

Frederico Felipe Antonio de Oliveira Nascimento

**AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DE TRÊS
DESENHOS DE OSTEOTOMIA SAGITAL DO
RAMO MANDIBULAR**

Tese apresentada a Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de doutor em Clínica Odontológica com área de concentração em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofaciais.

Orientador: Prof. Dr. Renato Mazzonetto

Piracicaba - SP

2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA

BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Bibliotecária: Elis Regina Alves dos Santos – CRB-8ª. / 8099

N17a

Nascimento, Frederico Felipe Antonio de Oliveira.

Avaliação biomecânica de três desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular / Frederico Felipe Antonio de Oliveira Nascimento. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Renato Mazzone.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Cirurgia. 2. Força. 3. Mandíbula. I. Mazzone, Renato. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(eras/fop)

Título em Inglês: Biomechanical evaluation of three different design of sagittal split osteotomy

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Surgery. 2. Force. 3. Mandible

Área de Concentração: Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofaciais

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca Examinadora: Renato Mazzone, Iris Malagone Marquez, Márcio de Moraes, Leandro Eduardo Klüppel, Guilherme Elias Pessanha Henriques

Data da Defesa: 17-08-2010

Programa de Pós-Graduação em 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 17 de Agosto de 2010, considerou o candidato FREDERICO FELIPE ANTONIO DE OLIVEIRA NASCIMENTO aprovado.

Prof. Dr. RENATO MAZZONETTO

Prof. Dr. LEANDRO EDUARDO KLÜPPEL

Profa. Dra. IRIS MALAGONI MARQUEZ

Prof. Dr. MARCIO DE MORAES

Prof. Dr. GUILHERME ELIAS PESSANHA HENRIQUES

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus avós Marcionília e Frederico e aos meus pais Fátima e Adauto.

Agradecimentos Especiais

Ao prof.Dr. Renato Mazzonetto,

“Aprender é descobrir aquilo que você sabe. Fazer é demonstrar que você o sabe. Ensinar é lembrar aos outros que eles sabem tanto quanto você. Você é aprendiz, fazedor e professor.”(Richard Bach)

Ao meus professores e mentores Aparecido Eurípedes, Iris M. Marquez, Fausto Campos, Darceny Zanetta-Barbosa, Cláudia Jordão, Vanessa Mendes, João Roberto Gonçalves, Roger Moreira, Márcio de Moraes, José Ricardo A. Barbosa, John Paul Stella, Michael F. Zide e Renato Mazzonetto que ensinaram a mim o ofício da Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial, meu eterno e sincero obrigado.

Aos amigos Adriano, Leandro, Henrique, Rafael Grotta, Mariana, Gabriela, Cláudio, Jaime, Ricardo de Pádua e Leo Luthi.

Aos meus irmãos Leandro, Marina e Cibele, meus pilares.

Agradecimentos

Ao Governo do Distrito Federal pela concessão de afastamento remunerado para a realização de concretização deste sonho.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP pela oportunidade de estudar nesta prestigiosa instituição.

À área de Prótese Fixa da FOP-UNICAMP especialmente, o prof.Dr. Marcelo Mesquita e prof. Dr. Guilherme Elias Pessanha Henriques

Aos professores Greison Rabelo, Renato Sawasaki e Mário Sinhoreti pela participação na banca de qualificação e preciosa colaboração

Aos colegas do Hospital de Base de Brasília da Secretaria de Estado de Saúde-DF.

Aos colegas e amigos de pós graduação: Bernardo, Cecília, Renato, Eduardo, Fábio Sato, Paulo Rabêlo, Lia, Sérgio Olate, Heric, José, Érica, Saulo, Sérgio Monteiro, Patrício, Simei, Lucas Martins, Lucas Cavalieri, Renato Marano, Tina, Castelo, Evandro, Valdir, Paulo Hemerson, Rafael Ortega e Marcelo Breno pela convivência, ajuda amizade e conhecimentos compartilhados.

À Edilaine, Daiane, Débora e Angélica

Aos funcionários do programa de Pós Graduação em Clínica Odontológica.

Aos estagiários da Área de Cirurgia Bucomaxilofacial da FOP-UNICAMP.

À optika sistemas para medicina que prontamente forneceu material de síntese utilizado neste trabalho.

RESUMO

A osteotomia sagital do ramo mandibular tem sido o procedimento mais usado por cirurgiões bucomaxilofaciais para a correção de deformidades mandibulares. Numerosas modificações no desenho desta osteotomia têm sido proposta na literatura. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos diferentes desenhos da osteotomia sagital do ramo mandibular na estabilidade e dissipação de forças através do ramo e corpo mandibular. A amostra total foi composta de 30 hemimandíbulas divididas em três grupos. A modificação proposta por Epker (1977) que corresponde ao grupo I, por Wolford et al (1987) que corresponde ao grupo II e Wyatt (1997) que corresponde ao grupo III, confeccionadas em poliuretano e fixadas com parafusos de titânio em L invertido posicionalmente. Três diferentes tipos de desenhos foram testados. As hemimandíbulas sofreram carregamento linear a uma proporção de 1mm/min analisado pela extensometria e teste de flexão em cada um dos grupos. Os resultados foram analisados estatisticamente e não foi observado diferença estatisticamente significativa entre os grupos I e II, mas o grupo III apresentou valores estatísticos menores em relação aos outros grupos. A extensometria mostrou diferenças na distribuição das tensões entre os grupos estudados.

Palavras chaves: cirurgia; força; mandíbula.

ABSTRACT

Bilateral sagittal split ramus osteotomy has been the most surgical procedure performed by oral and maxillofacial surgeons to correct mandibular deficiencies. Numerous design and modifications have been introduced in the literature. The purpose of this study is evaluate different design of sagittal mandibular ramus osteotomy on stability and dispelling forces through the mandibular ramus and body. Three design of sagittal split osteotomy was choiced to this study. The mandible suffered mechanical mastigatory stress analised by strain gauge and bending strength evaluation of each one of these design techniques. The sample of this study were compoud by 30 half mandible confectioned in polyurethane. The half mandible will be fixed with positional titanium screws. The groups were submitted to mechanical bending tests with 1mm/min until the peak load. The results demonstrated no statistical significance between group 1 and 2, but the results demostrated that group III reached inferior values when compared with other groups. Strain gauge tests showed difference on mechanical force distribution between the studied groups.

Key words: surgery; force; mandible

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	5
3. Proposição	16
4. Materiais e Métodos	17
4.1 Dos Grupos	18
4.2 Amostra do estudo	20
4.3 Material de fixação	23
4.4 Suporte de testes	24
4.5 Teste de Carregamento	26
4.6 Extensometria	27
4.7 Análise Quantitativa e Qualitativa	31
5. Resultados	32
6. Discussão	39
7. Conclusão	54
8. Referência Bibliográfica	55
9. Anexos	63

1. Introdução

O primeiro relato na literatura de uma osteotomia mandibular foi a realizada por Simon Hüllihen em 1848, quando o cirurgião conseguiu reduzir um alongamento mandibular de uma paciente que havia sofrido severas queimaduras. Esse relato foi publicado no *American Journal of Dental Science* em Janeiro de 1849. Schuchardt, em 1942, introduziu o conceito de osteotomia escalonada através do ramo mandibular por abordagem intra-oral, sendo dessa forma o precursor da técnica da osteotomia sagital do ramo mandibular para correção das deformidades dentofaciais, em especial as que afetam a mandíbula.

A osteotomia sagital do ramo mandibular é um dos processos cirúrgicos que mais sofreram evolução e adaptações ao longo do tempo desde sua introdução. A osteotomia sagital bilateral do ramo é uma técnica amplamente utilizada e versátil e é principalmente utilizada para a correção de deformidades mandibulares. Como toda técnica cirúrgica, ela não está livre de acidentes e complicações. Os acidentes mais frequentes da técnica são vistos durante sua execução, especialmente durante a separação dos segmentos osteotomizados, como fraturas desfavoráveis e injúria ao nervo alveolar inferior. A complicação mais freqüente é o reposicionamento condilar inadequado. Por isso, muitos trabalhos foram e são publicados com o propósito de minimizar acidentes e complicações através das modificações e com o objetivo de conferir a esta técnica maior previsibilidade e confiabilidade (Dal

Pont, 1961; Epker, 1977; Fun-Che, 1992; Marquez & Stella, 1998; Nishioka & Aragon, 1989; Tom *et al*, 1997).

O conceito do corte sagital moderno foi inicialmente proposto por Trauner e Obwegeser (1957) e sofreu várias modificações ao longo desses anos (Dal Pont, 1961; Hunsuck, 1968; Gallo, 1976; Epker, 1977; Wolford *et al*. 1987; Nishioka & Aragon, 1989; Wolford & Davis Jr, 1990; Fun-Chee, 1992; Wyatt 1997, Marquez & Stella, 1998; Ricard & Ferri, 2009), cada um adaptando a anatomia, a sua maneira, a necessidades e habilidade cirúrgica.

A osteotomia sagital do ramo mandibular é indicada em pacientes após o completo irrompimento do segundo molar e contra-indicada em pacientes com ramo mandibular curto no sentido antero posterior e assimetria mandibular severa. Correção cirúrgica das deformidades dentofaciais é especialmente indicada em pacientes onde o período de crescimento está finalizado, assim, a osteotomia sagital do ramo torna-se o procedimento de preferência na correção de deformidades mandibulares (Wolford 2000). As vantagens são execução da técnica por via intra-bucal, contato ósseo adequado de maneira escalonada entre os fragmentos proximais e distais, facilidade de utilização de fixação interna rígida, descolamento pequeno dos tecidos com adequada visualização, possibilidade de remoção de terceiros molares

durante a execução da técnica cirúrgica, adequado controle no posicionamento condilar. Fraturas indesejáveis, risco de dano ao nervo alveolar inferior (NAI), aumento da dificuldade técnica em casos de assimetria moderada são desvantagens desta técnica. O sucesso e a execução da técnica dependem de vários fatores objetivos, como, posicionamento condilar, descolamento dos tecidos circundantes, tempo de execução e o fator subjetivo que está vinculado a experiência de cada cirurgião, demonstrando que o sucesso é multifatorial.

Forças externas aplicadas a um objeto em estado de repouso promoverá através da lei da inércia força de igual intensidade e sentido opostos e aliando a tensão e deformação serão a resultante do conjunto força aplicada ao sistema. Tensão pode ser definida como resistência interna do objeto a uma força externa aplicada. A resistência mecânica é investigada por testes mecânicos como carregamento e a deformação pode ser compressiva ou tensitiva e é aferida por extensômetros (strain gauges). Os extensômetros foram concebidos para conversão de movimentação mecânica em sinal elétrico, sinais que podem elucidar dúvidas e ampliar o entendimento no estudo biomecânico.

Assim, este trabalho objetivou descobrir até onde modificações no desenho da osteotomia sagital do ramo mandibular possui relevância estrutural e clínica afim de municiar cirurgiões na escolha da mais técnica apropriada. Assim a esse trabalho visou avaliar se diferentes desenhos de osteotomia sagital

do ramo possui importância uma vez que na literatura é frequente análises de comportamento aplicado ao uso de sistemas de fixação

2. Revisão da literatura

A primeira cirurgia ortognática descrita na literatura foi realizada por Simon P. Hüllihen, em 1847, nos Estados Unidos, em uma jovem que foi queimada na sua infância. Ela apresentava uma contratura tecidual em face e pescoço causando uma significativa deformidade mandibular. Após três intervenções cirúrgicas, incluindo a correção esquelética da mandíbula, ressecção da cicatriz fibrosa e posterior correção do defeito no lábio, este procedimento foi historicamente marcado como a primeira osteotomia mandibular, lembrando a atual técnica da osteotomia subapical anterior (Aziz, 2004).

Na literatura especializada, não há consenso sobre a primeira técnica sagital da mandíbula. Alguns advogam que ela foi introduzida por Schuchardt em 1942 enquanto outros defendem que ela foi primeiramente descrita por Trauner e Obwegeser mas desde a introdução do conceito da osteotomia sagital do ramo mandibular por Trauner e Obwegeser (1957), várias modificações da técnica foram propostas com o decorrer dos anos (Dal pont 1961, Hunsuck 1968, Epker 1977, Wolford *et al*, 1987; Wolford & Davis Jr, 1990; Wyatt, 1997). Modificações foram sugeridas respeitando a diversidade anatômica (Nishioka & Aragon, 1989; Tom *et al*, 1997, Ueki *et al* 2010) e considerando as diversas maneiras de aplicação da fixação interna rígida (Jeter 1984, Davis WM jr & Wolford, 1987; Chuong *et al*, 2005)

Trauner e Obwegeser(1957) descreveram a técnica cirúrgica e a concepção da osteotomia sagital da mandíbula. Uma das inovações introduzidas pelos autores era a execução intra bucal da técnica. Essa técnica inicialmente propiciou a correção da deficiência mandibular, o prognatismo e conferiu a possibilidade de fechamento de mordida aberta. O maior contato ósseo conferia a esta técnica versatilidade na correção das deformidades mandibulares

Com a modificação de Dal Pont (1961) esse procedimento aproximou ao desenho que é amplamente usado pela a maioria dos cirurgiões e assim esta técnica apresentava uma maior versatilidade na execução. Dal Pont sugeriu uma osteotomia retromolar oblíqua iniciando na crista da linha oblíqua caminhando posteriormente aos molares inferiores emergindo na linha milo hiódea associada a osteotomias sagital retromolar e um terceiro corte para finalizar a osteotomia vestibular.

