

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

VALDIR CABRAL ANDRADE

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA POR MEIO DE TESTES MECÂNICOS, ANÁLISE
EXTENSOMÉTRICA E FOTOELÁSTICA DA INFLUÊNCIA DA REALIZAÇÃO OU
NÃO DA OSTEOTOMIA DA BASE NAS OSTEOTOMIAS SAGITAIS DOS
RAMOS MANDIBULARES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA À
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA,
DA UNICAMP PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA – ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO EM CIRURGIA E
TRAUMATOLOGIA BUCO-MAXILO-FACIAIS

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ RICARDO DE
ALBERGARIA BARBOSA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE/DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO VALDIR CABRAL ANDRADE, E ORIENTADO PELO
PROF. DR. JOSE RICARDO DE ALBERGARIA BARBOSA

Assinatura do Orientador

PIRACICABA, 2012

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

C112a Cabral-Andrade, Valdir, 1985-
Avaliação comparativa por meio de testes mecânicos, análise extensométrica e fotoelástica da influência da realização ou não da osteotomia da base nas osteotomias sagitais dos ramos mandibulares / Valdir Cabral Andrade . -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2012.

Orientador: José Ricardo de Albergaria-Barbosa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Cirurgia ortognática. 2. Osteotomia sagital do ramo mandibular. I. Albergaria-Barbosa, José Ricardo de, 1956- II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em Inglês: Comparative evaluation by mechanical testing, analysis extensometric and photoelastic at the influence of basilar osteotomy in sagittal osteotomies

Palavras-chave em Inglês:

Orthognathic surgery

Osteotomy, sagittal split ramus

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

Titulação: Mestre em Clínica Odontológica

Banca examinadora:

José Ricardo de Albergaria-Barbosa [Orientador]

João Gualberto de Cerqueira Luz

Karina Gonzales Silvério Ruiz

Data da defesa: 09-03-2012

Programa de Pós-Graduação: Clínica Odontológica

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 09 de Março de 2012, considerou o candidato VALDIR CABRAL ANDRADE aprovado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jose Ricardo de Albergaria Barbosa", written over a horizontal line.

Prof. Dr. JOSE RICARDO DE ALBERGARIA BARBOSA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "João Gualberto de Cerqueira Luz", written over a horizontal line.

Prof. Dr. JOÃO GUALBERTO DE CERQUEIRA LUZ

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Karina Gonzales Silvério Ruiz", written over a horizontal line.

Prof. Dra. KARINA GONZALES SILVÉRIO RUIZ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Antônio e Amélia pelo exemplo de vida, apoio durante todos estes anos e pelo incentivo constante ao aprendizado.

À minha irmã Vanessa, toda minha família e amigos pelo convívio e amizade.

Às minhas avós Luisa e Sarabai (*in memoriam*), Avôs José Antônio e Porfírio (*in memoriam*), pelo convívio e amizade durante todos esses anos.

A Deus meu porto seguro, pela sua presença constante na minha vida, sem que eu precise pedir, pelo auxílio nas minhas escolhas e por me confortar nas horas difíceis, por me proteger e iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao **Prof. Dr. Renato Mazzonetto**, meus sinceros e eternos agradecimentos pela oportunidade, pelos ensinamentos, paciência e convívio durante esta primeira etapa da pós-graduação. Um exemplo de dedicação à docência e disponibilidade de auxílio a quem precisa. Um modelo de professor a ser seguido, graças ao respeito, à educação, à organização e à seriedade que sempre demonstra em tudo que faz. O senhor me fez ver que mestre é aquele que caminha com o tempo, propondo paz, fazendo comunhão, despertando sabedoria. Mestre é aquele que estende a mão, inicia o diálogo e encaminha para a aventura da vida. Não é o que ensina fórmulas, regras, raciocínio, mas o que questiona e desperta para a realidade. Não é aquele que dá de seu saber, mas aquele que faz germinar o saber do seu discípulo.

Mestre é o senhor, meu professor amigo, que me compreendeu, me estimulou e me enriqueceu com sua presença, seu saber e sua ternura. Eu serei sempre o seu discípulo na escola da vida.

Minha sincera gratidão e reconhecimento por tudo, meu eterno Mestre. Este trabalho é dedicado ao senhor, professor. Obrigado por tudo.

Ao **Prof. Dr. José Ricardo de Albergaria-Barbosa** pela amizade, respeito, lealdade, sinceridade, carisma, dedicação e exemplo de pessoa e professor, não só para a pós-graduação mas também para os alunos do curso de extensão e graduação. Sua ajuda foi de fundamental importância, não só para a concretização deste trabalho e dessa primeira etapa da pós-graduação, mas também por me ajudar a suportar, durante esses dois anos, a distância de casa e a dura realidade da falta de quem amamos.

Ao **Prof. Dr. Márcio de Moraes**, pela amizade, pelos ensinamentos, paciência, consideração e convívio positivo durante esta primeira etapa da pós-graduação. Sua presença e dedicação ao longo dos anos é que garante a existência da pós-graduação no padrão de excelência que ela possui hoje.

Ao **Prof. Dr. Roger William Fernandes Moreira**, pelo exemplo de professor e profissional, sempre em busca de novos conhecimentos e por sua disposição em transmiti-los aos alunos.

À **Prof. Dr^a. Luciana Asprino**, pela amizade e conhecimentos transmitidos durante o curso.

Ao **Prof. Dr. Renato Sawazaki**, por todos os ensinamentos ministrados, dedicação e empenho para nossa formação.

À **Prof. Dr. Fábio Sato**, não só pela ajuda na elaboração da análise estatística desse trabalho, como também por todos os ensinamentos ministrados, dedicação, paciência e empenho para nossa formação ao longo desta primeira etapa.

Ao **Prof. Dr. Leonardo Luthi**, pela disponibilidade e ajuda na realização dos experimentos de extensometria, e ao **Prof. Dr. Federico Felipe**, pela orientação no início do trabalho.

À Poliana Linhares pela ajuda em todos os momentos e por compreensão da minha ausência para que essa etapa seja concretizada.

À tia Nélia Trindade e José Geraldo Linhares pelo carinho e por suprirem a ausência dos meus pais.

Ao meu velho camarada, amigo e irmão, Castelo Cidade, pela excelência de pessoa, pela humildade, pela força e apoio nos momentos difíceis e conhecimentos transmitidos durante toda essa fase, meus sinceros agradecimentos Madié.

Ao Cláudio Nóia, pela excelência de pessoas, pelo apoio em todos os momentos, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos, meus sinceros agradecimentos.

À Zarina Barbosa, pela excelência de pessoa, pelo carinho, pela força nos momentos difíceis e conhecimentos transmitidos durante toda esta fase, meus sinceros agradecimentos.

Ao Rafael Ortega, pela excelência de pessoas, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos durante toda essa fase, meus sinceros agradecimentos.

Ao Ataís Bacchi, pela excelência de pessoa, pelo bom convívio, pela amizade, apoio em todos os momentos e pelos conhecimentos transmitidos durante toda esta fase, meus sinceros agradecimentos.

Ao Lucas Cavalieri, pela excelência de pessoa, sempre bem humorado, pela amizade, apoio, conselhos e conhecimentos transmitidos durante toda essa fase, meus sinceros agradecimentos.

À Gabriela Mayrink, pela excelência de pessoa, pela amizade, apoio, conselhos e conhecimentos transmitidos durante toda esta fase, meus sinceros agradecimentos.

Ao Renato Marano, pela excelência de pessoa, pela amizade, apoio, conselhos e conhecimentos transmitidos durante toda essa fase, meus sinceros agradecimentos.

À Érica Marchiori, pela ajuda nos meus momentos mais difíceis, meus sinceros agradecimentos.

Ao meu amigo e irmão brasileiro, Rafael Coser e à família Castiglione Coser, pelo carinho, amizade, acolhimento e apoio em todos os momentos, desde a minha chegada ao Brasil, meus sinceros agradecimentos por tudo.

À minha turma (Evandro, Marcelo, Tina, Renato e Castelo), excelência de pessoas, pelo companheirismo e força em todos os momentos e pelos conhecimentos transmitidos, meus sinceros agradecimentos.

Á toda minha turma ODONTO/UFES 2008/01, em especial ao Lucas Maciel, Anita Sanches, Paula Del Puppo, Livia Menelli, Tassio e Tarcisio Ribeiro, Renato Boldt, Fausto Frizzera, Nátalia Ribeiro e Gabriela Cassaro, meus sinceros agradecimentos pelo bom convívio de todos durante todos aqueles anos, pelo incentivo, força e apoio em todos os momentos.

A todos os colegas de pós-graduação e estagiários da FOP-Unicamp, pelo convívio e ajuda durante toda a pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

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

Às funcionárias do Centro Cirúrgico – Edilaine, Angélica, Daiana, Keila, Gisele, Thaís, Beatriz, Fabiana e Letícia - pela ajuda e paciência durante dessa primeira etapa da pós-graduação.

À área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp, pela possibilidade de realização dos experimentos, (no laboratório da área).

Aos Professores que de alguma forma “iluminaram” o meu caminho até a FOP-Unicamp, em especial ao Prof. Nevelton Heringer e Lilianne Zanette, serei eternamente grato pela ajuda dada no início da minha carreira.

À Osteosin pela doação dos materiais de fixação utilizados na pesquisa.

Aos meus orientadores no campo acadêmico, Prof. Dr. Admar de Matos e André Puppín, meus sinceros agradecimentos.

Aos Professores Martha Salim, Carlos Timóteo, Fabiano Giesen, Admar de Matos pelos ensinamentos.

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em especial à Área de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial, na figura dos professores Prof^a. Dr^a. Ivete Becalli, André Puppín, Robson Resende e Zé Ricardo, como também os professores Rogério Azeredo, Hudson de Paula, Glauco Zanetti, Eduardo Batistuti, Adalto Emerick, pelos ensinamentos, amizade e incentivo no início da minha formação acadêmica, serei eternamente grato pela ajuda.

A toda a equipe do HSCL, em especial Dr. Afonso Manzano, Dr. Mateus Santa Maria, equipe da vascular, Neuro e Urologia, pelo bom convívio e estímulo à área cirúrgica.

Aos alunos dos cursos de graduação, atualização e especialização da FOP-Unicamp, pela amizade, aprendizado e convívio durante a pós-graduação.

Aos pacientes que também são de fundamental importância para a nossa formação profissional.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

“Menino que veio de longe
Deixando pra trás
Sua terra natal
Passou poucos e boas
Para seu sonho alcançar
Veio para terra estranha
Com muita façanha
Para estudar
Passou por preconceito
Não teve jeito
Teve que lutar
Quantas tristezas passou
Grandes alegrias marcou
Dos momentos felizes
Nem o tempo apagou
Fez na vida uma história
Das lutas uma conquista
Esse menino valente
“Hoje se formou cirurgião-dentista.”

Dedicatória da Dona Neire (*minha paciente de implante*).

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da osteotomia da base mandibular nas osteotomias sagitais do ramo, comparando como ela modifica a resistência mecânica dos sistemas de fixação, bem como a distribuição de tensões, utilizando como metodologia os testes mecânicos, extensiométricos e de fotoelasticidade.

Para os testes mecânico e extensométrico, foi utilizada uma amostra composta de 20 hemimandíbulas confeccionadas em poliuretano, sendo 10 hemimandíbulas para cada tipo de osteotomia fixadas com parafusos bicorticais posicionais em L invertido, as quais foram submetidas à incidência de carga analisada por extensometria até a falha do sistema de fixação através de teste de carregamento linear a uma velocidade de 1mm/min.

Para o teste mecânico, não existiu diferença em termos de carga e deslocamento final. Para a análise extensométrica, não existiu diferença estatisticamente significativa entre os parafusos 1 e 3 entre as amostras, somente para o parafuso 2. No caso da análise fotoelástica, a osteotomia da base mostrou apresentar melhor padrão de distribuição de tensões.

Apesar dessas diferenças estatísticas, clinicamente elas não devem influenciar em termos de resistência mecânica, podendo ambas ser utilizadas dependendo do caso e da preferência de cada profissional.

Palavras-Chave: Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais, Cirurgia Ortognática, Osteotomia Sagital do Ramo Mandibular.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the osteotomy of the inferior border of the mandible, comparing the mechanical resistance of the fixation system, as the tension distribution, using the mechanical, extensiometric and photoelastic methodology.

For the mechanical and extensiometric analysis, a sample of 20 polyurethane hemimandibles were made, 10 hemimandible for each type of osteotomy, fixed with positional bicortical screws in inverted L configuration, that were submitted to linear loading with a displacement of 1 mm/min until the fixation failure, with extensiometric analysis.

The mechanical tests found no difference for final loading and displacement. For the extensiometric analysis, there was no statistical difference between the screws 1 and 3, just for the screw 2. In the photoelastic analysis, the osteotomy of the inferior border of the mandible presented better stress distribution pattern.

Despite those differences in the *in vitro* tests, the inferior border osteotomy probably does not have clinical influence in the resistance and it should be done depending on the case and the preference of the professional.

Key Words: Oral and Maxillofacial Surgery, Orthognatic Surgery, Sagittal Split Osteotomy.

