

## ANÁLISE FOTOELÁSTICA DE FIXAÇÃO DE OSTEOTOMIA SAGITAL DO RAMO MANDIBULAR

### PHOTOELASTIC ANALYSIS OF SAGITTAL OSTEOTOMY FIXATION OF THE MANDIBULAR RAMUS

### ANÁLISIS FOTOELÁSTICO DE LA FIJACIÓN DE LA OSTEOTOMÍA SAGITAL DE LA RAMIFICACIÓN MANDIBULAR

Mateus Zilch Scheuermann<sup>1</sup>, Jorge Abel Flores<sup>2</sup>, Pâmela Gutheil Diesel<sup>3</sup>, Ahmet Özkömür<sup>4</sup>, Felipe Wehner Flores<sup>5</sup>

DOI: 10.54899/dcs.v22i84.3636

Recibido: 29/10/2025 | Aceptado: 30/10/2025 | Publicación en línea: 25/11/2025.

#### RESUMO

A osteotomia sagital do ramo mandibular (OSRM) é uma técnica amplamente utilizada para correção de deformidades mandibulares. Por conseguinte, é importante que o cirurgião-dentista compreenda o comportamento das diferentes técnicas de fixação interna rígida quanto à distribuição de tensões, de modo a permitir tomadas de decisões clínicas adequadas. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é realizar análises fotoelásticas comparativas de alguns sistemas de fixação - parafusos bicorticais em padrão L invertido, placa reta com parafusos monocorticais e duas placas em L com parafusos monocorticais. Para tanto, foi analisada a distribuição de tensões em modelos in vitro submetidos a avanço mandibular de 5 mm. Foram confeccionadas 30 réplicas de hemimandíbulas de poliuretano, divididas em três grupos, e duplicadas em resina fotoelástica. A carga de 10 N foi aplicada na porção oclusal do primeiro molar e as franjas isocromáticas foram avaliadas qualitativamente com polaroscópio. Os resultados demonstraram que os parafusos bicorticais apresentaram distribuição de tensões mais homogênea e afastada dos pontos de fixação, enquanto as técnicas com placas concentraram maior tensão ao redor dos parafusos. Apesar de menor estabilidade mecânica em algumas técnicas, o posicionamento correto e a adaptação das placas ainda fornecem desempenho satisfatório, sendo importante considerar fatores clínicos e anatômicos. Logo, a escolha da técnica de fixação influencia significativamente a dissipação de tensões, de modo que os parafusos bicorticais apresentam resultados potencialmente mais satisfatórios. Contudo, novos estudos, com análises de desempenho clínico, devem ser realizados para validação dos achados.

<sup>1</sup> Graduado em Odontologia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: mateus.zilch@acad.ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-8180-9555>

<sup>2</sup> Doutor em Cirurgia, Pontifícia Universidade Católica (PUC), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: jorgeabelflores@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8297-3864>

<sup>3</sup> Mestra em Prótese Dental, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: pameladiesel@ufn.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4843-4003>

<sup>4</sup> Doutor em Prótese Dentária, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: aozkomur@yahoo.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4900-3731>

<sup>5</sup> Doutor em Cirurgia, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: felipewflores@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0141-331X>

**Palavras-chave:** Osteotomia Sagital do Ramo Mandibular. Fenômenos Biomecânicos. Cirurgia Bucal. Estresse Mecânico.

### ABSTRACT

Sagittal split osteotomy (SSO) is a widely used technique for correcting mandibular deformities. Therefore, it is important for dental surgeons to understand the behavior of different rigid internal fixation techniques in terms of stress distribution in order to make appropriate clinical decisions. Thus, the aim of this study is to perform comparative photoelastic analyses of some fixation systems - bicortical screws in an inverted L pattern, straight plate with monocortical screws, and two L-shaped plates with monocortical screws. To this end, the stress distribution was analyzed in in vitro models subjected to 5 mm mandibular advancement. Thirty polyurethane hemimandible replicas were made, divided into three groups, and duplicated in photoelastic resin. A load of 10 N was applied to the occlusal portion of the first molar, and the isochromatic fringes were evaluated qualitatively with a polaroscope. The results showed that bicortical screws presented a more homogeneous stress distribution away from the fixation points, while techniques with plates concentrated greater stress around the screws. Despite lower mechanical stability in some techniques, correct positioning and adaptation of the plates still provide satisfactory performance, and it is important to consider clinical and anatomical factors. Therefore, the choice of fixation technique significantly influences stress dissipation, such that bicortical screws show potentially more satisfactory results. However, further studies with clinical performance analyses should be conducted to validate the findings.

