

VALTHIERRE NUNES DE LIMA

**AVALIAÇÃO MECÂNICA DE DIFERENTES TIPOS DE
FIXAÇÃO PARA OSTEOTOMIA LE FORT I APÓS
GRANDE AVANÇO MAXILAR**

Araçatuba – São Paulo

2020

VALTHIERRE NUNES DE LIMA

**AVALIAÇÃO MECÂNICA DE DIFERENTES TIPOS DE
FIXAÇÃO PARA OSTEOTOMIA LE FORT I APÓS
GRANDE AVANÇO MAXILAR**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, para obtenção do Título de DOUTOR EM ODONTOLOGIA (Área de concentração em Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial).

Orientador: Prof. Dr. Assoc. Osvaldo Magro Filho.

Araçatuba – São Paulo

2020

Catálogo na Publicação (CIP)
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

L732a Lima, Valthierre Nunes de.
Avaliação mecânica de diferentes tipos de fixação para
osteotomia Le Fort I após grande avanço maxilar / Valthierre
Nunes de Lima. - Araçatuba, 2020
58 f. : il. ; tab.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Orientador: Prof. Osvaldo Magro Filho

1. Maxila 2. Osteotomia de Le Fort 3. Cirurgia ortognática
I. T.

Black D7
CDD 617.64

Claudio Hideo Matsumoto – CRB-8/5550

A decorative graphic consisting of a light blue horizontal bar on the left, a dark blue diagonal bar extending from its bottom right corner, and a dark blue horizontal bar extending from the end of the diagonal bar to the right edge of the page.

*D*EDICATÓRIA

Dedicatória

Eu dedico este trabalho, com muita alegria e satisfação, aos amores que a vida me proporcionou. Aqui declaro toda a minha gratidão à minha família.

Minha amada esposa (Fernanda Leitão de Castro Nunes de Lima): O seu companheirismo, cumplicidade, paciência, dedicação e amor foram fundamentais para esta conquista. Obrigado por se manter firme e forte em seus ideais, buscando sempre a nossa união e o fortalecimento do nosso amor. Não sei como seria se tudo fosse diferente, pois não consigo imaginar a minha vida sem você. Te amo, minha linda.

Minha amada Filha (Maria Tereza Leitão de Castro Nunes de Lima): Você é a minha “mola propulsora”, a princesa linda que surgiu em minha vida. Meu amor por você cresce a cada dia e isso me faz ser uma pessoa mais feliz, por isso agradeço a sua existência e mais ainda o seu jeito único de ser. Mesmo tendo apenas 6 anos de idade você já me ensinou muito e quero sempre poder aprender cada vez mais com você. Te amo muito, meu amor.

Minha amada Mãe (Tereza Neuma Nunes de Lima): A você minha mãe, dedico toda a minha força e vontade de vencer na vida. Apesar da distância a senhora sempre me fez sentir sua presença. Obrigado por todos os ensinamentos, pelos os sins e nãoos, que me fizeram amadurecer. Sua garra e determinação em criar seus filhos à eleva um patamar de vencedora. O amor de um filho nunca será maior do que de uma mãe, mas saiba que te amo na maior quantidade que um filho pode amar.

Meu amado Irmão (Valthemís Nunes de Lima): Nossa amizade, companheirismo, honestidade e fidelidade me proporcionaram crescimento pessoal e profissional, pois nossas conversas sobre a vida e o que fazer dela sempre me motivaram a seguir no caminho que joguei correto. Obrigado por ser além de meu irmão, o meu melhor amigo. Te admiro pela pessoa que és e por toda sua inteligência. Sei que não preciso escrever porque você já sabe, mas faço questão. Te amo mano véi.

Minha amada Irmã (Dhomícia Nunes Andrade): Obrigado pela amizade e companheirismo. Tenho admiração pelo seu jeito sincero consigo mesma e seus ideais de vida, continue perseverando ensinando a todos da sua forma. Obrigado por todo o carinho que demonstra todas as horas pela minha pequena família. Te amo mana veia.

Meu grande amigo e padrasto (Pedro Andrade de Souza): A sua vontade de vencer as batalhas da vida são incentivadoras. Sua garra me faz lembrar que desistir não é uma opção. Obrigado por toda amizade, carinho e companheirismo.

*A*GRADECIMENTOS

*E*SPECIAIS

Agradecimentos Especiais

Um dos prazeres que sinto na vida é o de dever cumprido, não importa a tarefa que me propus realizar e sim se consegui. Hoje as palavras embargam num choro de felicidade, da alegria de percorrer um caminho tão sonhado. Uma caminhada que por vezes houve sofrimento, angústias e decepções, porém nada foi superior a satisfação de poder neste momento escrever estes agradecimentos.

Primeiramente agradeço à **Deus**, pois só com sua imensurável ajuda os sonhos podem se tornar realidade. Conhecer a ti e dedicar-se ao seu propósito minimiza toda dificuldade e sofrimento. Obrigado Senhor por me proporcionar tanta coisa que nunca nem imaginava que aconteceria.

Ao meu orientador, Prof. Assoc. Osvaldo Magro Filho. Com certeza, a maior dádiva do professor é proporcionar ao aluno oportunidades que levam ao crescimento. Sou eternamente grato pelas oportunidades e confiança depositadas em mim durante todo o mestrado e doutorado. Agradeço pela convivência e amizade que desenvolvemos durante estes últimos cinco anos. Nunca vou me esquecer da sua compreensão e ajuda constante. Deus abençoe o senhor e a sua família.

Ao Prof. Assoc. Idelmo Rangel Garcia Júnior. Sou grato por toda sua amizade e dedicação, pois mesmo em muitos momentos de ausência decorrentes de várias obrigações, se fez presente com mensagens ou telefonemas quando estava realmente precisando. Meu muito obrigado e receba meu carinho!

Ao Prof. Assoc. Francisley Ávila Sousa. Agradeço imensamente pela confiança e paciência comigo. Por me proporcionar aprendizado constante e partilhar do privilégio da sua convivência.

Ao Prof. Assoc. Leonardo Perez Faverani. Pela amizade, companheirismo e disponibilidade. Obrigado por me fazer sentir parte de uma família aqui em Araçatuba, você é um espelho para quem busca crescimento no conhecimento e na vida. Você sem dúvidas é um grande profissional com um grande coração, sempre disposto a ajudar. Sua amizade foi uma conquista da qual me orgulho muito, e prezo para mantê-la por toda minha vida.

À Prof. Adj. Daniela Ponzoni, por sua humildade e honestidade. Seu senso de justiça me ensinou tanto na vida profissional como pessoal. Me sinto muito feliz com sua presença neste momento tão esperado. Muito obrigado!

Ao Prof. Dr. Leandro Benetti de Oliveira, por aceitar com prontidão o convite para participar da banca avaliadora, pela amizade e confiança durante estes dois anos em que trabalhamos juntos na docência. Agradeço de coração a atenção e disponibilidade. Sua presença neste momento para mim é uma honra.

Ao Prof. Dr. Paulo Domingos Ribeiro Junior, pelo aceite do convite para participar da banca avaliadora, pois sua experiência na área com certeza terá grandes considerações sobre o nosso trabalho. Para mim, será uma honra tê-lo como avaliador.

