



LUCAS CAVALIERI PEREIRA

**RESISTÊNCIA DE TRÊS TIPOS DE FIXAÇÃO UTILIZADOS NO TRATAMENTO
DAS FRATURAS DO ÂNGULO MANDIBULAR**

**PIRACICABA
2012**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Lucas Cavalieri Pereira

**RESISTÊNCIA DE TRÊS TIPOS DE FIXAÇÃO UTILIZADOS NO TRATAMENTO
DAS FRATURAS DO ÂNGULO MANDIBULAR**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Elias Trivellato

Co-orientador: Prof. Dr. Marcio de Moraes

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA, DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR
EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA – ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO EM CIRURGIA E
TRAUMATOLOGIA BUCO-MAXILO-FACIAIS

Este exemplar corresponde a versão final
da tese defendida pelo aluno, orientada
pelo Prof. Dr. Alexandre Elias Trivellato

Assinatura do Orientador

Piracicaba, 2012

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

C314r Cavalieri-Pereira, Lucas, 1982-
Resistência de três tipos de fixação utilizados no tratamento
das fraturas do ângulo mandibular / Lucas Cavalieri Pereira. --
Piracicaba, SP : [s.n.], 2012.

Orientador: Alexandre Elias Trivellato.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Parafusos ósseos. 2. Placas ósseas. I. Trivellato, Alexandre
Elias. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em Inglês: Resistance of three types of fixation in the treatment of
fractures of the mandibular angle

Palavras-chave em Inglês:

Bone screws

Bone plates

Área de concentração: Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca examinadora:

Alexandre Elias Trivellato [Orientador]

José Ricardo Albergaria Barbosa

Valfrido Antônio Pereira Filho

Cássio Edvard Sverzut

Leandro Eduardo Klüppel

Data da defesa: 01-08-2012

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 01 de Agosto de 2012, considerou o candidato LUÇAS CAVALIERI PEREIRA aprovado.


Prof. Dr. ALEXANDRE ELIAS TRIVELLATO


Prof. Dr. CASSIO EDUARD SVERZUT


Prof. Dr. VALFRIDO ANTONIO PEREIRA FILHO


Prof. Dr. JOSE RICARDO DE ALBERGARIA BARBOSA


Prof. Dr. LEANDRO EDUARDO KLÜPPEL

DEDICATORIA

Dedico esse trabalho à minha esposa **Larissa Gonçalves Luciano Cavaliere Pereira** e ao **Anjinho** que mal conhecemos e já amamos tanto. Toda luta fez sentido

Aos meus pais, **Silvio** e **Cássia**, pois no resumo da vida, o que vale é o amor que temos e tivemos sempre.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A **Deus** por conduzir minha vida dentro de seus ensinamentos. “Entrega teu caminho ao Senhor, confia Nele e Ele tudo fará” (Sl 37: 5).

Ao **Prof. Dr. Alexandre Elias Trivellato**, uma referência no que tange docência e, sobretudo, amizade. Quando sempre precisei, ajudou mais do que deveria.

Ao **Prof. Dr. Márcio de Moraes**, um pilar em minha vida profissional e grande amigo. Esforço e dedicação incondicional à Cirurgia que servem de exemplo para todos. Obrigado por confiar em meu trabalho e pelas oportunidades.

Ao **Prof. Dr. Roger William Fernandes Moreira**, pelo exemplo de professor e transmissão de conhecimentos para seus alunos.

À **Profa. Dra. Luciana Asprino**, pela grande amizade e apoio em todos os momentos. Obrigado por estar tanto conosco e me apoiar em um dos momentos mais importantes da vida.

Ao **Prof. Dr. José Ricardo de Albergaria Barbosa**, pelo exemplo de caráter, por ser espelho. Agradeço à vida por me dar a oportunidade de ter conhecido pessoa tão maravilhosa.

Ao **Prof. Dr. Renato Mazzonetto**, *in memoriam*, pelo convívio, amizade e ensinamentos durante a Pós-graduação.

À **Prof. Dra. Célia Barbosa**, pela grande amizade e por ter-me “adotado”. Algumas coisas duram para sempre e, normalmente, são as mais importantes da vida.

Ao **Prof. Dr. Valfrido Antônio Pereira Filho**, a pessoa amiga que me fez trilhar meus primeiros passos na cirurgia.

Ao **Prof. Dr. Leandro Eduardo Kluppel**, por ser uma das pessoas mais sinceras e amigas que tenho. Obrigado pela orientação desde meu início de carreira.

Ao **Prof. Dr. Cláudio Maldonado Pastori**, pela contribuição em minha formação.

Ao **Prof. Dr. Cássio Edvard Sverzut** pelo respeito e conhecimento transmitidos nos contatos que tivemos.

Ao **Prof. Dr. Alexander Tadeu Sverzut** por participar mais uma vez de forma importante em minha formação.

Ao **Prof. Dr. Américo Bortolazzo Correr**, pela disponibilidade, amizade e grande contribuição ao nosso trabalho.

Ao **Prof. Dr. Rafael Ortega Lopes**, pela grande amizade estabelecida, pelo apoio e por tudo que a gente ainda vai passar juntos.

À **Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)** pela oportunidade de desenvolvimento das minhas atividades na pós-graduação na Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

À **Universidade de São Paulo (USP)** pelo desenvolvimento da pesquisa na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto e ao **Departamento de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial e Periodontia** da FORP-USP pela oportunidade concedida.

Ao **LIPEM – Laboratório Integrado de Pesquisa de Biocompatibilidade de Materiais**, Departamento de Materiais Dentários e Prótese, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, pela disponibilidade de realização dos experimentos.

Aos funcionários do LIPEM, **Edson Volta e Ricardo de Souza Antunes**, pelo auxílio incondicional na realização da pesquisa.

Aos meus colegas de turma, **Simeí Freire, Paulo Hémerson de Moraes, Lucas Martins, Rafael Ortega, Cláudio Nóia**. Por tornarem a jornada mais agradável e ajudarem de forma inestimável. Em especial à **Gabriela Mayrink**, por sermos tão cúmplices durante todo tempo.

Aos colegas de Pós-graduação: **Adriano Assis, Fábio Sato, Sérgio Olate, Mariana Medeiros, Henrique Duque, Felipe Nascimento, Sérgio Monteiro, Miguel Jaimes, Érica Marchiori, Saulo Ellery, Patrício Neto, José Muñantes, Maximiana Maliska, Renato Marano**, pelo companheirismo e ensinamentos compartilhados.

Aos colegas de Pós-graduação, da turma atual: **Marcelo Breno, Evandro Portela, Valdir Andrade, Castelo Cidade, Darkilson Santos, Andrezza Lauria, Raquel Medeiros, Douglas Goulardt, Milton Cougo, Clarice Pinto, Danillo Rodrigues** pela presteza, atenção com a qual sempre me trataram e, sobretudo, pela amizade e carinho.

Aos colegas de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP: **Michel Ribeiro, Marco Yamaji e Eduardo Medeiros** pela ajuda concedida em todos os momentos que precisei.

Ao meu amigo, **Leandro Pozzer**, por saber ouvir quando precisei e mostrar que muitas coisas ainda valem a pena.

Às funcionárias do centro cirúrgico – **Edilaine, Angélica, Débora, Letícia, Fabiana e Beatriz**, pela ajuda e paciência em todo o tempo que convivem conosco.

À **CAPES** pelo auxílio durante a pós-graduação.

Aos **estagiários**, pela ajuda valorosa que sempre nos deram.

Aos **pacientes**, por confiarem em nossas mãos, por tudo que aprendemos com eles diariamente.

Aos **Professores da Faculdade de Odontologia de Araraquara**, em especial aos **Professores de Cirurgia Valfrido Antônio Pereira Filho, Mário Francisco Real Gabrielli, Marisa Aparecida Cabrini Gabrielli e Eduardo Hochuli Vieira**, por me conduzirem no início de minha formação e por me tratarem com amizade importante até hoje.

Aos **Professores da Residência da Associação Hospitalar de Bauru – Hospital de Base Cláudio Maldonado Pastori, João Lopes Toledo, Daniel Zorzetto, Marcos Capelari e Clóvis Marzola** por fazerem de lá uma casa para mim.

Aos meus avós **Antônio (in memoriam), Ovides, Jesué, Luzia (in memoriam)**, por tudo que representaram e representam na minha vida.

Aos meus sogros, **Oscar e Cristina**, por sempre estarem do nosso lado.

Ao alicerce de tudo, minha família, nas figuras da minha esposa **Larissa**, meu pai **Silvio**, minha mãe **Cássia**, meus irmãos **Renan, Samuel e Saulo** e minha segunda mãe **Teresinha**. Às minhas cunhadas **Juliana e Simone** e ao meu cunhado **Oscar Neto**, por estarem sempre conosco. À nossa princesinha **Lana**, por ser ícone de união entre todos nós. Amor incondicional e respeito que me ajudaram a vencer.

“Uma vez tendo experimentado voar, caminharás para sempre sobre a Terra de olhos postos no Céu, pois é para lá que tencionas voltar.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

Fraturas do ângulo mandibular são muito frequentes dentre as fraturas mandibulares e um das formas de tratamento é a utilização de fixação interna com placas e parafusos. Neste estudo o objetivo foi avaliar comparativamente a resistência de três tipos de fixação em réplicas de mandíbula de poliuretano, empregando-se a técnica de Champy. Foram utilizadas 63 mandíbulas dentadas, submetidas ao seccionamento simulando uma fratura linear e favorável de ângulo mandibular esquerdo. As fixações foram realizadas com placas retas do sistema 2,0 mm, dispostas da seguinte forma: uma placa com quatro furos, uma com cinco furos e uma com quatro furos e extensão (ponte). A estabilização e fixação foram realizadas com adaptação da placa e quatro parafusos de 6,0 mm de comprimento, sobre a linha oblíqua da mandíbula. Foram elaborados 9 grupos, com 7 mandíbulas cada um, sendo 3 grupos fixados com placa de 5 furos, 3 com placa reta de 4 furos com extensão e 3 com placa reta de 4 furos. Cada conjunto foi submetido ao teste de carregamento linear com aplicação de carga no sentido súpero-inferior em três pontos distintos da mandíbula, de modo não simultâneo (região de molar ipsilateral à secção, incisivos centrais e molar contralateral) em máquina de ensaio universal EMIC DL 2000. Foram mensurados valores de carga no deslocamento de 1 mm, 2 mm e final e anotado o deslocamento final. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando a análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, nível de significância de 5%. Nos valores de cargas obtidos, tanto quando aplicada no molar ipsilateral ao seccionamento, no molar contralateral ao seccionamento e entre incisivos centrais, foi verificada diferença estatística somente no momento do deslocamento final, na qual a placa com 5 furos e com 4 com extensão foi superior a placa com quatro furos. Não houve diferença entre placa com 5 furos e com 4 com extensão.

Palavras-chave: Ângulo mandibular, Fraturas, Parafusos Ósseos, Placas Ósseas

ABSTRACT

Mandibular angle fractures are very frequent among the mandibular fractures and a form of treatment is the use of internal fixation with plates and screws. In this study, the objective was to evaluate the resistance of three types of fixation in mandibular replicas of polyurethane, using the technique of Champy. Sixty three toothed mandibles were used, subject to sectioning simulating a linear and favorable fracture of left mandibular angle. The fixations were performed with straight plates system 2.0 mm, prepared as follows: one plate with 4-holes, one with 5-holes and one 4-holes and extension (bridge). Stabilization and adjustment were performed with locking plate and four screws of 6.0 mm in length, about the oblique line of the mandible. Nine groups were elaborated, with 7 each, which 3 groups being fixed with 5-holes plates, 3 groups with 4-holes plates with extension and 3 groups with 4-holes plates. Each set was submitted for loading test with load application towards in three distinct points of the mandible, so do not simultaneously (molar region on the side ipsilateral of section, the central incisors and contralateral molar) in universal testing machine EMIC DL 2000. Load values were measured at offset 1 mm, 2 mm and final and was noted the final dislocation. The results were submitted to statistical analysis, using analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey test, a significance level of 5%. The values obtained, when loads were applied in the ipsilateral molar, contralateral molar and incisors, was verified statistically only at the final dislocation, in which the 5-holes plates and 4-holes with extension was more resistant than 4-holes plates. There was no difference between plate with 5-holes and 4-holes with extension.

Key Words: Mandibular angle, Fractures, Bone screws, Bone plates

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. PROPOSIÇÃO	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1 Mandíbulas de poliuretano e preparo da amostra	15
4.2 Placas e parafusos	16
4.3 Teste de resistência	18
4.4 Análise estatística	24
5. RESULTADOS	25
6. DISCUSSÃO	32
7. CONCLUSÃO	40
8. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

O ângulo mandibular é a região mais acometida em traumas que envolvem a mandíbula (Chacon *et al.*, 2005). Entretanto, a melhor forma de tratamento para essas fraturas continua controverso (Gear *et al.*, 2005). As formas de tratamento para as fraturas do ângulo mandibular são distintas, e seguem princípios históricos de redução e imobilização (Kempers & Hendler, 2000).