**Keywords:** Osteotomy, Sagittal Split Ramus. Biomechanical Phenomena. Surgery, Oral. Stress, Mechanical.

### RESUMEN

La osteotomía sagital del ramo mandibular (OSRM) es una técnica ampliamente utilizada para la corrección de deformidades mandibulares. Por lo tanto, es importante que el cirujano dentista comprenda el comportamiento de las diferentes técnicas de fijación interna rígida en cuanto a la distribución de tensiones, a fin de permitir la toma de decisiones clínicas adecuadas. Así, el objetivo del presente estudio es realizar análisis fotoelásticos comparativos de algunos sistemas de fijación: tornillos bicorticales en patrón L invertido, placa recta con tornillos monocorticales y dos placas en L con tornillos monocorticales. Para ello, se analizó la distribución de tensiones en modelos in vitro sometidos a un avance mandibular de 5 mm. Se fabricaron 30 réplicas de hemimandíbulas de poliuretano, divididas en tres grupos, y duplicadas en resina fotoelástica. Se aplicó una carga de 10 N en la porción oclusal del primer molar y se evaluaron cualitativamente las franjas isocromáticas con un polaroscopio. Los resultados demostraron que los tornillos bicorticales presentaron una distribución de tensiones más homogénea y alejada de los puntos de fijación, mientras que las técnicas con placas concentraron una mayor tensión alrededor de los tornillos. A pesar de la menor estabilidad mecánica en algunas técnicas, el posicionamiento correcto y la adaptación de las placas aún proporcionan un rendimiento satisfactorio, siendo importante considerar factores clínicos y anatómicos. Por lo tanto, la elección de la técnica de fijación influye significativamente en la disipación de tensiones, de modo que los tornillos bicorticales presentan resultados potencialmente más satisfactorios. Sin embargo, se deben realizar nuevos estudios, con análisis de rendimiento clínico, para validar los hallazgos.

**Palabras clave:** Osteotomía Sagital de Rama Mandibular. Fenómenos Biomecánicos. Cirugía Bucal. Estrés Mecánico.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

---

## INTRODUÇÃO

A osteotomia sagital dos ramos mandibulares (OSRM) é uma técnica que ganhou destaque devido à evolução significativa no desenho da osteotomia, de modo a possibilitar um maior contato entre as superfícies ósseas e, assim, permitir a correção mandibular de três diferentes deformidades: prognatismo, retrognatismo e deformidades de trespasse vertical (mordida aberta) (Brasileiro, 2007). Posteriormente, substituiu-se a osteotomia horizontal por uma osteotomia vertical entre o primeiro e o segundo molar (Dal Pont, 1961). De semelhante forma, foi introduzida uma modificação no sentido de reduzir o deslocamento do masseter e, assim, limitar a dissecação medial até a língua, com a finalidade de minimizar o edema, o trauma vascular e o risco de necrose óssea (Epker, 1977). Após, a alteração do traçado de osteotomia sagital favoreceu o reposicionamento do côndilo na fossa mandibular. Nesse sentido, foi proposto um corte ósseo horizontal localizado oito milímetros abaixo da margem cervical dos dentes, perpendicularmente à cortical óssea vestibular e distalmente ao segundo molar inferior. Dessa maneira, torna-se possível a criação de uma superfície de contato ósseo entre as extremidades proximal e distal, de modo a controlar a posição do segmento proximal e acomodar uma placa e um parafuso de fixação. (Wolford; Bennett; Rafferty, 1987) A popularização dessa técnica fez com que diferentes autores propusessem novas modificações, com a finalidade de atingir um desenho ideal para a osteotomia, tanto na cortical medial quanto na cortical mandibular (Cillo; Stella, 2005; Puricelli, 2007). Entretanto, embora apresentem repercussão clínica, a aplicabilidade dessas alterações é bastante questionada (Brasileiro, 2007).