Aos Professores da Disciplina da Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial Drs. Alessandra Marcondes Aranega, Roberta Okamoto, Ana Paula Farnezi Bassi, pela amizade desfrutada em nosso departamento. Recebam o meu carinho e admiração.

Ao Prof. Adj. Wilson Roberto Poi, agradeço pela dedicação e carinho que o você tem em suas aulas. Sua postura e condutas em sala de aula ou nos corredores da

faculdade demonstram o grande mestre que és. Obrigado por todas as conversas que me incentivaram a querer ter cada vez mais conhecimento.

Ao amigo André Luis da Silva Fabris. Primeiro agradeço por ser uma pessoa de grande coração. Obrigado pelas conversas e compartilhamentos de vida, sua amizade só me trouxe boas experiências e crescimento profissional e pessoal. Agradeço também a sua família (**Maria Ivone e Gustavo Fabris**) pela confiança de me receber como amigo na casa de vocês.

Ao amigo Fábio Roberto de Sousa Batista, agradeço toda a confiança, companheirismo e amizade. Nossas conversas sobre o futuro sempre foram proveitosas, mas as nossas divergências de pensamento foram responsáveis pelo meu crescimento em conviver com você. Obrigado por toda sinceridade na nossa amizade.

Ao amigo Gustavo Antônio Corrêa Momesso, o mestrado e doutorado não seria tão legal sem a sua presença. És um exemplo de profissional, aluno de pós-graduação e amigo.

Ao amigo Henrique Hadad, agradeço todo o esforço e dedicação primeiramente a nossa amizade e em seguida à execução deste trabalho. Você não mediu esforços para me ajudar durante esta pequena jornada da nossa amizade. Foi um prazer conhece-lo neste momento da minha vida e espero continuarmos nossa amizade. Meu muito obrigado por tudo.

Ao amigo Cristian Statkiewicz, agradeço pela amizade e companheirismo. Obrigado por toda ajuda e confiança que teve ao me receber em sua casa sem me conhecer, e por essa atitude nos tornamos grandes amigos e parceiros. Muito obrigado por tudo.

Ao amigo Erik Neiva, pelo respeito e amizade. Obrigado por estar ao meu lado e por compartilhar sua amizade durante todo o mestrado e doutorado.

Ao amigo João Paulo Bonardi, agradeço pela amizade e parceria em todas as atividades.

Ao amigo Leonardo Freitas, pela força, ajuda e amizade desde o início desta jornada.

Ao amigo Pedro Henrique Gomes Ferreira, pela consideração e amizade durante todo este percurso.

Ao amigo Tiburtino Neto, agradeço toda confiança e amizade. Tivemos poucos momentos de convivência, porém com muita sinceridade e consideração. Você é um cabra da peste que merece todo o sucesso que almeja. Obrigado por tudo macho véi.

Ao amigo Anderson Maikon, agradeço toda amizade e companheirismo, sempre à disposição para ajudar.

A todos os amigos da pós-graduação, Ciro Borges Dualibe de Deus, André Hergesel de Oliva, Gabriel Mulinari dos Santos, Juliana Zorzi, Sabrina Ferreira, Jonathan Ribeiro, Ricardo Jacob, Rodrigo Pereira e Fábio Miranda, agradeço por toda amizade e compartilhamento do dia-a-dia que torna está pós-graduação cada vez mais agradável.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Doutorado durante os dois primeiros anos do curso. Meus sinceros agradecimentos por promover o apoio financeiro e com isso, permitir que fosse possível a realização do doutorado.



*A*GRADECIMENTOS

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, na pessoa do diretor **Prof. Adj. Glauco Issamu Miyahara** pela oportunidade de realização do curso de Doutorado. A cada dia admiro mais esta universidade, pela união e grande esforço para que a tríade fundamental da instituição representada pelo ensino, pesquisa e extensão universitária seja o maior lema desta casa. Agradeço de coração por permitir que estes sonhos se concretizem em minha vida.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” **Prof. Assoc. André Briso**, pela competência e afinco na condução da nossa pós-graduação.

Ao departamento de prótese da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, pela disponibilidade, atenção e carinho que tiveram durante o período de execução do teste para análise deste trabalho.

À empresa Delphos Implantes, pela parceria e confiança em nos disponibilizar material necessário e adequado para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários da Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP pela disponibilidade e paciência em todas as etapas do doutorado. Pelo trabalho honesto e sempre ágil.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP pela prontidão em nos atender e carinho.

Aos funcionários do Departamento de Cirurgia e Clínica Integrada, muito obrigado pelo carinho e respeito.



Epígrafe

Cada sonho que você deixa para trás,
é um pedaço do seu futuro que deixa de
existir.

Steve Jobs



LISTAS E SUMÁRIO

Lista de Figuras

Figura 1 - Modelo hemicrânio sintético de poliuretano (Nacional Ossos®, Jáu-SP - Brasil).

32

Figura 2 - Mensuração da altura do incisivo central até a parte superior do modelo de hemicrânio. Avanço de 11mm da marcação escura inferior em relação a superior.

32

Figura 3 - Avanço linear de 11mm e fixação com placas e parafusos.

32

Figura 4 - Placa do tipo Lindorf lado esquerdo.

32

Figura 5 - Placa do tipo Lindorf modificada lado direito.

33

Figura 6 - Placa do tipo “T” invertido lado esquerdo.

33

Figura 7 - Placa do tipo “L”.

32

Figura 8 - Guia de posicionamento da placa em resina acrílica.

33

Figura 9 - Suporte metálico: a) vista lateral - base horizontal com 20cm e b) vista frontal - barra vertical com 16cm e dois parafusos metálicos com 10cm.

33

Figura 10 - Máquina de teste mecânico (EMIC).

34

Figura 11 - Gráfico do carregamento de cada amostra a 3 mm de deslocamento de acordo com os grupos de fixação.

36

Figura 12 - Gráfico da força máxima de deslocamento até 5mm de acordo com os grupos de fixação.

36

Figura 13 - Gráfico da rigidez da fixação de acordo com cada grupos.

36

Lista de Quadro e Tabelas

Quadro 1: Quantidade de placas e parafusos utilizados em cada grupo.

34

Tabela 1: Média e desvio padrão da força aplicada (N) para cada milímetro de deslocamento dos grupos.

36

Tabela 2: Média e desvio padrão da força máxima de reação a 5 mm de deslocamento de acordo com a fixação.