O tratamento de fraturas mandibulares compreende um índice relevante em pesquisas clínicas na Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais (Ellis III & Ghali, 1991). A região do ângulo mandibular é das mais importantes quanto à prevalência de fraturas, sendo reportado em vários estudos (Fridrich *et al.*, 1992; Fedok, 1998; Paza *et al.*, 2008; Sauerbier *et al.*, 2010). Dentre as fraturas mandibulares, as de ângulo variam de 23 a 42% (Wittenberg, 1997). Esse grande número de fraturas usualmente estão relacionadas aos dentes inclusos, que diminuem a quantidade e a estabilidade do osso na região, além da menor qualidade óssea do ângulo mandibular quando comparado à área dentada. Os aspectos biomecânicos também contribuem para o fato de o ângulo ser um local de grande ocorrência dessas fraturas, isso pelo fato de essa área anatômica ser uma região de ocorrência de diferentes forças, como tensão, compressão e torção (Saito & Murr, 2008).

A etiologia para as fraturas do ângulo mandibular são variadas, e normalmente, estão relacionadas a fatores sócio-econômicos-culturais. Pode-se citar: acidentes de trânsito, quedas, agressões físicas, acidentes de trabalho, acidentes esportivos e outros (Gabrielli *et al.*, 2003; Motamedi, 2003). Os indivíduos acometidos por estas fraturas são comumente do gênero masculino, sendo em sua maioria economicamente ativos e entre a terceira e quarta décadas de vida (Ellis *et al.*, 1985).

As formas de tratamento para as fraturas mandibulares são diversificadas. Há evolução acentuada dos tratamentos que inicialmente eram realizados por bandagens, cerclagem, fixação interna com fio de aço, fixadores externos e desde a década de 60 o uso da fixação interna com placas e parafusos. Essa última é,

atualmente, a mais utilizada em todo o mundo, apresentando excelentes resultados (Kempers & Hendler, 2000). Entretanto, mesmo com todo o avanço da fixação interna, diferentes técnicas de tratamento podem proporcionar resultados clínicos insatisfatórios, fazendo com que as fraturas de ângulo apresentem um número acentuado de complicações (Kai Tu & Tenhulzen, 1985; Ellis III & Ghali, 1991; Ellis III & Walker, 1996; Wittenberg *et al.*, 1997).

Existe uma tendência ao uso de uma 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).

Sistemas específicos foram elaborados, no que dizem respeito às placas, parafusos e instrumental necessário para fixação, bem como as técnicas cirúrgicas, que foram aprimoradas. O termo fixação interna estável passou a ser mais utilizado, devido à existência de micromovimentos interfragmentários que ocorrem na fratura fixada com placas e parafusos. Assim, quando o indivíduo está em função não há uma imobilização total dos cotos ósseos (Ellis III, 1993a; Ellis III, 1993b; Ellis III, 1999).

Importante salientar que, independente do tipo de tratamento empregado, as fraturas do ângulo mandibular apresentam os maiores índices de complicações de todas as fraturas da mandíbula (Ellis III, 1999; Sauerbier *et al.*, 2010).

Diferentes técnicas de fixação vêm sendo utilizadas para tratamento das fraturas do ângulo mandibular. Dessa forma, é interessante comparar alguns tipos de fixação por meio de estudo mecânico em mandíbulas de poliuretano, pelo emprego de uma das técnicas mais utilizadas em ambiente clínico, a de Champy.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Michelet *et al.* (1973) descreveram a técnica de imobilização das fraturas do ângulo mandibular usando placas de 4 mm de largura com 1,5 mm de diâmetro e parafusos de 5 a 7 mm de comprimento, por acesso intra-bucal, apresentando excelentes resultados após análise de 300 casos. Vários autores propuseram modificações nessa técnica, particularmente na década de 70 (Champy *et al.*, 1976a; Champy *et al.*, 1976b). Champy *et al.* (1978) propuseram a instalação de dois parafusos por segmento ósseo sem necessidade de bloqueio maxilomandibular. Relataram que esse tipo de fixação é resistente o suficiente para suportar as forças oriundas da musculatura mastigatória, sendo um adequado método de osteossíntese. Resultados similares foram observados em diversos trabalhos (Kroon *et al.*, 1991; Özden *et al.*, 2006).

Os tratamentos atuais das fraturas do ângulo mandibular são realizados, em síntese, seguindo uma das duas filosofias disponíveis: Champy e a de AO/ASIF (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Association for the Study of Internal Fixation*). A primeira técnica consiste no uso de apenas uma placa em região de linha oblíqua mandibular com acesso intrabucal e parafusos monocorticais (Champy *et al.*, 1978). Já a segunda, utiliza duas placas, uma na zona de tensão (processo alveolar) com parafusos monocorticais e a outra na zona de compressão (borda inferior da mandíbula) com parafusos bicorticais, através de acessos transbuciais ou externos (Prein & Rahn, 1998).

As complicações inerentes aos tratamentos supracitados são variáveis, bem como as justificativas para as mesmas. Dentes em linha de fratura e traumatismos associados são razões a serem consideradas. Entretanto, a maioria dos estudos relacionam complicações resultantes do tratamento muito mais à severidade do trauma do que propriamente ao tipo de técnica de fixação empregada (Passeri *et al.*, 1993; Mathog *et al.*, 2000; Moreno, 2000). Ellis III, em 1999, afirma que apesar da filosofia AO/ASIF proporcionar acentuada imobilização dos segmentos, a técnica de Champy implica em menor índice de complicações.

Vários estudos mecânicos e biomecânicos “*in vitro*” são realizados com objetivo de se conhecer o comportamento da fixação empregada. Nestes estudos, as duas filosofias de tratamento são enfocadas. Vários modelos experimentais foram elaborados e vários substratos utilizados para desenvolvimento dos testes. Na simulação de mandíbula humana utilizam-se mandíbulas humanas de cadáveres, mandíbulas de cão, carneiro, macacos, sintéticas de poliuretano, costelas bovinas e até mesmo madeira de carvalho vermelha (Tams *et al.*, 1997; Ikemura *et al.*, 1984; Nissenbaum *et al.*, 1997; Wittenberg *et al.*, 1997; Shetty *et al.*, 1995; Haug *et al.*, 2002; Armstrong *et al.*, 2001; Trivellato & Passeri, 2006; Haug *et al.*, 1999; Alkan *et al.*, 2007; Cavalieri-Pereira *et al.*, 2011). Com intuito de se conseguir uma maior similaridade com o sistema estomatognático a maioria dos estudos é desenvolvida em modelo tridimensional (Choi *et al.*, 1995; Shetty *et al.*, 1995; Cavalieri-Pereira *et al.*, 2011).

Em 2000, Bredbenner & Haug afirmaram que a utilização das mandíbulas de poliuretano para realização de trabalhos de resistência a cargas é viável, visto que apresentam vantagens como padronização do tamanho, densidade, dureza, módulo de elasticidade, formato anatômico e similaridade com a mandíbula humana. Afirmam, também, que são de fácil obtenção e manuseio.

A execução de estudos mecânicos e biomecânicos são relativamente fáceis de realizar frente ao real tratamento de uma fratura de ângulo mandibular. Além da resistência, outros fatores estão envolvidos nos resultados do tratamento, como presença de terceiro molar no traço de fratura, perdas de segmentos ósseos e retorno gradativo da força mastigatória (Alkan *et al.*, 2007).

Dentre as várias técnicas de fixação para fraturas do ângulo mandibular estão os parafusos de compressão interfragmentários. A técnica de parafusos compressivos interfragmentários foi descrita por Niederdellmann *et al.* (1981). Foram avaliados 18 pacientes tratados por acesso intrabucal e fixação da fratura com um parafuso do sistema 2,7 mm. Os autores encontraram infecção em 4 casos, tratados com gaze e iodofórmio. A média de internação hospitalar foi 10 dias e nenhum dispositivo de fixação teve que ser removido, sendo o sistema considerado seguro e estável.

Em 1987, Niederdellmann & Shetty realizaram um estudo retrospectivo para avaliar os pacientes tratados com parafusos compressivos interfragmentários na região do ângulo mandibular. Os parafusos eram de 2,7 mm, sendo que as fraturas foram acessadas por via intrabucal e a fixação por via percutânea. Observaram 4% de infecções, 6% de distúrbios neurossensoriais persistentes e 2% de má-oclusão. Os índices foram altamente satisfatórios e os autores indicam a técnica de osteossíntese do ângulo mandibular.

Levy *et al.* (1991) revisaram, retrospectivamente, pacientes tratados por meio de fixação com placas e parafusos monocorticais. Separaram os pacientes em 4 grupos, de acordo com as técnicas utilizadas: fixação com uma placa; uma placa e bloqueio maxilomandibular (BMM); duas placas; duas placas e BMM. Observaram-se índices de complicações correspondentes a 30% no grupo fixado com uma placa e BMM; 22% com uma placa; 7,1% com duas placas e BMM e não relataram complicações no grupo com duas placas sem BMM. Entre as complicações, foram diagnosticadas infecções, má-oclusões e uma não-união. Compararam os resultados obtidos com os resultados apresentados por outros autores usando sistemas compressivos e consideraram o uso de duas placas sem BMM como sistema mais indicado para esse tipo de fratura.

Em 1991, Ellis III & Ghali revisaram 30 casos de pacientes que sofreram fraturas do ângulo mandibular tratadas com parafusos 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, no transoperatório, fraturas fixadas com estabilidade suficiente, sendo mantidos com BMM por períodos de 3 a 8 semanas. Nenhum paciente desenvolveu união fibrosa. Nas primeiras duas semanas, 2 pacientes apresentaram má-oclusão. Em um paciente observou-se o parafuso transfixando o canal mandibular, porém, o paciente já relatava parestesia pré-operatória. Do total, 23% apresentaram infecção. Os autores indicaram a técnica pelo menor tempo cirúrgico e menor quantidade de material de osteossíntese.

Em 1992, Ellis III & Karas avaliaram 31 casos de fraturas do ângulo mandibular utilizando duas placas de compressão dinâmica e parafusos auto-

rosqueáveis, fixadas de maneira monocortical nas bordas superior e inferior, por acesso intra bucal. Os resultados demonstraram que 5 casos apresentaram edema prolongado, 3 casos de infecção e 1 caso de união fibrosa entre os fragmentos. Na maioria dos casos, as placas instaladas na borda superior apresentaram-se soltas e foram removidas. Vinte e nove por cento dos casos tratados apresentaram complicações pós-operatórias, os autores avaliaram como alto o índice de complicações e não recomendam a técnica.

Ellis III, em 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, 31 apresentaram fraturas cominutivas, 12 apresentaram fraturas oblíquas e 9 fraturas lineares. Quanto ao índice de complicações pós-operatórias, 4 pacientes apresentaram infecção na área fraturada, os quais foram tratados com incisão e drenagem. Devido ao baixo índice de complicação e ausência de má-oclusões pós-operatórias, o autor considerou a técnica indicada e satisfatória para os casos mais complexos.

No mesmo ano, 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 da mandíbula com parafusos monocorticais, ambos do sistema 2,4 mm. Como complicações observou-se um índice de 32% (21 casos), considerando 20 casos de infecção e união fibrosa. O tratamento das infecções consistiu na drenagem e remoção das fixações. Desses 21 casos, 12 necessitaram de instalação de nova fixação. Os autores consideraram a possível desvitalização óssea devido à compressão entre os fragmentos e a falta de rosqueamento prévio à inserção dos parafusos como as prováveis causas do alto índice de complicações. Os autores sugerem, também, que a utilização das placas de compressão com parafusos monocorticais podem prevenir a má-união e 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.

Passeri *et al.* (1993) avaliaram retrospectivamente 96 pacientes com 99 fraturas de ângulo mandibular. Dessas, 59 foram tratadas com redução fechada, 34 com redução aberta e instalação de fio de aço, 5 com redução aberta e instalação

de placa e 1 caso com redução aberta e cerclagem com fio de aço. 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. O grupo estudado consistiu, na sua maioria, de homens (83%), negros (58%), entre 20 e 30 anos e vítimas de agressões (83%), dos quais 5% foram ferimentos por arma de fogo. Os tempos trauma/atendimento, atendimento/cirurgia e cirurgia/alta, foram, respectivamente, 3, 0,8 e 1,5 dias. Foram encontrados 19 casos sem dentes em linha de fratura, sendo que desses nenhum infectou. Apesar disso, os autores consideraram o estudo inespecífico para essa avaliação e concluíram que o método de tratamento apresentou alto índice de complicações, atribuindo isso a técnica empregada e as características da população tratada.

Tate *et al.* (1994) avaliaram as forças mastigatórias apresentadas em pacientes com fraturas de ângulo mandibular e indivíduos saudáveis. O objetivo do estudo seria prever a necessidade e a quantidade de fixações a serem empregadas nos pacientes com 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 indivíduos sem fraturas, os resultados foram ainda mais discrepantes. Os autores justificaram esses resultados pela lesão muscular que ocorre, pelo traumatismo sofrido e pela técnica cirúrgica empregada. Concluíram 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.

Assael, em 1994, 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-oclusões, função motora-sensitiva, distúrbios neurosensoriais, função mandibular, relação custo-benefício e experiência profissional. Considerou todas as técnicas de fixação internas rígidas superiores às não rígidas para o tratamento das fraturas.

Choi *et al.* (1995) testaram a estabilidade de duas placas como técnica de fixação através de estudo *in vitro*. Os testes foram tridimensionais e tentou-se imitar

as cargas mastigatórias que incidiam sobre o sistema. Concluíram que essa técnica promove adequada estabilidade da fratura, mesmo sob carga.