Hunsuck (1968) sugeriu uma osteotomia medial horizontal menor, e com extensão posterior à língula, diminuindo-se o descolamento muscular. O autor relata vantagem de sua modificação quanto ao período trans operatório e de imobilização maxilo mandibular, em relação a técnica de Trauner & Obwegeser (1957) que seria diminuído em duas semanas, mostrando preocupação e influência do excessivo descolamento durante a execução da técnica.

A primeira modificação da osteotomia sagital do ramo mandibular na qual se propunha a criação de um degrau foi mostrada por Gallo *et al* (1976). A técnica foi desenvolvida para a correção de pacientes retrognatas para melhor controle do segmento proximal. A técnica de Trauner e Obwegeser modificada por Dal Pont é realizada normalmente até a metade da osteotomia vertical no corpo mandibular, então um degrau é adicionado. Esse degrau impediria a rotação horária do segmento proximal controlando melhor seu posicionamento.

Epker (1977) sugeriu uma osteotomia sagital do ramo mandibular e certamente esse desenho foi amplamente utilizado por cirurgiões em todo mundo. Mas o grande avanço nessa modificação foi a previsibilidade dada a este procedimento. A osteotomia sagital bilateral do ramo possuía grandes complicações como edema excessivo, infecção, necrose asséptica, injúria no nervo alveolar inferior e recidiva pós operatória. A correta manipulação e somente descolamento necessário dos tecidos para execução do procedimento ajudou a diminuir o desconforto pós operatório. O nervo alveolar inferior era possivelmente danificado por ação direta na entrada do forame mandibular e durante a separação da osteotomia. Epker (1977) sugeriu a proteção do NAI na entrada do forame com algum instrumento, e durante a separação dos segmentos proximal e distal, o feixe vaso-nervoso deveria ser visualizado evitando qualquer ruptura. A recidiva do movimento foi abordada considerando o

posicionamento condilar. Uma modificação na osteosíntese com fio de aço foi uma ferramenta simples introduzida nesse trabalho para a devolução do côndilo na fossa mandibular. Uma perfuração no segmento proximal era realizado inferiormente em relação a perfuração de segmento distal e com isso, pela torção do fio de aço, a aproximação dos furos localizados em planos diferentes nos segmentos proximal e distal conferia ao côndilo uma relação aceitável com a fossa mandibular. Com essas modificações propostas por Epker (1977), o autor, prevenia o exacerbamento do edema pós operatório, sangramento, dano ao NAI, necrose avascular ou infecção do segmento proximal e finalmente, minimizava as recidivas dando a esta técnica previsibilidade e confiabilidade.

A importância do descolamento e o correto manejo do tecido circundante mandibular foram discutidos por Bell & Schendell (1977), que através de estudos microangiográficos em macacos, observaram a influência direta do descolamento excessivo com significativo aumento no tempo de reparo. Os resultados desse estudo mostram que o descolamento mínimo do segmento proximal reduz significativamente a esquia e necrose óssea. Esse estudo corroborou com suspeitas clínicas que Bruce Epker (1977) enumerou em seu manuscrito no qual propôs uma das mais utilizadas modificações da osteotomia sagital do ramo mandibular.

Em 1978 em uma série de três artigos Schendell *et al*, Epker *et al* e Wolford *et al* abordam o tema das deformidades na

mandíbula e concluem o quanto tema é complexo, caracterizando as deficiências localizadas na mandíbula como uma síndrome.

Em 1985, Turvey publicou um estudo sobre complicações relacionados à osteotomia sagital do ramo mandibular. Nesse trabalho, o autor exibiu seus resultados depois de submeter 256 ramos mandibulares a osteotomia sagital. Este trabalho mostrou uma incidência de 8,2% de complicações nas mandíbulas submetidas a esta técnica cirúrgica. Desse universo de 8,2% que corresponde a 21 ramos mandibulares, nove casos foram de secção do nervo alveolar inferior (NAI), oito casos de fratura indesejável no segmento proximal, três casos foram de hemorragia e apenas um caso de fratura atípica no segmento distal.

Em 1987, Wolford et al propuseram uma nova modificação na osteotomia sagital do ramo mandibular na qual os autores introduziram um degrau localizado no corpo mandibular na osteotomia sagital do ramo mandibular, parecida com o desenho proposto por Gallo e colaboradores em 1976. A osteotomia medial é realizada perpendicularmente ao ramo ascendente e imediatamente superior a língula da mandíbula extendendo o corte até 6mm posterior a lingula mandibular. O corte sagital percorre paralelamente o ramo ascendente até as imediações do segundo molar. Perpendicularmente a cortical externa da mandíbula e comunicando as linhas osteotomizadas, o degrau é inserido após o final do corte sagital e perpendicularmente à face lateral do corpo mandibular. Após o término da confecção do degrau a última

osteotomia é realizada até a base manbicular fazendo um ângulo de 90⁰ com o término do do degrau. Segundo o autor, esse degrau auxilia o reposicionamento condilar através do deslizamento do segmento proximal em direção a fossa mandibular confere maior resistência com a inclusão de parte da linha oblíqua ao segmento distal. Maior atenção ao realizar a técnica e tempo maior de cirurgia são as desvantagens listado ao procedimento pelo autor.

Fraturas indesejadas envolvendo o segmento proximal são comuns, alcançando a incidência de até 8% (Turvey 1985). Em particular uma variação anatômica predispõe a fratura indesejada no segmento proximal segundo Nishioka & Aragon (1989). A entrada do nervo alveolar inferior situada superiormente na parte interna do ramo ou um ramo mandibular delgado são as variações relacionadas pelo autor capaz de aumentar o risco de fraturas indesejáveis. Então, Nishioka & Aragon 1989 sugeriram uma modificação, na qual duas osteotomias são feitas na parte interna do ramo mandibular. Uma ao nível da línula e a segunda ao nível do plano oclusal. Os cortes mediais são comunicados e o fragmento ósseo é removido. Com isso, teoricamente, cria-se um forame abaixo do original ao nível do plano oclusal, facilitando a execução osteotomia sagital do ramo e evitando uma zona superior onde a fusão das corticais óssea é mais comum.

A introdução e idealização do conceito da osteotomia na base mandibular foi sugerida por Wolford & Davis Jr (1990). O autor criou uma serra adaptada para a osteotomia da base

mandibular adaptada em serra recíproca, que até então era induzida por fratura na face interna da mandíbula superiormente a junção das corticais interna e externa. Essa nova osteotomia incorporada à sua modificação anterior visava a prevenção de fraturas indesejáveis conferindo melhor previsibilidade na indução da fratura. Outra modificação da osteotomia sagital do ramo mandibular tinha como preocupação a osteotomia da base mandibular a fim de prevenir também, fraturas indesejadas na porção lingual do segmento distal. Foi descrito o uso de um cinzel perpendicular a base mandibular na osteotomia vertical no corpo mandibular (Gallia, 1992) para atingir esse fim. Nessa mesma linha de raciocínio, Fun-Chee (1992) utilizou um cinzel em forma de T para induzir a osteotomia na base mandibular.

Um estudo anatômico da mandíbula realizado por Tom et al (1997) mostrou a importância da fusão das corticais interna e lateral da mandíbula no posicionamento do corte medial acima do forame mandibular na execução da técnica, esclarecendo a sugestão de modificação proposta por Nishioka & Aragon (1989). A distância média acima da línula da mandíbula variou de 7,5 a 13,3mm, ou seja, a osteotomia 5mm acima da espinha deste acidente anatômico teria grande possibilidade de apresentar fraturas indesejadas corroborando com Nishioka & Aragon (1989).

Wyatt (1997) sugeriu uma nova modificação após a execução de mais 100 cirurgias mandibulares, no desenho da osteotomia sagital do ramo mandibular. Esse desenho proposto consistia

basicamente na extensão vestibular do corte até região de molar-pré-molar sem a presença de ângulos retos nessa região. O resultado da modificação é, possivelmente, um procedimento previsível e livre de problemas, segundo o autor.

A literatura reconhece que ao realizar a osteotomia sagital do ramo mandibular o risco de fratura indesejável aumenta de forma considerável com a presença de terceiros molares (Turvey,1985). Marquez e Stella(1998) sugeriram modificação no desenho da osteotomia sagital. Os autores deixavam uma quantidade de osso maior na região distal do segundo molar e lateralmente ao terceiro molar, aumentando significante a resistência naquela região e teoricamente diminuindo as chances de fraturas indesejáveis. A osteotomia sagital é feita vestibularmente próximo do sitio dos terceiros molares (Marquez & Stella, 1998).

O primeiro relato de osteotomia lingual do segmento distal para a correção de assimetrias foi realizado em 1999 por Epker ,Stella e Fish. O uso da osteotomia sagital para a correção de assimetrias era desaconselhado pela deficiência estética causada por esta técnica no lado contralateral ao afetado. A parte posterior do segmento distal aos molares promovia um deslocamento lateral do segmento proximal, causando assim um resultado estético inesperado. Com isso, o objetivo desta osteotomia lingual localizada posteriormente ao último molar é suavizar a projeção lateral causado pelo segmento distal ao lado oposto da assimetria no momento que a deformidade é corrigida e conseqüentemente

promover um reposicionamento passivo dos segmentos osteotomizados. Em 2007, essa mesma técnica foi também relatada por Ellis III.

Ferreti & Reyneke (2002) comparam o uso de dispositivos diferentes em osteotomia sagital do ramo mandibular. A comparação entre titânio e material absorvível não apresentou diferenças significantes entre os dois tipos de materiais, porém, os autores sugerem que o material absorvível seja usado com previsibilidade até um avanço de 8mm.

Em 2003, Sasaki *et al* mostraram uma modificação da osteotomia sagital do ramo mandibular. Devido a divergência anatômica entre os lados da mandíbula, teoricamente, ao posicionar o segmento distal e proximal a fixação promoveria um torque no côndilo ou falta de passividade na junção entre os segmentos mandibulares, assim o autor preconiza uma osteotomia paralela entre os lados. Logo, a divergência mandibular seria neutralizada por este paralelismo.

Chuong *et al* (2005) utilizaram o elemento finito para avaliar o comportamento de duas maneiras de fixação da osteotomia sagital bilateral do ramo. Esse método constatou que a disposição de três parafusos em L invertido ofereceu melhores resultados mecânicos quando comparado a outros métodos de fixação.

A anatomia foi justificativa para mais uma sugestão de modificação na osteotomia sagital do ramo. Sakamaki *et al* (2007)

propuseram um corte alternativo em mandíbulas com variação anatômica onde o forame mandibular se encontra posteriormente ao usual. Esse corte se assemelha ao proposto por Trauner & Obwegeser em 1957, mudando apenas a extensão da osteotomia que é menor do que a proposta em 1957.

Atualmente, vários tipos de dispositivos de fixação estão sendo introduzidos no mercado e por isso trabalho científicos são importantes para certificação desses materiais, bem como configuração espacial de parafusos e placas para indicar a melhor disposição espacial levando a melhor resposta mecânica e física de cada situação. Em 2007, Brasileiro estudou diversos tipos de fixação da osteotomia sagital do ramo. As técnicas de fixação foi a variável introduzida nesse trabalho, o autor mostrou que a fixação por parafusos dispostos em L invertido foi estatisticamente superior aos outro tipos utilizados nesse trabalho.

Seguindo a linha do parágrafo anterior, Chessa (2008) comparou dois diferentes materiais de síntese óssea utilizados em Cirurgia Bucomaxilofacial. O autor comparou o uso de titânio e polímero absorvível nas reduções de fratura da mandíbula, e os resultados foram estatisticamente insignificante de acordo com a metodologia utilizada pelo autor.

Ricard & Ferri (2009) descreveram técnica idêntica a proposta por Epker *et al* (1999) mostrada no volume 4 de sua coleção, porém, os são objetivos diferentes. Enquanto Epker *et al*,

(1999) idealizou a modificação para a correção de assimetrias severas aumentando o espectro de indicação da técnica, Ricard & Ferri (2009) visualizaram essa modificação da técnica com a finalidade de prevenir recidivas em movimentações anti horária do complexo maxilomandibular e avanços mandibulares considerado crítico. A rotação anti horária da maxila e mandíbula promove um importante estiramento dos tecidos paramandibulares (Epker & Wessberg, 1982). Essa tensão se contrapõe ao movimento de avanço mandibular, logo a ação dos tecidos paramandibulares seria minimizado com esta osteotomia adicional na porção posterior do segmento distal. Assim, uma parte interna residual do músculo pterigóideo medial e o ligamento esfenomandibular que, teoricamente tensionaria esse segmento para posterior e superior, seria neutralizada, diminuindo a influência dos tecidos moles na mandíbula recém avançada.

3. Proposição

Esse trabalho avaliou comparativamente em réplicas de hemimandíbulas humanas de poliuretano, o comportamento mecânico em teste de carregamento linear e análise extensiométrica, os desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular sugerido por Epker (1977), Wolford *et al* (1987) e Wyatt (1997).

4. Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado pela Área de Cirurgia Bucomaxilofacial da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, e utilizando as instalações da Área de Prótese Parcial Fixa, da mesma Instituição, para a avaliação do comportamento biomecânico dos diferentes desenhos de osteotomia sagital do ramo aplicados em réplicas de hemimandíbulas humana, quando submetido a testes de carregamento linear sob condições padronizadas e interpretados de acordo com a análise estatística apropriada. A metodologia deste trabalho foi didaticamente dividida em:

4.1 Dos grupos

4.2 Amostra do estudo

4.3 Materiais de Fixação

4.4 Suporte de testes

4.5 Teste de Carregamento linear

4.6 Extensometria

4.6 Análise Quantitativa e Qualitativa

4.1 Grupos

O grupo I foi representado pela osteotomia sugerida por Epker, 1977. Uma osteotomia horizontal foi realizada imediatamente acima da língua da mandíbula. Uma osteotomia sagital foi realizada inferiormente na borda anterior da mandíbula até a região de segundo molar, então, outra terceira osteotomia é estendida inferiormente e lateralmente até a base mandibular, incluindo a parte interna da mandíbula referente a parte onde as corticais interna e externa se fundem. Ilustrada na figura 1.