LISTA DE ABREVIATURAS

OSRM - Osteotomia Sagital dos Ramos Mandibulares

FIR - Fixação Interna Rígida

N - Newton

Kgf - Quilograma-força

D - Deslocamento

P - Parafuso

NAI - Nervo Alveolar Inferior

BMM - Bloqueio maxilo-mandibular

SUMÁRIO

Introdução	1
Revisão de Literatura	3
Proposição	12
Materiais e Métodos	13
4.1 Dos Grupos	14
4.2 Amostra do estudo	16
4.3 Material de fixação	18
4.4 Teste de Carregamento	21
4.5 Extensometria	22
4.6 Teste Fotoelástica	26
Resultados	37
Discussão	45
Conclusão	61
Referências Bibliográficas	62

Introdução

A osteotomia sagital bilateral do ramo mandibular tem sido um dos procedimentos mais usados para a correção de deformidades dento-faciais e difundido por cirurgiões bucomaxilofaciais. Desde o início das cirurgias para correção dessas deformidades, diversas modificações e aperfeiçoamentos na técnica e no desenho dessa osteotomia têm sido introduzidos na literatura. Uma das questões diz respeito às variações na técnica, se exerce influência nas osteotomias sagitais (Nascimento, 2010).

O primeiro relato na literatura de uma osteotomia mandibular foi à realizada por Simon Huillihen em 1849, 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, sendo a técnica amplamente utilizada para a correção de deformidades mandibulares. A variedade de complicações inerentes à técnica pode ser vista durante sua execução, especialmente durante a separação dos segmentos. Fraturas desfavoráveis, injúria ao nervo alveolar inferior estão entre os maiores acidentes durante o ato operatório e desde então muitos trabalhos foram e são publicados com o propósito de minimizar complicações trans e pós-operatórias.

O conceito do corte sagital foi inicialmente proposto por Trauner e Obwegeser (1957) e sofreu várias modificações ao longo dos anos, Dal Pont (1961); Hunsuck (1968); Epker (1977); Wolford (1987); Wolford (1990); Wyatt

(1997); Marquez (1998), cada um adaptando a anatomia, a sua maneira, a necessidades e habilidade cirúrgica.

A osteotomia sagital do ramo é o procedimento de preferência na correção de deformidades que acometem a mandíbula. As vantagens são execução da técnica por via intra-bucal, contato ósseo adequado 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, assim como um melhor controle no posicionamento condilar. Fraturas indesejáveis, risco de dano ao nervo, aumento da dificuldade técnica em casos de assimetria moderada são desvantagens dessa técnica. A estabilidade é fator importante e merece atenção.

O sucesso e a execução da técnica dependem de vários fatores objetivos, como posicionamento condilar, descolamento dos tecidos circundantes, tempo de execução e fator subjetivo que está vinculado à experiência de cada cirurgião. Isso demonstra que o sucesso é multifatorial.

Quando 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 tensiva 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.

Revisão da literatura

Com a introdução dos procedimentos de osteossíntese em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais, houve um notável aumento do conforto dos pacientes em cirurgia ortognática, devido ao menor tempo ou mesmo a ausência de bloqueio maxilo-mandibular (BMM) durante o período de reparo das osteotomias (Spiessl *et al.*, 1976). A osteotomia sagital dos ramos mandibulares (OSRM) é o procedimento mais comumente realizado para correções de deformidades mandibulares. A técnica cirúrgica tem sofrido modificações, tanto no desenho da osteotomia como nas formas de fixação desde a descrição original de Trauner & Obwegeser em 1957, Dal Pont (1961); Hunsuck (1968); Epker (1977); Ellis (2007); Watzke (1990); Van Sickels (1991); Keeling (2000).

A técnica original foi descrita por Trauner & Obwegeser (1957), consistindo de uma osteotomia através da cortical lateral do ramo da mandíbula, que vai da região distal do segundo molar até a borda posterior da mandíbula e uma corticotomia horizontal mais alta, através da face medial do ramo, acima da língula. Uma osteotomia sagital divide esses dois cortes, separando a mandíbula em dois segmentos, uma incluindo o côndilo e a outra os dentes. 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 essa técnica versatilidade na correção das deformidades mandibulares

Ao longo dos anos seguintes, em diferentes partes do mundo, inúmeras modificações passaram a ser incrementadas à técnica de Trauner & Obwegeser (1957), com destaque para as publicações do italiano Giorgio Dal Pont (1961) e dos norte-americanos Ervin Hunsuck (1968), em Washington, e Bruce Epker (1977), no Texas, de modo a torná-la mais fácil e reduzir as complicações. 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 *et al.*, 1984); (Wolford *et al.*, 1987); (Chuong *et al.*, 2005)

Dal Pont (1961) modificou a técnica inicial de Trauner & Obwegeser (1957), quando sugeriu uma osteotomia retromolar, estendendo seu desenho na região de corpo mandibular perpendicularmente à base mandibular para correção de prognatismo, modificando a osteotomia horizontal inferior para uma osteotomia vertical na cortical externa entre o primeiro e o segundo molar. Em seu artigo, foram descritas duas técnicas para esta osteotomia retromolar. A primeira foi a osteotomia sagital, em que o corte localiza-se em um plano próximo da margem da linha oblíqua e estende-se sagitalmente entre as duas corticais da região retromolar ao ângulo da mandíbula. A segunda foi a osteotomia oblíqua, em que a secção inicia-se na margem da linha oblíqua e passa acima da região retromolar e emerge na região lingual ao longo da crista milo-hióidea. Através dessas modificações, esperava-se uma melhor adaptação entre os segmentos, mínimo descolamento muscular e mais ampla possibilidade de correção de prognatismo, micrognatismo e mordida aberta. Com a modificação de Dal Pont esse procedimento tornou-se mais popular uma vez que a técnica mostrava versatilidade na execução e esse procedimento aproximou ao desenho que é amplamente usado pela a maioria dos cirurgiões (Dal Pont, 1961).

Hunsuck (1968) sugeriu uma osteotomia medial horizontal menor onde estendeu o corte lateral através de ambas as corticais, na região abaixo do canal alveolar inferior, na tentativa de minimizar o risco de dano ao feixe vásculo-nervoso. Além disso, a recomendação do autor era para que a osteotomia medial fosse levada somente até a depressão retro-lingular, logo após o forame mandibular. Essa osteotomia lingual mais curta permite uma separação dos segmentos ósseos de forma mais previsível e com menor risco de dano ao nervo alveolar inferior. O autor defendeu ainda, além do corte medial horizontal menor, a extensão posterior imediatamente após a línula, diminuindo ainda mais o descolamento muscular. Hunsuck apresentou a vantagem de sua modificação quanto ao período de imobilização maxilo-mandibular, que seria reduzido de 6 para 4 semanas pela técnica de Trauner & Obwegeser (1957).

A primeira modificação da osteotomia sagital do ramo mandibular em que se propunha a criação de um degrau foi mostrada por Gallo *et al.* (1976). Essa técnica descrevia a realização de um degrau na porção lateral da osteotomia, buscando evitar a rotação do fragmento proximal. 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, quando então um degrau é adicionado. Esse degrau impediria a rotação horária do segmento proximal, controlando melhor seu posicionamento.

Epker, em 1977, sugeriu uma osteotomia sagital do ramo mandibular e ao modificar passou a ser amplamente utilizado por cirurgiões em todo o mundo, ao modificar a técnica proposta por Hunsuck (1968), reduzindo o descolamento do músculo masseter do ramo e da face lingual, que deveria ser feito somente até a visualização da línula. O grande avanço nessa modificação foi a previsibilidade dada a esse 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 nervo alveolar inferior (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 à perfuração de segmento distal. 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), foi possível diminuir o edema pós-operatório, as hemorragias e facilitou o manejo do feixe neurovascular alveolar inferior. Além disto, o menor descolamento da musculatura mastigatória aumentou o suprimento vascular do segmento proximal, diminuindo a reabsorção condilar e a falta de suporte do ângulo mandibular, favorecendo maior estabilidade pós-operatória (Lupori *et al.*, 2000).

Esses cuidados e a importância do menor descolamento da cinta pterigomassetérica e o correto manejo do tecido circundante foram fundamentados pelos estudos biológicos de Bell & Schendel (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 isquemia e necrose óssea, sugerindo um menor descolamento do ligamento pterigomassetérico e do periósteo para proporcionar uma melhor vascularização aos segmentos da osteotomia.

Esse estudo corroborou com suspeitas clínicas que Bruce Epker (1977) enumerou em seu manuscrito no qual propôs uma das mais utilizadas e bem sucedidas modificações da osteotomia sagital do ramo mandibular.

Em 1978 em uma série de três artigos escritos por Schendel, Epker, Wolford, os autores abordaram o tema das deformidades na mandíbula em pacientes classe II 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. Esse trabalho mostrou uma incidência de 8,2% de complicações nas mandíbulas submetidas a essa 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.

Wolford (1987) propôs uma modificação na osteotomia sagital do ramo mandibular na qual o autor introduziu um degrau na osteotomia perpendicular a base mandibular, parecida com o desenho proposto por Gallo e colaboradores em 1976. Esse degrau facilitava o reposicionamento condilar através do deslizamento do segmento proximal. A osteotomia medial é realizada perpendicularmente ao ramo ascendente e imediatamente superior a língula da mandíbula estendendo o corte até 6mm posterior à língula 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 mandibular fazendo um ângulo de 90° com o término do degrau. Segundo o autor, esse degrau auxilia o reposicionamento condilar através do deslizamento do segmento proximal em direção à fossa mandibular, conferindo maior resistência com a inclusão de parte da linha oblíqua ao segmento distal.

A osteotomia da base está indicada para qualquer procedimento de osteotomia sagital do ramo mandibular de osteotomia em que as considerações anatômicas ou o desejo de melhorar a previsibilidade da osteotomia sagital são preocupantes (Wolford *et al.*, 1987).

Wolford (1990) afirma que esse procedimento é contra-indicado nos em casos em que o feixe neuro-vascular alveolar inferior se encontra posicionado no nível ou inferior ao córtex da borda inferior. Essa condição pode ser encontrada, por exemplo, em pacientes que tiveram anteriormente osteotomias na borda inferior para o tratamento vertical da hiperplasia condilar ou condições semelhantes, como também uma arquitetura anatômica anormal severa onde há

uma deficiência significativa na dimensão látero-medial da borda inferior da mandíbula e cautela em cirurgiões com treinamento limitado, experiência ou conhecimento de técnicas de osteotomia sagital, além da maior atenção ao realizar a técnica e tempo maior de cirurgia são as desvantagens listadas ao procedimento pelo autor.

Fun-Chee (1992) reforça ainda, afirmando que o procedimento aumenta a área da divisão sagital, oferecendo a vantagem de uma maior área de contato ósseo, o que promove a boa cicatrização óssea, especialmente nos casos de avanço mandibular. No entanto, segundo ele essa modificação, aumenta o risco de encontrar o feixe neurovascular inferior e a chance de fratura dos segmentos proximal e distal na área da divisão sagital.

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 capazes 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 língua 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 da osteotomia sagital do ramo e evitando uma zona superior onde a fusão das corticais ósseas é mais comum.

Com a introdução e idealização do conceito da osteotomia na base mandibular foi sugerida por Wolford & Davis Jr (1990). Os autores usaram uma serra adaptada para a osteotomia da base mandibular adaptada em uma serra recíprocante, que até então era separada por fratura na face interna da mandíbula superiormente à junção das corticais interna e externa. Essa nova osteotomia incorporada a sua modificação anterior visava a prevenção de fraturas

indesejáveis, conferindo melhor previsibilidade à técnica. Outra modificação da osteotomia sagital do ramo mandibular tinha como preocupação a osteotomia da base mandibular a fim de prevenir fraturas indesejadas na porção lingual do segmento distal propostas na literatura. Foi descrito o uso de um cinzel perpendicular à 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.

Niederdelmann & Shetty (1989) propuseram o uso da serra recíprocante para realizar as corticotomias mandibulares e o uso de um osteótomo com a angulação de 5 graus para separar os segmentos.

(Smith *et al.*, 1991) realizaram estudo anatômico em mandíbulas humanas e recomendaram que a osteotomia horizontal, por medial, fosse realizada ao nível do topo da línula ou ligeiramente acima dela, pois mais superiormente existe um aumento da fusão das corticais ósseas, podendo levar à dificuldade de separação dos segmentos e aumento da incidência de danos ao nervo alveolar inferior.

Um estudo da anatomia da mandíbula mostrou a significância da fusão das corticais interna e lateral da mandíbula no posicionamento do corte medial acima do forame mandibular na execução da técnica. A distância média acima da línula da mandíbula variou de 7,5 a 13,3mm, ou seja, a osteotomia acima de 5mm da espinha de spix terá grande possibilidade de apresentar fraturas indesejadas (Tom *et al.*, 1997).

Wyatt (1997) sugeriu uma nova modificação após a execução de mais 100 cirurgias mandibulares, no desenho da osteotomia sagital do ramo mandibular. O autor recomendou estender a osteotomia vertical até a região entre o segundo pré-molar e o primeiro molar inferior, pois o nervo alveolar inferior se localiza medialmente nessa região, evitando assim possíveis danos durante a separação dos segmentos ósseos. Além dessa, diversas outras modificações foram sugeridas ao longo dos anos, como as de (Booth *et al.*, 1981); (Wolford *et al.*, 1987) e (Fun-Chee *et al.*, 1992). O resultado da modificação é, possivelmente, um procedimento previsível e livre de complicações, segundo o autor.

A presença de terceiros molares também é motivo de modificação no desenho da osteotomia. 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 *et al.*, 1985). Às vezes, a presença dos terceiros molares dificulta a execução da técnica, mas uma modificação no desenho possibilita a remoção concomitante dos elementos dentais durante o procedimento cirúrgico (Marquez *et al.*, 1998).

Marquez & 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 de forma significativa a resistência naquela região, diminuindo teoricamente as chances de fraturas indesejáveis. A osteotomia sagital é feita vestibularmente próximo ao sítio dos terceiros molares (Marquez & Stella, 1998).