A utilização de três parafusos bicorticais em padrão L invertido ou de dois parafusos bicorticais lineares são técnicas usuais para a OSRM. Ambas permitem eficiente fixação entre os cotos ósseos, com mínima micro-movimentação cirúrgica. Contudo, apresentam risco de danos no feixe neurovascular e de imprecisão condilar. (Rubens; Stoelinga; Blijdorp, 1988; Shetty *et al.*, 1996) O padrão L invertido apresenta maior resistência mecânica quando comparado com a disposição linear (Foley; Beckman, 1992; Ardary *et al.*, 1989) e com sistemas fixados com

miniplacas e parafusos monocorticais (Brasileiro 2007; Brasileiro, 2009; Brasileiro *et al.*, 2012). Todavia, essa última técnica apresenta facilidade de fixação e remoção intraoral, menor risco de injúria do nervo alveolar inferior e mínima torção no reposicionamento condilar (Rubens; Stoelinga; Blijdorp, 1988; Borstlap *et al.*, 2004; Özden *et al.*, 2006). Mesmo assim, não há um consenso na literatura sobre a escolha do melhor método de fixação, cabendo ao profissional decidir baseado nas evidências disponíveis (Sato *et al.*, 2014).

A análise fotoelástica baseia-se na propriedade de alguns materiais transparentes de exibir padrões coloridos quando submetidos a cargas, as quais são visualizadas com luz polarizada. Esse conjunto de padrões coloridos são denominados franjas isocromáticas e a partir delas pode-se determinar tensões ao redor dos modelos. (Sato *et al.*, 2012) Dessa forma, o objetivo do presente estudo é analisar, por meio da fotoelasticidade, a distribuição de tensões geradas por diferentes técnicas de fixação interna rígida utilizadas na osteotomia sagital do ramo mandibular (OSRM), após avanço mandibular de 5 mm, em modelos *in vitro*.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A evolução das técnicas de osteossíntese favoreceu funcionalmente a fixação, no entanto não conseguiu eliminar totalmente a movimentação interfragmentária. Com isso, a utilização de placas do sistema 1.5 e 2.0, ao proporcionar maior estabilidade, tornou a técnica de OSRM a técnica de escolha para manipulações mandibulares em avanço, recuo, mordida aberta e laterognatismo nas cirurgias ortognáticas. Além disso, essa técnica permite retorno rápido da função prévia à cirurgia, melhor suporte nutricional, melhor manutenção das vias aéreas e redução da recidiva esquelética. (Shetty *et al.*, 1996; Borstlap *et al.*, 2004; Peterson; Haug; Van Sickels, 2005; Pereira Filho *et al.*, 2013)

Os ensaios *in vitro* permitem a análise de aspectos como a fotoelasticidade relacionada à fixação de OSRM. Para tanto, é validado o emprego de diferentes materiais: a própria mandíbula humana, costela bovina, costela suína, madeira de carvalho, resina epóxi fotoelástica e poliuretano. (Bredbener; Haug, 2000; Sato *et al.*, 2010; Freire, 2010; Brasileiro, 2007) Por conseguinte, hemimandíbulas de resina epóxi fotoelástica e poliuretano apresentam reprodutibilidade razoável da qualidade óssea mandibular e permitem eliminar variáveis éticas e legais associadas à diversidade biológica, o que estimula sua utilização em vários estudos. (Van Sickels *et al.*, 2005; Sato *et al.*, 2010; Sato *et al.*, 2012; Pereira Filho *et al.*, 2013)

## METODOLOGIA

### Seleção da Amostra

Foram utilizadas 30 réplicas de hemimandíbulas sintéticas de poliuretano, com a OSRM previamente manufaturada (Nacional Ossos®, Jaú, SP, Brasil). O cálculo amostral teve como base os estudos de Özden et al. e Pereira-Filho et al. (Özden *et al.*, 2006; Pereira Filho *et al.*, 2013). Todas as amostras pertenciam ao mesmo lote, com o objetivo de eliminar possíveis variáveis relacionadas ao processo de fabricação das réplicas.