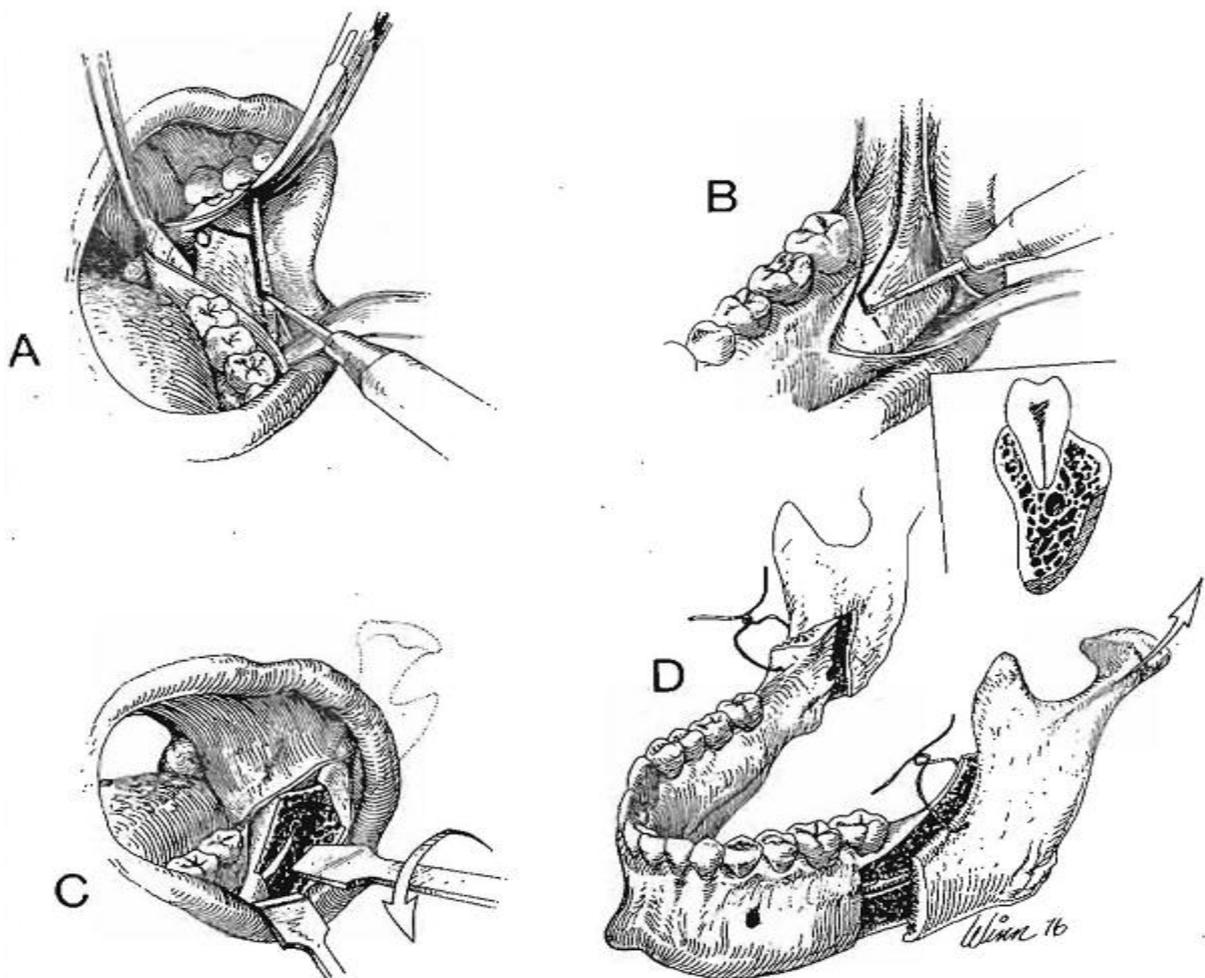


Figura 1. Osteotomia sagital do ramo mandibular utilizada pelo grupo I. Epker BN. Modifications in the sagittal split of the mandible. *J Oral Surg* 35:362-365, 1977

O Grupo II representado pela osteotomia proposta por Wolford (1987). A osteotomia é iniciada com um corte horizontal médio-lateralmente, acima do forame mandibular, próxima a língua da mandíbula (figura 2). Uma osteotomia horizontal é realizada até as imediações (3 a 6mm) da face distal do segundo molar. Um degrau é criado antes da osteotomia vestibular.

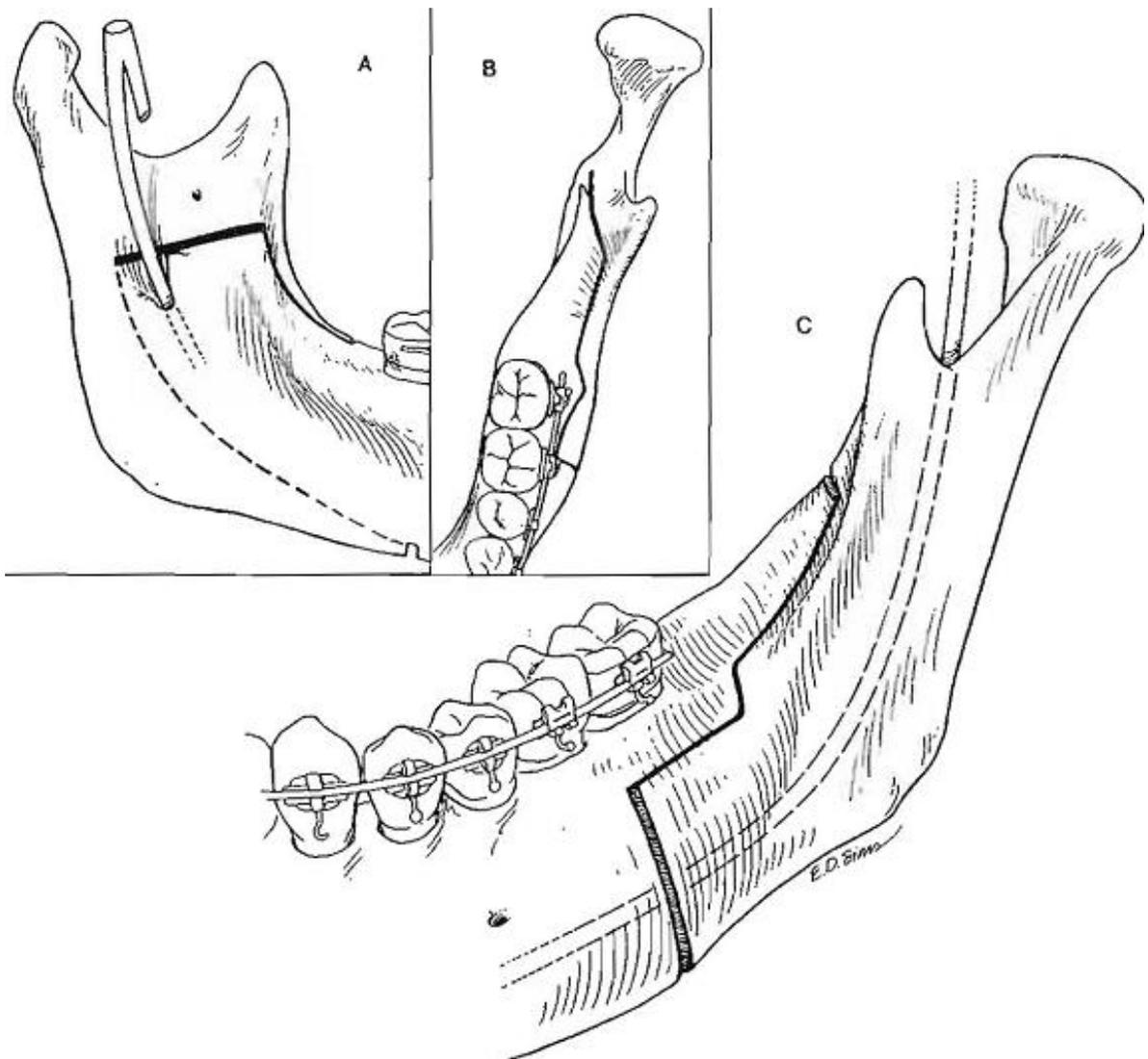


Figura 2. Modificação no desenho da osteotomia sagital do ramo no qual introduz um degrau na face lateral do corpo mandibular. Wolford LM, Bennett NA, Rafferty CG. Modification of the mandibular ramus sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 64:507-518, 1987.

O grupo III representado pela osteotomia sugerida por Wyatt(1997). A osteotomia é realizada em um único corte com serra recíproca, iniciando a osteotomia na parte acima do forame mandibular em uma angulação aproximada de 45°. A direção da serra é corrigida assumindo uma direção súpero-inferior. Na região próxima primeiro molar o corte é vestibularizado até a completa exteriorização próximo aos pré-molares (figura 3).

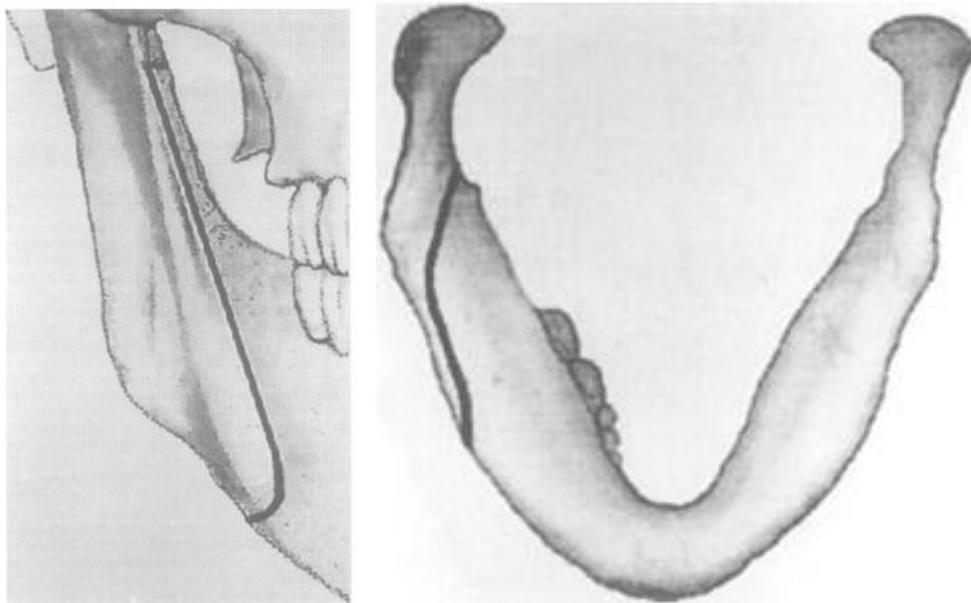


Figura 3. Osteotomia sagital sem ângulos definidos assumindo aspecto arredondado. Wyatt, W.M. Sagittal ramus split osteotomy: literature review and suggests modification of technique. *Br J Oral Maxillofac Surg.* v. 35, p. 137-141,1997

4.2 Amostra do estudo

Cada grupo foi composta por dez (10) hemimandíbulas em poliuretano que é uma resina à base de poliuretano, bi-componente, desenvolvida para fabricação de moldes, peças e

componentes na área de prototipagem em geral. Suas características determinantes são a baixa viscosidade, cura rápida a temperatura ambiente e reduzida contração, que confere adequação ao campo de aplicação deste produto (Nacional Ossos, Jaú-SP), no qual serão submetidos aos testes mecânicos. As mandíbulas foram cortadas a partir de um mesmo exemplar, ou seja a partir de um modelo único. Inicialmente, o corte horizontal acima do forame mandibular foi realizado em baixa rotação montado em broca tronco cônica picotada (702), sendo continuada por serra recíprocante para a realização da osteotomia sagital propriamente dita. Finalizando esse processo, o restante das osteotomias foram realizadas da mesma forma que o corte inicial. Após a obtenção de cada modelo de osteotomia sagital do ramo e seguindo sistematicamente as recomendações dos autores idealizadores, esse material foi encaminhado como modelo mestre para obtenção do substrato desse estudo afim de obter uma amostra uniforme e sem alterações na forma e desenho da osteotomia. Nos três modelos de osteotomia sagital do ramo, as mandíbulas iniciaram e finalizaram o corte na mesma região nos três grupos conforme a figura 4, para garantir a mesma área de contato entre os segmentos proximal e distal nos três grupos.