Gerard & D`Innocenzo (1995) preconizaram uma modificação de técnica para 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.* (1978), sem a necessidade de ajustar a placa.

Em 1996, Ellis III & Walker, avaliaram retrospectivamente o tratamento de fraturas do ângulo mandibular por meio de placa não compressiva, fixada com parafusos auto rosqueáveis de 2,0 mm, por meio de acesso intra-bucal. Dos 81 pacientes analisados, 13 apresentaram complicações. Dessas complicações, 11 necessitaram de intervenções ambulatoriais, que consistiram de drenagens intra-bucais e remoção de material de fixação, sendo que todos apresentaram reparo das fraturas. Os outros 2 pacientes necessitaram de nova intervenção e antibioticoterapia endovenosa, sendo que um dos casos, apresentou união fibrosa e foi submetido à enxertia óssea.

Kallela *et al.*, em 1996, avaliaram clínica e radiograficamente 7 pacientes tratados por meio de parafusos compressivos isolados. Não encontraram complicações persistentes, apenas neuropatias temporárias, considerando a técnica sensível.

Haug *et al.* (1996) realizaram ensaio mecânico para comparar 3 técnicas de fixação de fraturas de 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. Um segundo grupo, consistiu em instalar placa 2,4 mm no bordo superior e 2,0 mm no inferior. O terceiro grupo consistiu de 2,0 mm nos bordos superior e inferior. Foram aplicadas forças em cantiléver no sistema, não apresentando diferenças estatisticamente significantes entre os grupos. Em relação às falhas no sistema, todas ocorreram com parafusos monocorticais do bordo superior.

Schierle *et al.*, em 1997, analisaram comparativamente pacientes com fraturas de ângulo mandibular, tratado por meio de fixação com sistema 2,0 mm. Os

grupos foram divididos em pacientes tratados por uma ou duas placas, sem a utilização de BMM no período pós-operatório. As fraturas fragmentadas 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 neurossensoriais.

Wittenberg *et al.* (1997) comparando a estabilidade e resistência de placas grade e placas de reconstrução observaram que as primeiras são boa opção para tratamento das fraturas de ângulo e, devido sua facilidade de aplicação podem ser consideradas escolha satisfatória.

Schilli (1998) descreveu os diversos tipos de tratamento para as diferentes fraturas do ângulo mandibular, de acordo com os princípios AO/ASIF. Para as fraturas com pouco deslocamento pode ser utilizado acesso intra-bucal, realizando a fixação na banda de tensão com sistema 2,0 mm ou associando fixação da borda inferior, também com sistema 2,0 mm e auxílio de trocarte. Para casos com maior deslocamento e fragmentação, é recomendado acesso extra-bucal e diferentes tipos de fixação, de acordo com as características da fratura: 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; placa universal e parafusos 2,4 mm na base e 2,0 mm no bordo superior.

Potter & Ellis III, em 1999, realizaram uma avaliação de tratamento de fraturas 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 sem necessidade de hospitalização. Dessas, 3 casos foram fraturas assintomáticas da placa, mas apresentando reparo da fratura; 2 casos com fratura da placa e mobilidade da fratura, tratados com BMM; 3 casos de infecção em tecidos moles, tratados com incisão intra bucal e drenagem. Concluíram que os índices de complicações foram elevados, porém ressaltam que as fixações necessárias para o tratamento das fraturas podem ser menores do que as previamente descritas.

Ellis III (1999) avaliou diversas formas de fixação para as fraturas do ângulo mandibular no tratamento de pacientes em um período de 10 anos. 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. Analisando os índices de complicações, observou que a redução aberta por acesso extra-bucal e fixação interna com placa reconstrutiva AO/ASIF e redução aberta por acesso intra-bucal e fixação com uma miniplaca 1,3 mm foram as mais efetivas de tratamento.

Tams *et al.*, em 2001, realizaram estudo computadorizado para avaliar a aplicabilidade de sistemas absorvíveis na fixação de fraturas. 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 poliláctico (PLA), classificadas como médias e maiores, em diferentes pontos de fratura. Concluíram que os sistemas absorvíveis são aplicáveis para manutenção do sistema de fixação e que a disposição ideal seria a de uma placa na linha oblíqua e outra na metade da altura mandibular.

No mesmo ano, Haug *et al.*, realizaram uma avaliação mecânica de diferentes técnicas de fixação, em modelos de mandíbulas sintéticas de poliuretano. Aplicaram 14 técnicas de fixação, não variando o comprimento dos parafusos, sendo monocorticais (6 mm) e bicorticais (16 mm). Todas as técnicas de fixação mostraram-se suficientemente resistentes às cargas aplicadas. Foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos de fixação monocortical no bordo superior e todos os grupos com fixação com duas placas.

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 ocorre com os sistemas com travamento em que a estabilidade foi considerada independente da adaptação.

Gerlach & Schwarz, em 2002, analisaram as forças oclusais de pacientes com fraturas de ângulo, da primeira à sexta semana pós-operatória. A carga mastigatória máxima foi de 31% após a primeira semana e 58% após 45 dias. Para os autores,

isso justificaria o uso da técnica descrita por Champy *et al.* (1978), diferentemente dos resultados observados *in vitro*.

Feledy *et al.*, em 2004, compararam mecanicamente as placas grade com placas convencionais para fraturas do ângulo mandibular. Os resultados demonstraram melhor estabilidade e maior resistência das placas grade.

Zix *et al.*, em 2007, avaliaram clinicamente a viabilidade do uso de placas grade no tratamento de fraturas do ângulo mandibular por acesso intra-bucal. Diante dos resultados apresentados, os autores concluíram que as placas são apropriadas para fixação de fraturas simples no ângulo mandibular e pode ser considerada alternativa segura ao uso de placas monocorticais convencionais. Entretanto, o sistema pode ser contra-indicado para pacientes que apresentem insuficiente contato ósseo entre os fragmentos, causando estabilidade insatisfatória na redução da fratura.

Alkan *et al.*, no mesmo ano, avaliariam por ensaio mecânico 4 diferentes métodos de fixação para fraturas do ângulo mandibular. Foram eles: uma placa utilizada pela técnica Champy, 2 placas dispostas, sendo 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 na região da zona neutra da mandíbula. Obtiveram que a placa grade de 8 furos foi melhor que uma placa disposta conforme a técnica de Champy *et al.* (1978), contudo, foi pior quando comparada com a utilização de duas placas, sejam elas dispostas de forma monoplanar ou biplanar.

Haug & Serafin, em 2008, realizaram comparação entre os estudos clínicos de Ellis e estudos biomecânicos em mandíbulas de poliuretano de Haug em aproximadamente 15 diferentes tipos de fixação. Sugeriram que os fatores biológicos, como não colaboração do paciente e comprometimento nutricional ou imune, podem ser os mais importantes no sucesso ou na falha das técnicas reconstrutivas.

Bayat *et al.*, em 2010, avaliaram o tratamento das fraturas de ângulo com uso de uma única placa biodegradável instalado no bordo inferior. Observaram, após 24

semanas, que havia consolidação de todas as fraturas. Contudo, 15,7% dos 19 pacientes apresentaram complicações menores que não necessitaram de nova intervenção. Dois pacientes apresentaram infecção e necessitaram de antibioticoterapia e drenagem, e um deles apresentou má-oclusão. Concluíram que o uso de uma placa de 2,5 mm biodegradável parece oferecer uma fixação adequada.

Ellis III, em 2010, realizaram um estudo prospectivo de 3 métodos de tratamento para fraturas isoladas do ângulo mandibular. Foram empregados fixação não rígida, que incluía 5 a 6 semanas de bloqueio maxilomandibular, fixação estável com placa única e fixação rígida com duas placas. Dos 185 pacientes avaliados, encontraram menor índice de complicações no grupo tratado com uma placa.

Jain *et al.*, em 2010, propuseram por meio de estudo clínico randomizado, comparar as fixações com placas convencionais seguindo a técnica de Champy *et al.* (1978) e placas grade, descrevendo as vantagens e desvantagens de cada método avaliado. Neste estudo, os autores concluíram que a técnica de Champy é um método melhor e de maior facilidade de aplicação do que a fixação com placas grade. De acordo com a análise comparativa, o sistema de placas grade é desfavorável para aplicação nos casos de fraturas com traços oblíquos ou com envolvimento do nervo mental. Entretanto, na maioria dos casos, promove estabilidade suficiente e o tempo cirúrgico menor pela fixação simultânea das barras superior e inferior.

Cavallieri-Pereira *et al.*, em 2011, realizaram estudo de resistência mecânica em fraturas de côndilo mandibular empregando mandíbulas de poliuretano e aplicação de carga em três diferentes pontos de aplicação de carga. Concluíram que o substrato é adequado para testes de resistência e que o uso de diferentes locais de aplicação de força possibilita avaliação tridimensional das fixações utilizadas.

Em 2011, Kimsal *et al.*, realizaram uma análise biomecânica de fraturas do ângulo mandibular. Realizaram uma análise de elementos finitos para avaliar diferentes técnicas de fixação: uma placa na banda de tensão, uma placa de compressão com parafusos bicorticais na borda inferior da mandíbula e associação

das duas placas. Encontraram que uma única placa na banda de tensão configura como uma fixação com abordagem menos invasiva, apesar de essa única placa ter mostrado maior concentração de forças na área do calo ósseo. No entanto, afirmaram que essas forças foram parecidas às observadas no grupo com as duas placas.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo nesse estudo foi avaliar comparativamente *in vitro*, em mandíbulas de poliuretano, por meio de teste de carregamento linear, a resistência de 3 tipos de fixação para tratamento de fraturas de ângulo mandibular de acordo com os princípios da técnica de Champy.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Mandíbulas de Poliuretano e Preparo da Amostra

No presente estudo foram utilizadas 63 réplicas de mandíbulas humanas em resina de poliuretano rígido (Nacional Ossos Ltda. - Jaú, São Paulo - Brasil), sendo elaborados 3 grupos de mandíbulas que foram subdivididos em 9 subgrupos contendo 7 mandíbulas cada. Todas as mandíbulas foram submetidas à seccionamento simulando uma fratura de ângulo unilateral esquerda. Foram realizadas secções lineares, perpendiculares à superfície lateral da mandíbula, com auxílio de serra recíprocante de 0,2 mm de espessura, da marca comercial Dentscler (Dentscler Indústria de Aparelhos Odontológicos Ltda. - Ribeirão Preto, São Paulo - Brasil). Como referências para o seccionamento, utilizou-se a região retromolar mandibular e um seccionamento vertical até a base mandibular foi realizado. A determinação do local de secção foi obtida a partir do ponto localizado 5 mm posterior à face distal do segundo molar esquerdo, no centro do rebordo mandibular. A partir desse ponto foi traçada uma linha perpendicular à base da mandíbula. Na base da mandíbula, em relação à linha descrita, foi determinado um ponto, 10 mm para anterior, de tal forma que, quando unido ao ponto localizado no rebordo mandibular, foi obtida a linha de orientação para seccionamento, sendo, neste caso, uma linha de fratura favorável ao tratamento (Figura 1).

Com intuito de padronizar o local de seccionamento nas mandíbulas, foi confeccionado um guia de resina acrílica incolor quimicamente ativada (Dental Vipi Ltda., Pirassununga, São Paulo, Brasil) para ser adaptado na face lateral das mandíbulas de poliuretano, contendo o local de seccionamento para fratura favorável ao tratamento.



Figura 1 – Padronização de seccionamento.

4.2. Placas e Parafusos

Para realização deste estudo foram utilizadas 63 placas retas do sistema 2,0 mm, sendo destas 21 de 4 furos, 21 de 4 furos com extensão (ponte) e 21 de 5 furos. Foram utilizados para fixação dessas placas parafusos de 6 mm de comprimento, totalizando 252 parafusos (Figura 2). Segundo o fabricante as placas são de titânio comercialmente puro, e os parafusos de liga de titânio-6alumínio-4vanádio. Os materiais de fixação foram da marca comercial Neortho (Curitiba – PR, Brasil), os quais foram avaliados por meio de teste de resistência. As 63 mandíbulas seccionadas foram fixadas com os três tipos de placas, e, a partir disso, foram elaborados 3 grupos de fixação (placa de 5 furos, placa de 4 furos com extensão e placa de 4 furos), contendo 21 mandíbulas cada. Assim, obteve-se 9 subgrupos, cada qual com 7 mandíbulas.

Com objetivo de auxiliar na redução foi confeccionado um guia de resina acrílica que, da mesma forma, serviu para padronização da dobra, adaptação e localização para placa (Figura 3).

Nos subgrupos 1, 2 e 3, a fixação foi realizada com uma placa de cinco furos, adaptada sobre a linha oblíqua da mandíbula e mantida por quatro parafusos de 6,0 mm de comprimento, deixando-se o furo central da placa sobre o traço de seccionamento da mandíbula sem parafuso. Nos subgrupos de 4, 5 e 6, a fixação foi

realizada com uma placa reta de quatro furos com extensão (ponte) adaptada sobre a linha oblíqua da mandíbula e mantida com quatro parafusos de 6,0 mm de comprimento. Nos subgrupos de 7, 8 e 9, a fixação foi realizada por uma placa reta de quatro furos adaptada sobre a linha oblíqua da mandíbula e mantida por quatro parafusos de 6,0 mm de comprimento (Figura 4).