O primeiro relato de osteotomia lingual do segmento distal para a correção de assimetrias foi realizado por Epker, Stella e Fish. em 1999. O uso da osteotomia sagital para a correção de assimetrias era desaconselhado pela deficiência estética causada por essa 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 causada pelo segmento distal no lado para onde há o desvio mandibular, 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, 2007.

Ferreti & Reyneke (2002) comparam o uso de diferentes dispositivos 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.

(Sasaki *et al.*, 2003), 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 melhor resultado mecânico 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) 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 minimizada com essa 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 procurou avaliar comparativamente, a influência da osteotomia da base mandibular nas osteotomias sagitais dos ramos mandibulares, por meio de testes mecânicos de carregamento linear, análise extensométrica e análise fotoelástica, em réplicas de mandíbulas humanas de poliuretano. (estudo in vitro).

4. Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado pela Área de Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofaciais da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, utilizando as instalações da Área de Prótese Parcial Fixa, da mesma Instituição, para a avaliação do comportamento biomecânico da influência da osteotomia da base mandibular nas osteotomias sagitais, em réplicas de hemimandíbulas humanas, 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 Grupos

O grupo I foi representado pela osteotomia sagital 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 as proximidades de segundo molar, então outra terceira osteotomia é estendida inferiormente e lateralmente até a base mandibular, incluindo a parte interna da mandíbula, referente à parte onde as corticais se fundem. Ilustrada na figura 1.

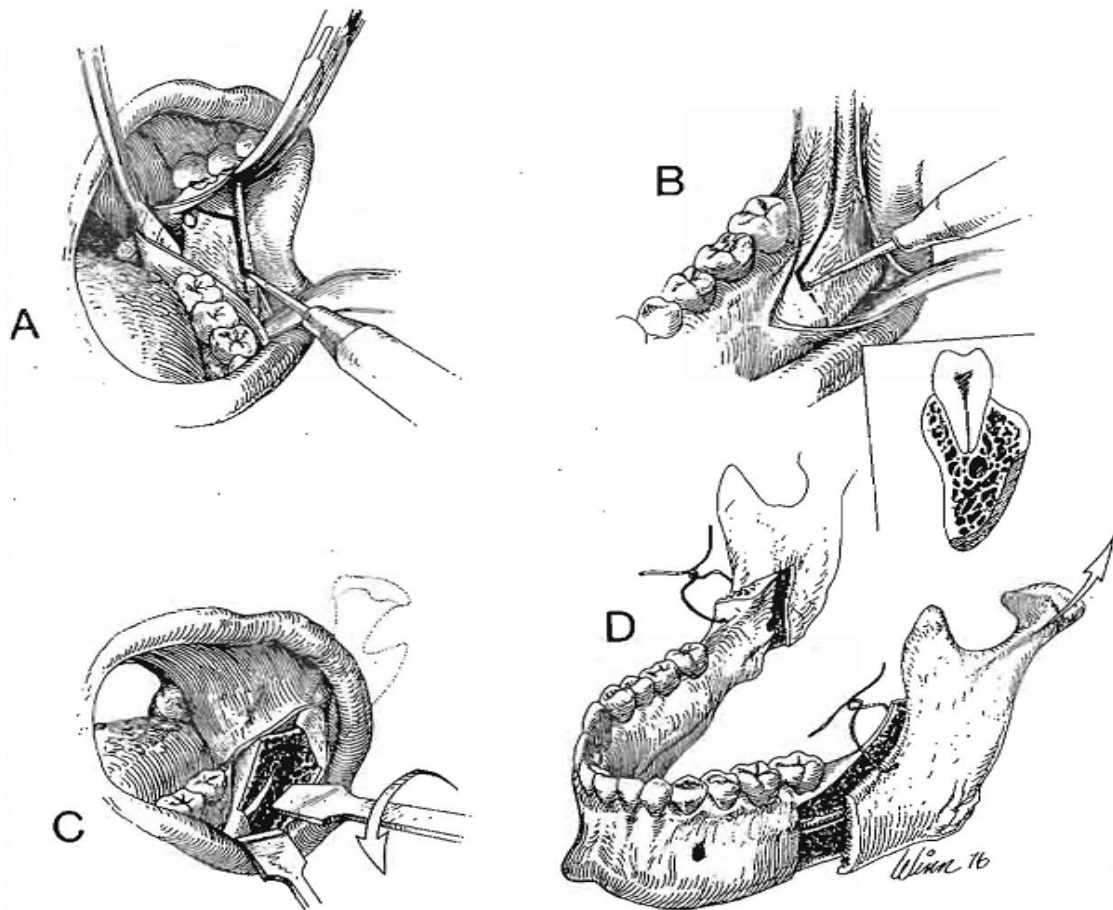


Figura 1: Osteotomia sagital do ramo mandibular utilizada pelo grupo I. Epker BN. Modificafions in the sagittal split of the mandible. *J Oral Surg* 35:362-365, 1977

O Grupo II, representado pela mesma osteotomia do grupo I com a modificação introduzida por Wolford (1990) na qual o autor realiza a osteotomia da base através de uma serra recíprocante especialmente projetada para esse fim (fig02).

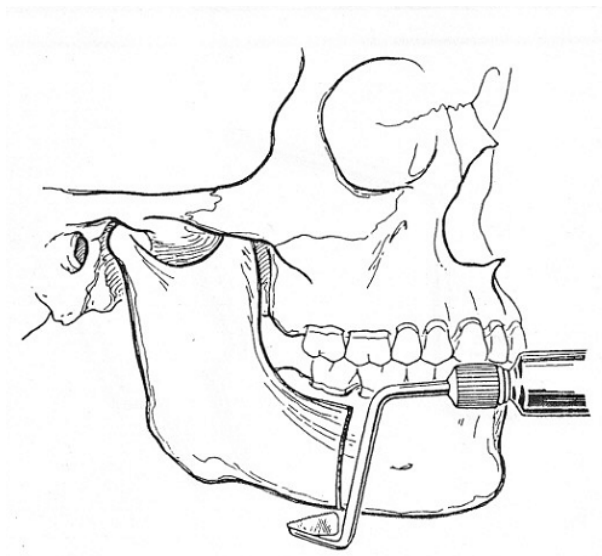
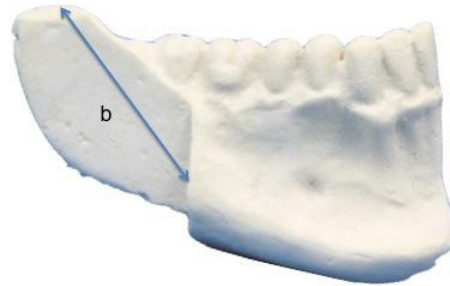


Figura 2: Wolford LM, Davis Jr WMcL. The mandibular split: A modification in the sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 48: 92-94, 1990.

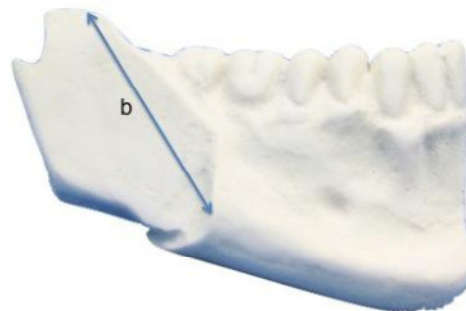
4.2 Preparo da amostra para teste mecânico e extensométrico

Cada grupo foi composto 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 conferem adequação ao campo de aplicação desse produto (Nacional Ossos, Jaú-SP), nas quais foram submetidas 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 a fim de padronizar a amostra, obtendo uma amostra uniforme e sem alterações na forma e desenho da osteotomia. Nos dois 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 dois grupos.



4.a - Osteotomia Convencional



4.b - Osteotomia da Base

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

4.a - Osteotomia Convencional

4.b - Osteotomia da Base

4.3 Material de fixação

A fixação dos segmentos foi realizada 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 dois grupos estudados nesse trabalho. Esse guia permitiu a mesma configuração espacial dos parafusos e mesma área entre eles. As perfurações foram realizadas com broca cilíndrica de 1,5mm de diâmetro e com a instalação dos parafusos posicionalmente.

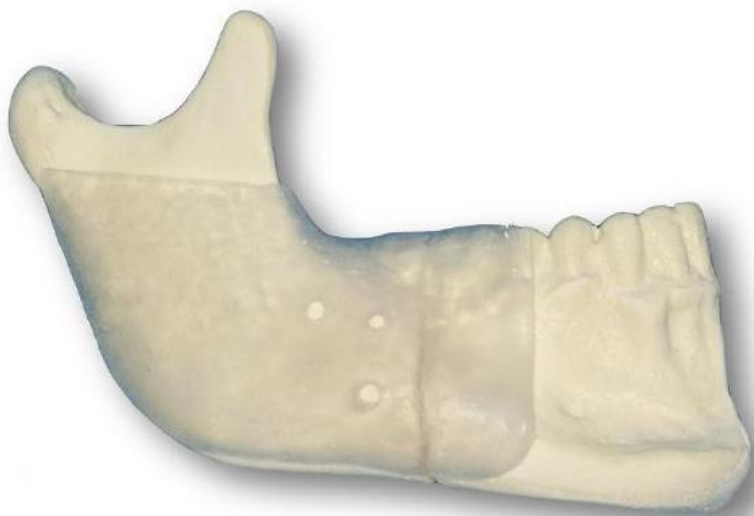


Figura 5. Guia para colocação dos parafusos de fixação

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)

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 às mandíbulas em três pontos distintos, evitando assim, a rotação horária do sistema durante o carregamento.

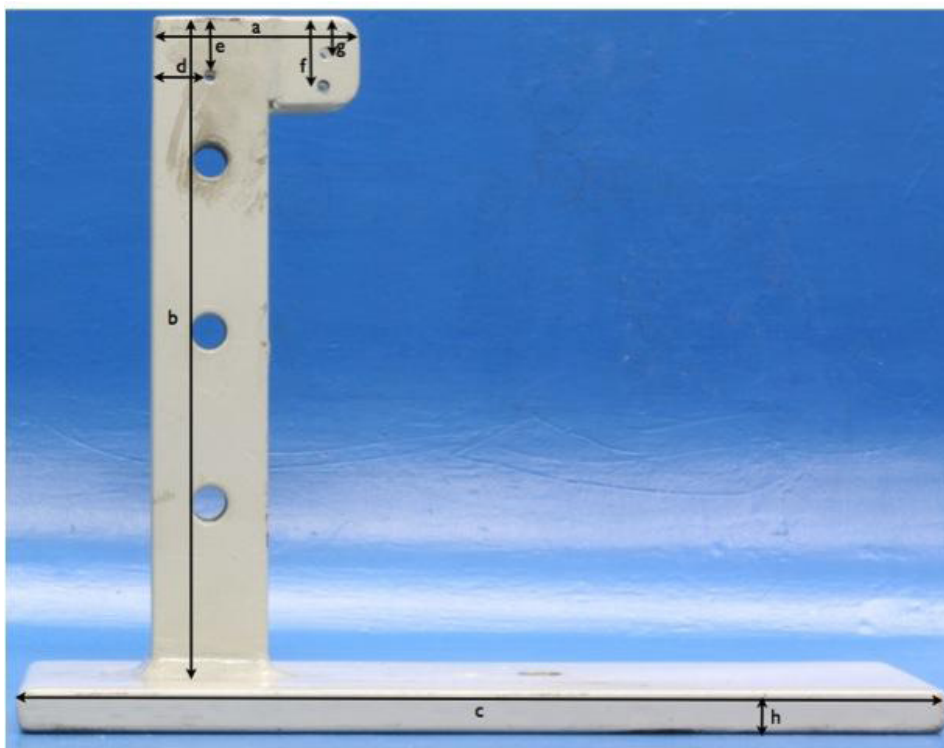


Figura 6.a – Suporte metálico - Vista lateral



Figura 6.b - Suporte metálico - Vista superior

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 dos dois diferentes desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular. As forças foram exercidas sobre as mandíbulas com os dois desenhos diferentes 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 da fossa central do primeiro molar a uma velocidade de 1 mm/minuto para a aplicação de carga progressiva, até a obtenção da carga final (quando houve a falha do sistema), em newtons, na carga de pico, 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 esses 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 foi realizada 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 tensão e deformação referentes a cada parafuso (figura 8). Esses extensômetros foram colados por adesivos à 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 variações causadas por alterações de temperatura e a transdução desses valores em deformação (TAKEYA, 2000).

Os sinais elétricos foram captados por um aparelho controlado por computador (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), sendo processado por um *software* específico (AqDados 7; Lynx Tecnologia Eletrônica) (Koke *et al.*, 2004; Naconecy *et al.*, 2004).