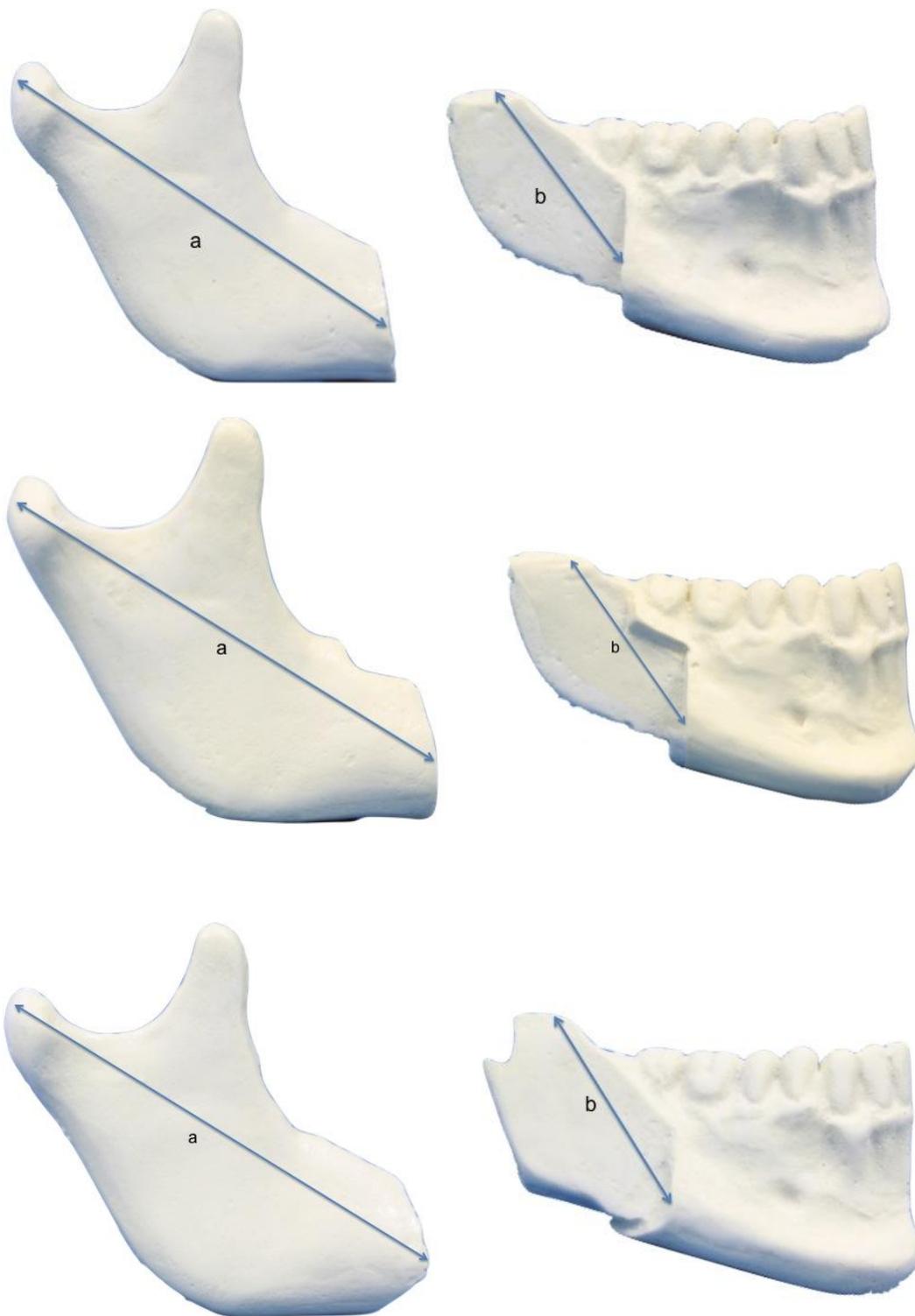


Figura 4. Distâncias correspondente entre côndilo e término da osteotomia no segmento proximal e distancia entre o início da osteotomia e termino nos segmentos correspondente . a-76mm; b- 54mm

4.3 Material de fixação

A fixação dos segmentos foi realizado por meio de parafusos de titânio 2,0x14mm dispostos em L invertido e perpendicularmente na face mandibular lateral todos com conexão em cruz fornecidos pela empresa brasileira OSTEOSIN¹. Nas amostras de parafusos ensaiados foi utilizado como matéria-prima o titânio grau 5 de acordo com a norma ASTM F136². Todos os grupos foram fixados de acordo com guia cirúrgico construído após a fixação da primeira mandíbula escolhida aleatoriamente (figura 5). Esse mesmo guia foi utilizado para instalação dos parafusos nos três grupos estudados nesse trabalho. Esse guia permitiu a mesma configuração espacial dos parafusos e mesma área entre os parafusos. As perfurações foram realizadas com broca cilíndrica de 1,5mm de diâmetro e com a instalação dos parafusos posicionalmente.

¹ Osteosin sistema de implante , São Paulo-SP/Brasil

² ASTM F136, Standard specification for wrought titanium-6 vanadium ELI (extra low interticial) alloy for surgical implant applications (UNS R 56401)

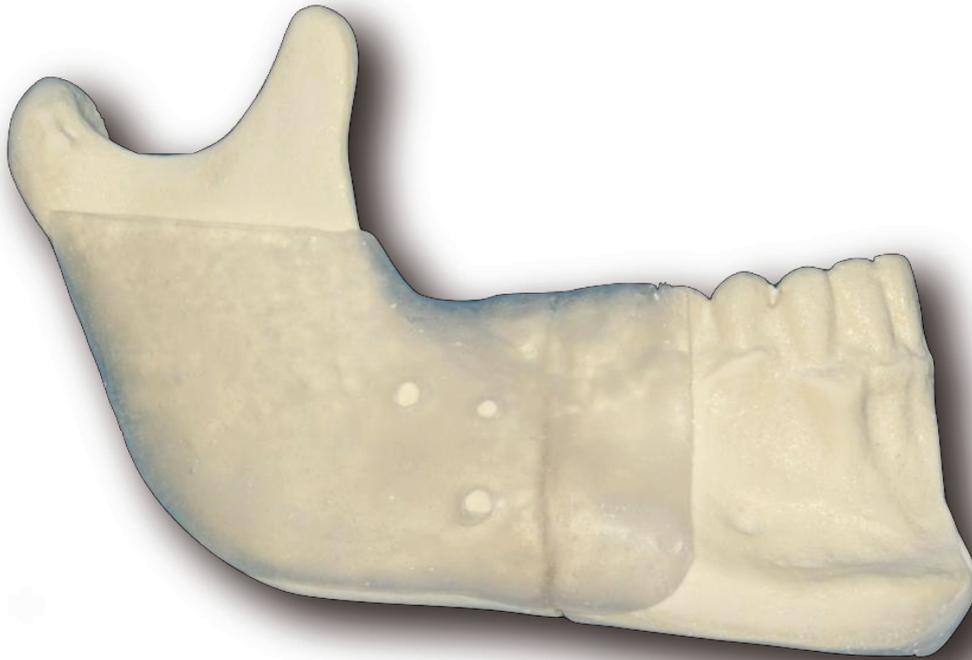


Figura 5. Guia para colocação dos parafusos de fixação

4.4 Suporte de teste

De forma padronizada, todos os grupos de hemimandíbulas foram preparados para adaptação em um único suporte metálico, constituído de uma liga de ferro, composto por uma base retangular e uma haste vertical com uma extensão horizontal em sua região mais superior (figura 6). Esse suporte conferia rigidez as mandíbulas em três pontos distintos evitando assim a rotação horária do sistema durante o carregamento.

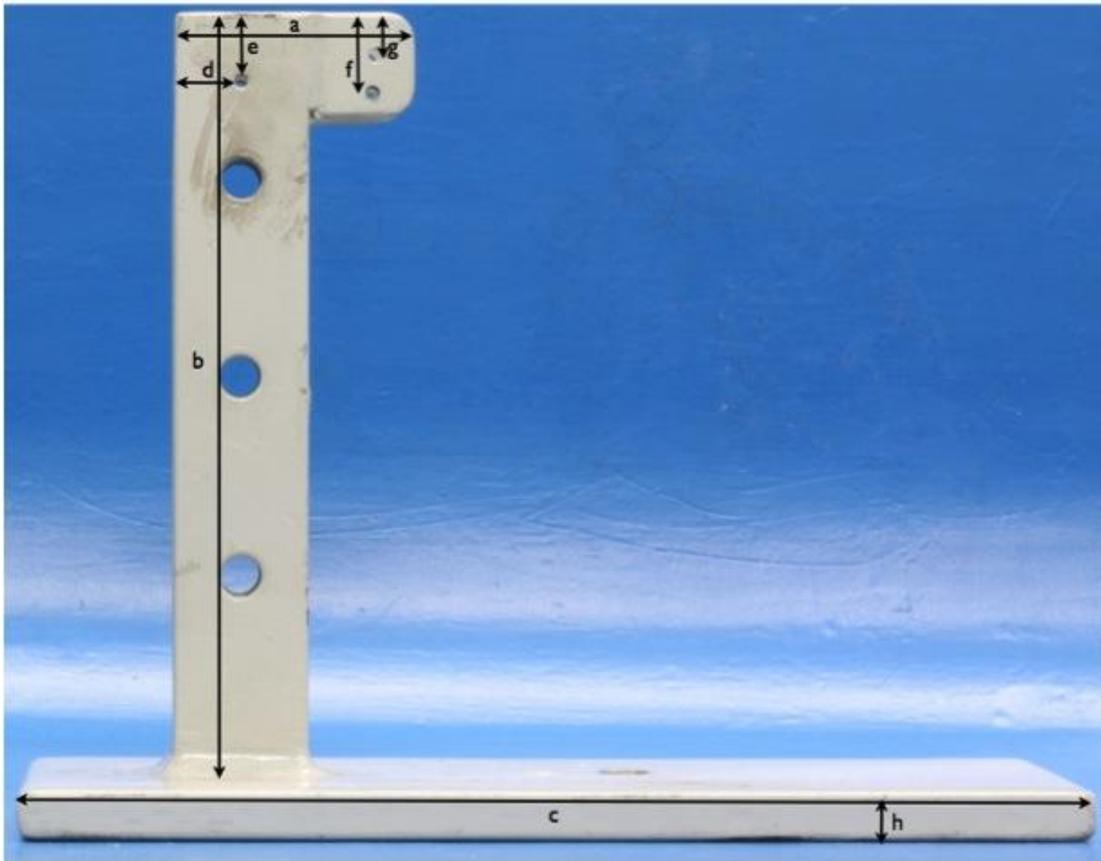


Figura 6. Modelo de suporte usado nos testes mecânicos e respectivas dimensões. Vista lateral, a- 55mm; b- 175mm; c-210mm; d-15mm; e-15mm; f-18mm; g-10mm; h-10mm. Vista superior, a- 145mm; b-23mm; c-40mm.

Os elementos acessórios necessários para a fixação do sistema foram:

- Dois (2) parafusos com fenda 1/8" de aço 1020 com porcas, sendo um de 40 mm e um de 50 mm para fixação do processo coronóide e do côndilo, respectivamente, na extensão horizontal da haste vertical do suporte (Figura 6);
- Um (1) parafuso sextavado 3/8" de latão de 30 mm, para posicionamento do ramo mandibular junto à haste vertical (Figura 6);
- Uma (1) broca 1/8" de aço e uma (1) furadeira elétrica (Furadeira GBM 10- RE, Bosch, Robert Bosch Ltda., Campinas, SP, Brasil) para fixar as mandíbulas no suporte (Figura 6);

4.5 Teste de Carregamento

O Teste de Carregamento avaliou mecanicamente o comportamento de três diferentes desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular. As forças foram exercidas sobre as mandíbulas com diferentes desenhos e fixação idêntica nos diferentes grupos. Para isso, foi utilizada uma máquina para ensaio universal servohidráulica EMIC, modelo DL 500 MF (Emic-Paraná/Brasil) do Departamento de Prótese Parcial Fixa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas (FOP-UNICAMP).

As hemimandíbulas foram submetidas a uma força linear e constante na região entre os pré-molares a uma velocidade de 1 mm/minuto para a aplicação de carga progressiva, até a obtenção do valor de resistência ao carregamento, em newton na carga de pico e aferindo assim o deslocamento imposto neste momento. Para a obtenção desses valores a hemimandíbula foi fixada em dois pontos, um no côndilo e outro no processo coronóide. Somando a esse pontos, um parafuso apoiado na borda posterior da mandíbula foi usado para evitar a rotação horária, para contrapor ao movimento imposto pela máquina de carregamento linear (Figura 7).

4.6 Extensometria

A medição das tensões foram realizadas através de extensômetros elétricos de resistência – *strain gauges* ou transdutores (PA-06-060BG-350L, Excel Engenharia de Sensores; Embu, São Paulo) - posicionados diretamente nas réplicas das fixações, onde cada parafuso utilizado para a fixação da osteotomia sagital recebeu um sensor a fim de captar a dissipação de forças referentes a cada parafuso (figura8). Esses extensômetros foram colados por adesivos a base de cianocrilato. A tensão foi calculada a partir da leitura das deformações elásticas sofridas pelas réplicas (TAKEYA, 2000). O arranjo dos extensômetros em cada fixação obedeceu à formação de $\frac{1}{2}$ ponte *Wheatstone*, utilizando-se um extensômetro por parafuso permitindo, a captação das deformações na extremidade externa do parafuso, a correção de

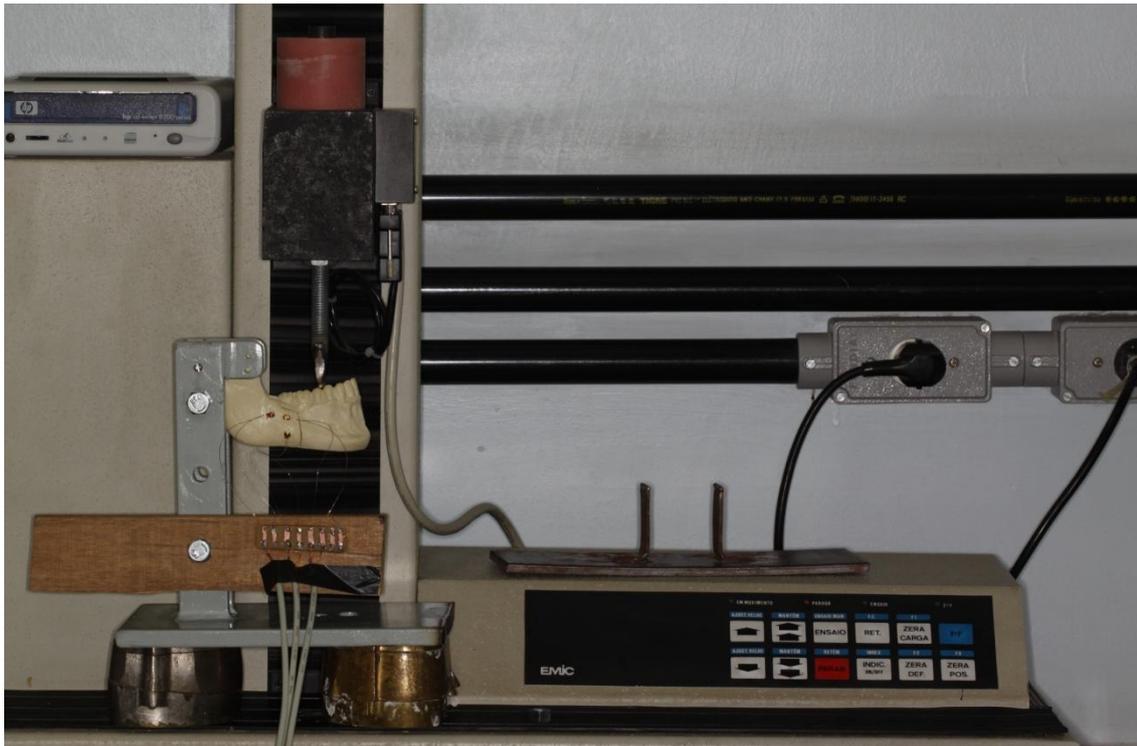


Figura 7. Aparatologia para a coleta de dados nos testes extensiométricos e de carregamento linear

variações causadas por alterações de temperatura e a transdução destes valores em deformação (TAKEYA, 2000).