36

Lista de Abreviaturas

SAOS	= Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono
AMM	= Avanço maxilo-mandibular
PLf	= Placas do tipo Lindorf
PLfM	= Placas do tipo Lindorf modificada
PTi	= Placas do tipo T invertido
PL	= Placas do tipo L
PAP	= Placas de avanço pré-dobradas
AP	= Anteroposterior
IS	= Ífero-superior

Sumário

1 Resumo	21
2 Abstract	23
3 Introdução	26
4 Proposição	31
5 Material e Método	33
5.1 Designer do estudo	33
5.2 Distribuição dos grupos	33
5.3 Fixação da maxila	34
5.4 Teste mecânico	34
5.5 Análise estatística	35
6 Resultados	37
7 Discussão	39
8 Conclusão	44
9 Referências	46
Anexo	49

AVALIAÇÃO MECÂNICA DE DIFERENTES TIPOS DE
FIXAÇÃO PARA OSTEOTOMIA LE FORT 1 APÓS
GRANDE AVANÇO MAXILAR

Lima VN. Avaliação biomecânica de diferentes tipos de fixação para osteotomia Le Fort I após grande avanço maxilar [tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2020

1. RESUMO

Objetivo: Avaliar a estabilidade mecânica de quatro métodos de osteossíntese na maxila após um avanço linear de 11mm. Materiais e Métodos: Foram realizadas osteotomias Le Fort I em 20 modelos de resinas da região do terço médio da face e divididos em quatro grupos que receberam diferentes tipos de osteossíntese na região anterior, pois todos os grupos receberam uma placa “L” (PL) do sistema 2.0 de quatro furos na região posterior, sendo eles: grupo I, placas Lindorf (PLf), grupo II: placas Lindorf modificada (PLfM), grupo III placas em “T” invertido (PTi) e grupo IV: placas PL. Uma máquina universal de testes mecânicos (EMIC – Linha DL) foi usada para o ensaio mecânico. As amostras foram acopladas a um suporte metálico, especialmente desenvolvido para o teste, e foram posicionadas na máquina EMIC e submetidas a uma carga linear axial na linha média entre os incisivos centrais com velocidade de 1 mm/min, até o deslocamento em 5mm. Os dados obtidos em newtons (N), tempo de aplicação da força e quantidade de deformação foram computados pelo software Bluehill 2 (2004) interligado à EMIC e então, foram calculados os dados de energia exigida para deslocamento e rigidez de cada material que foram submetidos à análise estatística pelo software SPSS/PC 20.0 (Chicago, USA) e foi realizado o teste t para amostra independentes (ANOVA) e o limite de significância estatística foi $P < 0,05$. Resultados: O grupo I e II apresentaram maior resistência ao deslocamento ($P < 0,05$) quando comparado aos demais grupos. Sendo assim, o sistema de fixação dos grupos I e II promoveu uma

melhor estabilidade dos segmentos em comparação com os demais sistemas de fixação no avanço maxilar de 11mm, quando submetido a uma carga axial linear na linha média dos incisivos centrais. Conclusão: Para grandes avanços lineares da maxila o sistema de fixação com maior resistência à deformação é com a utilização de placas do tipo PLfM seguido PLf na região anterior e do tipo PL na região posterior bilateralmente.

Palavras-chave: Maxila; Osteotomia de Le Fort; Cirurgia ortognática

Lima VN. Evaluation biomechanical of different types of fixation for Le Fort I osteotomy after major maxillary advancement [thesis]. Araçatuba: UNESP - São Paulo State University; 2020.

2. ABSTRACT

Objective: The aim of the study was evaluate the mechanical stability of four methods of osteosynthesis in the maxilla after a linear advance of 11mm.

Materials and Methods: Le Fort I osteotomies were performed on 20 resin models in the middle third of the face and divided into four groups that received different types of osteosynthesis in the anterior region, as all groups received an “L” (PL) plate of the 2.0 system with four holes in the posterior region, which are: group I, Lindorf plates (PLf), group II: modified Lindorf plates (PLfM), group III inverted “T” plates (PTi) and group IV: PL plates. A universal mechanical testing machine (EMIC - DL Line) was used for the mechanical test. The samples were attached to a metallic support, specially developed for the test, and were positioned on the EMIC machine and subjected to an axial linear load in the midline between the central incisors at a speed of 1 mm / min, until the displacement at 5 mm. The data obtained in newtons (N), force application time and amount of deformation were computed by the software Bluehill 2 (2004) connected to EMIC and then, the data of energy required for displacement and stiffness of each material that were submitted were calculated. statistical analysis using SPSS / PC 20.0 software (Chicago, USA) and the t test for independent samples (ANOVA) was performed and the limit of statistical significance was $p < 0.05$. Results: Group I and II showed greater resistance to displacement ($p < 0.05$) when compared to the other groups. Thus, the fixation

system of groups I and II promoted a better stability of the segments in comparison with the other fixation systems in the maxillary advance of 11mm, when subjected to a linear axial load in the midline of the central incisors.

Conclusion: For large linear advances of the maxilla, the fixation system with greater resistance to deformation is with the use of PLfM plates followed by PLf in the anterior region and PL type in the posterior region bilaterally.

Keywords: Maxilla; Le Fort Osteotomy; Orthognathic surgery.

Introdução

3. INTRODUÇÃO

A cirurgia ortognática é um procedimento realizado em indivíduos portadores de deformidades dentofaciais com a finalidade de correção funcional e/ou estética por meio de osteotomias nos maxilares(1, 2). Dessa forma, indivíduos que apresentam hipoplasia no terço médio ou inferior da face com bi-retrusão dos maxilares podem apresentar estreitamento das vias aéreas superiores causando a Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono (SAOS)(3, 4). Em tal condição, grandes avanços maxilo-mandibular (AMM) de 10 a 12mm por meio da cirurgia ortognática apresenta resultados satisfatórios para correção desta síndrome devido o conseqüente aumento do volume da via aérea superior(5-7).

O primeiro autor a descrever uma osteotomia da maxila para mobilização da mesma foi Von Langenbeck em 1856, porém era realizada apenas com cinzéis e incisões transcutâneas causando maior morbidade e cicatrizes na face pois a finalidade era a remoção de tumores localizados na base do crânio. Entretanto em 1927, Wassmund(8) foi o primeiro autor a descrever a osteotomia Le Fort I para mobilização e correção das deformidades dentofaciais.

A preocupação com o sangramento e necrose não permitiam a mobilização da maxila, ou seja, a correção da má-oclusão era realizada por meio de elasticoterapia por uma semana. Obwegeser(9) em 1969 descreveu a osteotomia Le Fort I utilizada atualmente devido seus resultados estáveis e previsíveis(10). Desde então diversas técnicas foram descritas baseadas nesta osteotomia contudo, foi Bell quem no mesmo ano que avaliou e descreveu todo

o processo de reparo ósseo e revascularização da maxila, mostrando ser um procedimento seguro e conseqüentemente viável a reprodução por demais cirurgias(11).

A osteotomia Le Fort I é a técnica mais utilizada para o tratamento cirúrgico de deformidades que envolvem a maxila, podendo ser de segmento único ou múltiplos de acordo com o planejamento cirúrgico(12, 13). Após a realização desta osteotomia é necessário o reposicionamento tridimensional da maxila(14). As regiões de pilar canino e pilar zigomático, são as áreas mais suscetíveis a tensão, sendo eleitas para realização da osteossíntese após a osteotomia Le Fort I. Diversos estudos “in vivo” e “in vitro” foram desenvolvidos com a finalidade de avaliar a estabilidade da maxila após a osteotomia Le Fort I. Nesse sentido, diferentes métodos de fixação foram comparados(15-19), buscando esclarecer qual o método mais eficiente em relação à estabilidade, posicionamento ideal, número e tamanho de placas necessárias para obter o melhor resultado na fixação da maxila(20, 21).