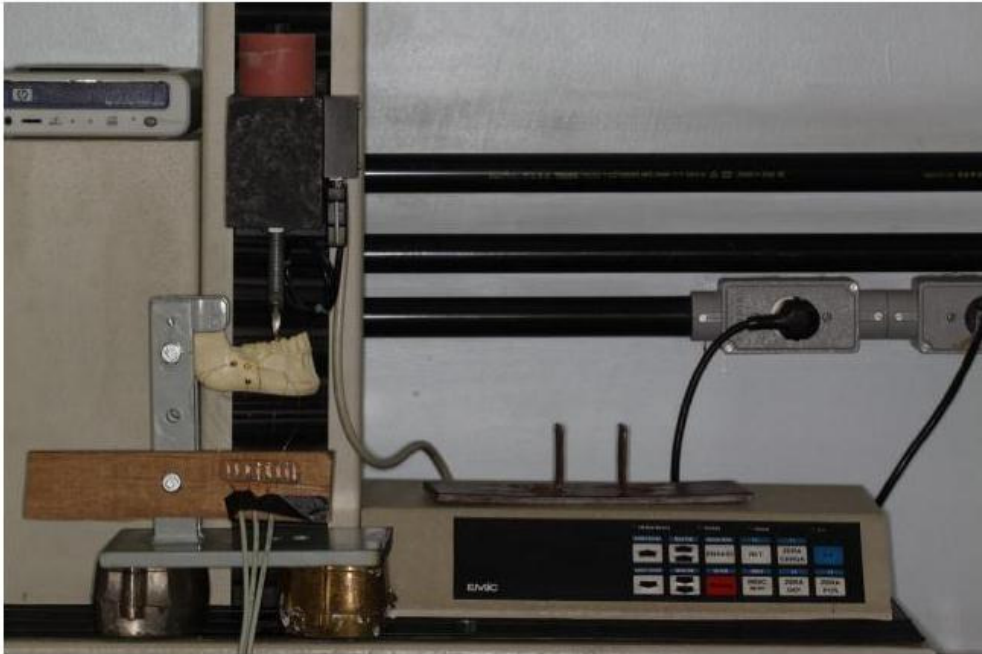


Figura 7. Aparatologia para a coleta de dados nos testes extensométricos e de carregamento linear



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

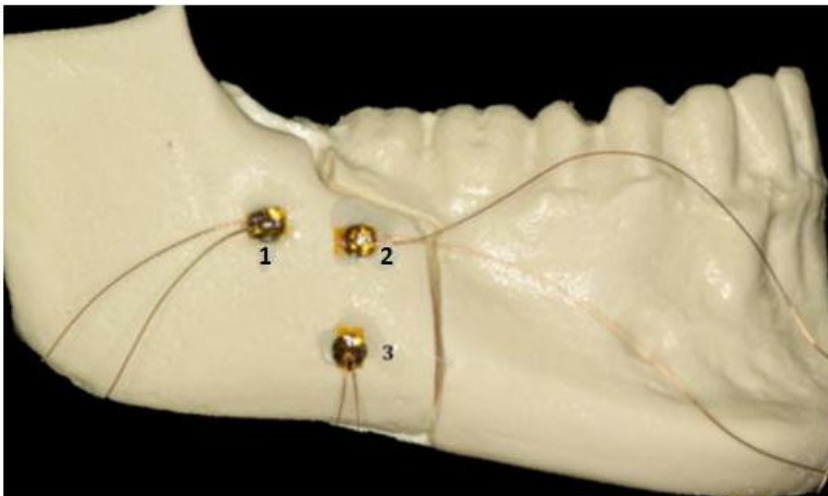


Figura 9. Disposição dos parafusos de fixação em ordem numérica, para identificação no teste extensiométrico

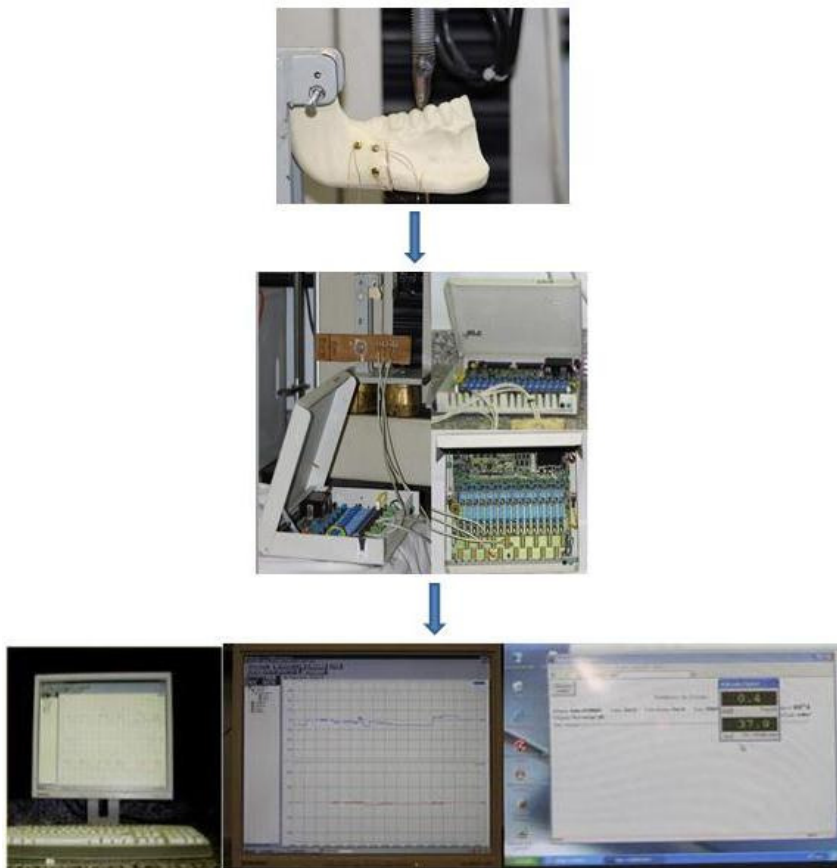


Figura 10 - Esquema diagramático de obtenção dos dados relacionado a extensometria, desde a geração da deformação dos parafusos até a tradução pelo computador

4.7 Teste Fotoelástico

Para a confecção dos modelos para análise fotoelástica, partiu-se das hemimandíbulas de poliuretano, idêntico às utilizadas nos testes mecânicos, com as osteotomias de acordo com as recomendações dos autores idealizadores.

Os segmentos foram então lixados com uma lixa d'água modelo T277 (Norton Abrasivos Brasil Ltda. – Guarulhos, São Paulo - Brasil) e posteriormente foi aplicada uma camada de esmalte transparente para unhas (Niasi Ind.Comésticos Ltda. – Taboão da Serra, São Paulo – Brasil) sobre os modelos, a fim de eliminar as irregularidades da superfície.

Inicialmente foi utilizada uma moldeira plástica para a moldagem dos segmentos das hemimandíbulas com material de moldagem a base de silicone Silibor® (Clássico Artigos Odontológicos Ltda. – São Paulo, São Paulo – Brasil - figura 11).

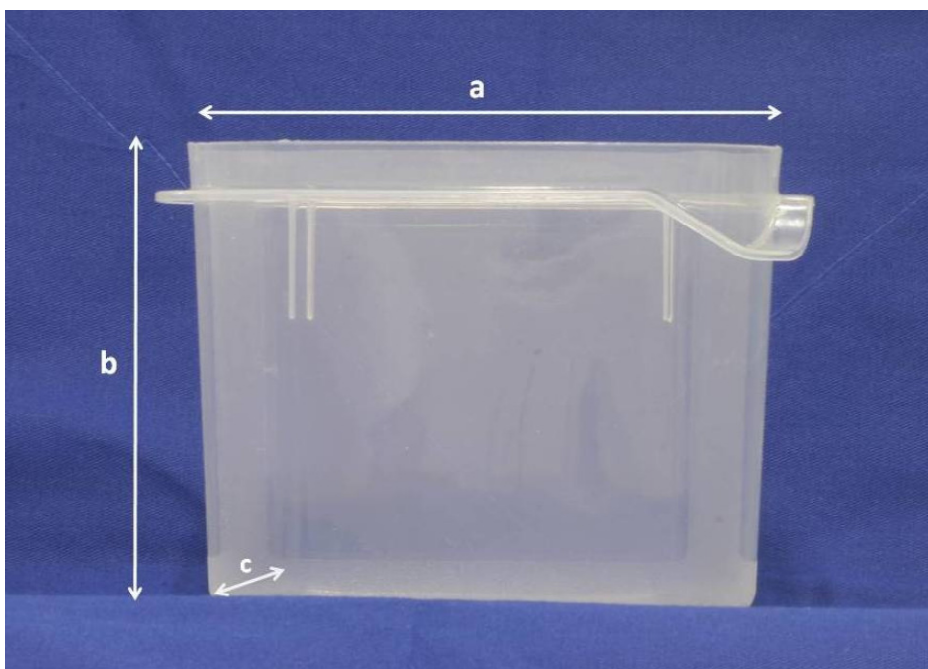


Figura 11 – Moldeira em acrílico para produção do modelo fotoelástico.

(a) Comprimento da moldeira = 12,5 cm, (b) Altura da moldeira = 10,5

cm, (c) Largura da moldeira = 5 cm.

A seguir foi preparado o material de moldagem à base de silicone Silibor® (Clássico Artigos Odontológicos Ltda. – São Paulo, São Paulo - Brasil)

Esse material foi manipulado na proporção de 3 a 4% de líquido catalisador para cada porção de silicone dosada, a fim de preencher completamente a moldeira acrílica. O preenchimento da moldeira com o material de moldagem foi realizado de maneira lenta, a fim de se evitar a formação de bolhas por inclusão de ar. O segmento da hemimandíbula foi então inserido lentamente no silicone, de modo a estar totalmente imerso no material. Para cada segmento da hemimandíbula (parte proximal e distal) foi realizado um molde de silicone.

Foi aguardado então um período de 24 horas para a completa presa do material de moldagem de acordo com a recomendação do fabricante para a posterior separação do molde/matriz.

Cada molde foi utilizado apenas uma vez para evitar distorções quando da inserção da resina e retirada dos modelos fotoelásticos.

O segmento da hemimandíbula foi então retirado do interior do material de moldagem com o máximo de cuidado possível para tentar minimizar que a moldagem sofresse alterações como perfurações ou rasgamento (Figura 12).



Figura 12 – Abertura e retirada da hemimandíbula do interior do molde.

A confecção dos modelos fotoelásticos foi realizada com resina Araldite (Araltec Produtos Químicos Ltda., Guarulhos – São Paulo, Brasil) que possui dois componentes líquidos, a GY-279 modificada, com diluído reativo, de baixa até média viscosidade, formulada à base de bisfenol A, e um endurecedor HY 2963 à base de amina cicloalifática, modificado, de baixa viscosidade, o que permite maior aplicação e manuseio.

A cura deste material ocorre à temperatura ambiente por meio de um sistema endurecedor, o que possibilita a confecção de modelos de plástico fotoelástico, transparente, de alto brilho e sem exsudação. Os componentes devem ser armazenados a 18-25°C e tempo de armazenamento de um ano (GY279 BR) e dois anos (HY 2963).

A quantidade de material a ser utilizado deve ser previamente calculada de acordo com o tamanho da peça a ser modelada, e a proporção da mistura recomendada é de 100 partes de GY 279 para 48 partes de HY 2963.

As características dessa resina estão descritas a seguir:

Propriedades da Araldite GY 279 BR:

- Baixa tendência à cristalização
- Viscosidade à 25°C (500-700 mPa)
- Equivalente epóxi 192-213 Eq/Kg
- Cor (gardner) _ 3
- Peso específico 1,10 g/cm³

Propriedade do endurecedor HY 2963:

- Viscosidade a 25° C (40-70 mPa)
- Cor (gardner) –2
- Ponto de fusão 226°F

Após a mistura de 100:48 partes em peso, o produto contém as seguintes características:

- Viscosidade a 25°C
- Tempo de gel: 100ml / 46 min a 20°C 65% UR

Ambas as porções foram vertidas em um recipiente tipo Becker e misturadas de forma manual com um bastão de vidro bem vagarosamente, de modo a evitar a incorporação de bolhas no material, que poderiam dificultar o processo de leitura – Figura 13.



Figura 13 – Resina e o endurecedor já misturado com auxílio de um bastão de vidro.

A resina e o endurecedor foram misturados até a completa homogeneização dos produtos e, com o auxílio de uma seringa, foram injetados lentamente no molde até completar todo o conteúdo interno do mesmo (Figura 14).

Após a conclusão do processo de preenchimento do molde, ele foi recoberto com filme plástico tipo PVC para proteção da superfície contra a deposição de impurezas ou poeira em suspensão, durante sua polimerização.

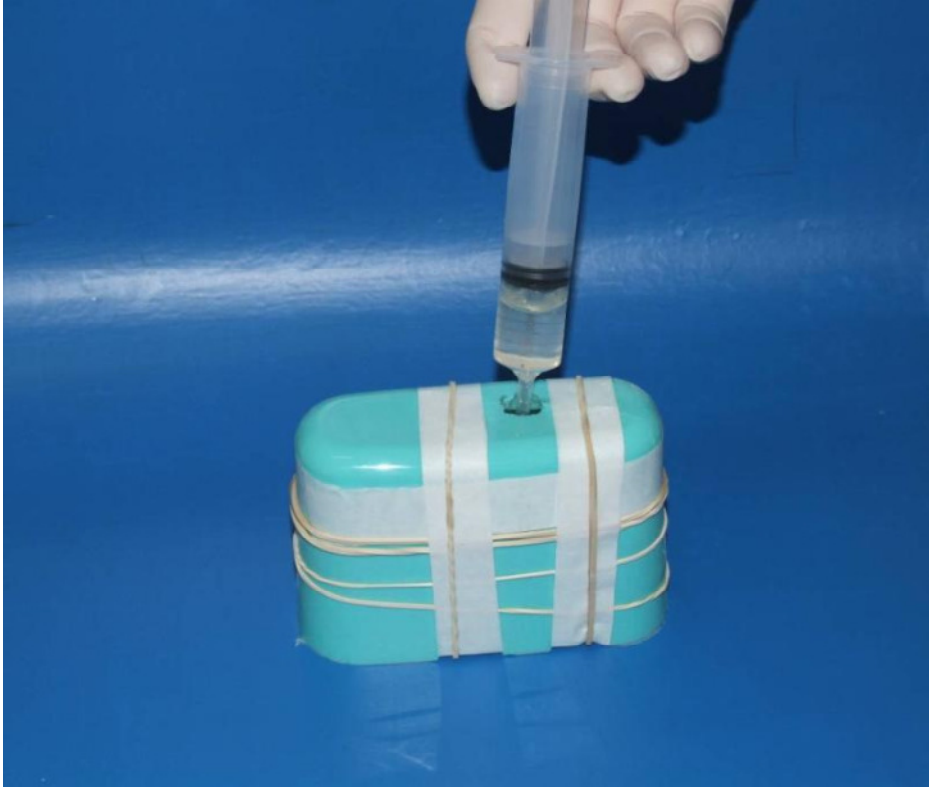


Figura 14 – Aplicação da resina fotoelástica no molde

O tempo estimado para o modelo fotoelástico alcançar o estágio de reconformeamento é de 2 a 3 horas após o início da mistura, dependendo do tamanho da amostra, espessura e do ambiente de polimerização. Foi aguardado um período adicional de 72 horas, seguindo recomendações do fabricante, para a remoção dos modelos fotoelásticos dos moldes.