Os sinais elétricos serão captados por um aparelho controlado por computador conforme na figura 10 (ASD0500; Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo, SP - equipamento pertencente à Área de Prótese Parcial Fixa da área de Prótese e Periodontia da FOP-Unicamp) e sendo processado por um *software* específico (AqDados 7; Lynx Tecnologia Eletrônica) (Koke *et al.*, 2004; Naconecy *et al.*, 2004).



Figura 8. Colagem dos eletrodos nos parafusos e conexão com a meia ponte de wheatstone

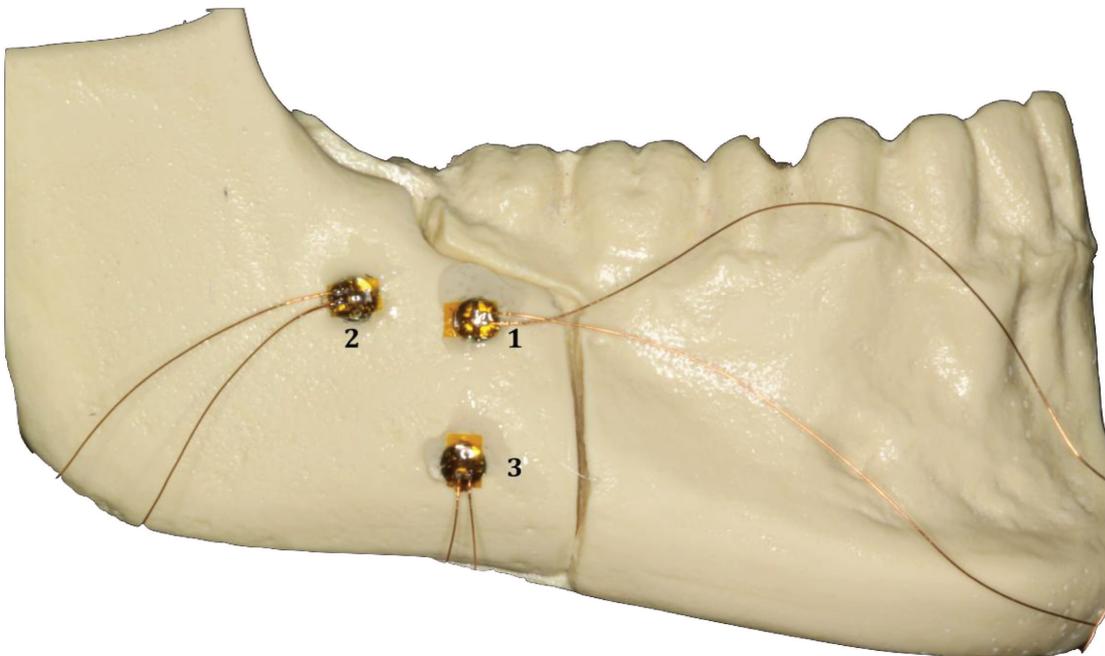


Figura 9. Disposição dos parafusos de fixação em ordem numérica, para identificação no teste extensiométrico

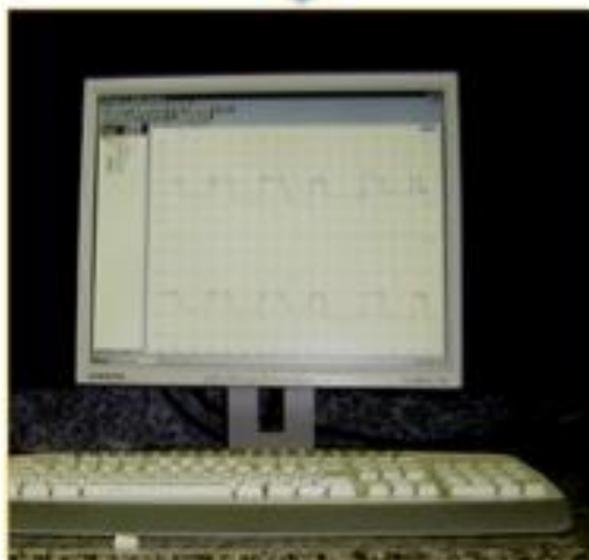


Figura 10. Esquema diagramático de obtenção dos dados relacionado a extensometria, desde a geração da deformação dos parafusos até a tradução pelo computador

4.7 Análise Quantitativa e Qualitativa

Os dados obtidos dos testes de carregamento linear e da análise extensiométrica foi submetido à análise estatística a fim de se comparar qualitativamente os resultados absolutos obtidos para as diversas amostras desse estudo. Para essa análise, foi utilizado o programa estatístico SAS enterprise guide 4.1.0.471 (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

5. Resultados

Os dados foram obtidos através do registro dos valores de carga em Newton (N), o deslocamento na carga de pico e os valores obtidos da leitura dos extensômetros através da aplicação do teste de carregamento linear sobre o sistema formado pelas hemimandíbulas preparadas com o devido sistema de fixação e adequadamente adaptadas ao suporte de testes.

O experimento compara a eficácia de 3 técnicas de osteotomia sagital do ramo da mandíbula, onde são observados os valores para averiguar qual das três técnicas possui mais eficiência segundo o carregamento linear, deslocamento e medidas observadas nos três parafusos que compõe o sistema de fixação. Neste estudo foi utilizado análise de variância (ANOVA) com um nível de significância de 5%.

Cada técnica utilizada é considerada como um fator e representa cada técnica utilizada, com $I=3$ níveis e cada técnica é chamada por Grupo I (Epker, 1977), Grupo II (Wolford et al, 1987) e Grupo III (Wyatt, 1997). As variáveis aleatórias neste trabalho são força aplicada (F), deslocamento (D), parafusos 1 (P1), parafuso 2 (P2) e parafuso 3 (P3) avaliadas de acordo com a introdução de uma única variável. As amostras possuem os mesmos tamanhos em quantidade ($n_1=n_2=n_3=10$). $E(F) = \mu_f =$ Força média global das 30 mandíbulas e $\mu_i =$ força média para os grupos,

mostra a tentativa de padronização da amostra com a eliminação de possíveis variáveis.

A análise descritiva destes dados observou-se as seguintes discrepâncias entre os grupos estudados. Na métrica “força” observa-se que os Grupo I e II receberam mais carga durante o experimento, atingindo médias acima de 250 N conforme a tabela 1 e 2, enquanto o grupo III, alcançou uma média equivalente a 163 N conforme observado na tabela 3, mostrando-se a média inferior aos outros dois grupos dessa amostra.

Para os valores referentes ao deslocamento, observa-se uma variabilidade maior nas observações do grupo I (Epker, 1977) que teve um deslocamento médio de 15,22mm com desvio padrão de 3,63mm. A presença de dois valores discrepantes (*outliers*) nas amostras coletadas pelo grupo III que obteve média de 10,4 de desvio padrão de 1,78, mas neste métodos as observações estão mais concentradas.

Tabela 1 – Dados referentes ao grupo I (Epker, 1977).

	Grupo I	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Força	251,6N	34,94	181N	289N
Deslocamento	15,22mm	3,63	8,9mm	21,7mm
Parafuso 1	28350,2	12972,72	114990	51327
Parafuso 2	16061,9	9525.15	6354	36624
Parafuso 3	18522,5	11869.07	8551	50321

Tabela 2. Dados referente ao grupo II (Wolford *et al*, 1987).

	Grupo II	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Força	254,1N	28,1	202N	300N
Deslocamento	16,79mm	2,4	12,8mm	19,6mm
Parafuso 1	26371,5	6185,75	19334	39130
Parafuso 2	22091,2	11100,79	12330	47833
Parafuso 3	30134,7	16127,53	13274	61097

Tabela 3. Dados referentes ao grupo III (Wyatt, 1997).

	Grupo III	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Força	163,5N	18,81	133N	187N
Deslocamento	10,54mm	1,78	8,2mm	14mm
Parafuso 1	17829,7	5512,66	10689	27979
Parafuso 2	14026,6	9494,51	7756	38615
Parafuso 3	26054,6	115437,43	7248	51337

Analisando as informações coletadas no parafuso 1 dos três grupos observados, nota-se que os valores observados no parafuso 1 diminui gradativamente entre uma métrica e outra, sendo que o grupo I possui valores dispersos da sua média de 28350.2N e o grupo II apresentou a maior valor médio entre os três métodos com uma menor variabilidade apesar de ter sido observado um valor discrepante de 39130N. O grupo III teve a menor média da métrica observada 17829.70N, com baixa variabilidade e duas observações de dois valores discrepantes (*outliers*) conforme os gráficos a seguir .

A última métrica observada foi a do parafuso 3, onde novamente observou o grupo III com maior média observa entre os métodos 26054.6N, mas também com uma variabilidade grande 16127.53N. Note no gráfico 5 que todos os métodos apresentaram valores discrepantes bem acima do restantes dos dados observados na amostra. Observando o parafuso 2, observa-se que o grupo II apresentou a maior média entre os três métodos 22091.20N mas teve um desvio padrão muito alto mostrando a dispersão entre as observações feitas nesse método.

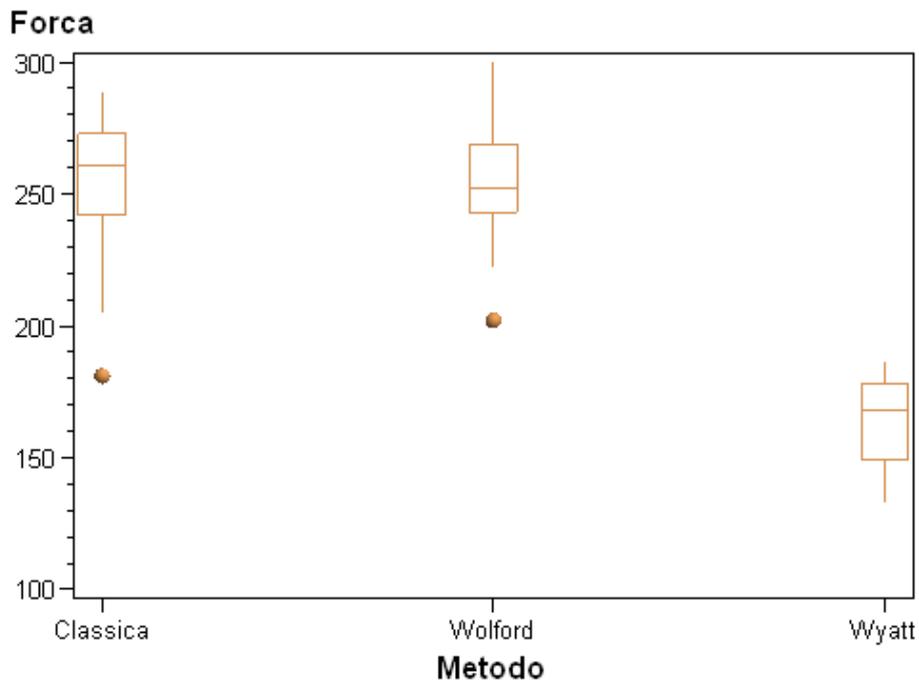


Gráfico 1 – Boxplot dos métodos utilizados na métrica Força (N).

