a mandibular angle superior border plate. J Oral Maxillofac Surg. 1995; 53(2): 220-1.

41. Gerlach KL, Pape HD, Nussbaum P. Load bearing capacity after miniplate osteosynthesis of mandibular fractures. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir. 1984; 8(5): 363-6.
42. Gerlach KL, Schwarz A. Bite forces in patients after treatment of mandibular angle fractures with miniplate osteosynthesis according to Champy. Int J Oral Maxillofac Surg. 2002; 31(4): 345-8.
43. Guimarães-Filho, R. Avaliação in vitro da resistência mecânica entre parafusos metálicos e reabsorvíveis. [tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.
44. Guimond C, Johnson JV, Marchena JM. Fixation of mandibular angle fractures with 2.0mm 3-dimensional curved angle strutplate. J Oral Maxillofac Surg. 2005, 63: 209-14.
45. Haug RH, Barber JE, Reifeis R. A comparison of mandibular angle fracture plating techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996; 82: 257-63.
46. Haug RH, Fattahi TT, Goltz M. A biomechanical evaluation of mandibular angle fracture plating techniques. Oral Maxillofac Surg. 2001; 59 (10): 1199-210.
47. Haug RH, Street CC, Goltz M. Does plate adaptation affect stability? A biomechanical comparison of locking and nonlocking plates. J Oral Maxillofac Surg. 2002; 60(11): 1319-26.
48. Hochuli-Vieira E, Ha TK, Pereira-Filho VA, Landes CA. Use of Rectangular Grid Miniplates for Fracture Fixation at the Mandibular Angle. J Oral Maxillofac Surg. 2011 Jan 6. [Epub ahead of print]
49. Ikemura K, Hidaka H, Etoh T, Kabata K. Osteosynyhesis in facial bone fractures using miniplates. Clinical and experimental studies. J Oral Maxillofac Surg. 1988, 46: 10-4.
50. Jackson IT, Somers PC, Kjar JG. The use of Champy miniplates for osteosynthesis in craniofacial deformities and trauma. Plast Reconstr Surg. 1986; 77(5): 729-36.

51. Jain MK, Manjunath KS, Bhagwan BK, Shah DK. Comparison of 3-dimensional and standard miniplate fixation in the management of mandibular fractures. J Oral Maxillofac Surg. 2010; 68(7): 1568-72.
52. Kallela I, Ilzuka T, Laine P, Lindqvist C. Lag-screw fixation of mandibular parasymphyseal and angle fractures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996; 82(5): 510-6.
53. Kai Tu F, Tenhulzen D. Compression Osteosynthesis of mandibular fracture – A retrospective study. J Oral Maxillofac Surg. 1985, 43: 585-9.
54. Kim YK, Nam KW. Treatment of mandible fractures using low-profile titanium miniplates: preliminary study. Plast Reconstr Surg. 2001; 108(1): 38-43.
55. Kim HC, Essaki S, Kameyama T. Comparison of screw placement patterns on the rigidity of the sagittal split ramus osteotomy: technical note. J Craniomaxillofac Surg. 1995; 23(1): 54-6.
56. Kohn DH, Richmond EM, Dootz ER, Feinberg SE, Pietrzak WS. In vitro comparison of parameters affecting the fixation strength of sagittal split osteotomies. J Oral Maxillofac Surg. 1995; 53(12): 1374-83.
57. Kroon FH, Mathisson M, Cordey JR, Rahn BA. The use of miniplates in mandibular fractures. An in vitro study. J Craniomaxillofac Surg. 1991 Jul; 19(5): 199-204.
58. Levy FE, Smith RW, Odland RM, Marentette LJ. Monocortical miniplate fixation of mandibular angle fractures. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1991; 117(2): 149-54.
59. Loukota RA, Shelton JC. Mechanical analysis of maxillofacial miniplates. Br J Oral Maxillofac Surg. 1995; 33: 174-9.
60. Lovald ST, Wagner JD, Baack B. Biomechanical optimization of bone plates used in rigid fixation of mandibular fractures. J Oral Maxillofac Surg. 2009; 67(5): 973-85.