### Preparo da Amostra

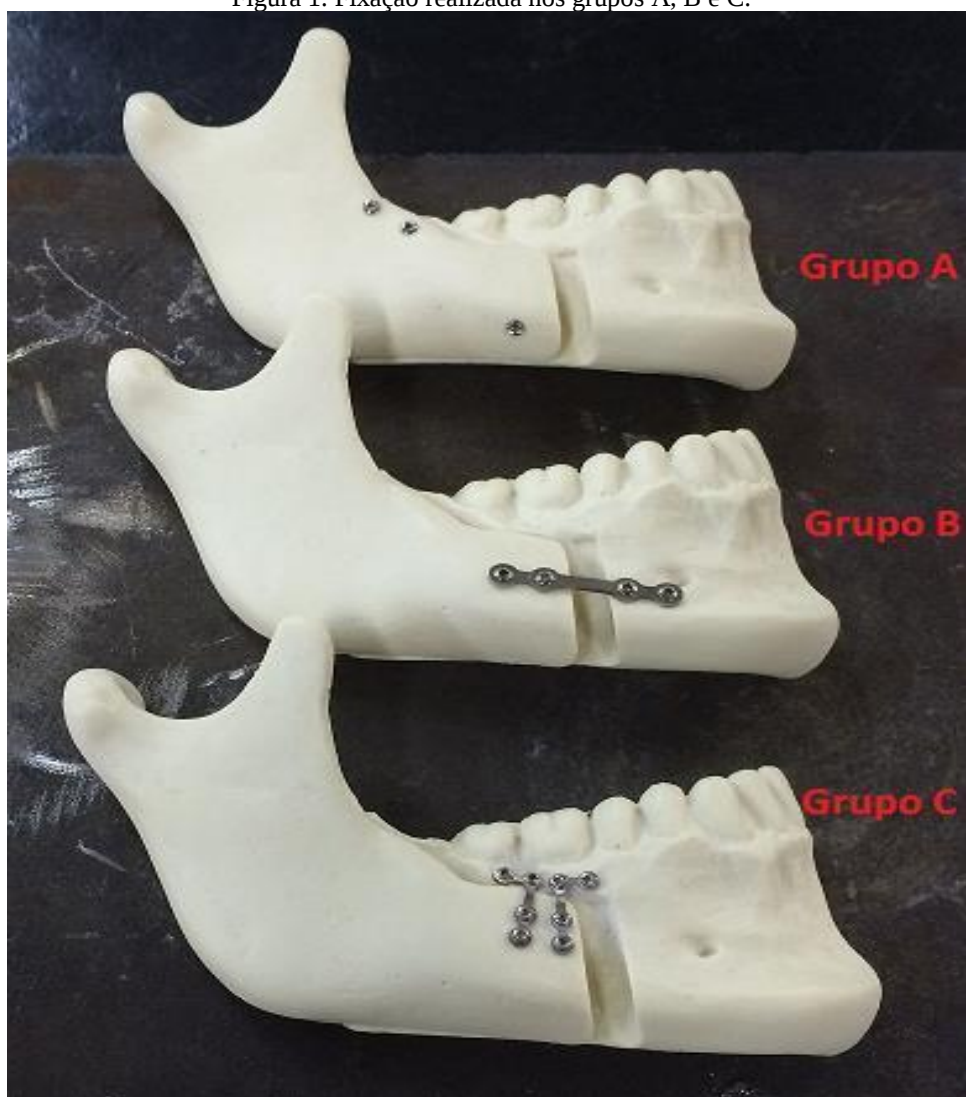
Todos os espécimes passaram por um avanço de cinco milímetros do segmento distal, mensurado com o uso de uma régua milimetrada, e foram distribuídos em três grupos, contendo 10 hemimandíbulas cada (n=10). A fixação de todos os espécimes foi realizada por um único pesquisador.

O Grupo A correspondeu aos casos com osteossíntese simulada utilizando três parafusos bicorticais de titânio de 12 milímetros (HealTech LTDA, Sapucaia do Sul, RS, Brasil), dispostos em padrão L invertido (Figura 1).

O Grupo B incluiu os casos de osteossíntese simulada com uma placa reta de titânio do sistema 2.0 intervalada (HealTech LTDA, Sapucaia do Sul, RS, Brasil), fixada na região da osteotomia com quatro parafusos monocorticais de cinco milímetros, promovendo a aproximação entre os cotos proximal e distal (Figura 1).

O Grupo C abrangeu os casos de osteossíntese simulada com duas placas de titânio do sistema 1.5m em formato de L. Cada microplaca foi fixada com quatro parafusos monocorticais de cinco milímetros (HealTech LTDA, Sapucaia do Sul, RS, Brasil), de modo a totalizar oito parafusos, inseridos na região anterior da OSRM - quatro deles localizados no segmento ou coto proximal (Figura 1).

Figura 1. Fixação realizada nos grupos A, B e C.



Fonte: In vitro study of a modified sagittal split osteotomy fixation technique of the mandible: a mechanical test (Sonego *et al.*, 2018).