Após o período necessário para a presa da resina fotoelástica, foi realizado um corte no molde e a hemimandíbula retirada com muito cuidado para evitar ao máximo a indução de tensões.

Os segmentos da hemimandíbula foram então fixados com o auxílio dos guias confeccionados em resina acrílica, os mesmos utilizados na fixação das hemimandíbulas em poliuretano. Para o teste fotoelástico, foram confeccionados 2

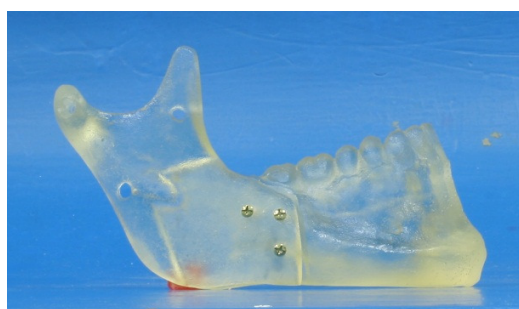
modelos correspondentes às seguintes amostras: Osteotomia Convencional e Osteotomia da Base.

Para a fixação, foram utilizados parafusos de titânio do sistema 2,0 mm, parafusos bicorticais de 13 mm, em disposição em “L” invertido (Figura 15), da marca comercial Osteosin sistema de implante, (Osteosin, São Paulo-SP/Brasil).

A perfuração das amostras foi realizada lentamente com brocas do sistema 2,0 mm Osteosin sistema de implante, (Osteosin, São Paulo-SP/Brasil) a 30.000 rpm, com irrigação abundante como água para evitar a indução de tensões no modelo de resina fotoelástica.



15.a



15.b

Figura 15 – Hemimandíbulas confeccionadas em resina fotoelástica e fixadas.

Fixação em “L” Invertido. (**15.a** - Osteotomia da Base; **15.b** - Osteotomia Convencional)

Após a fixação dos modelos, os mesmos foram à máquina de ensaio universal Instron, modelo 4411, acoplada ao polariscópio plano desenvolvido pela empresa Eikonai Instrumentos Ópticos Comércio e Serviço Ltda. (São Paulo – SP, Brasil) do Departamento de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas (FOP-Unicamp) (Figura 16 e 17).

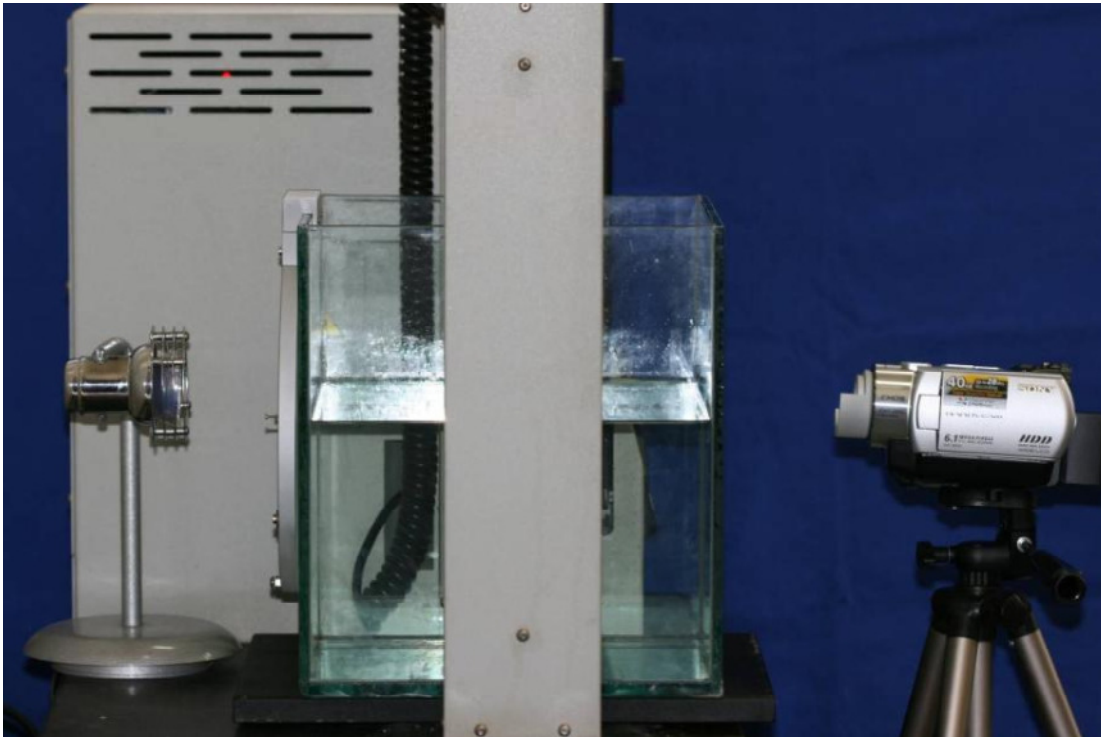


Figura 16 – Vista lateral do polariscópio já acoplado à máquina de ensaio e com a câmera em posição.



Figura 17 – Vista frontal do polariscópio acoplado à máquina de ensaio.

As amostras foram submetidas à carga vertical na região da fossa central dos primeiros dos molares inferiores através de um dispositivo de aplicação de carga semelhante ao utilizado no teste mecânico, que foi adaptado à máquina de ensaio universal Instron modelo 4411 da mesma instituição. Essa incidência de carga permitiu uma avaliação das tensões geradas na face vestibular da mandíbula, e este teste foi chamado de vertical.

Para melhorar a visualização das franjas de tensões nas hemimandíbulas confeccionadas em resina fotoelástica, foi utilizado um cubo de 30 x 30 x 30 cm confeccionado em vidro temperado transparente, onde foi adicionado óleo mineral transparente (Campestre Ind. e Com. de Óleos Vegetais Ltda. – São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil).

Para a realização do teste fotoelástico, as hemimandíbulas em resina fotoelástica foram presas e apertadas ao suporte metálico, com parafusos. Esse suporte foi então levado ao interior do cubo de vidro para a realização do teste fotoelástico.

A máquina de ensaio foi programada para realizar o teste a uma velocidade constante de 1mm/min até atingir o deslocamento de 3 mm, quando a mesma estacionava a ponta de incidência de carga e era realizada a tomada fotográfica das franjas isocromáticas. Além da tomada fotográfica na carga final, também foi realizada a tomada fotográfica inicial, a fim de se demonstrar a ausência de tensões residuais na amostra.

A partir dos testes pilotos, as hemimandíbulas foram filmadas e fotografadas no deslocamento de 3 mm, por ser aquele que apresentou a ordem de franjas mais nítida para a análise das hemimandíbulas. Além da padronização do deslocamento, os testes foram continuados após atingirem 3 mm e novas imagens registradas no momento específico de incidência de carga de 3 kgf para comparação entre os grupos amostrais quando da mesma carga em tempos distintos.

Para se tentar minimizar as tensões geradas nos modelos fotoelásticos, os mesmos foram levados a uma estufa com temperatura de 55°C onde permaneceram por 5 minutos para eliminação das tensões residuais, conforme proposta de Torres (2008), que é o protocolo utilizado na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Antes de iniciar os testes fotoelásticos, foram realizadas fotos iniciais com uma Máquina Fuji Modelo 9000 (Fuji Corporation, Japão) para registro das mínimas tensões residuais remanescentes nas amostras, em decorrência das perfurações realizadas previamente à inserção dos parafusos de fixação, bem como a própria pressão dos parafusos sob o substrato. O teste foi filmado na íntegra com o uso de uma filmadora Sony Modelo Handycam DCR-SR300 6.1 MP (Sony Corporation, Japão).

Após a máquina de ensaio universal ter realizado o deslocamento desejado (3 mm), a mesma era automaticamente colocada em pausa e uma foto final realizada, assim como na carga de 3 kgf.

4.8 Forma de Análise dos Dados da Avaliação Fotoelástica

Para a análise fotoelástica, foi adotado o método qualitativo, que é composto, de acordo com Damaceno (2005), pela avaliação descritiva e comparativa da localização, distribuição e concentração das franjas formadas durante e após a realização de cada seqüência de testes, sem a sua quantificação. Não houve preocupação em descrever os padrões de cores visualizados, pois não foi objetivo quantificar o padrão de tensões, e sim avaliar comparativamente a sua distribuição e concentração ao longo da fixação empregada.

4.9 Análise Estatística

Os dados obtidos dos testes de carregamento linear e da análise extensiométrica foram submetidos à análise estatística, a fim de se comparar quantitativamente os resultados absolutos obtidos para as diversas amostras desse estudo. Para essa análise, foi utilizado o programa estatístico software SPSS versão 11 (IBM Corp., Somers, NY, EUA) .

Resultados

5.1 Extensometria

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 por meio 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 comparou a eficácia de duas técnicas de osteotomia sagital do ramo da mandíbula, onde são observados os valores para averiguar qual das duas técnicas possui mais eficiência segundo o carregamento linear, deslocamento e medidas observadas nos três parafusos que compõem o sistema de fixação. Neste estudo foi utilizado teste estatístico de *t* de Student com um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) para a comparação entre as médias.

Cada técnica utilizada é considerada como um fator e representa cada técnica utilizada, e cada técnica é chamada por Grupo I (Epker, 1977) e Grupo II (Wolford et al, 1990) . As variáveis aleatórias neste trabalho são força aplicada (F), deslocamento (D), parafuso 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 ($n_1=n_2=n_3=10$). $E(F) = \bar{f}$ Força média global das 20 mandíbulas e i = força média para os grupos, mostra a tentativa de padronização da amostra com a eliminação de possíveis variáveis.

5.2 Testes Estatísticos

Os dados foram submetidos à análise estatística no software SPSS versão 11 (IBM Corp., Somers, NY, EUA), sendo aplicado o teste *t* de Student com nível de significância de 5% ($\alpha= 0,05$) para a comparação entre as médias.

Comparação entre as Cargas Finais (em N)

De acordo com o teste estatístico de *t* de Student, não existiu diferença estatisticamente significativa entre as cargas finais entre as amostras do grupo de osteotomia convencional e na base ($p=0,243$).

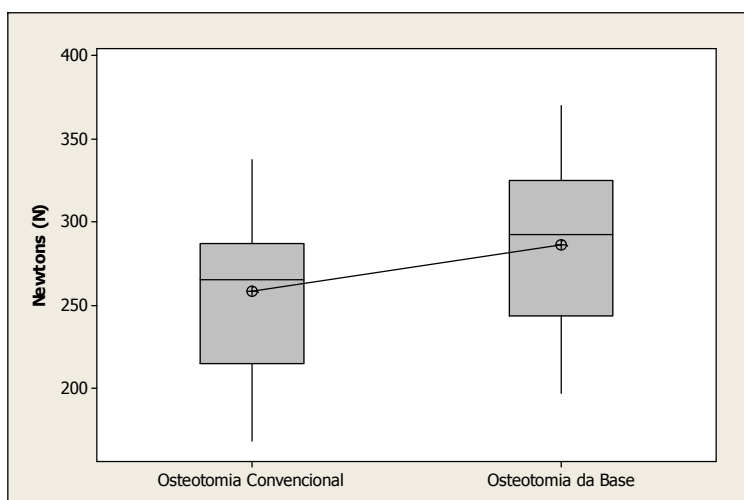


Gráfico 1 – Carga final entre os grupos da osteotomia convencional e da base

Comparação entre o Deslocamento Final (em mm)

Para o deslocamento final, pelo teste estatístico de *t* de Student, não existiu diferença estatisticamente significativa entre as amostras do grupo de osteotomia convencional e na base ($p=0,092$).