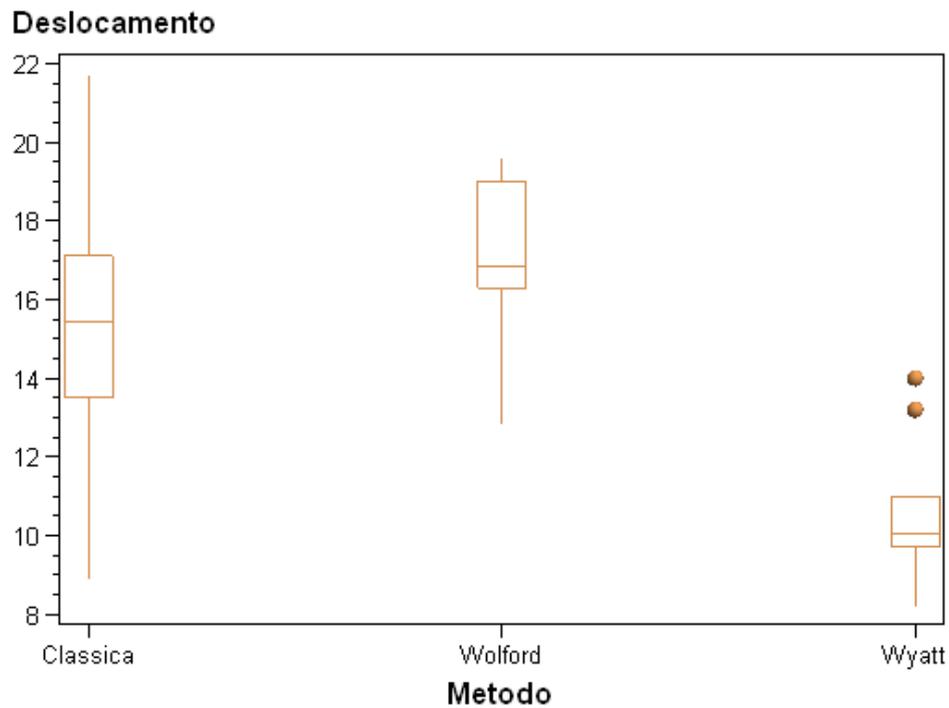


Gráfico 2 – Boxplot dos métodos utilizados na métrica Deslocamento (mm).

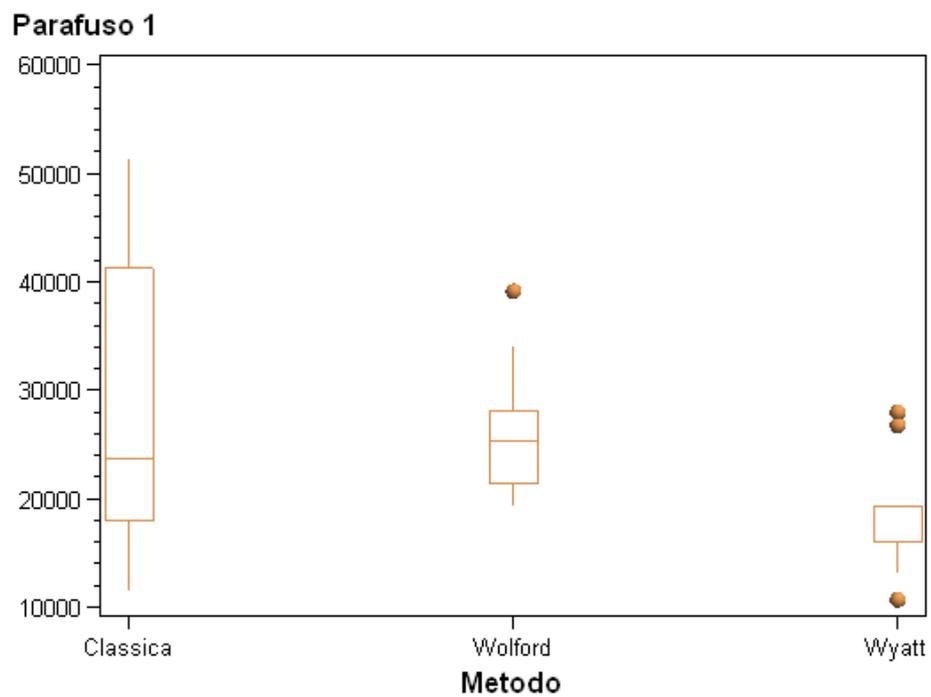


Gráfico 3- Boxplot dos valores obtidos para a extensometria relacionado ao parafuso 1, representado pela unidade de força em Newtons(N).

Parafuso 2

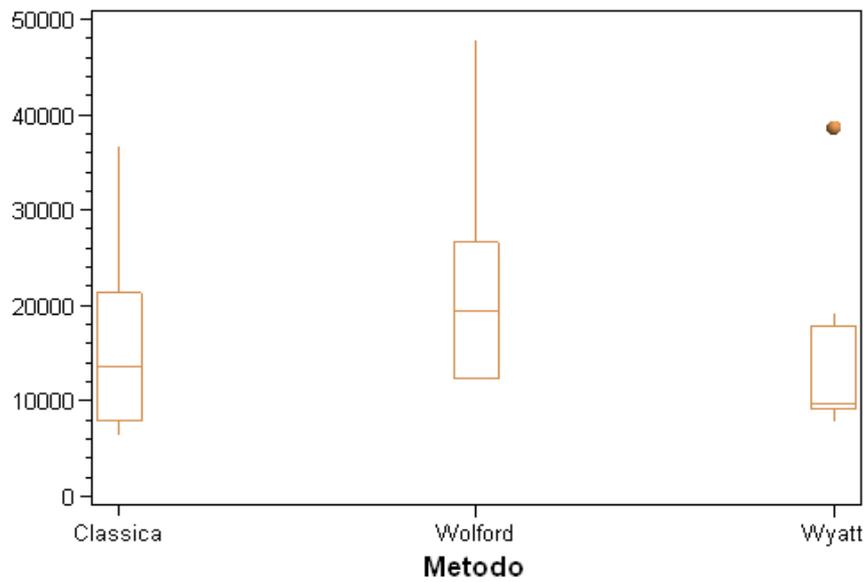


Gráfico 4. Boxplot dos valores obtidos para a extensometria relacionado ao parafuso 2, representado em Newtons (N).

Parafuso 3

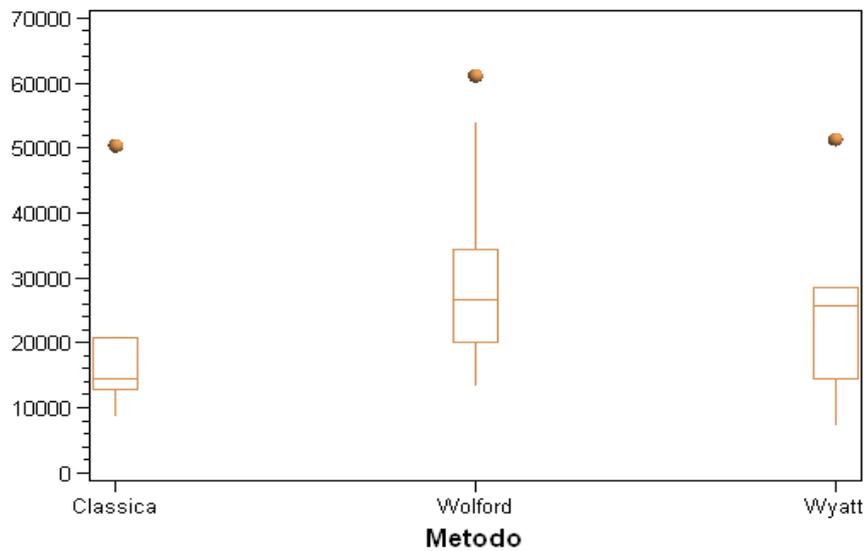


Gráfico 5. Boxplot dos valores obtidos para a extensometria relacionado ao parafuso 3, representado em Newtons (N).

Considerando o parafuso 2 do grupo III, apresentou a menor média observada 14026,60N e menor dispersão com apenas um caso de valores discrepantes 38615N.

6. Discussão

A simplificação do procedimento na confecção da osteotomia sagital do ramo mandibular foi uma das grandes e várias modificações introduzidas e previniram várias complicações pós operatórias como necrose avascular, edema e sangramento excessivo que foram minimizados com a diminuição do descolamento dos tecidos paramandibulares (Epker, 1977; Epker & Wessberg, 1982). Tudo isso, minimizou significativamente o número de severidade e complicações encontradas na primeira técnica proposta por Trauner e Obwegeser (1957)

Quando um autor propõe modificações em osteotomia sagital do ramo mandibular objetiva diminuição da morbidade, aumento da previsibilidade e facilidade na execução desta técnica. As modificações são sugeridas a fim de minimizar danos no trans e no pós operatório, como dano nervoso, fratura desfavorável, recidivas, reabsorção óssea e deslocamento condilar. As sugestões têm como finalidade primária a diminuição de possíveis complicações no pré e pós operatório e também, a adequação de modificações a habilidade cirúrgica de quem as propõe (Gallia 1992; Wyatt, 1997). O fortalecimento estrutural é, também, motivo para modificações na osteotomia sagital. A manutenção da linha oblíqua seria um acidente anatômico capaz de aumentar a resistência do segmento distal e teoricamente aumentaria a previsibilidade e a estabilidade. Vantagens estruturais como esta,

diminuiria a possibilidade de fratura distal ao último dente do segmento distal segundo o autor(Wolford et al, 1987).

A osteotomia sagital do ramo é dos procedimentos mais utilizados e um dos mais versáteis em cirurgia bucomaxilofacial para a correção das deformidades dentofaciais, especialmente aquelas localizadas na mandíbula. A evolução da técnica dessa osteotomia, desde sua introdução até as modificações introduzidas ao longo do tempo, mostra que essa técnica é constantemente modificada e/ou adequada, ou seja, cada cirurgião tende a adaptar ou adequar a técnica à sua habilidade ou conveniência cirúrgica. Variações anatômicas motivam modificações na osteotomia sagital do ramo mandibular (Gallo et al., 1976; Epker, 1977; Lines, 1982; Jeter et al., 1984; Wolford et al., 1987; Wolford & Davis Jr,1990; Smith et al., 1991; Fun-Chee, 1992; Edwards & Paxton, 1994; Jovanovic et al., 1996; Tom et al., 1997; Marquez & Stella, 1998; Furutani & Kawai, 1999; Smith et al., 2002; Sasaki et al., 2003; Kini et al., 2007; Sakamaki et al., 2007; Muto et al., 2008). Somando a versatilidade da técnica ao universo de modificações na osteotomia sagital do ramo encontrado na literatura, o acesso e execução dessa técnica por via intraoral proporcionou quase a unanimidade na indicação dessa técnica na correção das deformidades mandibulares.

Várias modificações estão sendo introduzidas e ainda, certamente aparecerão outras modificações para esta técnica (Cillo & Stella, 2005; Fun-Che, 1992; Furutani & Kawai, 1999;

Gallia, 1992; Weber, 2001; Smith et al., 2002; Yu & Wong 2004). A principal motivação para a realização desse estudo é o número crescente de modificações e a falta de um estudo técnico capaz de informar a comunidade científica se essas modificações possuem relevância, comportamento físico e/ou mecânica e que ajude a indicar a técnica que apresenta maior estabilidade, maior segurança e que levam a resultados previsivelmente previsíveis em um curto prazo.

A mandíbula de poliuretano foi escolhida para este estudo devido a sua facilidade de aquisição e por mostrar um modelo economicamente viável, além disso, o objetivo foi a padronização do experimento tentando evitar a introdução de variáveis para obtenção de resultados fidedignos e que pudesse chegar a conclusões plausíveis e concretas. Teoricamente, a única variável introduzida nesse trabalho são os modelos de osteotomia sagital do ramo mandibular. Todos os modelos são provenientes de um mesmo molde e todos os cortes realizados por um único operador que seguiu rigorosamente as modificações sugeridas pelos autores(Epker, 1977; Wolford et al, 1987; Wyatt, 1997), com isso tentou-se eliminar as variações anatômicas que certamente seriam encontradas nesse estudo caso se optasse pelo uso de mandíbulas humanas, além disso, material humano tem complicações legais que certamente inviabilizariam ou tornariam difícil a realização de trabalhos científicos.

Estudos biomecânicos sobre fixação interna estável na osteotomia sagital do ramo são facilmente encontrados na literatura. Vários tipos de teste são empregados, como carregamento mecânico, análise fotoelástica e análise por elemento finito que é um modelo matemático aplicado a modelos biológicos a fim de explicar o comportamento mecânico de modelos biológicos, todos ligados a tipos ou modelos de fixação (Tharanon 1998, Chuong et al 2005, Gomes et al, 2003; Erkmen et al 2005, Chessa, 2008; Brasileiro 2010). A realização desse estudo baseou-se inicialmente na ausência de trabalhos de comportamento biomecânico relacionado aos desenhos da osteotomia sagital, por isso, a falta de estudos científicos dessa natureza foi um dos grandes motivos para a concretização desse trabalho, já que a literatura é vasta quando necessita de artigos onde o foco é o tipo de fixação.

Para isso, as modificações escolhidas para esse estudo estão entre aquelas que possuem modificação na execução e na estrutura espacial da osteotomia e que, possui relevância literária, clínica e informalmente estão entre aquelas mais utilizadas por cirurgiões bucomaxilofaciais. Pode-se utilizar o termo clássica para a proposta sugerida por Epker (1977), uma vez que é a técnica mais antiga utilizada nesse trabalho, a mais utilizada por cirurgiões no mundo e certamente uma das modificações mais difundida na área. Essa modificação conferiu previsibilidade quando o autor mostrou preocupação com o manejo dos tecidos moles que

circundam a mandíbula como fator de sucesso simplificando o procedimento técnico com a redução concomitante da severidade do procedimento, evitando assim seqüelas que eram frequentemente atribuídas este procedimento clássico originalmente descrito por Trauner e Obwegeser (1957).

A introdução do degrau vestibular idealizado por Gallo (1976) no controle do segmento proximal indicou um avanço técnico e um degrau mecânico capaz de dificultar a rotação anti horária do segmento proximal mas também significou um aumento da dificuldade cirúrgica e técnica na execução desta modificação da osteotomia sagital. A presença desse degrau contribui para um manejo adequado em uma época em que a fixação por placas estava iniciando.