### **Análise de fotoelasticidade**

Nesta etapa as hemimandíbulas dos testes mecânicos foram duplicadas em resina fotoelástica KIT FLEXÍVEL G4 (Polipox - indústria e comércio, São Paulo Brasil). Na confecção, foram seguidas as instruções do fabricante, de modo a promover a obtenção de uma réplica de cada segmento das hemimandíbulas. Este procedimento foi repetido, e assim obtido 3 réplicas das hemimandíbulas em resina fotoelástica. As partes distal e mesial, foram então unidas através das 3 técnicas de fixação interna rígida com um distanciamento (avanço) de 5mm. Após, os 3 modelos foram submetidos à análise fotoelástica com um polaroscópio plano (Optovac, São José dos Campos, SP, Brasil). As hemimandíbulas foram fixadas no polaroscópio pelo ramo

mandibular. Foi aplicada uma carga de 10N na porção oclusal do primeiro molar. A carga utilizada foi selecionada após testes pilotos - pois apresentou a melhor visualização das franjas isocromáticas. As imagens foram obtidas com máquina fotográfica (EOS REBEL T3i, Canon (Canon do Brasil) com lente macro 105 Canon, (Canon do Brasil). A avaliação dos resultados de análise de fotoelasticidade se deu pelo método visual (qualitativo) a exemplo do trabalho de Sato et al. (Sato *et al.*, 2012).

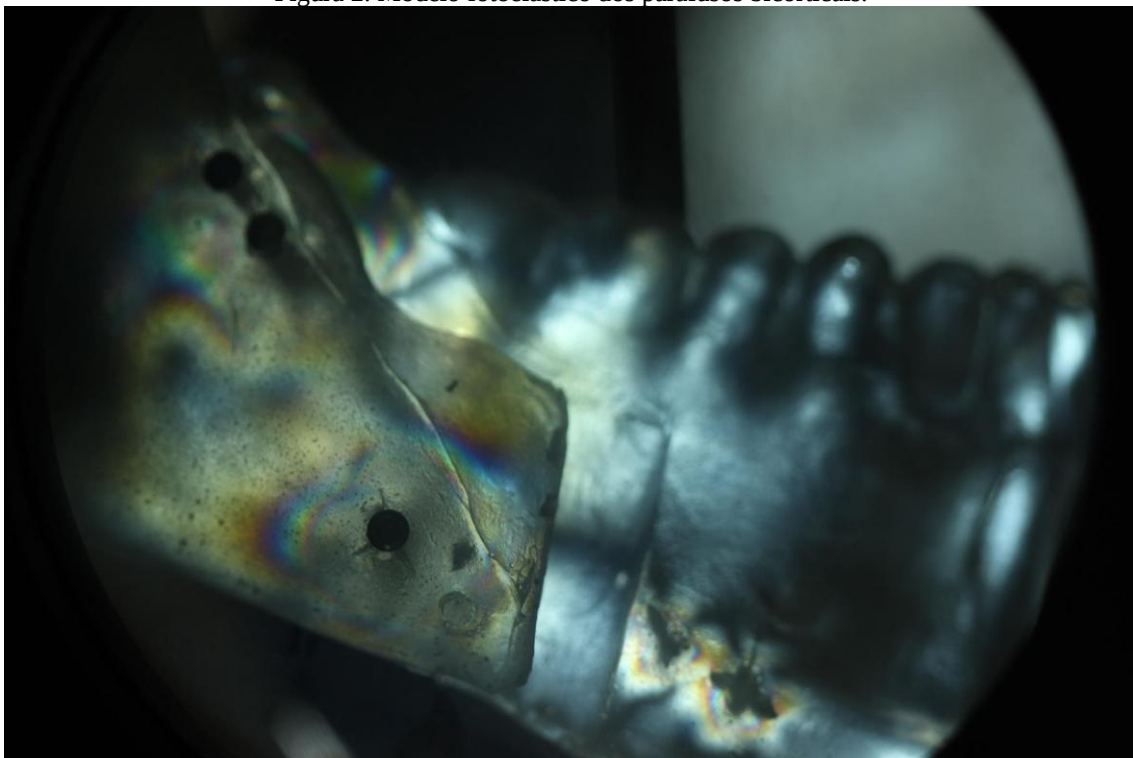
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados fotoelásticos estão descritos a seguir conforme os grupos experimentais.

### Grupo A

As tensões na técnica com parafusos bicorticais se concentraram ao redor dos parafusos no modelo. Entretanto, observou-se que as franjas se apresentaram mais afastadas dos parafusos quando comparadas aos grupos B e C (Figura 2).