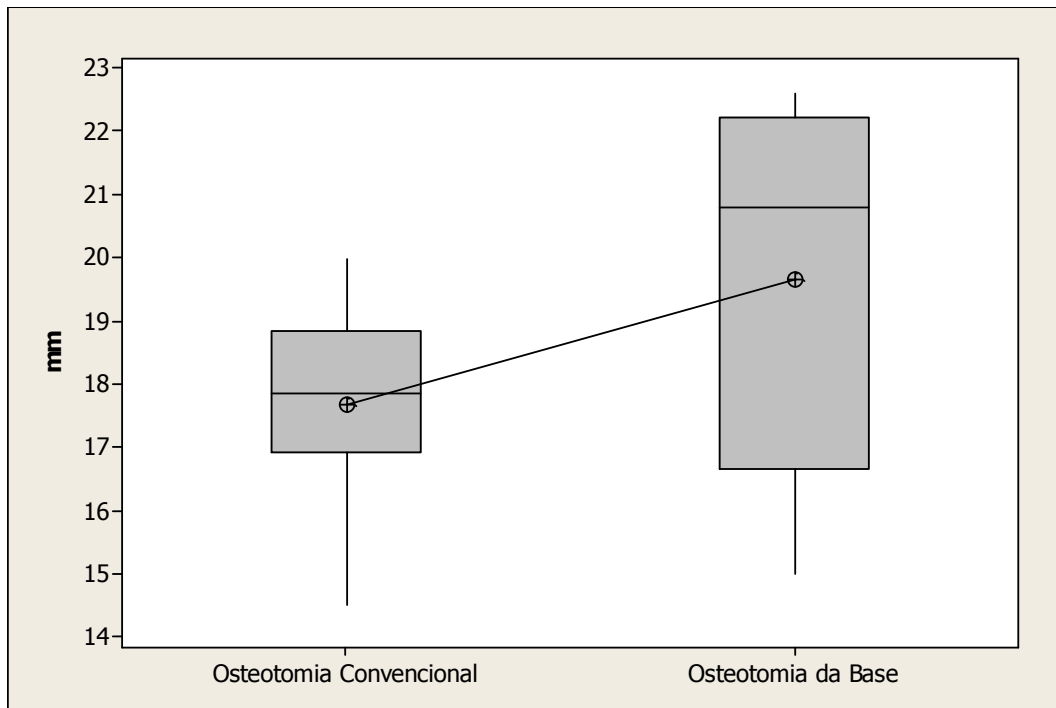


Gráfico 2 – Deslocamento final entre os grupos da osteotomia convencional e da base (em mm)

Comparação entre a Carga no Parafuso 1 (em N)

Para o parafuso 1, pelo teste estatístico de *t* de Student, não existiu diferença estatisticamente significativa entre as amostras do grupo de osteotomia convencional e na base ($p=0,551$).

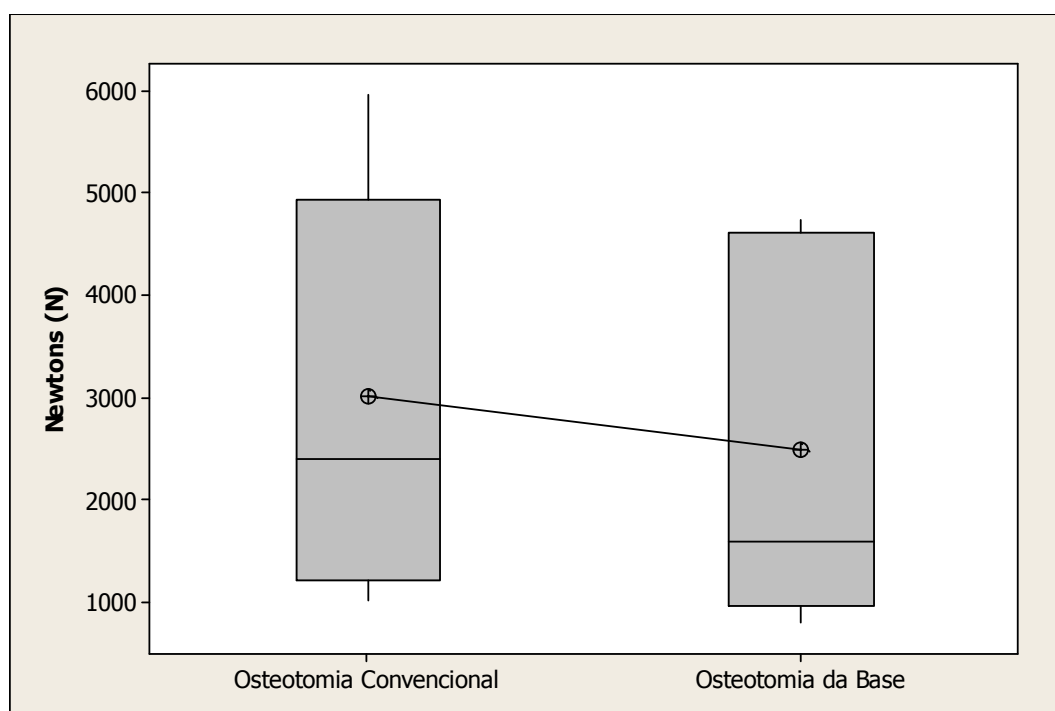


Gráfico 3 – Tensão no parafuso 1 entre os grupos da osteotomia convencional e da base (em N)

Comparação entre a Carga no Parafuso 2 (em N)

De acordo com o teste estatístico de *t* de Student, houve diferença estatisticamente significativa entre as tensões no parafuso 2 entre as amostras do grupo de osteotomia convencional e na base ($p < 0,05$), sendo que a osteotomia convencional apresentou menos deslocamento quando comparado com a osteotomia base.

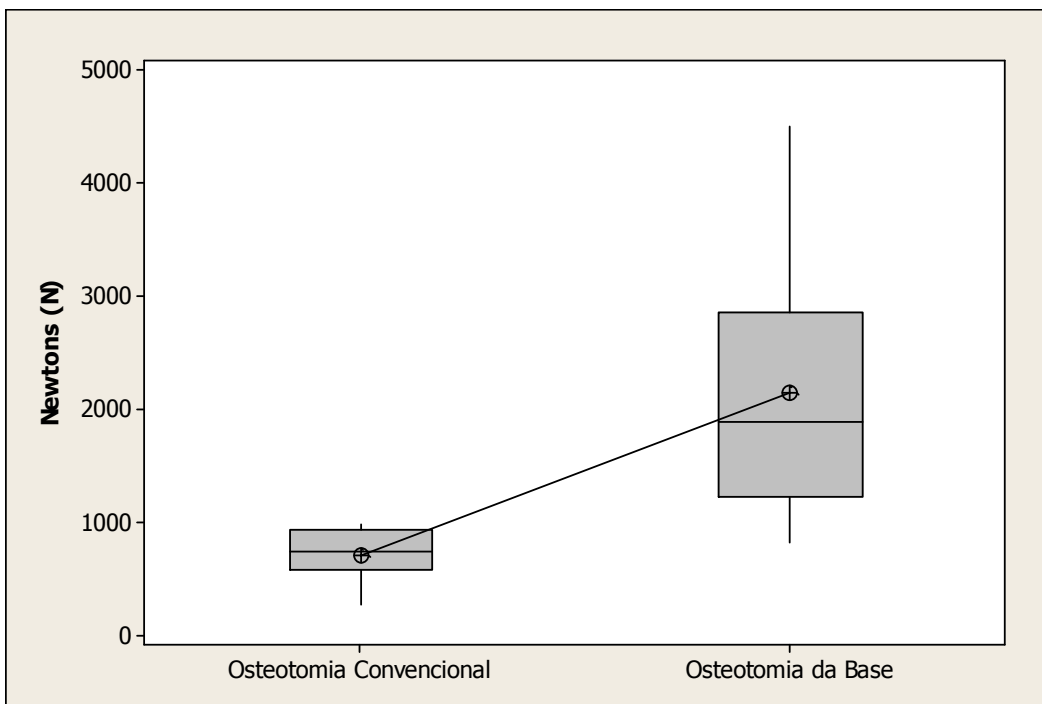


Gráfico 4 – Tensão no parafuso 2 entre os grupos da osteotomia convencional e da base (em N)

Comparação entre a Carga no Parafuso 3 (em N)

No caso do parafuso 3, pelo teste estatístico de *t* de Student, não existiu diferença estatisticamente significativa entre as tensões entre as dos grupos de osteotomia convencional e na base ($p=0,245$).

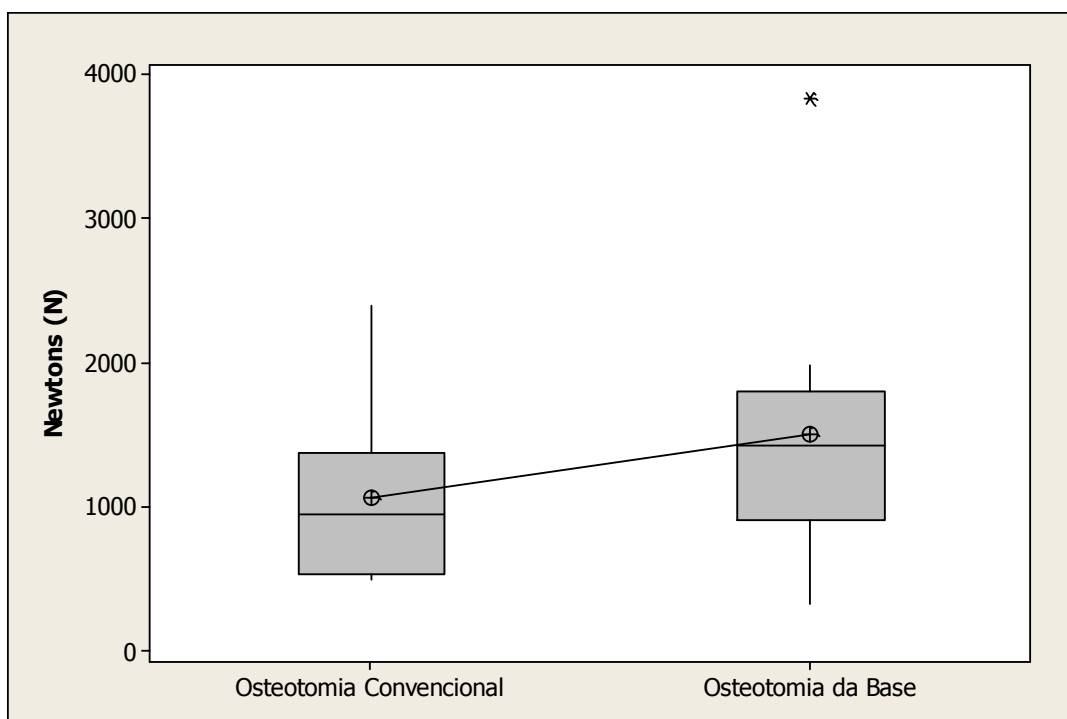


Gráfico 5 – Tensão no parafuso 3 entre os grupos da Osteotomia Convencional e da Base (em N)

5.3 Testes Fotoelásticos

Para a análise dos testes fotoelásticos, as hemimandíbulas em resina fotoelástica foram fotografadas no momento inicial (antes do início do teste) e final (quando a máquina de ensaio registrou o deslocamento final de 3mm).

Para análise dos dados, as franjas formadas no substrato foram comparadas entre os dois grupos de forma qualitativa, ou seja, quanto aos padrões de formação e localização entre os grupos, sem a preocupação em quantificar essas zonas de tensões.

Teste Vertical – Carga de 3 kgf/ Deslocamento de 3 mm

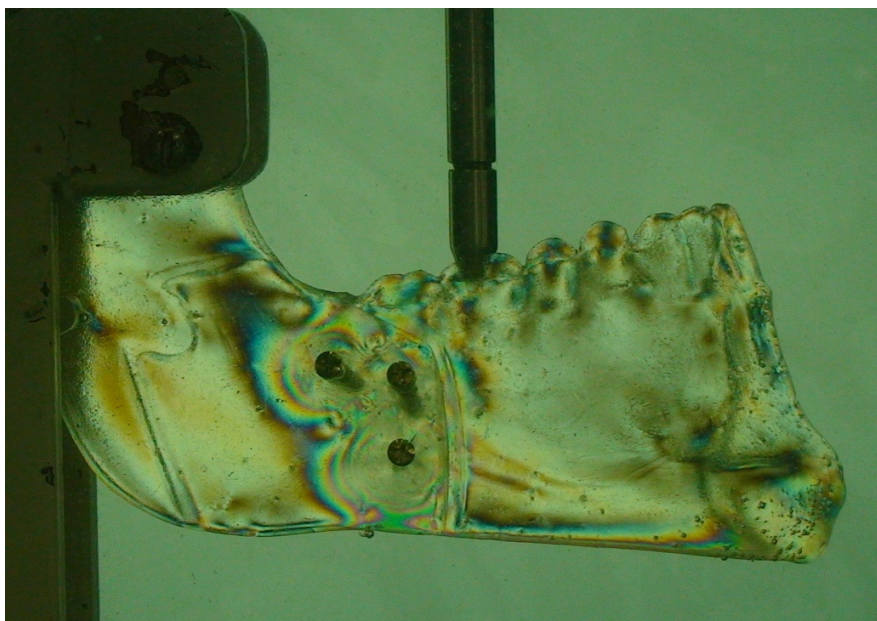


Figura 23 – Osteotomia Convencional - Parafusos disposição “L” invertido – 3 kgf (3 min)

Na amostra da osteotomia convencional da análise fotoelástica, os parafusos com maiores concentrações das franjas isocromáticas de tensões estão localizadas nos parafusos 1 e 3, sendo que o parafuso 2 foi o que apresentou menor concentração de tensão no sistema de fixação (Figura 23).