61. Marciani RD, Anderson GE, Gonty AA. Treatment of mandibular angle fractures: transoral internal wire fixation. J Oral Maxillofac Surg. 1994; 52(7): 752-6.
62. Michelet FX, Quentin D. Apport des plaques vissées dans les clivages sagittaux pour prognathime mandibulaire. Rev d'Odonto-Stomat du Midi de la France. 1971; 29-106.
63. Moraes, AC. Comparação entre duas técnicas de fixação rígida por meio de ensaio mecânico de compressão. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
64. Murphy MT, Haug RH, Barber JE. An in vitro comparison of the mechanical characteristcs of three sagital ramus osteotomy fixation techniques. J Oral Maxillofac Surg. 1997; 55(5): 489-94; discussion 494-5.
65. Niederdellmann H, Akuamoa-Boateng E, Uhlig G. Lag-screw osteosynthesis: a new procedure for treating fractures of the mandibular angle. J Oral Surg. 1981; 39(12): 938-40.
66. Niederdellmann H, Shetty V. Solitary lag screw osteosynthesis in the treatment of fractures of the angle of the mandible: a retrospective study. Plast Reconstr Surg. 1987; 80(1): 68-74.
67. Ogundare BO, Bonnick A, Bayley N. Pattern of mandibular fractures in an urban major trauma center. J Oral Maxillofac Surg. 2003; 61(6): 713-8.
68. Pape HD, Herzog M, Gerlach KL. Der Wandel der Unterkieferfrakturversorgung von Klinik Dtsch Zahnfirtzl Z. 1983, 38: 301.
69. Passeri LA, Ellis III E, Sinn DP. Complications of nonrigid fixation of mandibular angle fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1993; 51(4): 382-4.
70. Paulus GW, Steinhauser EW. A comparative study of wire osteosynthesis versus bone screws in the treatment of mandibular prognathism. Oral Surg. 1982; 54(1): 2-6.

71. Paza AO, Abuabara A, Passeri LA. Analysis of 115 mandibular angle fractures. J Oral Maxillofac Surg. 2008; 66(1): 73-6.
72. Peterson, GP, Haug, RH, Van Sickels, J. A biomechanical evaluation of bilateral sagittal ramus osteotomy fixation techniques. J Oral Maxillofac Surg. 2005; 63(9): 1317-24.
73. Piffkò J, Homann Ch, Schuon R, Joos U, Meyer U. Experimental study on the biomechanical stability of different internal fixators for use in the mandible. Mund Kiefer Gesichtschir. 2003 Jan; 7(1): 1-6.
74. Potter J, Ellis III E. Treatment of mandibular angle fractures with a malleable noncompression miniplate. J Oral Maxillofac Surg. 1999; 57(3): 288-92; discussion 292-3.
75. Rahn B, Cordey J, Davos, Prein J, Basel, Russenberger M. Biomechanics of osteosynthesis in the mandible. Fortschr Kiefer Gesichtschir. 1975; 19:37-42.
76. Raveh J, Vuillemin T, Lädrach K, Roux M, Sutter F. Plate osteosynthesis of 367 mandibular fractures. The unrestricted indication for the intraoral approach. J Craniomaxillofac Surg. 1987; 15(5): 244-53.
77. Regev E, Shiff JS, Kiss A, Fialkov JA. Internal Fixation of Mandibular Angle Fractures: A Meta-Analysis. Plastic & Reconstructive Surgery. 2010; 125(6): 1753-1760.
78. Ribeiro, MC. Estudo da força de mordida, eletromiografia e mobilidade mandibular em pacientes submetidos ao tratamento cirúrgico de fraturas, isoladas da mandíbula e do complexo zigomático-orbitário. [dissertação]. Ribeirão Preto: FORP/USP; 2010.
79. Saito DM, Murr AH. Internal fixation of mandibular angle fracture with Champy technique. Otolaryngology. 2008, 19(2): 123-7.
80. Sauerbier S, Kuenz J, Hauptmann S, Hoogendijk CF, Liebehenschel N, Schön R, *et al.* Clinical aspects of a 2.0-mm locking plate system for mandibular fracture surgery. J Craniomaxillofac Surg. 2010; 38(7): 501-4

81. Schierle HP, Schmelzeisen R, Rahn B, Pytlik C. One- or two-plate fixation of mandibular angle fractures? J Craniomaxillofac Surg. 1997; 25(3): 162-8.
82. Schilli W, Stoll P, Bahr W, *et al.* Mandibular fractures. *In:* Prein, J. Manual of internal fixation in the cranio-facial skeleton. Berlin: Springer-Verlag, 1998. Cap.3 p.57–94.
83. Schwieger K. Mechanical testing report MT_2004_ext01. Davos: Berend Link, Head Research Services, AO Research Institute; 2004
84. Seper L, Gyenes V, Stoll P, Wächter R, Schilli W. Selection of the method of surgical approach in plate osteosynthesis of mandibular fractures. Fogorv Sz. 1998; 91(2):35-42.
85. Shetty V, McBrearty D, Fourney M, Caputo AA. Fracture line stability as a function of the internal fixation system: an in vitro comparison using a mandibular angle fracture model. J. oral maxillofac. Surg. 1995, 53(7): 791 – 801.
86. Sonnenburg M, Härtel J. Biomechanical studies on various methods of osteosynthesis on a photoelastic model of the mandible. Stomatol DDR. 1978; 28(2): 83-91.
87. Spiessl B. Perspectives of maxillary surgery in Switzerland. Helv Chir Acta. 1989; 55(6): 953-8
88. Synbone. Statement artificial vs. Human bones. Malans [2004]. Disponível em: <http://www.synbone.ch/global/pdf/product_services/Statement_Artificial_vs_Human_Bones.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2010.
89. Tams J, Van Loon JP, Otten B, Bos RR. A computer study of biodegradable plates for internal fixation of mandibular angle fractures. J. Oral Maxillofac. Surg., 2001, 59 (4): 404-7.
90. Tate GS, Ellis III E, Throckmorton G. Bite forces in patients treated for mandibular angle fractures: implications for fixation recommendations. J Oral Maxillofac Surg. 1994; 52(7): 734-6.