Figura 2. Modelo fotoelástico dos parafusos bicorticais.

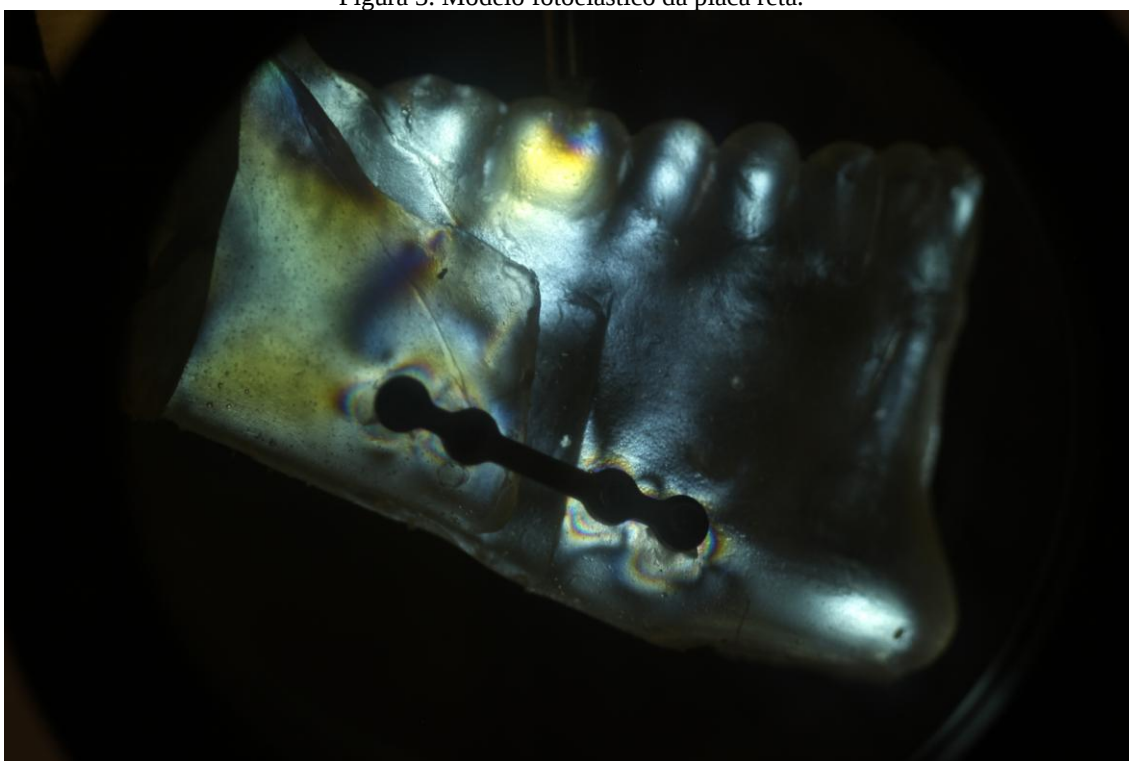


Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

## Grupo B

A concentração das tensões na técnica com placa reta foi observada ao redor dos parafusos nas porções distal e mesial do modelo. Houve uma maior tensão no entorno do parafuso mais distal, próximo ao ângulo da mandíbula. Da mesma forma que ocorreu no parafuso mais mesial, na porção anterior da hemi-mandíbula. Além disso, na porção distal, próximo ao local da osteotomia que seria realizada na técnica, outro ponto de tensão evidente foi verificado (Figura 3).

Figura 3. Modelo fotoelástico da placa reta.