Onze anos depois, uma variante dessa modificação foi sugerida por Wolford (1987), mas a razão de tal proposição foi motivada para auxiliar o posicionamento do segmento proximal. Esse degrau, segundo o autor, promove um deslizamento da parte superior do segmento proximal contra a parte inferior do segmento distal. Após esse encontro os segmentos são deslizados até a acomodação encontrando uma relação satisfatória entre cêndilo fossa mandibular. E por fim, a última modificação utilizada no grupo III (Wyatt) deste estudo, ultrapassa dos padrões dos grupos I e II, distanciando do padrão das anteriores. Essa osteotomia assume um padrão mais arredondado sem ângulos retos, sendo assim, sua execução é perfeitamente realizada do início ao término

com serra recíprocante o que confere uma facilidade e maior rapidez, na execução quando comparada com as osteotomias anteriormente citadas.

Comparativamente e do ponto de vista técnico, a osteotomia correspondente ao grupo III é tecnicamente mais fácil devido ao aspecto arredondado sem ângulos definidos, em contrapartida a osteotomia correspondente ao grupo II apresenta um maior grau de dificuldade e nas mãos de cirurgiões iniciantes e pode ser um fator complicador na execução desta técnica devido ao acréscimo de passos cirúrgicos como o desenho do degrau vestibular, angulação da broca e o maior uso de instrumentos na execução da osteotomia sagital bilateral do ramo.

O teste de carregamento feito sob as mesmas condições para todos os grupos mostrou que cortes e modificações estruturais na arquitetura óssea e no desenho, modificam a resistência, equilíbrio e conseqüentemente a dissipação de forças ao longo da osteotomia sagital do ramo e do corpo mandibular, de acordo com a metodologia empregada. Os grupos estudados nesse trabalho tiveram valores estatisticamente relevantes. O grupo I e grupo II estatisticamente, não possui diferença, mas o grupo III, mostrou valores estatísticos inferiores em relação aos dois primeiros grupos. Pela metodologia utilizada mostrou que o sistema foi menos resistente ao carregamento linear comparativamente aos outros grupos. Uma osteotomia com padrões arredondados leva a uma superficialização da osteotomia sagital na parte final do

segmento proximal, essa característica da técnica parece ser um importante fator para os resultados encontrados nesse teste, uma vez que a região em questão torna-se mais delgada quando comparada com os outros cortes, ou seja, a manutenção da espessura do segmento proximal parece ser fator decisivo na rigidez do sistema. No artigo da modificação da técnica escrito por Wolford e cols. (1987), o autor afirma que a manutenção da linha oblíqua no segmento distal promove um aumento na rigidez desse segmento, pode-se afirmar que, a manutenção desse acidente anatômico pouco influi na rigidez do segmento distal uma vez que estatisticamente não houve diferença entre o desenho sugerido por Epker (1977) e o desenho sugerido por Wolford (1987) de acordo com a metodologia empregada. Sendo assim, a integridade da espessura cortical do segmento proximal influencia diretamente na resistência mecânica do sistema. A presença de ângulos definidos como nos desenhos representados pelos grupos I e II parece promover um melhor encaixe quando comparado ao grupo que a osteotomia é suavizada sem a presença de ângulos definidos, podendo ser um fator a mais no embricamento mecânico entre o segmento proximal e distal.

Diante do que foi acima mencionado, ainda é prematuro afirmar que, é desaconselhado ou um modelo é mais apropriado, uma vez que existem vários métodos de fixação e configurações espaciais na disposição de placas e parafusos na síntese óssea, o que demonstra que a disposição dos dispositivos de fixação pode

influenciar significativamente na dissipação de força e resistência mecânica do conjunto (Sato 2009; Brasileiro 2009; Chuong 2009). Somente após as inúmeras combinações de osteotomia com tipos de fixação e estudos como este é que, poderá afirmar a melhor combinação de tipo de osteotomia sagital aliado a tipo de fixação. Portanto, pode-se afirmar que para essa composição em L invertido aplicado aos três grupos, o grupo três assume valores estatísticos inferiores de carregamento mecânico e deslocamento. Do ponto de vista clínico, a média de carga sofrida pelo grupo três é de aproximadamente 16,35 kgf o que é considerado uma força mastigatória razoável para um paciente após cirurgia ortognática, logo durante os 45 primeiros dias, naturalmente a restrição alimentar é adotada e por isso os valores inferiores atingidos por este grupo não compromete de forma irreversível os resultados clínicos.

Os parafusos são instalados na parte mais crítica do segmento proximal onde a quantidade remanescente de tecido ósseo pode comprometer a resistência, por isso, deve-se evitar a fixação em áreas onde a arquitetura óssea é delgada ou na parte final do segmento proximal, ou por determinação técnica se faz necessário a diminuição da espessura óssea como no grupo representado pelo grupo III. Essa região final do segmento proximal é uma área chave, uma vez que essa região é de suma importância no sucesso a curto prazo para esta técnica com este tipo de fixação utilizada nesse estudo, entretanto, sabendo que a

diminuição da espessura óssea pode comprometer a resistência mecânica do sistema, logo a micro arquitetura óssea e a preservação das corticais ósseas no sítio onde pretende instalar o material de fixação é importante pois isso, aumentará a capacidade do sistema em receber cargas oclusais e conseqüentemente aumentará a confiabilidade desse complexo sistema. Seguindo essa linha de raciocínio, os dados obtidos nesse estudo permite afirmar que o parafuso 1 do grupo um, é o parafuso que sofreu maior tensão ao longo dos testes extensiométricos, da mesma forma que o parafuso 3 do grupo três recebeu maior tensão, logo, esses parafusos deverão receber maior cuidado na fixação, ou até, escolher uma área mais segura para a instalação desses parafusos.

Os desenhos representados nos grupos I e II mantém a espessura da cortical mandibular até a porção final do segmento proximal, assim os valores assumidos por estes grupos foram estatisticamente superior quando comparados aos grupo III. Tecnicamente a disposição da fresa em 90° no corte vertical na porção final da osteotomia para a realização do corte representada nos grupos I e II, mantém o arcabouço ósseo do segmento proximal, contrapondo a superficialização verificada no grupo III e isso parece ser um importante fator nos índices de resistência alcançados no teste de carregamento linear. O deslocamento é diretamente proporcional ao limite máximo de carregamento aplicado a cada grupo em especial. Os valores achados nos grupos

I e II são superiores aos do grupo III o que mostra que inicialmente, esses resultados são diretamente ligados a estrutura da osteotomia sagital do ramo. A menor espessura da porção terminal do grupo três refletiu diretamente nas características físicas e por isso, menor elasticidade e menor capacidade para receber força direta quando comparado aos outros grupos desse estudo. Por isso, o colapso do sistema mandíbula-osteotomia-fixação é encontrado com menor deslocamento que os demais grupos dessa amostra, mostrando que essas grandezas (carregamento linear e deslocamento) são diretamente proporcionais com influência e relação direta das grandezas força e deslocamento de acordo com a metodologia aplicada nesse estudo. Nesse sentido, ainda é prematuro e insensato a contraindicação de qualquer técnica de osteotomia sagital especialmente a utilizada pelo grupo III pelos motivos acima mencionado, mas é importante saber que, para essa disposição e características de fixação esse corte assume valores menores que poderá levar o cirurgião a indicar uma restrição funcional mais severa como a utilização do bloqueio maxilomandibular no paciente para proteção da área em questão. Uma importante dúvida suscitada ao fim dos trabalhos de pesquisa é a comparação desses cortes com diferentes disposições de posicionamento dos parafusos, bem como a utilização de placas. Talvez a disposição em linha na borda anterior do ramo promova resultados parecidos com os outros grupos, uma vez que a espessura óssea nessa região é semelhante as outra técnicas fugindo de uma área

teoricamente mais crítica para esse desenho. Outro fator observado durante a execução dos testes de flexão, mostrou que o grupo III possuía uma maior tendência de separação do segmento proximal e distal na parte superior (alveolar) da mandíbula o que não foi observado nos outros grupos, assim durante a realização dos testes o segmento proximal e distal mesmo unidos pelo sistema de fixação movimentavam independentemente. Esse achado, aumenta a suspeita de que a elasticidade do sistema tornara menor levando a um colapso sob o menor emprego de força e conseqüentemente, os valores de deslocamento, mesmo comportamento e características observado pela grandeza força.

A análise desse sistema é muito complexa pois deve-se analisar vários sistemas como ação muscular com diferenças de magnitude, articulação temporomandibular, tipo de osteotomia utilizada, tipo de movimento e tipo de fixação dentro de um grande sistema que difere dos modelos *in vivo* (Buijs GJ e cols), mostrando que esse trabalho pode ser complementado de diversas formas e por inúmeros estudos, contribuindo para a elucidação de dúvidas.

As forças oclusais geradas durante a mastigação são superiores aos valores achados nesse estudo, é claro que não há como comparar modelo *in vivo* com modelo *in vitro*, mas o comportamento biomecânico é um importante fator a ser considerado e a interpretação desses resultados sugere que modelos que suportam maior carga de carregamento à mastigação

podem promover uma maior estabilidade, segurança e previsibilidade no pós operatório imediato que é um momento crítico em pacientes submetidos a correção de deformidade dento facial. Força excessiva imposta ao sistema pode contribuir com a falha no sistema mandíbula-osteotomia-fixação, o que na prática, pode significar falha no pós operatório imediato. Por isso, a limitação de função mastigatória pode ser um importante ponto que merece relevância pelo cirurgião no pós operatório imediato quando se verifica a combinação de alguns fatores como avanços mandibulares críticos (Braun e cols 1995, Koke et al. 2004; Ikebe e cols 2005; Usui e cols 2007).

Quando forças são aplicadas a objetos estacionários stress e deformação são observados. Stress é a resistência interna do objeto à movimentação e tensão é o deslocamento e deformação que ocorre. Tensão aplicado a um objeto é medida por extensômetro. O extensômetro converte a movimentação mecânica em sinais elétricos e esses sinais convertidos em força por programa específico. Os dados obtidos pela extensometria mostra que o desenho tem influência direta na dissipação de forças como mostra nos gráficos 3, 4 e 5. Isso mostra que simples modificações execução da técnica reflete mecanicamente no ponto de equilíbrio ou no centro de gravidade do complexo mandíbula-osteotomia-fixação, ou seja, o desenho possui influência estrutural e direta na dissipação de forças. O grupo I mostrou sobrecarga no parafuso 1 o grupo II mostrou uma dissipação de força uniforme com uma

sobrecarga parecida nos parafusos que compõe o sistema de fixação e o grupo III sobrecarregou o parafuso III. Analisando espacialmente a disposição dos parafusos e os dados obtidos nesse teste sugere que o parafuso de menor valor nos testes extensômetros é dispositivo mais estável mecanicamente durante os testes e aplicação de força, mostrando assim que esse ponto é de maior equilíbrio no complexo mandíbula-osteotomia-fixação.

Os testes extensométricos indicaram que através dos dados coletados, o parafuso 2 em toda a amostra deste estudo foi o ponto de maior estabilidade e equilíbrio logo, o parafuso que menos sofreu deformação e stress. Como o ponto de maior estabilidade dos todos grupos estudados localizaram no parafuso 2, isso mostra que a região compreendida pelo parafuso dois é a região que menos sofre stress mecânico e conseqüentemente é a área mais estável e que menos sofre deformação dimensional, mostrando que essa é a parte mais estável em uma osteotomia sagital do ramo, ou pelo menos nos desenhos estudados neste trabalho.

Da mesma forma como acima mencionado, o inverso é verdadeiro, quando se considera os parafusos que atingiram os maiores valores nos testes extensométricos. Pode-se considerar que é o ponto de menor estabilidade e a região que sofre maior deformação dimensional do complexo. Clinicamente, é possível afirmar que, nesse ponto é a área de maior possibilidade de falha estrutural no sistema de fixação.

O grupo II possui uma maior uniformidade na dissipação da força entre os parafusos do sistema, assim a fixação é mais exigida e todos os parafusos sofrem estresse físico durante todo o teste. Os resultados do grupo III mostra uma maior concentração no parafuso 3, interpretando os dados e todo o experimento, se a localização do estresse do grupo III fosse localizada no parafuso 1 poder-se-ia encontrar resultados semelhantes aos outros grupos. Isso reforça a suspeita que a manutenção da espessura da parte final do segmento proximal modifica a distribuição ou dissipação de forças e a rigidez do sistema o que foi observado valores estatísticos diferentes quando diferentes desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular são observados. Por isso, quando o fulcro que é o ponto de maior equilíbrio e o parafuso de maior estresse se encontra localizado nos parafusos localizados próximos a região superior mandibular ou na região proxima da aplicação de força (parafusos 1 e 2) o sistema tende a movimentar em uniformidade como um único corpo, conferindo estabilidade, resistência e aumentando o equilíbrio do conjunto mandíbula-osteotomia-fixação e pode-se afirmar que o ponto de rotação nesse sistema estudado é o ponto de maior estabilidade e equilíbrio. Fisicamente, o parafuso inferior está mais distante do ponto de aplicação de carga o que aumenta significativamente o momento da força que é uma grandeza física vetorial que depende diretamente do ponto de aplicação da força ao ponto de rotação ou fulcro, explicando também, porque a diferença de desenho da osteotomia sagital gera resultados diferentes, assim, o fulcro e o

ponto de aplicação da força deve ser o mais próximo possível para evitar um aumento no torque ao aplicar forças a um objeto estacionário. Com isso, é possível afirmar que mesmo com força de aplicação menor no grupo III a resultante da força na área onde o ponto de rotação do grupo III é maior gerando maior força de carregamento ao sistema. Os testes realizados nesse trabalho foram complementares, uma vez que, a análise conjunta dos dados levou ao esclarecimento de pontos obscuros que um tipo de análise não teria condições para a completa análise, elucidação e correta interpretação dos dados. Por isso, sugere-se que a dissipação de força na mandíbula correspondente ao grupo I percorre um caminho superior próximo a linha oblíqua da mandíbula, logo, o grupo III percorre um caminho inferior próximo a base mandibular.