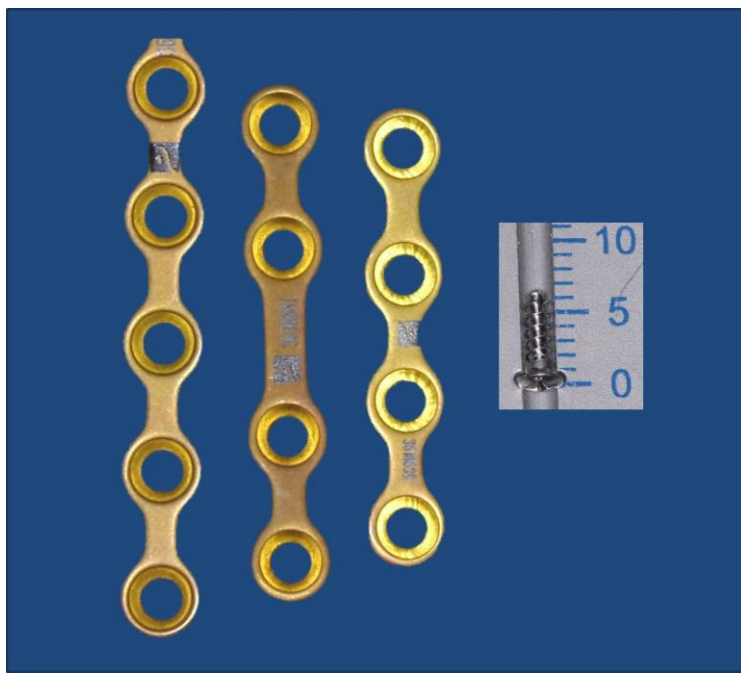


Figura 2 – Placas e parafuso utilizados para fixação.



Figura 3 – Guia de resina acrílica para padronização da adaptação da placa.

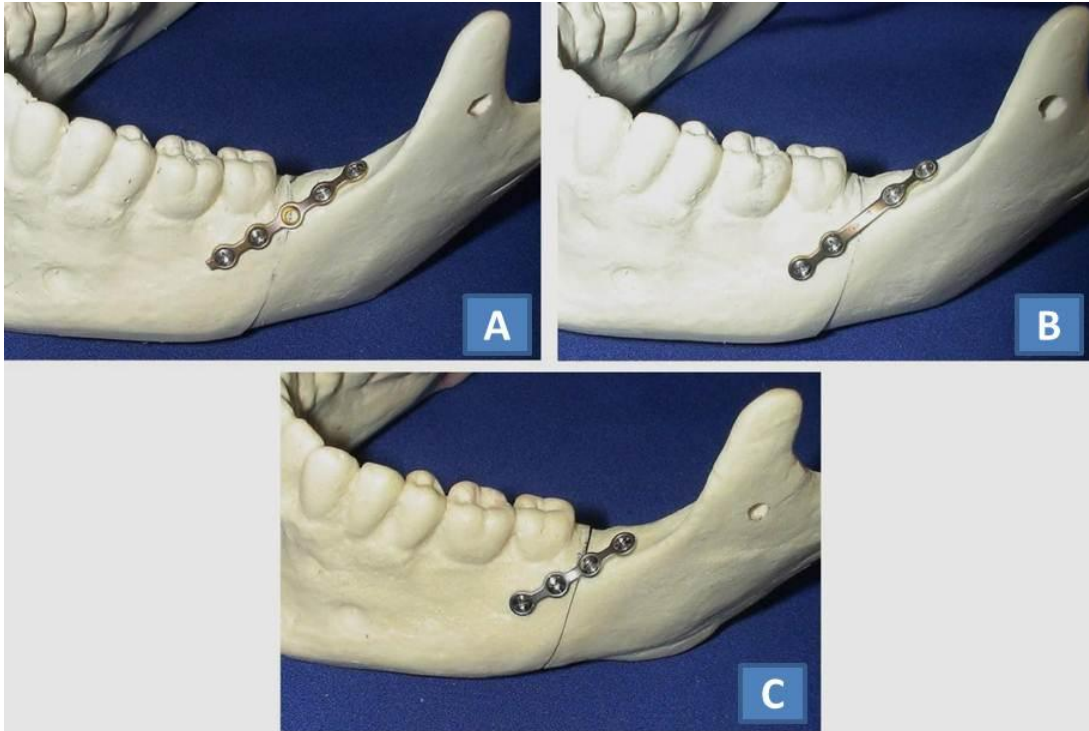


Figura 4 – Tipos de fixação utilizados. A) Placa reta com 5 furos; B) Placa reta 4 furos com extensão; C) Placa reta com 4 furos.

4.3. Teste de Resistência

O estudo foi realizado junto ao Departamento de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial e Periodontia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (FORP) - Universidade de São Paulo (USP). O teste de resistência foi realizado em uma máquina universal de ensaios, da marca comercial EMIC, modelo DL2000 (EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda. - São José dos Pinhais, São Paulo - Brasil) pertencente ao LIPEM (Laboratório Integrado de Pesquisa e Biocompatibilidade de Materiais) do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da FORP-US. Para tal finalidade foram utilizados dois dispositivos de aço, um de suporte para a mandíbula (Figuras 5, 6 e 7) e outro para aplicação de carga vertical, em formato de “T” invertido, composto pela união/solda de dois fios de aço cilíndricos com diâmetro de 3 mm (Bregagnolo *et al.*, 2010) (Figuras 8 e 9).

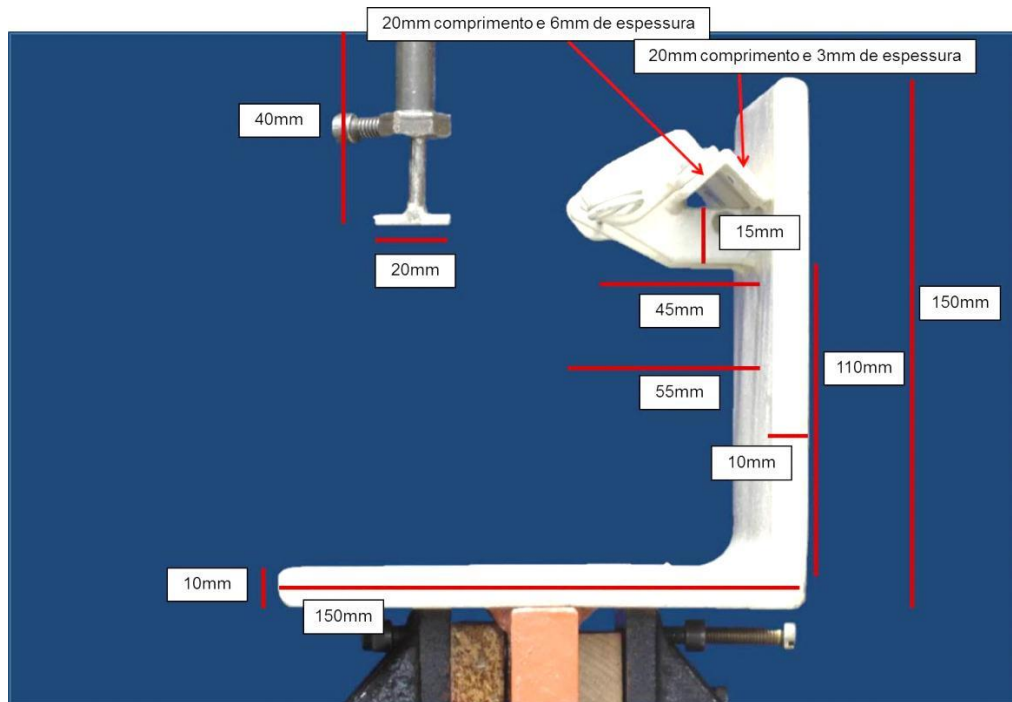


Figura 5 – Suporte para fixação das mandíbulas e aplicação de carga com as determinadas dimensões, em vista lateral.

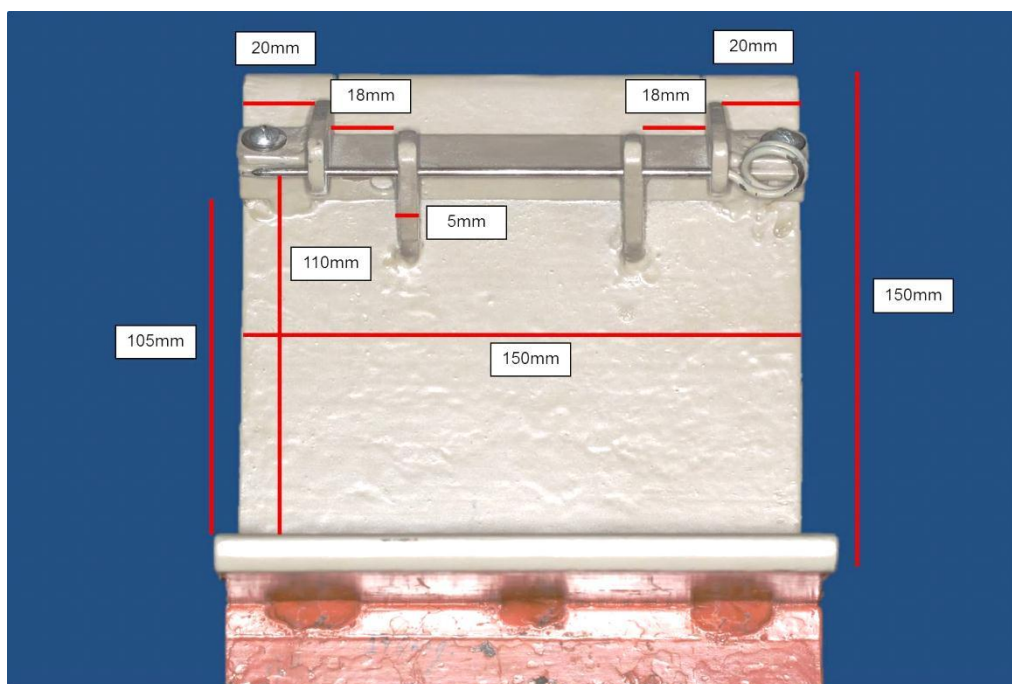


Figura 6 – Vista frontal do suporte para testes, demonstrando todas as dimensões.

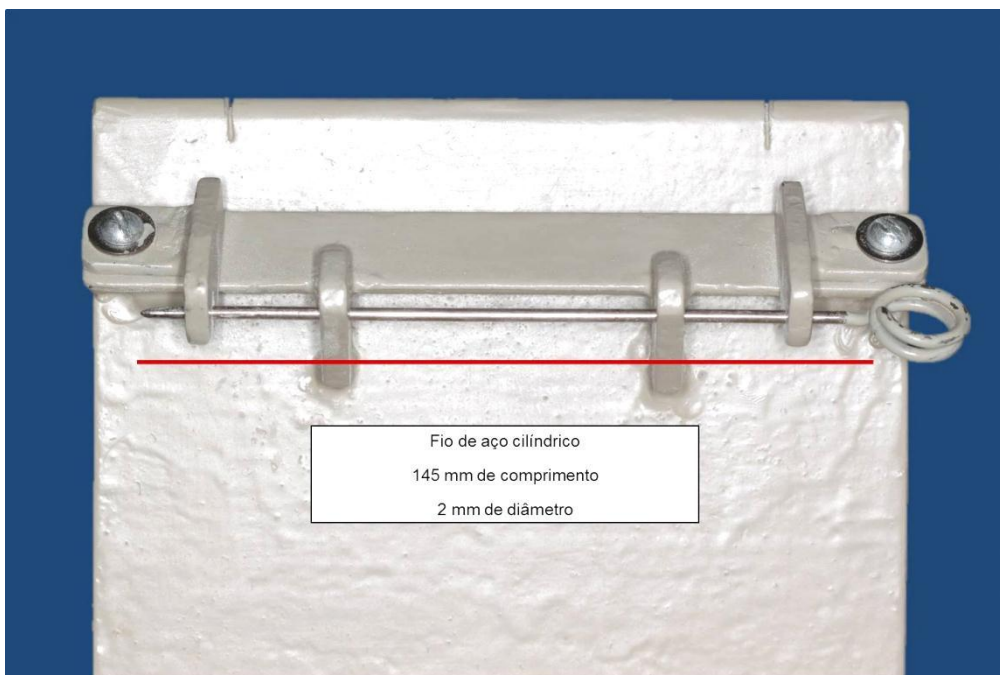


Figura 7 – Vista aproximada haste para estabilização das mandíbulas, bem como suas dimensões. Fio de aço cilíndrico, 145 mm de comprimento, 2 mm de diâmetro.