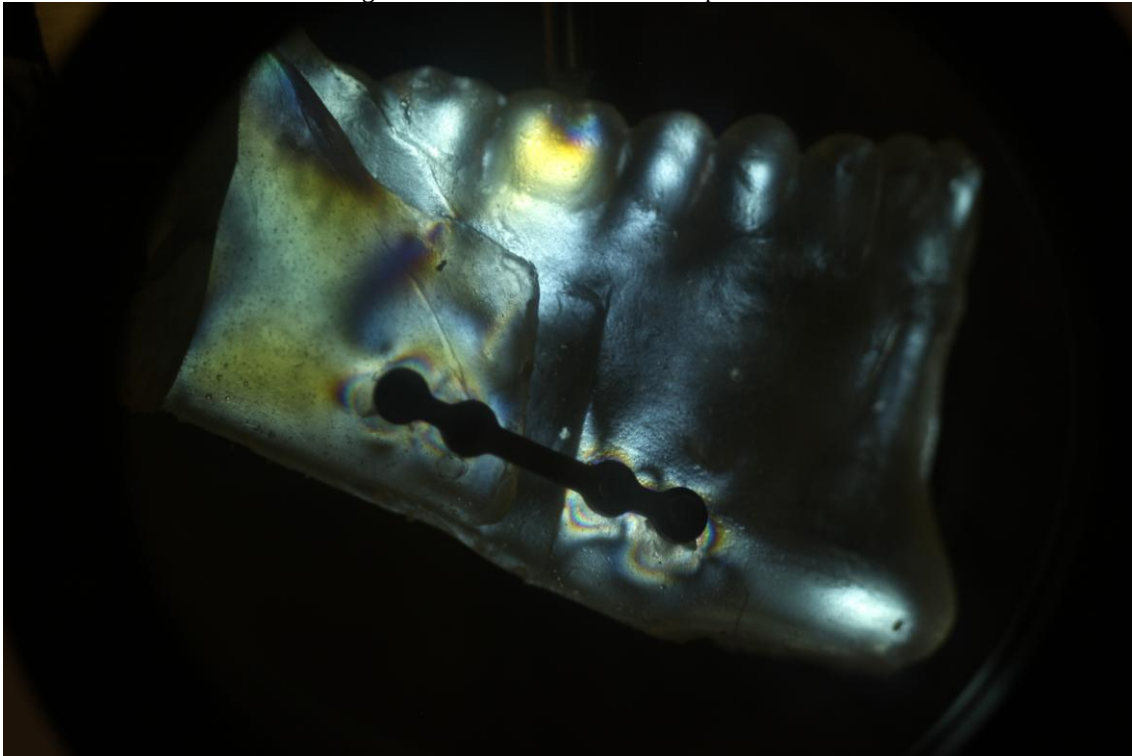


Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

## Grupo C

A concentração das tensões na técnica com duas placas em L se apresentou ao redor dos parafusos nas duas porções da hemimandíbula. Constatou-se maior acúmulo de tensões no entorno dos parafusos que fixam a porção mesial, localizada mais anteriormente no modelo. De semelhante modo, foram verificadas tensões na porção distal, próximo ao local da osteotomia que seria realizada na técnica (Figura 4).

Figura 4. Modelo fotoelástico das placas L.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

A análise fotoelástica realizada no presente estudo permitiu identificar diferenças na distribuição de tensões entre as três técnicas de fixação interna rígida avaliadas após avanço mandibular de 5 mm. Sob essa perspectiva, observou-se que o padrão de concentração das tensões variou conforme o tipo de fixação utilizado. A utilização de parafusos bicorticais em um padrão L invertido fornece uma vantagem mecânica interessante, com satisfatória resistência às cargas de pressão (Özden *et al.*, 2006; Sato *et al.*, 2012). Sob esse prisma, a literatura vai de encontro aos achados do presente estudo, visto que os testes com as placas bicorticais apresentaram uma distribuição de tensão mais bem distribuída em comparação com os outros grupos. Outra vantagem é resistência à fixação apresentada por esses parafusos (Pereira Filho *et al.*, 2013).

O uso de placas e parafusos apresenta perfeita adaptação sobre a cortical da placa, além de evitar o posicionamento incorreto do segmento proximal (Lyrio, 2009; Michelet; Quentin, 1971). Apesar de a fixação com placas e parafusos apresentar uma estabilidade da OSRM menor quando comparada com a fixação apenas com parafusos (Lyrio, 2009), ela ainda assim apresenta-se satisfatória, dado que a rotação dos côndilos mandibulares é menor no uso das placas quando comparado aos parafusos bicorticais (Scheerlink *et al.*, 1994). Em situações de grande movimentação e assimetrias, a melhor escolha são as miniplacas, pois toda a carga fica

concentrada ao redor do sistema de ligação, o que também explica a baixa resistência dessa técnica comparada a dos parafusos bicorticais (Sato *et al.*, 2010; Sato *et al.*, 2014).