Teste Vertical – Carga de 3 kgf/ Deslocamento de 3 mm

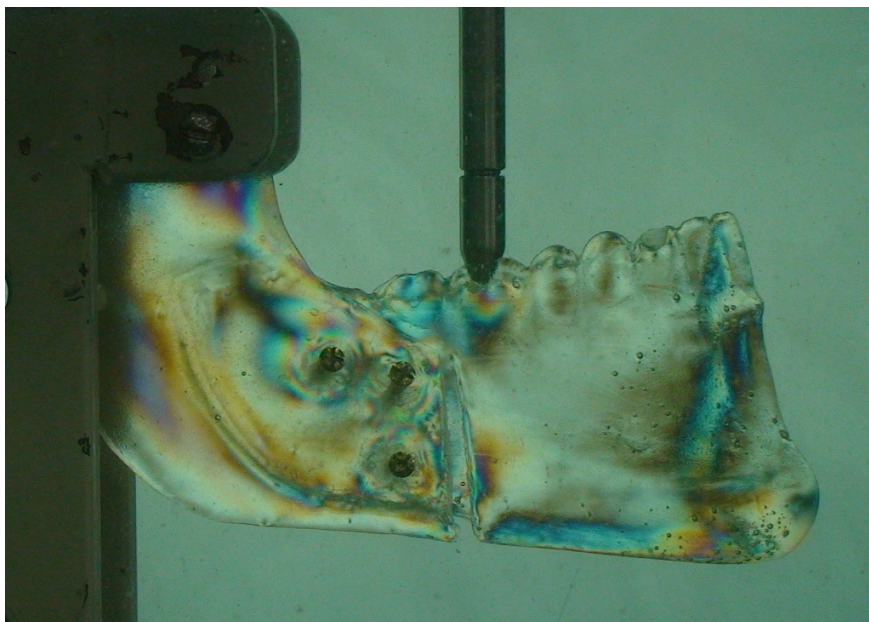


Figura 24 – Osteotomia da Base - Parafusos disposição “L” invertido – 3 kgf (3 min)

Para a amostra da osteotomia da base na análise fotoelástica, os parafusos 1 e 3 foram novamente aqueles que apresentaram maiores concentrações de tensões e o parafuso 2 o de menor concentração. Entretanto, numa análise comparativa entre as tensões geradas entre as amostras do grupo de osteotomia convencional e o com osteotomia da base, a amostra com a osteotomia da base apresentou menores concentrações de tensões se comparada à osteotomia convencional, para um mesmo deslocamento. Esse mesmo padrão de menor tensão também é verificado ao analisar a dissipação das mesmas para áreas como a linha oblíqua da mandíbula, que tem menor tensão no grupo da osteotomia da base.

Discussão

6.1 A Carregamento Linear

A simplificação do procedimento na confecção da osteotomia sagital do ramo mandibular foi um dos progressos da cirurgia ortognática e as diversas modificações introduzidas preveniram 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 dessa 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 à 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 essa, diminuiriam a possibilidade de fratura distal ao último dente do segmento distal segundo Wolford, 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 e as modificações introduzidas ao longo do tempo, mostram 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 (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 certamente ainda 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 que levou à realização deste estudo é o número crescente de modificações e a falta de um estudo técnico capaz de informar à 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 leva a resultados previsíveis em um curto prazo.

A mandíbula de poliuretano foi escolhida para este estudo devido à facilidade de sua aquisição e por se 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, afim de se chegar a conclusões plausíveis e concretas. Teoricamente, a única variável introduzida neste 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.*, 1990). Com isso, tentou-se eliminar as variações anatômicas que certamente seriam encontradas neste estudo caso se optasse pelo uso de mandíbulas humanas. Além disso, material humano tem

complicações legais que dificultam e, em alguns casos, até inviabilizam a realização de trabalhos científicos.

Estudos biomecânicos sobre fixação interna estável na osteotomia sagital do ramo são facilmente encontrados na literatura. Vários tipos de testes 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 deste estudo baseou-se inicialmente na ausência de trabalhos de comportamento biomecânico relacionado aos desenhos da osteotomia sagital. A falta de estudos científicos dessa natureza foi portanto, o principal motivo para a concretização deste trabalho, já que a literatura é vasta em artigos onde o foco é o tipo de fixação.

Para isso, as modificações escolhidas para este estudo estão entre aquelas que possuem modificação na execução e na estrutura espacial da osteotomia e que possuem relevância literária, clínica e informalmente estão entre as 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 a 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 dessa modificação da osteotomia sagital.

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 o côndilo e a fossa mandibular.

A osteotomia correspondente ao grupo II apresenta um maior grau de dificuldade nas mãos de cirurgiões iniciantes pode ser um fator complicador execução dessa 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, não 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 neste trabalho tiveram valores estatisticamente semelhantes. O grupo I e grupo II estatisticamente não possuem diferença. A metodologia utilizada mostrou que, em termos de carga final e de deslocamento final dos sistemas de fixação, não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos amostrais.

No artigo da modificação da técnica escrito por (Wolford et al., 1990), 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 resistência do segmento distal uma vez que estatisticamente não houve diferença entre o desenho sugerido por Epker, (1977) e o desenho sugerido por Wolford, (1990) de acordo com a metodologia empregada. Sendo assim, a integridade da espessura cortical do segmento proximal pouco 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, 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 configuração dos dispositivos de fixação pode influenciar significativamente na dissipação de força e resistência mecânica do conjunto Nascimento, (2010); Sato, (2009); Chuong, (2009); Brasileiro, (2009). Somente após as inúmeras combinações de osteotomia com tipos de fixação e estudos como este é que se 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 dois grupos, não houve diferenças estatística de termos de carregamento mecânico e deslocamento. Do ponto de vista clínico, em ambas as osteotomias, o padrão de fixação usado apresenta resistência suficiente para estabilização dos segmentos ósseos nos pós-operatório, devendo-se considerar também que o deslocamento muscular e o edema diminui a força mastigatória no período pós-operatório imediato (Ellis, *et al.*, 2003)

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. Na região final do segmento proximal é uma área chave, uma vez que essa região é de suma importância no sucesso a curto prazo para essa técnica com esse tipo de fixação utilizada neste 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, uma vez que aumentará a capacidade do sistema em receber cargas oclusais e conseqüentemente aumentará a confiabilidade desse sistema complexo. Seguindo essa linha de raciocínio, os dados obtidos neste

estudo permite afirmar que o parafuso 2 do grupo I é o parafuso que sofreu maior tensão ao longo dos testes extensométricos, da mesma forma que o parafuso 2 do grupo II recebeu maior tensão, logo esses parafusos deverão receber maior cuidado na fixação, ou até escolher uma área mais segura para sua instalação (Nascimento, 2010).

Os desenhos representados nos grupos I e II mantêm a espessura da cortical mandibular até a porção final do segmento proximal, por manter esse arcabouço ósseo do segmento proximal. 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 semelhantes, o que pode mostrar que esses resultados podem ser diretamente ligados à estrutura da osteotomia sagital do ramo.

Dessa forma, teremos o colapso do sistema mandíbula-osteotomia- fixação, quando temos menor espessura óssea, refletindo diretamente nas características físicas e, por isso, menor elasticidade e menor capacidade para receber força direta, 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 neste estudo. Nesse sentido, ainda é prematuro e insensato a contraindicação de qualquer técnica de osteotomia sagital, mas é importante saber que, para regiões de menor espessura, assumir valores menores de deslocamento 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 no final da pesquisa é a comparação desses cortes com diferentes disposições dos parafusos, bem como a utilização de placas. Talvez a disposição em linha na borda anterior do ramo promova resultados parecidos com os dois grupos, uma vez que a espessura óssea nessa região é semelhante. Outro fator observado durante a execução dos testes de flexão mostrou que ambos os grupos não possuíam a tendência de separação do segmento proximal e distal na parte superior (alveolar) da mandíbula e a fratura iniciava na região do parafuso 2, que

teve maior valor de tensão, mostrando, durante a realização dos testes que o segmento proximal e distal unidos pelo sistema de fixação não movimentavam independentemente (Nascimento, 2010).

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 *et al.*, 2007), 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 neste estudo. É claro que não há como comparar modelo *in vivo* com um 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 mastigatória (carregamento) 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 *et al.*,1995); (Koke *et al.* 2004); (Ikebe *et al.*, 2005); (Usui *et al.*, 2007).

6.2 A Avaliação Extensométrica

Quando forças são aplicadas a objetos estacionários stresse e consequentemente deformação são observados. Stresse é a resistência interna do objeto à movimentação, e tensão é o deslocamento e deformação que ocorrem. Tensão aplicada a um objeto é medida por extensômetro. O extensômetro converte a movimentação mecânica em sinais elétricos, e esses sinais são convertidos em força por programa específico (Takeya, 2000).

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 na 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 direta na dissipação de forças (Nascimento, 2010).

O grupo I mostrou sobrecarga no parafuso 1, e o grupo II mostrou uma dissipação de força uniforme com uma sobrecarga parecida nos parafusos que compõem o sistema de fixação. Analisando especialmente 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 de 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, que 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 stresse. Como o ponto de maior estabilidade de todos os grupos estudados localizavam-se no parafuso 2. Isso mostra que essa é a que menos sofre stresse mecânico e consequentemente, é a área maior estabilidade e o que menos sofre deformação dimensional, mostrando que essa é a parte mais estável em uma osteotomia sagital do ramo, pelo menos nos desenhos estudados neste trabalho.

O inverso é verdadeiro, quando se consideram os parafusos que atingiram os maiores valores nos testes extensométricos. Pode-se considerar que essa é a região de menor estabilidade e a região que sofre maior deformação dimensional do complexo. Clinicamente, é possível afirmar que esse 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.

Quando o fulcro que é o ponto de maior equilíbrio e o parafuso de maior estresse se encontra localizado nos parafusos localizados próximos à região superior mandibular ou na região próxima da aplicação de força (parafusos 1 e 2) o sistema tende a se movimentar em uniformidade como um único corpo, conferindo estabilidade e resistência, aumentando o equilíbrio do conjunto mandíbula-osteotomia-fixação. 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 por que a diferença de desenho da osteotomia sagital gera resultados diferentes, assim, o fulcro e o ponto de aplicação da força devem estar o mais próximo possível, para evitar um aumento no torque ao aplicar forças a um objeto estacionário.

Os testes realizados neste 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 à linha oblíqua da mandíbula, logo, o grupo II percorre um caminho inferior próximo à base mandibular.

Este estudo sugere que os diferentes desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular alteram o centro de gravidade mandibular, fazendo com que a mesma disposição e características dos parafusos de fixação assumam comportamento mecânico e físico diferentes. Essa discussão é pertinente apenas até o reparo das áreas fraturadas em humanos. Após o estabelecimento 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.

6.3 A Avaliação Fotoelástica

Os resultados observados nesta investigação fotoelástica permitem uma análise do comportamento das tensões oriundas das forças oclusais sobre o sistema de fixação interna rígida em osteotomias sagitais dos ramos mandibulares.

O método selecionado para esta pesquisa é fortemente balizado por diversos autores como (Broadsky *et al.*, 1975); (Cruz *et al.*, 2004); (Laganá *et al.*, 1992), (Noonan *et al.*, 1949), (Kim *et al.*, 1993), entre outros, que descrevem e qualificam a fotoelasticidade como um método de análise que possibilita a visualização conjunta das tensões nos corpos, que podem ser medidas e fotografadas, enquanto que, em outros métodos analíticos, são necessários gráficos e esquemas de distribuição de forças construídos a partir de dados numéricos. Outra vantagem é a possibilidade de se fazer a análise de distribuição de tensões em corpos de morfologias complexas, como os ossos do complexo maxilo-facial. A fotoelasticidade possui algumas limitações, como a de ser uma técnica indireta, exigindo a reprodução da estrutura a ser estudada, o que normalmente não é fácil frente aos inúmeros detalhes das estruturas ósseas, bem como a sensibilidade da resina a diversos fatores durante a sua manipulação, como temperatura, proporção, incorporação de bolhas, entre outros fatores.

As estruturas complexas, apesar de poderem ser analisadas através de modelos fotoelásticos, como o nesta pesquisa, também apresentam maior dificuldade de interpretação. Quanto mais simples o substrato da resina fotoelástica, maior é a facilidade da análise Kuske & Robertson, (1974). Por exemplo, um bloco quadrangular com superfície lisa de pequena espessura apresenta facilidade de análise muito superior se comparado com uma estrutura geométrica complexa, como uma mandíbula dentada.

Outras dificuldades encontradas na técnica são os procedimentos de moldagem da peça a ser confeccionada, a dificuldade das manobras para a retirada do modelo do interior do molde e o seu manuseio laboratorial, que pode provocar a indução de tensões capazes de prejudicar a leitura das franjas durante os testes de aplicação das cargas. Além disso, no caso desse modelo, onde existe a sobreposição entre segmentos na área da osteotomia, a leitura fica ainda mais prejudicada pela sobreposição também das franjas. Outro fator que dificulta a leitura é a quantidade de resina existente entre a superfície e o sistema de fixação, pois quanto maior essa quantidade, menor é a nitidez em relação às franjas de tensão. Essa dificuldade ficou evidente, o que não nos possibilitou realizar o teste com a mandíbula na posição horizontal, cuja leitura das franjas de tensões possuía pouca nitidez comparanda com os testes verticais.

Deve-se ressaltar a importância da avaliação inicial dos modelos fotoelásticos para verificar as tensões que foram formadas na confecção dos modelos, o que possibilitou a distinção das mesmas com as franjas de tensões induzidas no teste, que são as de interesse para o estudo. O que se buscava era a menor quantidade possível de tensão inicial, considerando-se como ideal a inexistência de tensões no substrato, algo muito difícil de ser obtido, principalmente no caso deste estudo, em que foi necessária a realização das perfurações e posterior inserção dos parafusos, onde a não indução de tensão é quase utópica, mesmo quando realizada com o máximo de cuidado, com irrigação constante, lentamente, e a inserção do parafuso com o mínimo de pressão e colocação dos modelos em estufa com o intuito de remover tensões superficiais.

Ao contrário do que acontece no teste mecânico, na análise fotoelástica não é possível o apoio das hemimandíbulas a serem avaliadas em resina acrílica na região do ramo mandibular, pois a mesma pode provocar alterações na resina fotoelástica que poderiam interferir na leitura das franjas, principalmente em virtude dessa base de resina acrílica estar próxima ao local do sistema de fixação. Essa alteração na resina fotoelástica pode ser tanto química como mecânica, já que poderia ocorrer uma reação química entre as resinas e a própria contração de polimerização da resina acrílica poderia induzir tensões na resina fotoelástica.