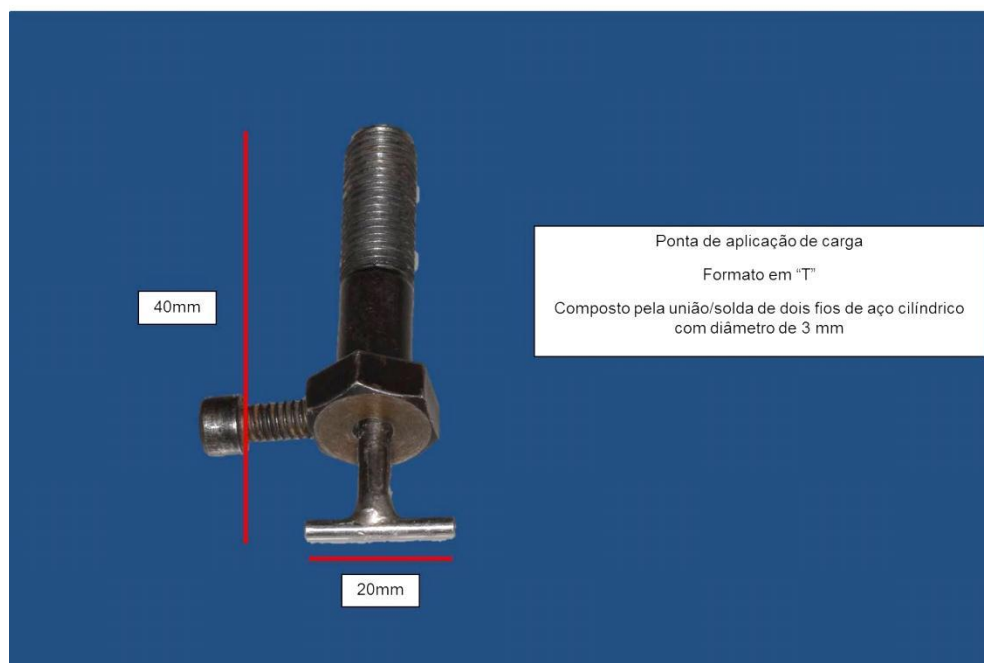


Figura 8 – Ponta de aplicação de carga em formato de "T" invertido. União / solda de dois fios de aço cilíndricos com diâmetro de 3 mm.

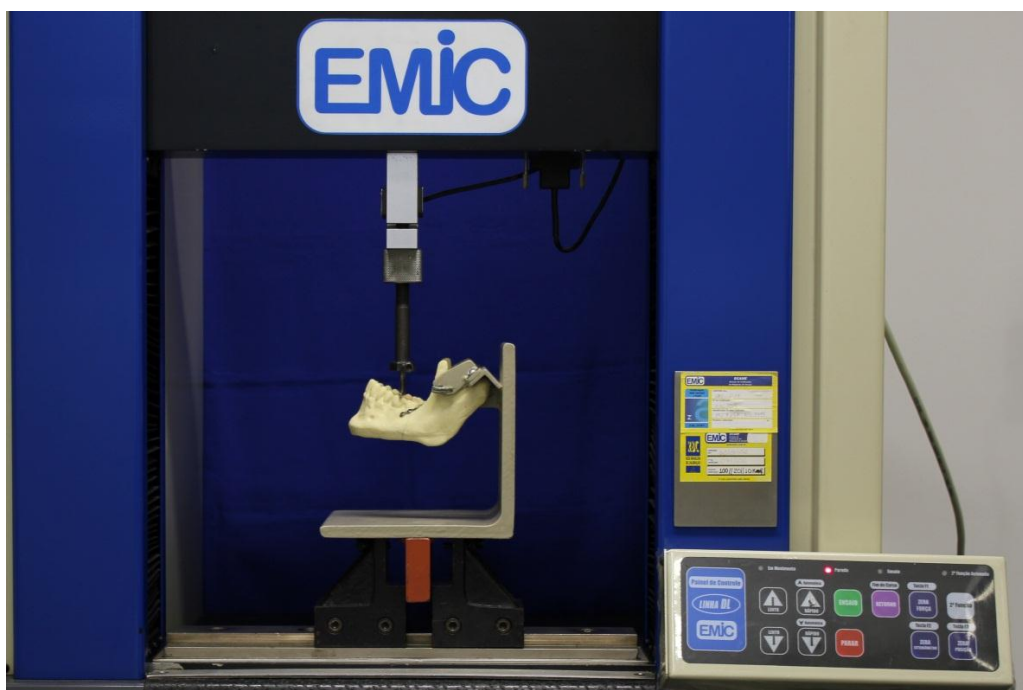


Figura 9 – Máquina universal de ensaios EMIC.

Os coronóides foram perfurados com broca helicoidal de 3,0 mm de diâmetro com auxílio de peça reta manual. Em seguida, a mandíbula foi posicionada de maneira que o plano mandibular forme ângulo reto com o longo eixo do dispositivo de carga, a partir da fixação nos processos coronóides e estabilização dos côndilos no suporte, com apoios superior e posterior (Bregagnolo *et al.*, 2010).

O dispositivo de aplicação de carga teve velocidade estabelecida de 2 mm/min, sendo a carga progressiva. Foram determinados os deslocamentos verticais de 1, 2 e final (em mm). Os valores de carga foram mensurados em cada um dos deslocamentos pré-estabelecidos, em kilograma-força (kgf). A carga foi sempre aplicada no segmento distal em três diferentes pontos fixos, que receberam o dispositivo de aplicação de carga (Bregagnolo *et al.*, 2010).

Os subgrupos 1, 4 e 7 foram submetidos ao teste de carregamento com ponto de aplicação na região de primeiro molar contralateral ao ângulo mandibular com fratura simulada, sendo chamado MC (Figura 10). Os subgrupos 2, 5 e 8 tiveram como ponto de aplicação o primeiro molar ipsilateral à secção, sendo chamado de

MI (Figura 11). E, finalmente, os subgrupos 3, 6 e 9 foram submetidos ao teste tendo como ponto de aplicação a região central entre os incisivos centrais, sendo chamado I (Figura 12; Quadro 1).



Figura 10 – Aplicação de carga em molar contralateral (MC).



Figura 11 – Aplicação de carga em molar ipsilateral (MI).



Figura 12 – Aplicação de carga entre incisivos (I).

Quadro 1- Grupos e seus respectivos subgrupos de mandíbulas submetidos aos diferentes tipos de fixação pela técnica de Champy.

GRUPOS	SUBGRUPOS	TIPOS DE FIXAÇÃO (CHAMPY)	LOCAL DE APLICAÇÃO DE CARGA
1	1	Placa reta 5 furos	MC*
	2	Placa reta 5 furos	MI**
	3	Placa reta 5 furos	I***
2	4	Placa reta 4 furos com extensão	MC*
	5	Placa reta 4 furos com extensão	MI**
	6	Placa reta 4 furos com extensão	I***
3	7	Placa reta de 4 furos	MC*
	8	Placa reta de 4 furos	MI**
	9	Placa reta de 4 furos	I***

MC*: Molar contralateral à fratura simulada; MI**: Molar ipsilateral à fratura simulada; I***: Incisivos centrais.

4.4. Análise Estatística

Para a análise estatística dos resultados obtidos no teste de resistência, os dados foram comparados utilizando análise de variância (ANOVA) com três fatores de variação (fixação utilizada, local de aplicação de carga e deslocamento da ponta de aplicação), utilizando o teste de Tukey com nível de significância de 5%, como pós-teste.

5. RESULTADOS

Foram obtidos médias e desvio padrão das cargas em todos subgrupos, nos deslocamentos de 1 mm, 2 mm e deslocamento final.

Os valores das médias e desvio padrão das cargas, em kgf, para o deslocamento de 1 mm, nos subgrupos 1, 4 e 7, mostraram que o subgrupo 1 apresentou a maior resistência à carga no teste de carregamento. Em ordem decrescente estão os subgrupos 7 e 4. Médias e desvio padrão das cargas para o deslocamento de 2 mm demonstraram que a resistência à carga foi maior no 1, seguido também de 7 e 4. Com relação ao deslocamento final, pôde-se observar, em ordem decrescente, que a maior resistência às cargas ocorreu 4, seguido de 1 e 7, respectivamente. No entanto, houve diferença estatística somente para os valores de carga no deslocamento final, sendo que os grupos 1 e 4 foram superiores ao 7. Não houve diferença estatística entre 1 e 4 (Figura 13; Tabela 1).

Não houve diferenças estatísticas quanto ao deslocamento final entre os subgrupos 1, 4 e 7 (Figura 14).

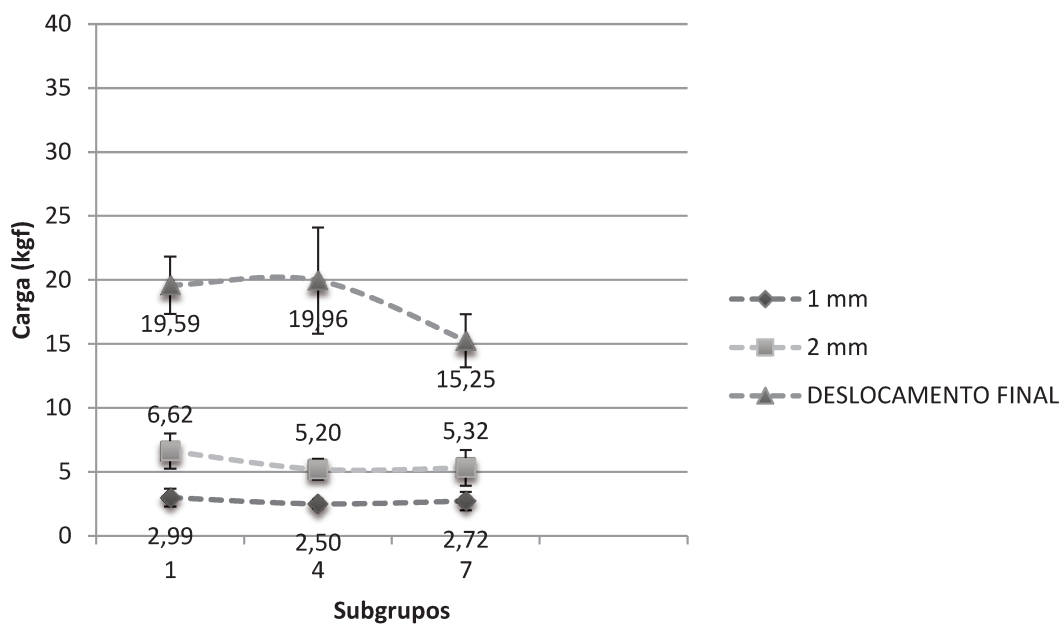


Figura 13 – Médias dos valores de resistência às cargas, em kgf, para os deslocamentos de 1 mm, 2 mm e final, para os subgrupos 1, 4 e 7 com aplicação de carga em MC.

Tabela 1 – Valores referentes às médias dos valores de cargas, em kgf, e o desvio padrão (DP) em subgrupos 1, 4 e 7, para os deslocamentos de 1 mm, 2 mm e final.

Subgrupos	Deslocamento					
	1 mm	DP	2 mm	DP	Final	DP
1	2,99	0,69	6,62	1,37	19,59	2,24
4	2,50	0,35	5,20	0,81	19,96	4,16
7	2,72	0,72	5,32	1,41	15,25*	2,08

* Houve diferença estatística.

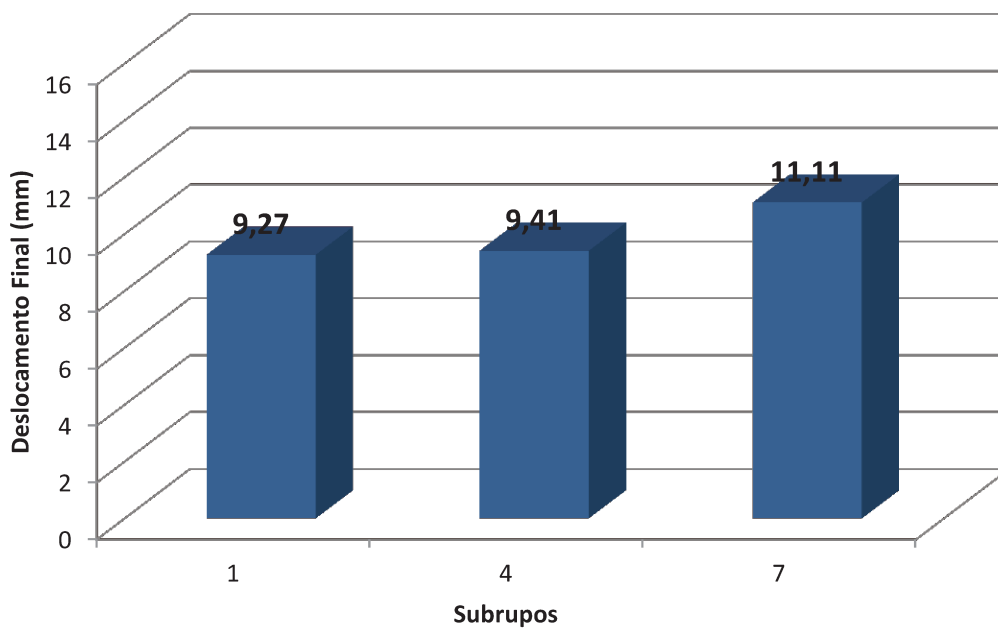


Figura 14 – Médias dos valores de deslocamento final para os subgrupos 1, 4 e 7.

Os valores das médias e desvio padrão das cargas, em kgf, para o deslocamento de 1 mm, nos subgrupos 2, 5 e 8 mostraram que o subgrupo 5 apresentou a maior resistência à carga no teste de carregamento. Em ordem decrescente estão os subgrupos 2 e 8. Médias e desvio padrão das cargas para o deslocamento de 2 mm mostraram que a resistência à carga foi maior no 5, seguido de 8 e 2, respectivamente. Com relação ao deslocamento final, pôde-se observar, em ordem decrescente, que a maior resistência às cargas ocorreu em 5, seguido de 2 e 8, respectivamente. No entanto, houve diferença estatística somente para os valores de carga no deslocamento final, sendo que os subgrupos 2 e 5 foram superiores ao 8. Não houve diferença estatística entre 2 e 5 (Figura 15, Tabela 2).