A literatura, apesar de diversas técnicas descritas, relata a utilização de quatro placas em formato de “L” do sistema 1.5 ou 2.0 como a técnica mais utilizada(22-24). Outra forma de fixação descrita, é a utilização de apenas duas placas de titânio do tipo Lindorf na região anterior (pilar canino). Murray *et al.*(2003)(25), realizou um estudo retrospectivo, e concluiu que as alterações esqueléticas no pós-operatórias não diferem entre o uso de 2 ou 4 placas. No entanto através do estudo de Coskunes *et al.* (2015)(26) utilizando a análise de elementos finitos com objetivo de calcular a localização e intensidade dos campos de tensão máxima nas placas de fixação após osteotomia Le Fort I e

avanço maxilar de 5 e 10mm, concluíram que o sistema de fixação para avanços de até 5mm com 2 placas pré-dobradas de 12 furos podem ser uma alternativa à utilização de 4 placas em “L”.

Em avanços maxilares de maior magnitude, placas pré-dobradas instaladas na região próxima a abertura piriforme associadas a fixação posterior na região zigomática-maxilar é o método mais seguro no que se refere a estabilidade(27, 28). De acordo com Ataç et al (2008)(29) a fixação utilizando 4 placas após a cirurgia de avanço por meio da osteotomia Le Fort I exerce menos estresse nos ossos superiores e nos materiais de fixação do que com somente 2 placas de 12 furos na região anterior.

Neste contexto, após o reposicionamento da maxila em grandes avanços lineares ou verticais cria-se um “gap” entre a porção alveolar e o processo frontal da maxila que geralmente é preenchido com enxerto ósseo autógeno ou xenógeno(30-32). Porém, estes enxertos necessitam de maior estabilidade para que ocorra a osseointegração entre os enxertos e os cotos osteotomizados exigindo ainda mais da fixação utilizada(33).

Na literatura científica encontra-se diversos estudos clínicos(10, 13, 15, 32) e ensaios mecânicos(26, 29, 34) à cerca da fixação interna estável em osteotomias maxilares e mandibulares, mas ainda é escassa em relação a ensaios mecânicos de placas e/ou métodos de fixação para osteotomias maxilares com grandes avanços.

Proposição

4. PROPOSIÇÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar in vitro a resistência mecânica linear de 4 métodos de fixação com placas pré-dobradas e convencionais para avanço maxilar de 11mm utilizando 4 pontos de fixação.

Materiais e Método

5. MATERIAIS E MÉTODO

5.1 Designer do estudo

As réplicas das osteotomias Le Fort I foram realizadas em 20 modelos sintéticos de poliuretano (maxila com todos os dentes – 4016, Nacional Ossos®, Jaú - SP - Brasil) (Figura 1), por meio de uma serra recíprocante e um motor elétrico (OsteoMed®, Dallas – TX – USA), com o auxílio de um guia de corte que foi confeccionado com resina acrílica para padronização da Le Fort I(34).

As maxilas foram avançadas 11 mm de forma linear (Figura 2) por meio da mensuração com um paquímetro da altura do incisivo central à região superior do modelo (Figura 3) e marcações na região dos molares (Figura 3) realizadas previamente ao corte e fixada ao modelo de acordo com os tipos de osteossíntese e as instruções do fabricante (Delphos implants - São Domingos de Rana, Portugal).

5.2 Distribuição dos grupos

Os grupos foram distribuídos de acordo com o tipo de fixação utilizado. Dessa forma, cada grupo continha 5 modelos que receberam o mesmo tipo de fixação. O quadro 1 apresenta a quantidade total dos materiais utilizados em cada grupo.

Grupo I foram utilizados em cada modelo: 2 placas do tipo PLf sistema 1.6 com 0.8mm de espessura (Figura 4) na região dos pilares caninos e 32 parafusos de 7mm de comprimento do sistema de 1.6, associada 2 placas do

tipo PL sistema 2.0 com 0.8mm de espessura (Figura 7) na região dos pilares zigomáticos.

Grupo II foram utilizados em cada modelo: 2 placas do tipo PLfM sistema 1.6 com 0.8mm de espessura (Figura 5) na região dos pilares caninos e 24 parafusos de 7mm de comprimento do sistema de 1.6, associada 2 placas do tipo PL sistema 2.0 com 0.8mm de espessura (Figura 7) na região dos pilares zigomáticos com 8 parafusos de 7mm de comprimento do sistema de 2.0.

Grupo III foram utilizadas em cada modelo: 2 placas do tipo PTi sistema 2.0 com 0.8mm de espessura (Figura 6) na região dos pilares caninos e 20 parafusos de 7mm de comprimento do sistema de 2.0, associada 2 placas do tipo PL sistema 2.0 com 0.8mm de espessura (Figura 7) na região dos pilares zigomáticos com 8 parafusos de 7mm de comprimento do sistema de 2.0mm.

Grupo IV foram utilizadas: 2 placas do tipo PL sistema 2.0 com 0.8mm de espessura (Figura 7) na região dos pilares caninos e 2 placas do tipo PL sistema 2.0 com 0.8mm de espessura (Figura 6) na região dos pilares zigomáticos com 16 parafusos de 7mm de comprimento do sistema de 2.0mm.

5.3 Fixação da Maxila

Um guia de resina acrílica (Dental Vipi Ltda., Pirassununga, SP, Brasil) foi confeccionado para cada grupo e utilizado no posicionamento da maxila em relação ao modelo de poliuretano para padronização das perfurações dos modelos restantes⁽³⁴⁾ (Figura 8). As placas foram instaladas sempre na mesma sequência (anterior direita, anterior esquerda, posterior direita e

posterior esquerda) e cada grupo foi fixado em dias diferentes iniciando pelo grupo I ao IV.

5.4 Ensaio mecânico

O teste mecânico foi realizado no Laboratório de Prótese Dentária da Faculdade de Odontologia de Araçatuba - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FOA-UNESP), utilizando uma peça retangular aplicando força na linha média dos incisivos centrais superiores. Uma máquina universal de testes mecânicos (EMIC – Linha DL) foi usada para o teste, programada com uma velocidade de deslocamento linear de 1 mm / min até atingir 5 mm de deslocamento analisando a força máxima absorvida, a energia absorvida até 3mm de deslocamento e a rigidez de cada grupo (Figura 9).

Foi confeccionado um suporte metálico de liga de ferro, composto por uma base retangular com dois parafusos e uma cantoneira móvel para fixar o modelo à máquina dando rigidez e estabilização evitando a rotação no sentido horário do modelo durante a carga axial(34) (Figura 10).

5.5 Análise estatística

Os dados obtidos em newtons (N), tempo de aplicação da força e quantidade de deformação foram computados pelo software Bluehill 2 (2004) interligado à EMIC e então, foram calculados os dados de energia exigida para deslocamento e rigidez de cada material que foram submetidos à análise estatística pelo software SPSS/PC 20.0 (Chicago, USA) e foi realizado o teste t para amostra independentes (ANOVA) e o limite de significância estatística foi $P < 0,05$. Dados quantitativos de carga em newtons (N) foram obtidos para 5

mm de deslocamento, a energia foi calculada em milijoule (mJ) e a rigidez em N por milímetros foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade para análise de dados paramétricos ou não paramétricos. A análise estatística foi realizada utilizando um software SPSS / PC + versão 20.0, SPSS, Chicago, IL. Estatísticas descritivas foram calculadas para as diferentes medidas, médias e desvio padrão adotando um valor de $P < 0,05$ como limite para significância estatística.