91. Tevepaugh DB, Dodson TB. Are mandibular third molars a risk factor for angle fractures? A retrospective cohort study. J Oral Maxillofac Surg. 1995; 53(6): 646-9; discussion 649-50.
92. Tharanon W. Comparison between the rigidity of bicortical screws and a miniplate for fixation of a mandibular setback after a simulated bilateral sagittal split osteotomy. J Oral Maxillofac Surg. 1998; 56(9): 1055-8.
93. Throckmorton GS, Buschang PH, Ellis E. Improvement of maximum occlusal forces after orthognatic surgery. J Oral Maxillofac Surg. 1996; 54: 1080-6.
94. Trivellato AE. Resistência à flexão de fixação em osteotomia de costela bovina, variando o número, a localização e a extensão das placas [Tese]. Piracicaba: Unicamp/FOP, 2001.
95. Van der Bilt A, Tekamp FA, Van der Glas HW, Abbink JH. Bite force and electro- myograpy during maximum unilateral and bilateral clenching. Eur J Oral Sci. 2008; 116 (3): 217–22.
96. Walker R. Management of fractured mandibles without the use of intermaxillary wire fixation. Discussion. J Oral Maxillofac. Surg., 2002; 60: 1439.
97. Wittenberg JM, Mukherjee DP, Smith BR, Kruse RN. Biomechanical evaluation of new fixation devices for mandibular angle fractures. Int J Oral Maxillofac Surg. 1997; 26(1): 68-73.
98. Worthington P, Champy M. Monocortical miniplate osteosynthesis. Otolaryngol Clin North Am. 1987; 20(3): 607-20.
99. Zix J, Lieger O, Iizuka T. Use of straight and curved 3-dimensional titanium miniplates for fracture fixation at the mandibular angle. J Oral Maxillofac Surg. 2007; 65(9): 1758-63.

ANEXO I

Tabela 5. Valores de carga em newtons (N) versus deslocamento em milímetros (mm) para o grupo placas grade sem barra intermediária

	AMOSTRA	Carga (N) com 3mm deslocamento	Carga (N) com 5mm deslocamento
Placas grade sem barra intermediária	1	25,22	35,95
	2	25,9	37,05
	3	22,83	31,41
	4	19,56	30,33
	5	21,98	36,63
	6	21,98	34,14
	7	24,19	36,63
	8	21,15	30,84
	9	29,99	45,87
	10	24,87	43,95
	MÉDIA	23,77	36,28

Tabela 6. Valores de carga em newtons (N) versus deslocamento em milímetros (mm) para o grupo placas grade com barra intermediária

	AMOSTRA	Carga (N) com 3mm deslocamento	Carga (N) com 5mm deslocamento
Placas grade com barra intermediária	2	21,95	36,62
	3	32,37	42,76
	4	33,39	49,41
	5	28,62	43,26
	6	35,11	51,96
	7	32,71	46,34
	8	38,67	63,55
	9	37,01	57,97
	10	20,27	34,07
	MÉDIA	30,5	46,22

Tabela 7. Valores de carga em newtons (N) versus deslocamento em milímetros (mm) para o grupo fixado de acordo com a técnica de Champy (1978)

	AMOSTRA	Carga (N) com 3mm deslocamento	Carga (N) com 5mm deslocamento
CHAMPY	1	119,59	211,38
	2	192,74	302,97
	3	129,33	261,54
	4	118,82	169,83
	5	197,46	227,96
	6	252,07	360,85
	7	142,6	193,55
	8	105,47	159,42
	9	102,57	93,69
	10	130,34	187,77
	MÉDIA	149,099	216,896

Tabela 8. Valores de carga em newtons (N) versus deslocamento em milímetros (mm) para o grupo hemimandíbulas íntegras

	AMOSTRA	Carga (N) com 3mm deslocamento	Carga (N) com 5mm deslocamento
Hemimandíbulas Íntegras	1	325,1	510,63
	2	177,29	271
	3	449,4	693,02
	4	373,23	722,47
	5	349,17	694,41
	6	380,06	641,76
	7	262,69	634,38
	8	438,43	637,54
	9	528,96	797,93
	10	161,94	408,4
	MÉDIA	344,63	601,15