Esse estudo, sugere que os diferentes desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular, altera o centro de gravidade mandibular, fazendo que a mesma disposição e características dos parafusos de fixação assumam comportamento mecânico e físico diferente. Essa discussão é pertinente apenas até o reparo das áreas fraturadas em humanos, após o reestabelecimento do arcabouço mandibular e reparo das osteotomias essa discussão torna-se inócua e a ação externa na dissipação de forças ao longo do corpo da mandíbula pouco influirá.

7. Conclusão

Baseado na metodologia empregada nesse teste pode-se concluir que:

1. Não existe diferenças estatísticas entre os grupos I e II no teste de carregamento mecânico no que diz respeito a força e deslocamento.
2. Estatisticamente, os resultados encontrados no grupo III são inferiores aos dos grupos I e II
3. Diferentes desenhos promovem mudança no equilíbrio do sistema mandíbula-osteotomia-sistema de fixação
4. A extensometria mostrou que diferentes desenhos influenciam na dissipação de força, mudando o padrão de dissipação de tensões ao longo da mandíbula.

8. Referências Bibliográficas

- Aziz SR, Simon P, Hullahen and the origin of orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2004, 62, 1303-1307.
- Bell, W.H., Schendel, A.S. Biologic basis for modification of the sagittal ramus split operation. *J Oral Surg* 1977, v. 35, p. 362-369.
- Braun S, Bantleon HP, Hnat HP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Johnson BE. A study of bite force, part 1 a relationship to various physical characteristics. *Angle Orthod* 1995, 65, 367-372.
- Brasileiro BF; Gempel RG; Ambrosano GMB, Passeri LA. An in vitro evaluation of rigid internal fixation techniques for sagittal split ramus osteotomies: Advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67:809-817.
- Buijs GJ, Van der Houven EB, Stegenga B, et al. Mechanical strength and stiffness of biodegradable and titanium osteofixation systems. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65:2148-2158
- Chessa JGR. Estudo comparativo da resistência mecânica à flexão de placas e parafusos reabsorvíveis metálicos utilizados em osteotomias de corpo em mandíbulas de poliuretano [dissertação] Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2008
- Chuong C, Borotikar B, Schwartz-Dabney C, Sinn DP. Mechanical Characteristics of the Mandible After Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy: Comparing 2 Different Fixation Techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 2005, 63:68-76

- Cillo JE, Stella JP. Selection of sagittal split ramus osteotomy technique based on skeletal anatomy and preferred distal segment movement: Current therapy. *J Oral Maxillofac Surg* 2005, 63:109-114.
- Dal Pont, G. Retro-molar osteotomy for the correction of prognathism. *J Oral Surg* 1961, v.19, p. 42-45.
- Edwards RC, Paxton MC. Modified sagittal split ramus osteotomy for mandibular setback. *J Oral Maxillofac Surg* 1994, 52, 524-525.
- Ellis E 3rd. Method to passively align the sagittal ramus osteotomy segments. *J Oral Maxillofac Surg* 2007, Oct;65(10):2125-30.
- Epker, BN. Modifications of the sagittal osteotomy of the mandible. *J Oral Surg*.1977 v. 35, p. 157-159.
- Epker BN, Stella JP, Fish LC. Dentofacial Deformities – Integrated Surgical and Orthodontic Correction. v.I. Mosby, 1995
- Epker BN, Stella JP, Fish LC. Dentofacial Deformities – Integrated Surgical and Orthodontic Correction. v. IV, Mosby, 1999
- Epker BN., Wessberg GA. Mechanisms of early skeletal relapse following surgical advancement of the mandible. *Br J Oral Surg* 1982, 20 p175-182.
- Epker BN, Wolford LM, Fish LC. Mandibular deficiency syndrome. Surgical considerations for mandibular advancement. Part II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1978, v45, n3, p. 349-363.

- Erkmen E, Simsek B S, Yucel E, Kurt A. Comparison of different fixation methods following sagittal split ramus osteotomies using three-dimensional finite elements analysis Part 1: advancement surgery-posterior loading. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2005, 34: 551–558.
- Ferreti C, Reyneke JP. Mandibular, sagittal split osteotomies fixed with biodegradable or titanium screws: A prospective, comparative study of postoperative stability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93:534-537.
- Fun-Chee L. Technical modification of sagittal split mandibular ramus osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992, 74:723-726.
- Furutani M, Kawai M, Takenobu T. Modified sagittal split ramus osteotomy with a reciprocating saw and new retractors. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1999; 14:315-318
- Gallia L. Modification of the sagittal ramus osteotomy to produce a more accurate inferior border split. *J Oral Maxillofac Surg* 1992, 50:1136-1137.
- Gallo WJ, Moss M, Gaul VJ, Shapiro D. Modification of sagittal split osteotomy for retrognathia. *J Oral Surg* 1976, v.34, 178-179.
- Gomes PP, Filho RG, Mazzonetto R. Evaluation of the bending strength of rigid internal fixation with absorbable and metallic screws in mandibular ramus sagittal split osteotomy- In vitro study. *Pesqui Odontol Bras* 2003; 17(3):267-272.

- Hunsuck, E.E. Modified intraoral splitting technique for correction of mandibular prognatism. *J Oral Surg.* 1968, 26: 250.
- Ikebe K, Nokubi T, Kentaro M, Kashivagi J, Furuia M. Association of bite force with ageing and occlusal support in older adults. *J Dent* 33, 131-137, 2005.
- Jeter TS, Van Sickels JE, Dolwick MF. Modified techniques for internal fixation of sagittal ramus osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg* 1984, 42: 270-272.
- Jovanovic A, Bouwman JPB, Tuinzig DB. A modified technique to determine the desired length of bicortical screws in sagittal split osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg* 1996, 54: 528-529.
- Kini Y, Halli R, Bither S. Modification of retraction technique for better visibility during mandibular sagittal split ramus osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007, 45: 688.
- Koke U, Wolf A, Lenz P, Gilde H. In vitro investigation of marginal accuracy of implant-supported screw-retained partial dentures. *J Oral Rehabilitation.* 2004; 31: 477- 82.
- Lines P. modification of the sagittal split ramus technique. *J Oral Maxillofac Surg* 1982, 40(4)245-248
- Marquez IM, Stella JP. Modification of sagittal split ramus osteotomy to avoid unfavorable fracture around impacted third molars. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1998, 13(3): 183-187.

- Muto T., Akizuki M., Tsuchida Y. Technical modification designed to facilitate sagittal ramus split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 2008, 66:1542-1544, 2008.
- Naconecy MM, Teixeira ER, Shinkai RS, Frasca LC, Cervierri A. Evaluation of the accuracy of 3 transfer techniques for implant techniques for implant-supported protheses with multiple abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004; 19(2):192-8.
- Nishoka GJ, Aragon SB. Modified sagittal split technique for patients with a high lingual. *J Oral Maxillofac Surg* 1989,47:426-427.
- Sakamaki H, Kitamura E, Nogami T, Ito K, Fujimoto Y, et al. Modified sagittal split ramus osteotomy for malpositioned mandibular foramina with prognathia. *J Oral Maxillofac Surg* 2007, 65, 1803-1807.
- Sasaki K, Noma H, Takaki T, Tamura H. A modified surgical technique of parallel sagittal split osteotomy of the ramus (Parallel method). *J Oral Maxillofac Surg* 2003, 61, 1366-1368
- Sato FRL. Avaliação mecânica e fotoelástica de diferentes técnicas de fixação interna rígida da osteotomia sagital em avanços mandibulares [dissertação] Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2009.
- Schendell S, Wolford LM, Epker BN. Mandibular deficiency syndrome. Surgical advancement of the deficient mandible in

growing children: treatment results in twelve patients. Part III. *Oral surg Oral Med Oral Pathol* 1978, v45, n3, 364-377.

- Schuchardt G. Es: in Beitrag zur chirurgischen kieferorthopadie unter berücksichtigunhrer für die behandlung angeborener und erworbener kieferdeformitäten bei soldaten. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 1942;9:73.

- Smith BR, Rajchel JL, Waite DE, Read L. Mandibular ramus anatomy as it relates to the medial osteotomy of the sagittal split ramus osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 1991, 49:112-116.

- Smith GI, Brennan PA, Oh SS, Markus AF. Modification of Hunsuck sagittal split osteotomy using a nerve hook. Technical note. *J Craniomaxillofac Surg* 2002, 30, 292-294

- Takeya T. Análise experimental de estruturas. São Carlos: EESC-USP, 2000 50p

- 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, 1055-1058.

- Tom WK, Martone, CH, Mintz SM. A study of mandibular ramus anatomy and its significance to sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997, 26:176-178.

- Trauner R., Obwegeser H. The surgical correction of mandibular prognathism e retrognathia with consideration of genioplasty *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1957, 10(7): 677-689.
- Turvey TA. Intraoperative complications of sagittal osteotomy of mandibular ramus: Incidence and Management. *J Oral Maxillofac Surg* 1985, 43(7):504-509.
- Ueki K, Okabe K, Miyazaki M, et al. Position of mandibular canal and ramus morphology before and after sagittal split ramus osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 2010, xxxxxx.
- Usui T, Uematsu S, Kanegae K, Morimoto T, Kurihara S. Change in maximum occlusal force in association with maxillofacial growth. *Orthod Craniofacial Res* 2007, 10, 226-234.
- Yu IH, Wong YK. Evaluation of mandibular anatomy related to sagittal split ramus using 3-dimensional computed tomography scan images. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2008 Jun;37(6):521-8.
- Weber W. A modified mandibular ramus osteotomy for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2001,59:237-240.
- Wolford LM, Walker G, Schendell S, Fish LC, Epker BN. Mandibular deficiencie syndrome. Clinical delineation and therapeutic significance. Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978, v45, n3, 329-348.

- Wolford, L.M., Bennet, M.A., Rafferty, C.G. Modification of the mandibular ramus sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987, v. 64, p.146-155.
- Wolford LM, Davis Jr WMcL. The mandibular split: A modification in the sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 1990, 48: 92-94.
- Wolford L.M. The sagittal split ramus osteotomy as the preferred treatment for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg* 2000, 38:310-312.
- Wyatt WM. Sagittal ramus split osteotomy: literature review and suggests modification of technique. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1997, v. 35, p. 137-141.

8. Anexo

Grupo 1	Força Max	deslocamento
Mandíbula 1	181N	8,9mm
Mandíbula 2	205N	13,5mm
Mandíbula 3	254N	21,7mm
Mandíbula 4	242N	10,6mm
Mandíbula 5	269N	17,1mm
Mandíbula 6	273N	17,6mm
Mandíbula 7	288N	15,2mm
Mandíbula 8	289N	16,9mm
Mandíbula 9	267N	15,7mm
Mandíbula 10	248N	15mm

Grupo 2	Força	Deslocamento
Mandíbula 1	202N	13mm
Mandíbula 2	222N	12,8mm
Mandíbula 3	252N	19,6mm
Mandíbula 4	269N	16,7mm
Mandíbula 5	243N	19,6mm
Mandíbula 6	269N	17,5mm
Mandíbula 7	253N	16,4mm
Mandíbula 8	251N	17mm
Mandíbula 9	280N	16,3mm
Mandíbula 10	300N	19mm

Grupo 3	Força	Deslocamento
Mandíbula 1	133N	9,8mm
Mandíbula 2	149N	9,2mm
Mandíbula 3	177N	10,1mm
Mandíbula 4	180N	14mm
Mandíbula 5	177N	13,2mm
Mandíbula 6	178N	10mm
Mandíbula 7	140N	8,2mm
Mandíbula 8	187N	11mm
Mandíbula 9	159N	9,7mm
Mandíbula 10	155N	10,2mm

Grupo 1	Parafuso 1	Parafuso 2	Parafuso 3
Mandíbula 1	23753	10005	14448
Mandíbula 2	23753	17000	13381
Mandíbula 3	17989	21333	50321
Mandíbula 4	23018	6354	18427
Mandíbula 5	11490	7756	11023
Mandíbula 6	42678	20805	12812
Mandíbula 7	41237	36624	20805
Mandíbula 8	51327	22592	14652

Mandíbula 9	31789	7979	20805
Mandíbula 10	14468	10171	8551

Grupo 2	Parafuso 1	Parafuso 2	Parafuso 3
Mandíbula 1	39130	47833	30861
Mandíbula 2	19334	15675	30861
Mandíbula 3	23018	19689	61097
Mandíbula 4	34140	19285	53949
Mandíbula 5	28078	26586	34410
Mandíbula 6	21353	12330	14273
Mandíbula 7	26778	12333	22190
Mandíbula 8	26778	31218	13274
Mandíbula 9	23753	23630	20242
Mandíbula 10	21353	12333	20190

Grupo 3	Parafuso 1	Parafuso 2	Parafuso 3
Mandíbula 1	10689	38615	51337
Mandíbula 2	26778	10297	51327
Mandíbula 3	13212	8900	19286
Mandíbula 4	27979	17920	7248
Mandíbula 5	19334	19133	14448
Mandíbula 6	15959	9158	28443
Mandíbula 7	15959	9158	28444
Mandíbula 8	15960	9158	28444
Mandíbula 9	15959	7756	23018

Mandíbula 10	16468	10171	8551
--------------	-------	-------	------