Não houve diferenças estatísticas quanto ao deslocamento final entre os subgrupos 2, 5 e 8 (Figura 16).

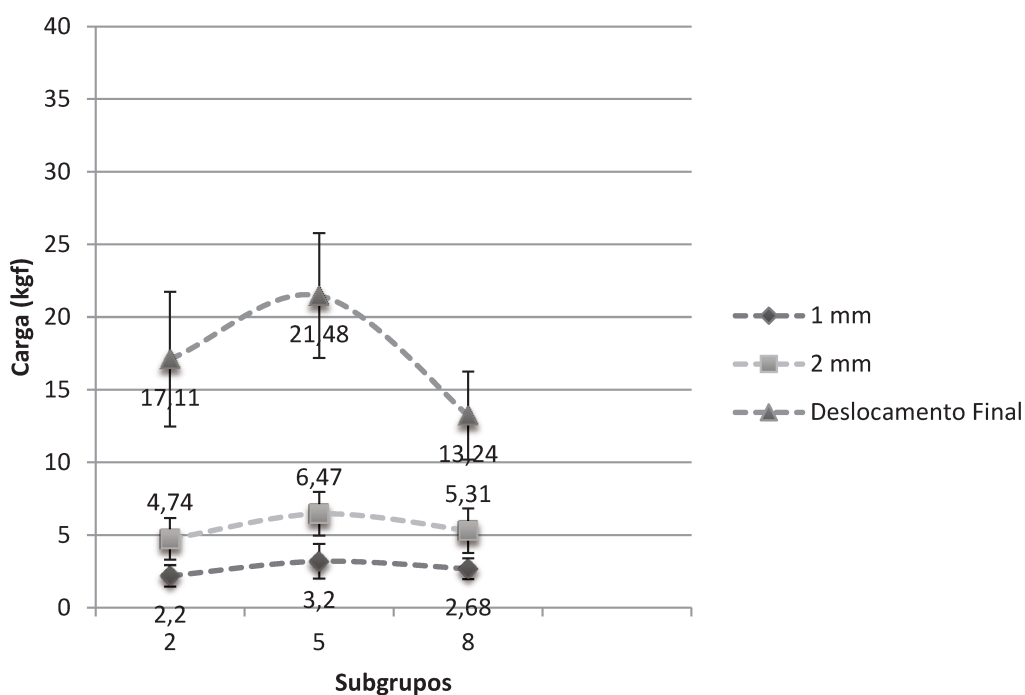


Figura 15 – Médias dos valores de resistência às cargas, em kgf, para os deslocamentos de 1 mm, 2 mm e final, para os subgrupos 2, 5 e 8, com aplicação de carga em MI.

Tabela 2 – Valores referentes às médias dos valores de cargas, em kgf, e o desvio padrão (DP) em subgrupos 2, 5 e 8 para os deslocamentos de 1 mm, 2 mm e final.

Grupos	Deslocamento					
	1 mm	DP	2 mm	DP	Final	DP
2	2,20	0,74	4,74	1,44	17,11	4,63
5	3,20	1,19	6,47	1,5	21,48	4,29
8	2,68	0,72	5,31	1,53	13,24*	3,03

* Houve diferença estatística.

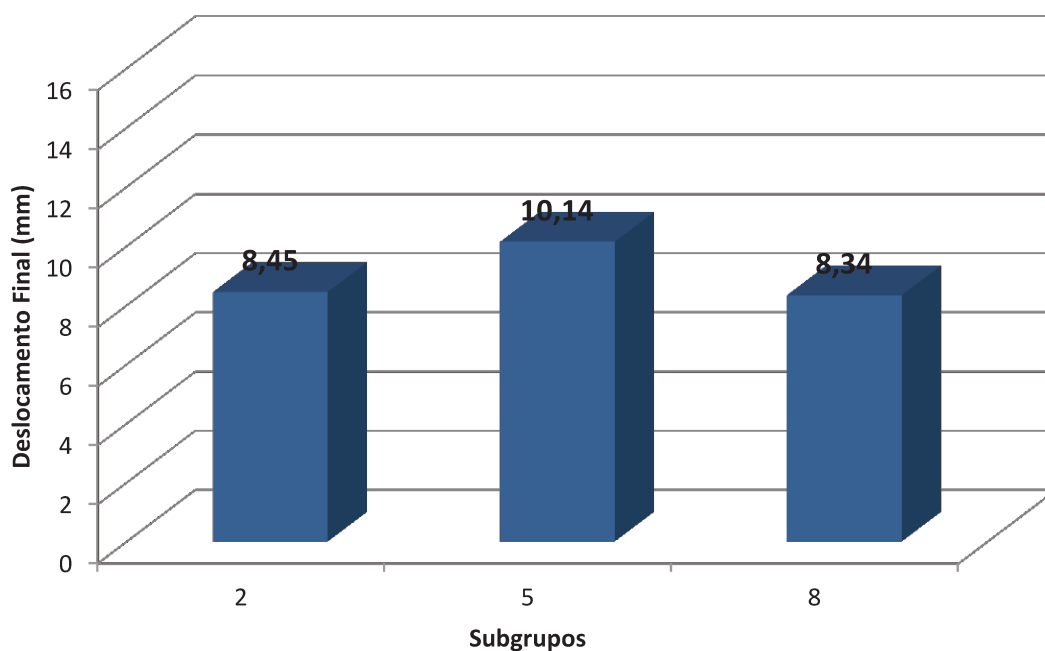


Figura 16 – Médias dos valores de deslocamento final para os subgrupos 2, 5 e 8.

Os valores das médias e desvio padrão das cargas, em kgf, para o deslocamento de 1 mm, nos subgrupos 3, 6 e 9 mostraram que o subgrupo 6 apresentou a maior resistência à carga no teste de carregamento, seguido de 9 e 3, porém, não houve diferença estatística. Médias e desvio padrão das cargas para o deslocamento de 2 mm mostraram que a resistência à carga foi maior no 6, seguido de 3 e 9, também sem diferença estatística. Com relação ao deslocamento final, pôde-se observar, em ordem decrescente, que a maior resistência às cargas ocorreu em 6, seguido do 3, e, finalmente, 9. Houve diferença estatística somente para os valores de carga no deslocamento final, sendo que os subgrupos 3 e 6 foram superiores ao 9. Não houve diferença estatística entre 3 e 6 (Figura 17, Tabela 3).

Não houve diferenças estatísticas quanto ao deslocamento final entre os subgrupos 3, 6 e 9 (Figura 18).

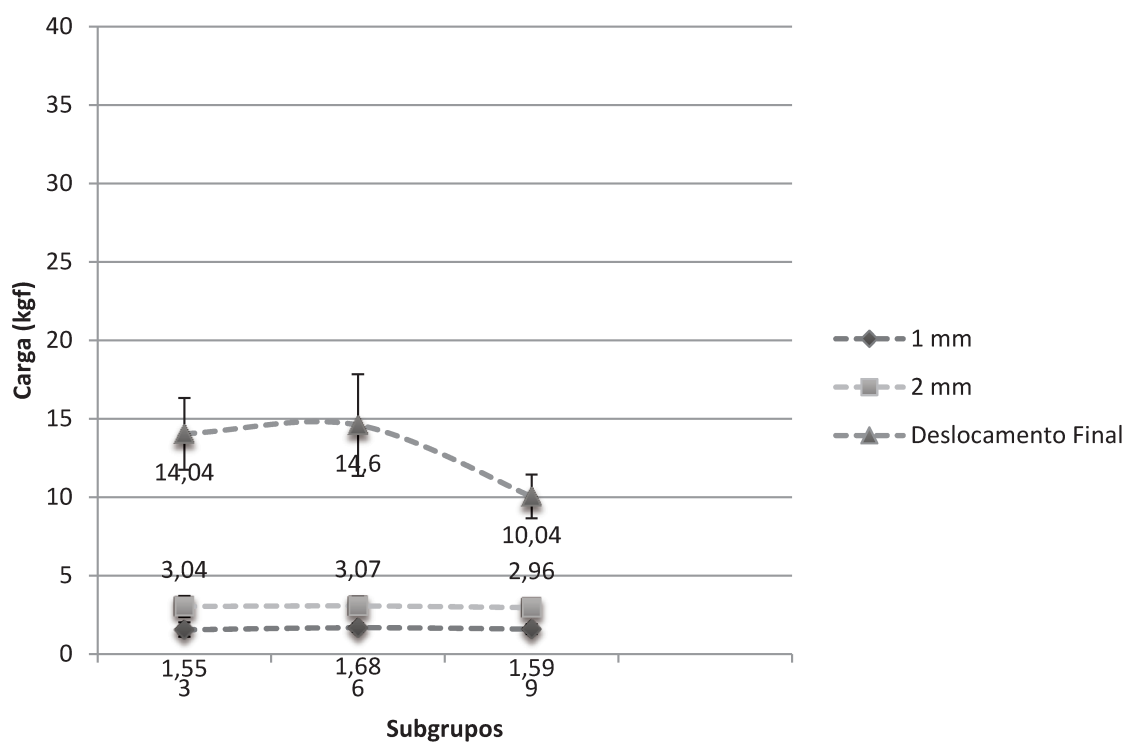


Figura 17 – Médias dos valores de resistência às cargas, em kgf, para os deslocamentos de 1 mm, 2 mm e final, para os subgrupos 3, 6 e 9, com aplicação de carga em I.

Tabela 3 – Valores referentes às médias dos valores de cargas, em kgf, e o desvio padrão (DP) em subgrupos 3, 6 e 9 para os deslocamentos de 1 mm, 2 mm e final.

Subgrupos	Deslocamento					
	1 mm	DP	2 mm	DP	Final	DP
3	1,55	0,46	3,04	0,67	14,04	1,55
6	1,68	0,28	3,07	0,57	14,60	1,68
9	1,59	0,31	2,96	0,56	10,04*	1,59

* Houve diferença estatística.

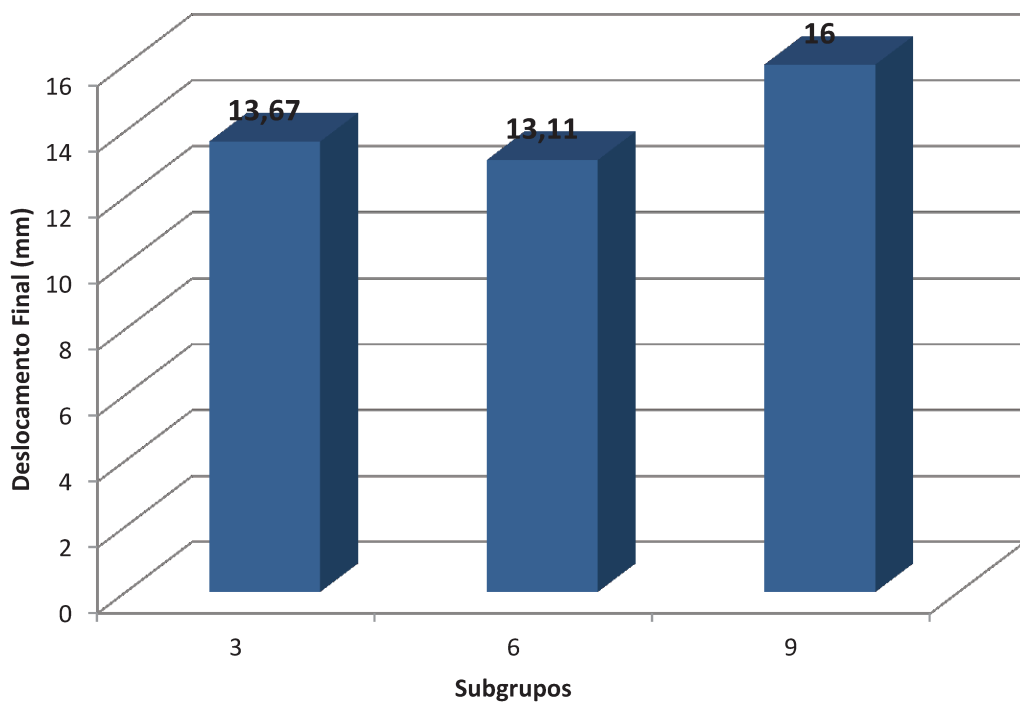


Figura 18 – Médias dos valores de deslocamento final para os subgrupos 3, 6 e 9.

6. DISCUSSÃO

As fraturas do ângulo mandibular são biomecanicamente complexas, porque o maior índice de cargas na mandíbula ocorre nessa área (Chacon *et al.*, 2005). Não existe consenso quanto ao melhor método de fixação interna (Gear *et al.*, 2005).

Em comparação de diferentes formas de tratamento para fraturas do ângulo mandibular, Ellis III, em 2010, afirmou que a fixação com uma única placa é mais fácil de aplicar e apresentou menor número de complicações. Segundo o autor, tempo cirúrgico menor e experiência do cirurgião são fatores primordiais para os menores índices de complicações. Em virtude disso, a comparação entre diferentes placas, como realizado neste trabalho, é cabível, visto que pode haver diferença quanto à resistência de cada uma delas quando da aplicação de cargas.