A resina fotoelástica utilizada nesse estudo possui alta sensibilidade, porém apresenta baixa resistência à deformação, desta forma, a faixa de trabalho de força aplicável sobre este material é pequena e com valores mais baixos, quando comparados com a resina de poliuretano utilizada nos testes mecânicos.

Para a análise fotoelástica desse trabalho, a opção principal foi pela padronização do deslocamento, e de forma secundária pela carga. Isso se deve ao fato de que os sistemas de fixação apresentam diferentes resistências, e dessa forma o deslocamento parece ser a melhor forma de se padronizar e avaliar as franjas isocromática das amostras.

Os valores do deslocamento realizados neste ensaio foram calibrados em testes pilotos de tal forma que possibilitasse a melhor resolução de ordens de franjas no modelo e permitissem a comparação entre os diferentes grupos.

Quanto ao deslocamento realizado no teste fotoelástico, o objetivo é definir aquele que apresenta a otimização em relação à formação das franjas de tensões, permitindo dessa forma a melhor análise dos resultados (Bastos, 2005). No caso das hemimandíbulas com as diversas formas de fixação interna rígida, o deslocamento de 3 mm pareceu ser aquele com a melhor distribuição de tensões (Sato,2009). Entretanto, após os grupos atingirem o deslocamento de 3 mm, o teste fotoelástico foi continuado até a padronização da carga em 3 kgf.

Se compararmos ambas as situações, foi possível observar que a quando levadas as amostras até uma carga de 3 kgf, existiu uma intensificação das franjas

de tensão, sem alteração em relação ao padrão de distribuição. Entretanto, franjas de tensões, principalmente originadas das áreas de fixação da hemimandíbula em região de ramo mandibular começam a aparecer em maior intensidade e prejudicam a análise das franjas isocromáticas.

Considerando-se as fixações através do uso de parafusos bicorticais para esse estudo, foi possível observar, através da análise das franjas de tensões, que o principal local de concentração das tensões está localizado nos parafusos localizados na região próxima à osteotomia e mais inferiormente, perto da base da mandíbula. No caso do presente estudo, parafusos em disposição “L” invertido, mostraram grande formação de franjas entre o 2º e o 3º parafuso, sendo, portanto, o 1º parafuso, localizado mais superiormente, o de menor tensão do sistema.

A partir dessa consideração, é possível afirmar que a região próxima à osteotomia e a base mandibular estão submetidas a grande tensão, e que, portanto, necessitam de maior atenção em relação à fixação. Dessa forma, constata-se um deslocamento da zona de tensão e de resistência mandibular, que normalmente está localizada na região da linha oblíqua mandibular, conforme já demonstrado em inúmeros trabalhos como os de (Seipel *et al.*, 1948), Ralph & Caputo (1975), (Mongini *et al.*, 1979) e (Ralph *et al.*, 1975), incluindo o clássico trabalho de Champy & Lodde (1976), para a região mais inferior, na qual possui menor resistência. Essa transferência da área de tensão da linha oblíqua para a região próxima à osteotomia e base mandibular, também pode ser identificada se compararmos os grupos nos testes na análise fotoelástica. Essa fragilidade na região da base da mandíbula se deve provavelmente à menor espessura óssea, em especial a cortical óssea, conforme demonstrado por Obeid & Lindquist (1991), oferecendo dessa forma menor resistência para o sistema de fixação.

A respeito das considerações finais dos testes mecânicos, os resultados obtidos pela análise fotoelástica devem ser considerados como mais um fator para auxiliar a tomada de decisão clínica, mas não o único.

Dessa forma, conhecendo os principais componentes dos sistemas de fixação e os pontos submetidas às maiores cargas, como os parafusos situados

mais inferiormente nas fixações com parafusos bicorticais, os profissionais devem ter maior cuidado em relação ao posicionamento e travamento fornecido por esses parafusos a fim de evitar possíveis falhas nos sistemas de fixação em seu uso clínico.

Finalmente, é importante ressaltar que outros testes são necessários para a uma melhor avaliação da distribuição de tensões onde não foi possível a clara visualização das franjas isocromáticas, como no interior da osteotomia e próximos aos parafusos do sistema.

A versão modificada da osteotomia sagital do ramo (osteotomia da base) pode minimizar algumas das possíveis complicações associadas à osteotomia sagital do ramo mandibular. A inovação da técnica é que é direcionado a fortalecer os segmentos envolvidos óssea, facilitando um procedimento cirúrgico simples, e previsivelmente controlar a posição espacial do segmento proximal e evitar a possibilidade de fraturas incorretas na separação da osteotomia sagital. Contudo a necessidade de uso de dispositivo e serras para realização das osteotomias na base mandibular, bem como um tempo mais demorado da cirurgia e a necessidade de um cirurgião experiente, na qual são os requisitos para realização dessa técnica, pode limitar o uso dessa forma modificada de osteotomia sagital dos ramos mandibulares.

O maior complicador da osteotomia da base é o maior deslocamento realizado nessa técnica, basta observar o funcionamento da serra de base para realização da osteotomia da base mandibular para entendermos o grau de dificuldade . Epker em 1977, defendeu que o menor deslocamento dos tecidos preveniria a necrose asséptica e durante a execução da osteotomia o deslocamento é crítico para a viabilização da técnica da osteotomia da base.

Dessa forma surge à questão, Justifica utilizar uma técnica onde biologicamente o risco é maior, si a nossa meta é oferecer maior conforto e menor morbidade aos nossos pacientes. Uma vez que o resultado é estatisticamente insignificante segundo o que o nosso trabalho pode mostrar, até que ponto seria

viável realizar uma técnica onde temos um maior prejuízo biológico, técnica mais difícil, maior deslocamento tecidual e com maiores complicações pós-operatórias.

Os testes estensométricos avaliam essencialmente a concentração nos sistema de fixação (parafusos). Estes testes estensométricos são complementares a chamada análise fotoelástica que avalia a concentração de tensão no substrato e não no parafuso. O conjunto substrato/parafusos pode ser considerado como um sistema de fixação cuja resistência é decorrente de diversos fatores incluindo a forma em que as tensões são distribuídas tanto no substrato como nos parafusos. Nesse trabalho não existiu diferença estatisticamente significativa em termos de resistência mecânica para ambos os grupos, porém numa análise qualitativa do substrato observamos maior concentração de tensão na osteotomia convencional quando analisado as tensões ao redor do sistema de fixação. Quando avaliamos a tensão no parafuso (teste estensométricos) observamos o inverso, uma menor tensão (deslocamento) nos parafusos da osteotomia da base sendo que foi encontrado diferenças estatisticamente significativa somente no parafuso 02. Dessa forma as técnicas demonstraram ser complementares para análise das diversas formas de osteotomia sagitais.

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, mostrando que esse trabalho pode ser complementado de diversas formas e por inúmeros estudos, contribuindo para a elucidação de dúvidas. Futuros trabalhos poderiam explorar mais o tipo de osteotomias e associando a elas várias combinações de fixações e tentar simular avanços e recuos para que dessa forma analisar o comportamento biomecânico desse complexo e esclarecer dúvidas.

Dessa forma concluímos que, em termos de fixação, não existiu diferença nos testes *in vitro para a* resistência (carga e deslocamento) do sistema de fixação quando comparada a osteotomia da base com a convencional nas osteotomias sagitais dos ramos mandibulares. Pelos testes estensométricos a osteotomia da

base apresenta maior concentração de tensão apenas no parafuso 02, enquanto que os demais, não mostraram diferenças estatisticamente significantes. Pelo teste fotoelástico qualitativamente ocorreu maior concentração de tensão no substrato da osteotomia convencional.

Conclusão

De acordo com a metodologia aplicada e os resultados obtidos, dentro das limitações deste trabalho, podemos concluir:

1. Não existem diferenças estatísticas entre os grupos I e II no teste de carregamento mecânico no que diz respeito à força e deslocamento.
2. No caso das tensões geradas nos parafusos dos grupos de osteotomia convencional e da base, somente no caso do parafuso 2 existiu diferença estatisticamente significativa entre as amostras.
3. Na análise fotoelástica, as tensões se concentraram nas regiões dos parafusos localizados mais inferiormente e próxima à osteotomia, tendo maior concentração na osteotomia convencional.

Referências Bibliográficas

- Aziz SR, Simon P, Hüllihen and the origin of orthognathic surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2004, 62, 1303-1307.
- Bastos PL. Análise fotoelástica da distribuição de tensões em próteses totais fixas implanto-suportadas [Dissertação]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2005.
- Bell, WH, Schendel, AS. 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.
- Booth, DF. Control of the proximal segment by lower border wiring in the sagittal split osteotomy. J Maxillofac Surg. 1981; 9: 126-128.
- 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.
- Broadsky JE, Caputo AA, Furtzman LL. Root Typing: a photoelastichistopatologic correlation. Am J Orthod. 1975, 67 (1): 1-10.
- Buijs GJ, Van der Houven EB, Stegenga B. Mechanical strength and stiffness of biodegradable and titanium osteofixation systems. J Oral Maxillofac Surg. 2007; 65:2148-21.
- Champy M, Lodde JP. Mandibular synthesis. Placement of the synthesis as a function of mandibular stress. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 1976 Dec;77(8):971-6.
- 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.
- Daniel Ricard, Joël Ferri. Modification of the Sagittal Split Osteotomy of the Mandibular Ramus: Mobilizing Vertical Osteotomy of the Internal Ramus Segment..J Oral Maxillofac Surg. 67:1691-1699, 2009.
- Dal Pont, G. Retro-molar osteotomy for the correction of prognathism. J Oral Surg. 1961, v.19, p. 42-45.
- Damaceno ARD. Análise fotoelástica da distribuição de tensões induzidas por infra-estruturas implanto-suportadas após soldagem a laser ou retificação de cilindros [Dissertação de Mestrado]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2005.
- 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. 1988, 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 BS, 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 prognathism. 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.
- Kim HC, Essaki S, Kameyama T, Yamamoto K. Photoelastic analysis of internal screw fixation after sagittal split ramus osteotomy. *J Cran Maxillo Fac Surg.* 1993, 21, 266-70.
- 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.
- Kuske A, Robertson C. *Photoelastic Stress Analysis.* New Jersey: John Wiley and Sons Inc., 1974.
- Laganá DC. Estudo comparativo do comportamento biomecânico das próteses removíveis de extremidade livre e das próteses parciais fixas em cantilever. Análise fotoelástica das reações das estruturas de suporte [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP, 1992.
- Lines P. modification of the sagittal split ramus technique. *J Oral Maxillofac Surg.* 1982, 40(4)245-248
- Lupori JP, Kewitt GF, Van Sickels JE. Bilateral sagittal split osteotomy advancement and setback. In: Fonseca RJ, editor. *Oral and maxillofacial surgery.* Philadelphia: W.B. Saunders; 2000. v. 3. p. 297-310.

- 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.
- Mongini F, Caldrate PM, Barberi G. Relationship between stress and the stress pattern in the human mandible. *J Dent Res.* 1979;58:2334-7.
- 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.
- Nascimento FFAO. Avaliação biomecânica de três desenhos de osteotomia sagital do ramo mandibular [Tese]. UNICAMP/FOP: 2010.
- Nishoka GJ, Aragon SB. Modified sagittal split technique for patients with a high lingual. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989,47:426-427.
- Niederdellmann H, Schilli W, Ewers R, Akuamoah-Boateng E. Photoelastic behavior of osteosynthesis plates with different arrangement of screw holes for mandibular fractures. *Int J Oral Surg.* 1975;4:27-31.
- Niederdellmann H., Burhmann K., Collins, F.J.V. Stellschraube, Adjvans in der kieferorthopadischen chirurgie. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 1984; 8: 62.
- Niederdellmann H., Shetty, V. Technical Improvements in the sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989; 67: 25-30.
- Noonan MA. The use of photoelasticity in a study of cavity preparation. *J Dent Child.* 1949, 16 (4), 24-8.

- Obeid G, Linquist CC. Optimal placement of bicortical screws in sagittal split ramus ostotomy of mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991; 71: 665-669.
- Ralph JP, Caputo AA. Analysis of stress patterns in the human mandible. *J Dent Res.* 1975;54:814-21.
- Ralph JR Photoelastic studies in the edenmlous human mandible. *J Dent.* 1975;3:9-14.
- Sakamaki H, Kitamura E, Nogami T, Ito K, FujimotoY, 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 psteotomy 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 berücksichtigunihrer für die behandlung angeborener und erworbener kieferdeformitäten bei soldaten. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 1942;9:73.
- Seipel CM. Trajectories of the jaws. *Acta Odont Scand.* 1948;8:81-191.
- 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
- Spiessl, B. *New Concepts in Maxillofacial Bone Surgery.* New York, NY, Springer-Verlag, 1976.
- 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.
- Torres EM. *Análise fotoelástica das tensões geradas por próteses sobre implantes com diferentes planejamentos para reabilitações parciais em áreas posteriores da mandíbula.* [Tese]. Ribeirão Preto: FORP-USP, 2008.
- 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.

- Usui T, Uematsu S, Kanegae K, Morimoto T, Kurihara S. Change in maximum occlusal force in association with maxillofacial growth. *Orthod Craniofac 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.
- Watzke IM, Turvey TA, Phillips C, Profitt WR. Stability of mandibular advancement after sagittal osteotomy with screws or wire fixation: a comparative study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1990; 48 (2): 108-21.
- 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 deficiency 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 Patho.* 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.