Resultados

6. RESULTADOS

Não foi observada ruptura ou soltura da fixação com deslocamento até 5 mm em nenhum dos grupos. A Tabela 1 e figura 11 apresenta a média e desvio padrão da quantidade de força exercida para cada milímetro de deslocamento de cada grupo evidenciando que o grupo II apresentou maiores valores em comparação aos demais grupos.

A fixação do grupo I e II apresentaram maior absorção de energia para 3 mm de deslocamento (134,8 mJ) com diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) em comparação aos grupos III e IV. O grupo IV também foi superior ao grupo III ($P < 0,001$) (Figura 12).

A maior quantidade de força máxima exercida para o deslocamento de 5mm foi no grupo II atingindo média de 91,73N e grupo I com média de 87,46N apresentando os melhores valores em comparação aos demais grupos ($P < 0,001$) (Figura 13). Os valores médios e desvio padrão da força máxima de acordo com a fixação interna foram apresentados na Tabela 2 e Figura 13.

Os grupos I, II e IV apresentaram valores similares de rigidez, já o grupo III foi o que apresentou menores valores ($P < 0,001$) em comparação aos demais grupos (Figura 14).

Discussão

7. DISCUSSÃO

Dentre os questionamentos sobre a estabilidade do método de fixação/estabilização da Le Fort I, Pozzer et al em um estudo in vitro avaliou a relação da estabilidade frente a resistência mecânica à carga vertical, equiparada a quantidade de placas para a estabilização da maxila, realizando a comparação entre a fixação com duas placas na borda piriforme do tipo Lindorf, e a fixação convencional com placas em L, concluindo que a fixação de quatro pontos apresenta maior estabilidade mecânica(34).

Baseado nos resultados da pesquisa de Pozzer et al(34) foi realizado a distribuição dos quatro grupos deste trabalho modificando apenas a fixação anterior, ou seja, foi mantida a fixação posterior com uma placa “L” na região zigomática-maxilar bilateralmente. Porém nenhum estudo foi realizado com a finalidade de avaliar a estabilidade e resistência da fixação em grandes avanços maxilares, como é o caso de pacientes com SAOS em que são realizados avanços de 10 a 12mm(35, 36).

A fim de eliminar algumas das desvantagens desses sistemas de fixação, tal como o tempo requerido para dobra da placa, o sistema de placas de avanço pré-dobradas (PAP) foi desenvolvido(37). São colocadas na borda piriforme e na parede anterior de cada lado da maxila. As vantagens incluem:

- 1) a redução da flexão diminui o comprometimento da força integral das placas;

2) redução do tempo de operação com menos contorno; 3) capacidade de estimar a quantidade de movimento ganho; 4) os ângulos pré-curvados de 90° e o design mais espesso permitem resistir a deformação; e 5) as placas maiores e mais rígidas são mais robustas. A desvantagem é quando utilizadas placas maiores e mais rígidas podem ser mais palpáveis(20, 38).

No entanto, foi possível observar nesta pesquisa que o grupo III, mesmo com o sistema PAP, apresentou menor rigidez à deformação ($P < 0,05$) em comparação aos demais grupos, sugerindo assim que a ausência de dobras nas placas não diminui a flexão nem aumenta a resistência a deformação. Já os grupos I e II obtiveram melhores resultados, porém não apresentaram diferença estatística em relação ao grupo IV.

Um estudo mostrou que a flexão das placas de reconstrução cria tensões e microfissuras no material que enfraquece as placas. Ao avaliar os sistemas de fixação para a osteotomia Le Fort I, a resistência mecânica do PAP e as placas convencionais de flexão não se alterou no teste de carga linear, no entanto, com o ciclismo, eles observaram que a flexão manual cria tensões e microfissuras no material causado por fratura prematura das placas(25).

A resistência mecânica está relacionada com o tipo de liga utilizada para fabricação da placa, o posicionamento e a espessura dos parafusos(16). Acreditamos que o designer da placa também pode interferir, pois neste estudo todas as placas foram fabricadas pela mesma empresa, utilizando a mesma liga e o mesmo tamanho dos parafusos, porém o grupo que apresentou menor resistência a deformação foi o grupo III (placas PAP em "T") com placas do sistema 2.0. Neste contexto, os grupos que apresentaram melhores resultados

foram I e II ($P < 0,05$) que receberam placas do sistema 1.6, com a ressalva de nestes grupos o desenho da placa apresentava a distribuição de 4 parafusos a mais quando comparado ao grupo III, ou seja, para grandes avanços o design e a distribuição/quantidade de parafusos foram mais eficazes do que a espessura do sistema de fixação.

Outro estudo mostrou que o PAP fornece a melhor resistência ao deslocamento, deformação permanente e carga à ruptura quando comparado com outros sistemas, com base no fato de que essas placas levam a um contato maior superfície, distribuindo forças uniformemente locais(17). Ao contrário deste estudo, onde os sistemas de placas apresentavam menor contato com a superfície óssea devido o avanço retilíneo de 11mm deixando a maxila mais suspensa (Figura 2).

O grupo II apresentou melhores resultados em todos os aspectos avaliados (força máxima absorvida; energia absorvida até 3mm de deslocamento; rigidez). Acredita-se que a possível causa esteja relacionada ao desenho da placa com a presença do parafuso na região ínfero-central do seguimento superior e central do segmento inferior da placa do tipo Lindorf (Figura 3). De acordo com o estudo de Coskunes et al(26), por meio de elementos finitos ele descreve que as áreas de maior tensão nas placas Lindorf são na região mais inferior do segmento superior da placa. Dessa forma, um parafuso nesta região do grupo II mostrou-se um pouco melhor do que o grupo I e significativamente melhor do que o grupo III e IV ($P < 0,05$) de resistência mecânica nos avanços de 11mm.

Considerando que a média da força de mordida na região dos incisivos centrais de adultos jovens do sexo masculino sem deformidades dentofaciais é

de 117N(39) e que após cirurgia ortognática ocorre uma diminuição da força de mordida com retorno ao normal em média de três meses à dois anos após o procedimento(40), o grupo II apresentou a melhor média (91,7N) de força máxima necessária para o deslocamento de 5mm entre os grupos se mostrando como uma fixação mais resistente à força axial na região dos incisivos centrais.

Reconhece-se que esses testes não reproduzem totalmente as situações clínicas, onde as forças aplicadas à maxila são cíclicas e multidirecionais. Para confirmar a aplicabilidade clínica geral desses achados, os estudos devem ser estendidos para avaliar as diferenças relativas sob condições in vivo controladas. A revisão sistemática realizada por Giralt-Hernando(41) conclui que são necessários mais estudos para individualizar a magnitude e a direção necessárias dos movimentos induzidos pela cirurgia para cada paciente. No entanto, com base nesses resultados mecânicos as placas do tipo Lindorf e Lindorf modificadas associadas ao uso da placa "L" na região posterior promoveram uma melhor estabilidade dos segmentos em comparação com o sistema de placas do tipo "T" e "L" para avanços lineares de 11mm.