Os estudos mecânicos fazem parte da análise de um implante, servindo para avaliar o conjunto da fixação, bem como os materiais de osteossíntese. As costelas bovinas frescas eram comumente utilizadas para esses ensaios, em virtude de sua fácil obtenção. Contudo, apresentam problemas com relação à anatomia, já que não se assemelham a região do ângulo mandibular especificamente. A utilização de mandíbulas frescas congeladas de animais foi por grande período a melhor indicação para esse tipo de teste. Alguns estudos avaliaram as diferenças mecânicas do osso humano, do osso bovino, e de um polímero, concluindo que houve diferenças significantes entre os materiais testados. As mandíbulas humanas mostraram-se mais resistentes que os demais materiais. Cada substrato apresentou coeficiente de elasticidade diferente (Foley & Beckman, 1992; Moraes, 1995; Kohn *et al.*, 1995). Entretanto, a escolha pelo osso humano ou bovino implicaria em outro problema que é a grande variabilidade anatômica, dificultando ou impossibilitando a confecção de uma amostra homogênea.

Com objetivo de se obter padronização dos ensaios, uma das opções viáveis é a utilização de mandíbulas confeccionadas em resina de poliuretano, como as empregadas neste trabalho. Mesmo não tendo as propriedades mecânicas do osso natural, estudos demonstram que esta composição da resina de poliuretano oferece

bons resultados em ensaios de teste de resistência mecânica, quando comparada ao osso natural (Schwieger, 2004).

Segundo Haug (1994), em testes mecânicos o material de fixação deve ser aplicado ao substrato com características semelhantes ao local que o sistema de fixação seria aplicado *in vivo*. Além disso, Bredbenner & Haug, em 2000, realizaram uma avaliação comparativa do torque requerido para inserir parafusos de 1,0 mm e 2,4 mm e a força requerida para removê-los de 7 substratos diferentes utilizados em pesquisas de fixação rígida. As mandíbulas de resina de poliuretano apresentaram bons resultados. Os autores concluíram que o osso humano pode ser simulado em estudos de fixação por materiais sintéticos, o que descarta as dificuldades encontradas com osso humano fresco, sejam éticas ou falta de padronização e obtenção, apresentando vantagens como mesmo formato, dimensões, propriedades mecânicas e baixo custo.

De acordo com Bredbenner & Haug, em 2000, Haug *et al.*, em 2002, Ziccardi *et al.*, em 1997, Asprino *et al.*, em 2006, Cavalieri-Pereira *et al.*, 2011, foram utilizadas réplicas sintéticas de mandíbulas de resina de poliuretano. Isso devido à sua densidade, dureza, tamanho e módulo de elasticidade, bem como pela sua padronização em formato anatômico e similaridade com a mandíbula humana, sendo réplica a partir da impressão de mandíbula de cadáver humano, o que facilita a reprodução das fraturas e fixação. Esse modelo de resina também elimina variáveis relacionadas ao acondicionamento de osso animal e seu descongelamento para utilização.

O modelo tridimensional reproduz melhor o que ocorre clinicamente, devido à utilização de todo o arco mandibular e não de um segmento. Isso possibilita variação nos locais de aplicação de força, promovendo a alternância de área de compressão e de tensão (Kroon *et al.*, 1991; Rozema *et al.*, 1992; Rudderman & Mullen, 1992; Tams *et al.*, 1997). Dessa forma, o modelo utilizado neste trabalho possibilitou testar o sistema de fixação variando a aplicação de carga em primeiro molar ipsilateral ao seccionamento (MI), em molar contralateral ao seccionamento (MC) e entre incisivos centrais (I). A escolha de testes de resistência com aplicação de carga em diferentes locais em um modelo tridimensional foi empregado a partir do conhecimento que o

ângulo é submetido a forças de diferentes direções, durante a função. O modelo tridimensional propicia avaliar o resultado da aplicação de carga nos dentes e, conseqüentemente, os reflexos dessas cargas na região da fixação do ângulo fraturado.

No presente trabalho foi determinada a utilização de secções lineares para a realização do ensaio devido principalmente ao fato de as placas posicionadas pela técnica de Champy *et al.* (1978) serem indicadas para fraturas similares. A técnica é contraindicada em situações onde não exista suficiente estabilidade interfragmentária, como ocorre nas fraturas cominutas ou com o triângulo na base mandibular (Zix *et al.*, 2007). Em vista disso, alguns autores afirmam que sua utilização está indicada em casos com uma linha de fratura, com pequeno deslocamento dos fragmentos, sendo utilizada corriqueiramente (Paza *et al.*, 2008).

O conceito de fixação interna estável vem sendo amplamente discutido. A utilização cada vez maior do princípio de carga compartilhada no tratamento de fraturas mandibulares vem estimulando o desenvolvimento de sistemas e de desenhos de placas com objetivo de obter uma maior estabilidade da fixação com um menor número e tamanho de implantes. Faz-se importante, então, avaliar se diferentes tipos de placas aplicadas pela técnica de Champy podem proporcionar resistência mecânica adequada para as fraturas de ângulo mandibular. Essa técnica implica, sobretudo, em menor descolamento de tecidos moles, resultando em menor índice de complicações. Isso é corroborado pelo estudo de elementos finitos de Kimsal *et al.*, em 2011.

O uso 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 (Choi *et al.*, 1995; Bayat *et al.*, 2010; Bregagnolo *et al.*, 2010). O tipo de acesso, a ausência de cicatriz aparente e o menor tempo cirúrgico, devido à fácil adaptação da placa, favorecem a aplicação dessa técnica de fixação nas fraturas do ângulo mandibular. Entretanto, o grau de estabilidade promovido por placas monocorticais resulta em dúvidas. A utilização dessas placas iniciou-se com os trabalhos de Champy *et al.* (1978), que tratou de forma eficiente fraturas lineares do ângulo mandibular usando somente uma placa, do sistema 2,0

mm e parafusos monocorticais, instalada sobre o rebordo da região retromolar, estendendo-se para região do corpo mandibular.

O método surgiu após realização de uma série de experimentos por meio dos quais descreveram as “linhas ideais para fixação das osteossínteses”, em que as forças mastigatórias de compressão e tensão podem ser neutralizadas quando as placas são posicionadas na região chamada “zona neutra” (Champy *et al.*, 1978; Worthington & Champy, 1987).

As 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 outra placa no rebordo inferior da mandíbula (Choi *et al.*, 1995). No entanto, pelo fato de o reparo da fratura ser um processo dinâmico envolvendo aumento gradual da força mastigatória e isso contribui para esse reparo, sendo que a linha de fratura não é totalmente reta. Na realidade, existem pequenas interdentações na fratura que reduzem as cargas ao qual o material de osteossíntese é submetido (Feller *et al.*, 2003).

Contudo, Schierle *et al.* (1997), realizando estudo prospectivo randomizado, avaliaram a técnica de Champy para tratamento de fraturas do ângulo mandibular e não observaram diferenças estatísticas com a utilização de uma placa na zona de tensão ou a associação da segunda placa na região de compressão do ângulo mandibular.

Assim, deve-se considerar que apesar da menor estabilidade dos métodos que utilizam placas com parafusos monocorticais, em relação às placas mais resistentes e parafusos bicorticais, nos testes *in vitro*, tais diferenças em estabilidade podem não ser importantes clinicamente, tendo em vista que a força necessária para promover 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).

Estudo de Gerlach & Schwarz (2002) demonstra que as forças mastigatórias máximas que podem ser exercidas na região posterior da mandíbula, em pacientes tratados de fratura do ângulo mandibular, com fixação seguindo a técnica de

Champy, são cerca de 31% da força máxima após a primeira semana de pós-operatório e 58% após 45 dias. Tate *et al.* (1994), puderam constatar que o método de fixação não necessita suportar a carga mastigatória fisiológica máxima exercida em pacientes que não sofreram fraturas, mas que deve ser suficientemente estável para permitir o reparo ósseo. Em concordância, Wittenberg *et al.* (1997) afirmaram que as forças mastigatórias diminuem drasticamente após fratura de ângulo, atingindo valores que variam de 2,54 a 6,73 kgf. Dessa forma, podemos supor que uma fixação de perfil menor é suficiente para que ocorra reparo ósseo adequado.

Ao considerar os valores de carga mastigatória, o presente trabalho está de acordo com Haug *et al.*, em 2001, em que postularam que o comportamento mecânico significativo seria obtido dentro dos limites até 10,19 kgf para carregamento na borda incisal e de até 20,39 kgf para carregamento em molar contralateral, em avaliação mecânica de técnicas de fixação para fraturas do ângulo mandibular em réplicas de mandíbula de poliuretano.

Em vista disso, e 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 reta de 4 furos disposta pelo método de Champy suportou uma carga final média de 15,25 kgf para um deslocamento final médio de 11,11 mm quando a aplicação de carga foi no primeiro molar contralateral ao seccionamento.

A mesma placa se comportou semelhantemente quando a aplicação de carga foi no primeiro molar ipsilateral ao seccionamento, atingindo carga final média de 13,24 kgf, com deslocamento final médio de 8,34 mm. A aplicação de carga entre os incisivos centrais implicou em um deslocamento final médio de 16 mm, atingindo carga média final de 10,04 kgf.

Considerando-se todos os pontos de aplicação de carga, a placa reta de quatro furos apresentou menor resistência às placas de 5 furos e 4 furos com extensão somente no deslocamento final, ou seja, em deslocamentos menores (1 e 2 mm) não houve diferenças estatística. Isso pode significar que, na clínica, as três placas aplicadas pela técnica de Champy podem proporcionar reparo ósseo

adequado, aja visto que deslocamentos acima de 1 mm em traço de fratura pode ser considerado inadequado para reparo ósseo. Diversos trabalhos já demonstraram a efetividade dos estudos de resistência (Foley *et al.*, 1989; Anucul *et al.*, 1992; Kohn *et al.*, 1995; Haug *et al.*, 1999; Trivellato, 2001; Guimarães-Filho, 2003; Peterson *et al.*, 2005; Van Sickels *et al.*, 2005; Asprino *et al.*, 2006; Serra & Silva, 2006; Bregagnolo *et al.*, 2010).

Guimarães-Filho (2003) e Trivellato & Passeri (2006) padronizaram o deslocamento de 10 mm ou até a falha do sistema, caso acontecesse antes do deslocamento pré-determinado.

Alguns estudos, em vez de definir um determinado deslocamento, determinaram o deslocamento final como indo até a falha do sistema (Bouwman *et al.*, 1994; Asprino *et al.*, 2006).

Neste trabalho optou-se por realizar o teste mecânico até o deslocamento final avaliando-se as variáveis de comparação em deslocamentos de 1 mm, 2 mm e deslocamento final, ou seja, até que ocorresse a falha do sistema. No entanto, Foley *et al.* (1989) e Kohn *et al.* (1995), afirmam que deslocamentos acima de 3 mm não são compatíveis com parâmetros fisiológicos e, na prática, já implica em falha do material de fixação. Segundo esses autores, as vantagens em se limitar o deslocamento são: 1) diminuição das forças torcionais durante o teste; 2) racionalizar o tempo dispensado para a realização dos testes; e, 3) representar mais modelo clínico de forma mais fiel. Já Ardary *et al.* (1989) e Kim *et al.* (1995) determinaram um deslocamento máximo ainda menor de 1 mm como o ponto de falha do sistema. Essas medidas foram tomadas a partir do deslocamento da ponta de aplicação de carga.

Ribeiro-Junior *et al.* (2010) variaram o comprimento da placa realizando fixação de acordo com a técnica de Champy. Observaram que não houve diferenças estatísticas entre as placas mais longas e mais curtas, o que sugeriu que a ocorrência de tensão exercida pelos parafusos nas extremidades da placa facilitou o deslocamento.

Em estudos *in vitro* tem sido demonstrado que para estabilização adequada na região de tensão o número de parafusos não deveria ser menor que dois e não maior que quatro por segmento. Essas investigações foram realizadas em modelos retilíneos, como costela bovina, sendo os resultados não aplicáveis a situações nas quais a osteossíntese de Champy é usada. No presente estudo, por exemplo, as placas foram instaladas em uma região na qual o tipo de torção foi diferente da aplicada no teste de Haug (1993).

O uso de placas mais longas, inerentemente, leva a maior dificuldade de adaptação passiva do material sobre o osso, o que é uma desvantagem do método de Champy. A perda de passividade da placa pode causar mudanças oclusais pós-operatórias, torque no côndilo mandibular e excessiva tensão nos parafusos monocorticais. Parafusos monocorticais em placas mal adaptadas poderão estar sujeitos a maior índice de falhas. Como observado neste trabalho, a pequena extensão das placas utilizadas e o número suficiente de parafusos em cada segmento da fratura propiciaram resultados semelhantes para os três tipos de placas. Provavelmente isso ocorreu pela adaptação adequada das placas. A superioridade de suporte de cargas das placas de 5 furos e 4 furos com extensão sobre as placas de 4 furos no deslocamento final pode ser justificada pelo maior comprimento das placas e, também, pelo fato de os parafusos proximais ao traço de fratura nos dois primeiros tipos de placa se localizarem mais distantes do traço quando comparadas às placas de 4 furos. Isso implica em maior quantidade de substrato na região desses parafusos e menor probabilidade de falha do sistema.

Uma vantagem relevante da técnica de Champy é a fácil aplicação evitando a necessidade de acesso extra bucal e complicações relacionadas ao acesso. Além disso, a simplificação da adaptação da placa ao osso, sem deslocamento da fratura propicia menor tempo cirúrgico, menor descolamento de tecidos moles e, conseqüentemente, redução dos índices de complicações.

O comportamento mecânico da fixação interna com placas e parafusos no tratamento de fraturas dos ângulos mandibulares necessita ser avaliado e isso pode possibilitar o desenvolvimento de diferentes técnicas de fixação e materiais utilizados. O estudo *in vitro* pode servir como direcionamento para a aplicação

clínica. O uso de uma placa aplicada pela técnica de Champy parece prover resistência suficiente ao sistema, independente do tipo de placa utilizado. Isso pode contribuir, inclusive, para redução de custos dos procedimentos, devido à redução do número de materiais de fixação utilizados.

7. CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia aplicada e os resultados obtidos, podemos concluir:

1- Nos deslocamentos de 1 e 2 mm, independentemente do local de aplicação da carga, os três tipos de fixação se comportaram de forma semelhante.

2- No deslocamento final, também independentemente do local de aplicação de carga, as placas de 5 furos e 4 furos com extensão apresentaram maior resistência que as de 4 furos.

3- Três tipos de fixação podem proporcionar reparo ósseo adequado.

8. REFERÊNCIAS

Alkan A, Celebi N, Ozden B, Bas 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): 752-756.

Anucul B, Waite Pd, Lemons JE. In vitro strength analysis of sagittal Split osteotomy fixation: noncompression monocortical plates versus bicortical position screws. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992; 50(12): 1295-1299.

Ardary WC, Tracy DJ, Brownridge GW, Urata MM. Comparative evaluation of screw configuration on the stability of the sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Endod.* 1989; 68(2): 125-129.

Armstrong JE, Lapointe HJ, Hogg NJ, Kwok AD. Preliminary investigation of the biomechanics of internal fixation of sagittal split osteotomy with miniplates using a newly designed in vitro testing model. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001; 59(2): 191-195.

Asprino L, Consani S, de Moraes M. A comparative biomechanical evaluation of mandibular fracture plating techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 64(3): 452-456.

Assael LA. Treatment of mandibular angle fractures: plate and screw fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 1994; 52(7): 757-61.

Bayat M, Garajei A, Ghorbani K, Montamed MHK. Treatment of mandibular angle fracture using a single resorbable miniplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 68(7): 1573-1577.

¹ De acordo com a norma da Unicamp/FOP baseada na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos de acordo com o Medline

Bouwman JPB, Tuinzing Db, Kostense PJ. A comparative in vitro study on fixation of sagittal split osteotomies with Wurzburg screws, Champy miniplates and Biofix (biodegradable) rods. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1994; 23(1): 46-48.

Bredbenner TL, Haug RH. Substitutes for human cadaveric bone in maxillofac rigid fixation research. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 90: 574-580.

Bregagnolo LA, Bertelli PF, Ribeiro MC, Sverzut CE, Trivellato AE. Evaluation of in vitro resistance of titanium and resorbable (poly-L-DL-lactic acid) fixation systems on the mandibular angle fracture. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 40:316-321.

Cavaliere-Pereira L, Trivellato AE, Moraes M. Resistência de quatro técnicas de fixação utilizadas no tratamento das fraturas subcondilares. Estudo in vitro em mandíbulas de poliuretano. [Tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP, 2011.

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): 968-972.

Champy M, Loddé JP, Jaeger JH, Wilk A. Osteosyntheses mandibulaires selon la technique de Michelet I - Bases biomechaniques. *Rev Stomat.* 1976; 77: 569–76.

Champy M, Loddé JP, Jaeger JH, Wilk A, Gerber JC. Osteosyntheses mandibulaires selon la technique de Michelet II – Presentation d'un nouveau material. Resultats Bases biomechaniques. *Rev Stomat.* 1976; 77: 577–83.

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.

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): 692-695.

Ellis III E. Rigid skeletal fixation of fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993a; 51(2): 163-173.

Ellis III E. Treatment of mandibular angle fractures using the AO reconstruction plate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993b; 51(3): 250-254.

Ellis III E. Treatment methods for fractures of the mandibular angle. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 28(4): 243-252.

Ellis III, E. A Prospective study of 3 treatment methods for isolated fractures of the mandibular angle. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 68: 2743-2754.

Ellis III E, Ghali GE. Lag screw fixation of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991; 49(3): 234-243.

Ellis III E, Karas N. Treatment of mandibular angle fractures using two mini dynamics compression plates. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992; 50(9): 958-963.

Ellis III E, Moos KF, El Attar A. Ten years of mandibular fractures: an analysis of 2,137 cases. *Oral surg.* 1985; 59(2): 120-129.

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): 969-973.

Ellis III E, Walker LR. Treatment of mandibular angle fractures using one noncompression miniplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996; 54(7): 864-71; discussion 871-872.

Fedok FG, Van Kooten DW, De Joseph LM, McGinn JD, Sobota B, Levin RJ, Jacobs CR. Plating techniques and plate orientation in repair of mandibular angle fractures: an in vitro study. *Laryngoscope.* 1998; 108(7): 1218-1224.

Feledy J, Caterson EJ, Steger S, Stal S, Holier L. Treatment of mandibular angle fractures with a miniplate: a preliminary report. *Plast Reconstr Surg.* 2004; 114(7): 1711-6; discussion 1717-1719.

Feller KU, Schneider M, Hlawitschka M, Pfeifer G, Lauer G, Eckelt U. Analysis of complications in fractures of the mandibular angle – a study with finite element computation and evaluation of data of 277 patients. *Journal of Cranio Maxillofacial Surgery.* 2003; 31: 290–295.

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): 586-589.

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.

Foley WL, Frost DE, Paulin Jr WB, Tucker MR. Internal screw fixation: comparison of placement pattern and rigity. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989; 47(7): 729-723.

Gabrielli MAC, Gabrielli MFR, Marcantonio E, Hochuli-Vieira E. Fixation of mandibular fractures with 2.0-mm miniplates: review of 191 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003; 61(7): 430-436.

Gear AJ, Apasova E, Schmitz JP, Schubert W. Treatment modalities for mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 63(5): 655-663.

Gerard N, D`Innocenzo R. Modified technique for adapting a mandibular angle superior border plate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1995; 53(2): 220-221.

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: 345–348.

Guimarães-Filho R. Avaliação *in vitro* da resistência mecânica entre parafusos metálicos e reabsorvíveis [Tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP, 2003.

Guimond C, Johnson JV, Marchena JM. Fixation of mandibular angle fractures with 2.0-mm 3-dimensional cruved angle strutplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 63: 209-214.

Haug R. The effects of screw number and length on two methods of tension band plating. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993; 51: 159–162.

Haug RH, Barber JE, Punjabi AP. An in vitro comparison of the effect of number and pattern of positional screws on load resistance. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 57(3): 300-308.

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: 257-263.

Haug RH, Hevtvedt AK, Michaels GC, Beals DW. Comparison of the resistance of miniplates and microplates to various in vitro forces [Discussion]. *J Oral Maxillofac Surg.* 1994; 52(3): 257-258.

Haug RH, Fattahi TT, Goltz M. A biomechanical evaluation of mandibular angle fracture plating techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 2001; 59: 1199-1210.

Haug RH, Peterson GP, Goltz M. A biomechanical evaluation of mandibular condyle fracture plating techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002; 60: 71-80.

Haug RH, Serafin BL. Mandibular angle fractures: a clinical and biomechanical comparison – the works of Ellis and Haug. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr.* 2008; 1: 31-38.

Ikemura K, Kouno Y, Shibata H, Yamasaki K. Biomechanical study on monocortical osteosynthesis for the fractures of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1984; 13(4): 307-312.

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): 1568-1572.

Kai Tu F, Tenhulzen D. Compression osteosynthesis of mandibular fractures- a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1985; 43: 585-9.

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): 510-516.

Kempers KG, Hendler BH. In: Fonseca RJ. *Oral and maxillofacial surgery trauma.* Philadelphia: WB Saunders; 2000. Chap 2: p. 85-135.

Kim HC, Essaki S, Kameyama T. Comparison of screw placement patterns on the rigidity of the sagittal ramus osteotomy: technical note. *J Cranio Maxillofac Surg.* 1995; 23(1): 54-56.

Kimsal J, Baack B, Candelaria L, Khraishi T, Lovald S. Biomechanical analysis of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69: 3010-3014.

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): 1374-1383.

Kroon FHM, Mathisson M, Cordey JA, Rahn BA. The use of miniplates in mandibular fractures. An in vitro study. *J Cranio Maxillofac Surg* 1991; 19: 199–204.

Levy FE, Smith RW, Odland RM, Marentette LJ. Monocortical miniplate fixation of mandibular angle fractures. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1991; 117(2): 149-154.

Mathog RH *et al.* Non union of the mandible: an analysis of contributing factors. *J Oral Maxillofac Surg.* 2000; 58(7): 746-752.

Michelet FX, Deymes J, Dessus B. Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillo-facial surgery. *J Maxillofac Surg.* 1973; 1: 79–84.

Moraes AC. Comparação entre duas técnicas de fixação rígida por meio de ensaio mecânico de compressão. [Tese]. Porto Alegre: UFRG, 1995.

Moreno JC *et al.* Complication rates associated with different treatments of mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2000; 58(3): 273-280.

Motamedi MH. An assessment of maxillofacial fractures: a 5-year study of 237 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003; 61(4): 61-64.

Murphy MT, Haug RH, Barber JE. An in vitro comparison of the mechanical characteristics of three sagittal ramus osteotomy fixation techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 55(5): 489-494; discussion 494-495.

Niederdelmann H, Akuamoah-Boateng E, Uhlig G. Lag Screw osteosynthesis: a new procedure for treating fractures of the mandibular angle. *J Oral Surg.* 1981; 39(12): 938-940.

Niederdelmann 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.

Nissenbaum M, Lownie M, Cleaton-Jones P. Relative displacement resistance of standard and low-profile bone plates in experimental mandibular angle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997; 83(6): 427-432.

Özden B, Alkan A, Arici S, Erdem E. In vitro comparison of biomechanical characteristics of sagittal split osteotomy fixation techniques. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 35: 837–841.

Passeri LA, Ellis III E, Sinn DP. Complications of nonrigid fixation of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993; 51(4): 382-384.

Paza AO, Abuabara A, Passeri LA. Analysis of 115 mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66(1): 73-76.

Peterson GP, Haug RH, Van Sickels J. A biomechanical evaluation of bilateral sagittal ramus osteotomy fixation techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 63(9): 1317-1324.

Potter J, Ellis III E. Treatment of mandibular angle fractures with a malleable noncompression miniplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 57(3): 288-292; discussion 292-293.

Prein J, Rahn BA. Scientific and technical background. In: Prein J. *Manual of internal fixation of the cranio-facial skeleton.* Berlin: Springer-Verlag; 1998. Chap. 1, p. 1-49.

Ribeiro-Junior PD, Magro-Filho O, Shastri KA, Papageorge MB. In vitro evaluation of conventional and locking miniplate/screw systems for the treatment of mandibular angle fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 39: 1109–1114.

Rozema FR, Otten E, Bos RRM, Boering G, van Willigen JD. Computer aided optimization of choice and positioning of bone plates and screws used for internal fixation of mandibular fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1992; 21(4): 373-377.

Rudderman RH, Mullen RL. Biomechanics of the facial skeleton. *Clin Plast Surg.* 1992; 19(1): 11-29.

Saito DM, Murr AH. Internal fixation of mandibular angle fracture with Champy technique. *Otolaryngology.* 2008; 19(2): 123-127.

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 Cranio Maxillofac Surg.* 2010; 38(7): 501-504.

Schierle HP, Schmelzeisen R, Rahn B, Pytlik C. One- or two-plate fixation of mandibular angle fractures? *J Cranio Maxillofac Surg.* 1997; 25(3): 162-168.

Schilli W. Mandibular fractures. In: Prein J. *Manual of internal fixation of the cranio-facial skeleton.* Berlin: Springer-Verlag; 1998. Chap. 3, p. 57-93.

Schwieger K. Mechanical testing report MT_2004_ext01. Davos: Berend Link, Head Research Services, AO Research Institute; 2004.

Serra e Silva FM. Avaliação mecânica in vitro da resistência de parafusos reabsorvíveis utilizados como fixação rígida de osteotomias sagitais em hemimandíbulas de poliuretano. [Tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP, 2006.

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: 791-801.

Tams J, Van Loon JP, Otten E, Rozema FR, Bos RR. A three dimensional study of bending and torsion moments for different fracture sites in the mandible: an in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 26(6): 383-388.

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(7): 404-407.

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): 734-736.

Tharanon W. Comparison between the rigidity of bicortical screws and miniplate for fixation of a mandibular setback after a simulated bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998; 56(12): 1055-1058.

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.

Trivellato AE, Passeri LA. Evaluation of osteotomy fixation changing the number, extension and the location of the plates. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 44: 377-381.

Van Sickels JE, Peterson GP, Holms S, Haug RH. An in vitro comparison of an adjustable bone fixation system. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 63 (11): 1620-1625.

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.

Worthington P, Champy M. Monocortical miniplate osteosynthesis. *Otolaryngol Clin North Am.* 1987; 20(3): 607-620.

Ziccardi VB, Schneider RE, Kummer FJ. Wurzburg lag screw plate versus four-hole miniplate for the treatment of condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 55: 602-607.

Zix J, Lieger O, Iizuka T. Use of a straight and curved 3-dimensional titanium miniplates for fracture fixation at the mandibular angle. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 65(9): 1758-1763.