Conclusão

8. CONCLUSÃO

Conclui-se com os resultados deste estudo que para grandes avanços lineares de 11mm da maxila o sistema de fixação com maior resistência à deformação é a utilização de placas do tipo Lindorf modificada seguida das Lindorf na região anterior e do tipo “L” na região posterior bilateralmente.

Referências

9. REFERÊNCIAS

1. Mendes de Paula Gomes A, Adas Saliba Garbin C, da Silva Ferraz FW, Adas Saliba T, Isper Garbin AJ. Dentofacial Deformities and Implications on Quality of Life: A Presurgical Multifactorial Analysis in Patients Seeking Orthognathic Surgical Treatment. *J Oral Maxillofac Surg.* 2019;77(2):409.e1-e9.
2. Sun H, Shang HT, He LS, Ding MC, Su ZP, Shi YL. Assessing the Quality of Life in Patients With Dentofacial Deformities Before and After Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2018;76(10):2192-201.
3. Bacon WH, Krieger J, Turlot JC, Stierle JL. Craniofacial characteristics in patients with obstructive sleep apneas syndrome. *Cleft Palate J.* 1988;25(4):374-8.
4. Havron AG, Aronovich S, Shelgikar AV, Kim HL, Conley RS. 3D Airway changes using CBCT in patients following mandibular setback surgery ± maxillary advancement. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22 Suppl 1:30-5.
5. Rojo-Sanchis C, Almerich-Silla JM, Paredes-Gallardo V, Montiel-Company JM, Bellot-Arcís C. Impact of Bimaxillary Advancement Surgery on the Upper Airway and on Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Meta-Analysis. *Sci Rep.* 2018;8(1):5756.
6. Caples SM, Rowley JA, Prinsell JR, Pallanch JF, Elamin MB, Katz SG, et al. Surgical modifications of the upper airway for obstructive sleep apnea in adults: a systematic review and meta-analysis. *Sleep.* 2010;33(10):1396-407.
7. John CR, Gandhi S, Sakharia AR, James TT. Maxillomandibular advancement is a successful treatment for obstructive sleep apnoea: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018;47(12):1561-71.
8. M W. Die Le Fort I osteotomie zur korrektur Posttraumatischer Fehlstellungen. Leipzig, Meuser. 1927.
9. Obwegeser HL. Surgical correction of small or retrodisplaced maxillae. The "dish-face" deformity. *Plast Reconstr Surg.* 1969;43(4):351-65.
10. Hoffman GR, Brennan PA. The skeletal stability of one-piece Le Fort 1 osteotomy to advance the maxilla; Part 1. Stability resulting from non-bone grafted rigid fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2004;42(3):221-5.
11. WH B. Revascularization and bone healing after anterior maxillary osteotomy: a study using adult rhesus monkeys. *J Oral Surg.* 1969;27:249.

12. Hausamen JE. The scientific development of maxillofacial surgery in the 20th century and an outlook into the future. *J Craniomaxillofac Surg.* 2001;29(1):2-21.
13. Choi JY, Choi JP, Baek SH. Surgical accuracy of maxillary repositioning according to type of surgical movement in two-jaw surgery. *Angle Orthod.* 2009;79(2):306-11.
14. Bang SM, Kwon YD, Kim SJ, Lee BS, Choi BJ, Ohe JY, et al. Postoperative stability of 2-jaw surgery with clockwise rotation of the occlusal plane. *J Craniofac Surg.* 2012;23(2):486-90.
15. Araujo MM, Waite PD, Lemons JE. Strength analysis of Le Fort I osteotomy fixation: titanium versus resorbable plates. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001;59(9):1034-9; discussion 9-40.
16. Nagasao T, Miyamoto J, Hikosaka M, Nagasao M, Tokumaru Y, Ogawa K, et al. Appropriate diameter for screws to fix the maxilla following Le Fort I osteotomy: an investigation utilizing finite element analysis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2007;35(4-5):227-33.
17. Ataç MS, Erkmen E, Yücel E, Kurt A. Comparison of biomechanical behaviour of maxilla following Le Fort I osteotomy with 2- versus 4-plate fixation using 3D-FEA Part 2: impaction surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(1):58-63.
18. Cheung LK, Yip IH, Chow RL. Stability and morbidity of Le Fort I osteotomy with bioresorbable fixation: a randomized controlled trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37(3):232-41.
19. Ueki K, Okabe K, Moroi A, Marukawa K, Sotobori M, Ishihara Y, et al. Maxillary stability after Le Fort I osteotomy using three different plate systems. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41(8):942-8.
20. Haraji A, Motamedi MH, Moharamnejad N. Causes and incidence of miniplate removal following Le Fort I osteotomy. *Eplasty.* 2009;9:e45.
21. Uckan S, Veziroglu F, Soydan SS, Uckan E. Comparison of stability of resorbable and titanium fixation systems by finite element analysis after maxillary advancement surgery. *J Craniofac Surg.* 2009;20(3):775-9.
22. Egbert M, Hepworth B, Myall R, West R. Stability of Le Fort I osteotomy with maxillary advancement: a comparison of combined wire fixation and rigid fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 1995;53(3):243-8; discussion 8-9.
23. Rotter BE, Zeitler DL. Stability of the Le Fort I maxillary osteotomy after rigid internal fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999;57(9):1080-8; discussion 9.
24. Ueki K, Marukawa K, Shimada M, Nakagawa K, Alam S, Yamamoto E. Maxillary stability following Le Fort I osteotomy in combination with sagittal split ramus osteotomy and intraoral vertical ramus osteotomy: a comparative study between titanium miniplate and poly-L-lactic acid plate. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006;64(1):74-80.
25. Murray RA, Upton LG, Rottman KR. Comparison of the postsurgical stability of the Le Fort I osteotomy using 2- and 4-plate fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003;61(5):574-9.
26. Coskunes FM, Kan B, Mutlu I, Cilasun U, Celik T. Evaluation of prebent miniplates in fixation of Le Fort I advancement osteotomy with the finite element method. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015;43(8):1505-10.
27. Carneiro Júnior JT, Voss de Oliveira D, Goodday R. Maxillary stability following Le Fort I osteotomy using prebent plates and wire fixation in patients undergoing surgery for OSAS. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018;46(9):1448-54.

28. Ragaey M, Van Sickels JE. Stability of large maxillary advancements using a combination of prebent and conventional plates for fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017;123(1):29-36.
29. Ataç MS, Erkmen E, Yücel E, Kurt A. Comparison of biomechanical behaviour of maxilla following Le Fort I osteotomy with 2- versus 4-plate fixation using 3D-FEA. Part 1: advancement surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37(12):1117-24.
30. Eser C, Gencel E, Gökdoğan M, Kesiktaş E, Yavuz M. Comparison of autologous and heterologous bone graft stability effects for filling maxillary bone gap after Le Fort I osteotomy. *Adv Clin Exp Med.* 2015;24(2):341-8.
31. Rohner D, Hailemariam S, Hammer B. Le Fort I osteotomies using Bio-Oss® collagen to promote bony union: a prospective clinical split-mouth study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42(5):585-91.
32. Mehra P, Castro V, Freitas RZ, Wolford LM. Stability of the Le Fort I osteotomy for maxillary advancement using rigid fixation and porous block hydroxyapatite grafting. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94(1):18-23.
33. Imholz B, Richter M, Dojcinovic I, Hugentobler M. [Non-union of the maxilla: a rare complication after Le Fort I osteotomy]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2010;111(5-6):270-5.
34. Pozzer L, Olate S, Cavalieri-Pereira L, Navarro P, de Albergaríá Barbosa JR. Mechanical stability of 2-plate versus 4-plate osteosynthesis in advancement Le Fort I osteotomy. An in vitro study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2017;118(1):2-4.
35. JR P. Obstructive sleep Apnea—Surgical treatment. *Current therapy in oral and maxillofacial surgery Elsevier;* 2012. p. 1048–63.
36. Butterfield KJ, Marks PL, McLean L, Newton J. Linear and volumetric airway changes after maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015;73(6):1133-42.
37. Lye KW, Waite PD, Wang D, Sittitavornwong S. Predictability of prebent advancement plates for use in maxillomandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(8):1625-9.
38. Schmidt BL, Perrott DH, Mahan D, Kearns G. The removal of plates and screws after Le Fort I osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998;56(2):184-8.
39. Regalo SC, Santos CM, Vitti M, Regalo CA, de Vasconcelos PB, Mestriner W, et al. Evaluation of molar and incisor bite force in indigenous compared with white population in Brazil. *Arch Oral Biol.* 2008;53(3):282-6.
40. Throckmorton GS, Buschang PH, Ellis E. Improvement of maximum occlusal forces after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996;54(9):1080-6.
41. Giralt-Hernando M, Valls-Ontañón A, Guijarro-Martínez R, Masià-Gridilla J, Hernández-Alfaro F. Impact of surgical maxillomandibular advancement upon pharyngeal airway volume and the apnoea-hypopnoea index in the treatment of obstructive sleep apnoea: systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Respir Res.* 2019;6(1):e000402.

Anexo B

International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery

<http://www.ijoms.com/content/authorinfo>

Anexo D

Quadro 1 – Quantidade de placas e parafusos utilizados em cada grupo.

	PLf	PLfM	PT	PL	Parafusos com 07mm de comprimento
Grupo I	10 (sistema 1.6)	-	-	10 (sistema 2.0)	120 (sistema 1.6) e 40 (sistema 2.0)
Grupo II	-	10 (sistema 1.6)	-	10 (sistema 2.0)	120 (sistema 1.6) e 40 (sistema 2.0)
Grupo III	-	-	10 (sistema 2.0)	10 (sistema 2.0)	140 (sistema 2.0)
Grupo IV	-	-	-	20 (sistema 2.0)	80 (sistema 2.0)

Tabela 1 – Média e desvio padrão da força aplicada (N) para cada milímetro de deslocamento dos grupos.

<i>Deslocamento (mm)</i>	<i>Grupo I</i>		<i>Grupo II</i>		<i>Grupo III</i>		<i>Grupo IV</i>	
	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>
1	34,05	3,1	34,94	4,7	18,97	2,2	30,30	2,9
2	56,11	3,8	57,88	6,5	31,20	2,2	50,41	6,1
3	73,24	6,5	73,56	7,1	40,27	1,6	63,00	6,8
4	82,63	7,2	83,97	6,3	46,33	2,1	73,17	6,4
5	87,46	3,9	91,73	6,4	49,37	2,5	77,87	4,7



Figura 1: Modelo maxila com todos os dentes sintético de poliuretano - 4016 (Nacional Ossos®, Jaú- SP – Brasil)



Figura 2: Mensuração da altura do incisivo central até a parte superior do modelo de hemicrânio. Avanço de 11mm da marcação escura inferior em relação a superior.



Figura 3: Avanço linear de 11mm e fixação com placas e parafusos.



Figura 4: Placa do tipo Lindorf lado esquerdo.



Figura 5: Placa do tipo Lindorf modificada lado direito.



Figura 6: Placa do tipo "T" lado esquerdo



Figura 7: Placa do tipo "L".

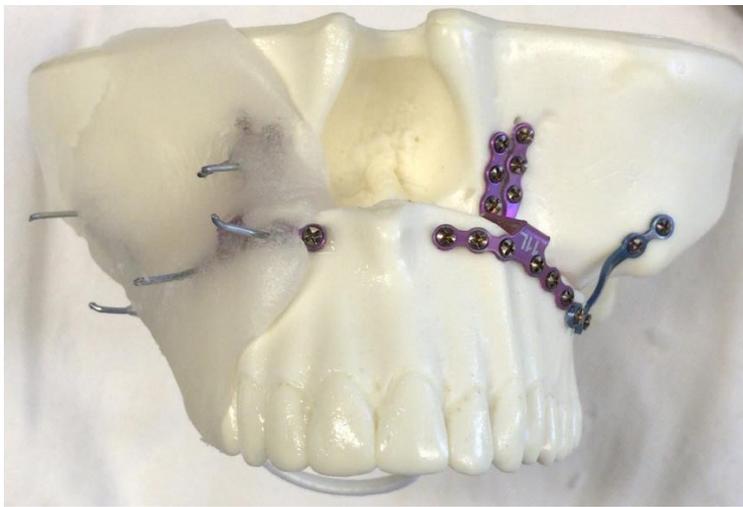


Figura 8: Guia de posicionamento da placa em resina acrílica.



Figura 9: Máquina de teste mecânico (EMIC).



Figura 10: Suporte metálico: a) vista frontal - base horizontal com 20cm e com dois parafusos posteriores e uma cantoneira fixando o modelo b) vista axial – com dois parafusos anteriores fixando a base horizontal à máquina de teste com dispositivo retangular na região central dos incisivos centrais superiores.

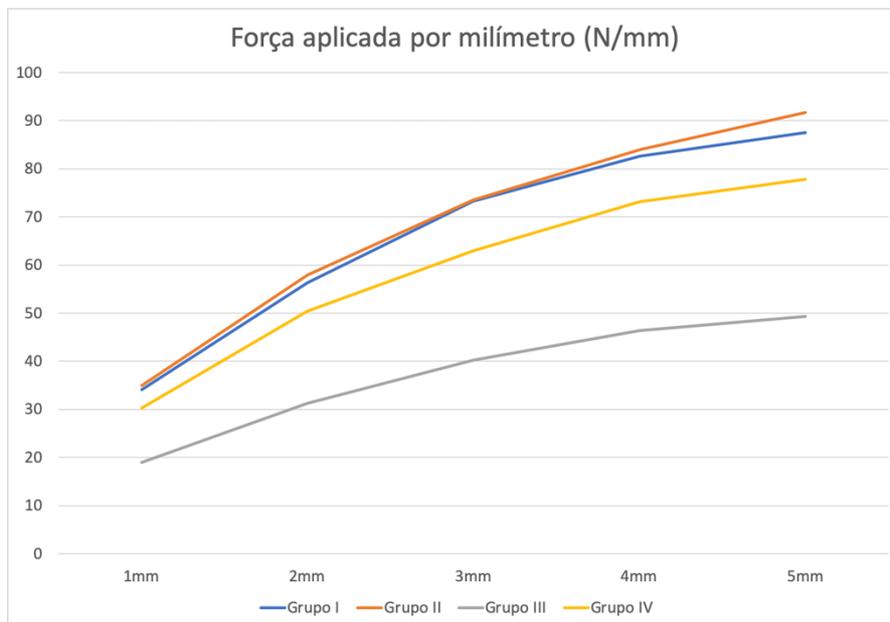


Figura 11: Gráfico com a média da força exercida (N) para cada milímetro de deslocamento de cada grupo.

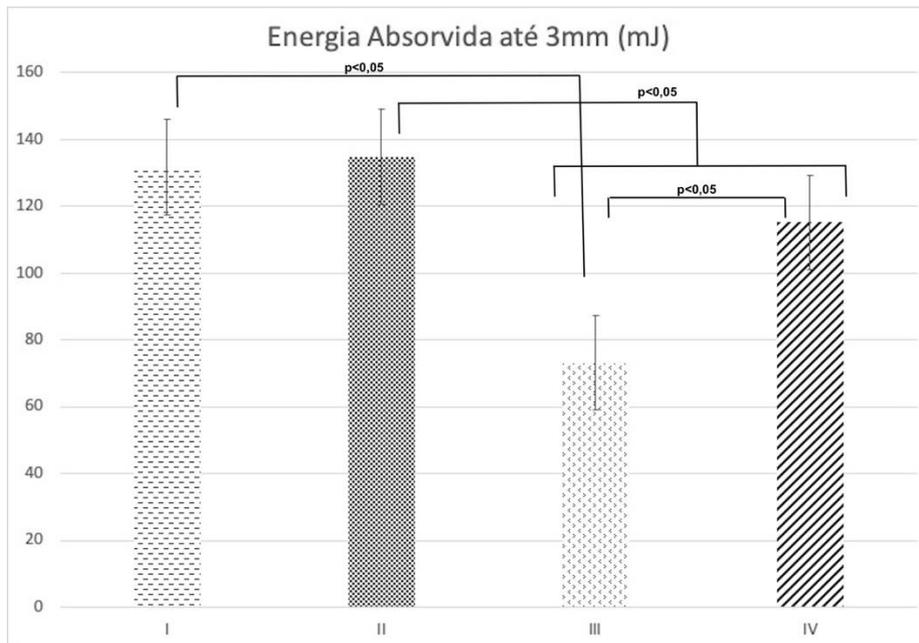


Figura 12: Gráfico do carregamento de cada amostra a 3 mm de deslocamento de acordo com os grupos de fixação.

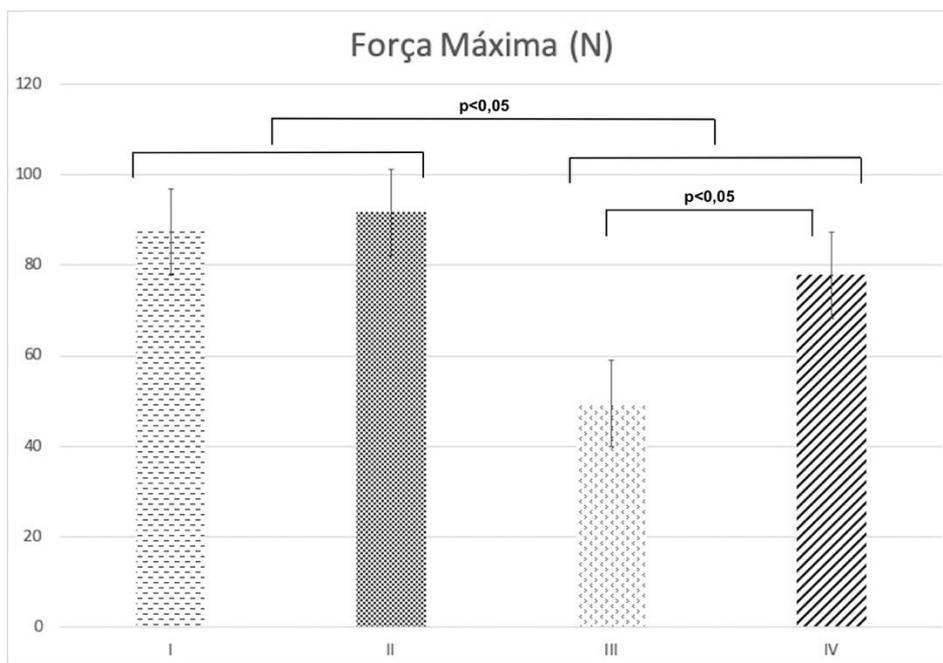


Figura 13: Gráfico da força máxima de deslocamento até 5mm de acordo com os grupos de fixação.

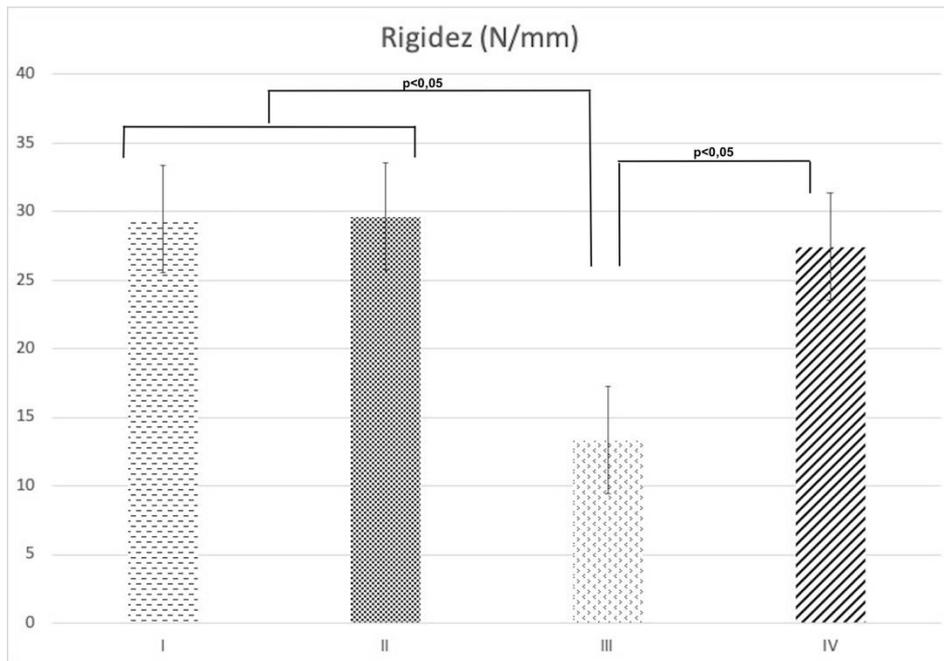


Figura 14: Gráfico da rigidez da fixação de acordo com cada grupo.