No estudo de Andrade *et al.* (2014a), baseado em análises de fotoelasticidade, observou-se, a partir da distribuição de franjas, maior tensão no parafuso próximo à osteotomia. Contudo, em condições padrão de osteossíntese, por si só, qualquer modificação na OSRM produz alterações na localização e na distribuição das tensões (Andrade *et al.*, 2014b). Já Lima *et al.* (2015) avaliaram que os parafusos canulados tendem a apresentar melhor desempenho nos testes fotoelásticos em comparação com os de núcleos sólidos. Essas diferenças de performance vão de encontro com os resultados do presente estudo, na medida em que os diferentes grupos analisados apresentaram variações. Adicionalmente, a técnica de análise de fotoelasticidade com modelos de resina fotoelástica também é utilizada em estudos de implantodontia (Pigozzo, 2014), o que reforça sua aplicabilidade e validade.

Sob um olhar clínico, deve-se levar em consideração aspectos relacionados ao transoperatório, com a presença de terceiros molares. Nesse sentido, o cirurgião deve ponderar os riscos e benefícios e planejar adequadamente a conduta clínica, a fim de reestabelecer estética, fonética, oclusão e qualidade de vida (Souza, 2020; Santana *et al.*, 2023). Da mesma forma, o pós-operatório merece atenção, com a escolha preferencial do método híbrido de fixação na osteotomia sagital dos ramos mandibulares (Moreira, 2023) e a avaliação ortodôntica adequada, dentre outros aspectos (Siqueira *et al.*, 2007).

O presente trabalho apresenta limitações inerentes ao tipo de estudo e à técnica utilizada - especialmente no que se refere à carga aplicada nos modelos. Nesse sentido, durante a inserção dos diferentes tipos de parafusos, ocorrem pequenas concentrações de tensão que, ao longo do tempo, podem levar à ruptura dos modelos; a resina fotoelástica utilizada não permite a aplicação de cargas elevadas, uma vez que não oferece retenção mecânica suficiente para os parafusos, o que compromete a estabilidade do sistema e a reprodutibilidade dos resultados. Além disso, por tratar-se de um estudo *in vitro*, os dados obtidos podem ser observados de forma distinta em uma análise clínica, dada a ausência de estruturas adjacentes - músculos, ligamentos e tecidos moles - e da influência de cargas cíclicas semelhantes à mastigação. Além disso, a análise visual da fotoelasticidade, embora validada em estudos anteriores, possui caráter qualitativo e pode estar sujeita à interpretação. Futuras pesquisas poderiam incorporar análise quantitativa das tensões, uso de modelos tridimensionais e simulação de cargas dinâmicas para ampliar a compreensão dos padrões de dissipação de forças em diferentes técnicas de fixação mandibular.

## CONCLUSÃO

A distribuição de tensões pode variar significativamente conforme o tipo de fixação adotado. A técnica com parafusos bicorticais consiste na potencialmente mais favorável quanto à dissipação das tensões no modelo fotoelástico. Mais estudos devem ser realizados, de modo a analisar clinicamente tais situações, acompanhar os resultados de cada estratégia de fixação mandibular e verificar as maneiras mais adequadas de realização desse procedimento.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. C.; LUTHI, L. F.; SATO, F. L.; NASCIMENTO, F. F.; OLATE, S. & ALBERGARIA-BARBOSA, J. R. **Sagittal split ramus osteotomy with L inverted osteosynthesis. A Mechanical Study with Photoelasticity.** *Int. J. Odontostomat.*, v. 8, n. 1, p. 161-165, jan. 2014.
- ANDRADE, V. C.; OLATE, S.; POZZER, L.; CAVALIERI-PEREIRA, L.; DE MORAES, M.; DE ALBERGARIA-BARBOSA, J. R. **Photoelastic evaluation of two different sagittal split ramus osteotomies in advancement surgery.** *Int. J. Clin. Exp. Med.*, v. 7, n. 8, p. 1940-1944, ago. 2014.
- ARDARY, W. C.; TRACY, D. J.; BROWNRIDGE, G. W. 2nd; URATA, M. M. **Comparative evaluation of screw configuration on the stability of the sagittal split osteotomy.** *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v. 68, n. 2, p. 125–129, ago. 1989.
- BORSTLAP, W. A.; STOELINGA, P. J. W.; HOPPENREIJS, T. J. M.; VAN'T HOF, M. A. **Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up. Part I. Clinical parameters.** *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, v. 33, n. 5, p. 433-441, jul. 2004.
- BRASILEIRO, B. F. **Avaliação biomecânica in vitro de técnicas de fixação rígida metálica para osteotomia sagital do ramo mandibular em movimentos de avanço e recuo.** 2007. 166f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2007.
- BRASILEIRO, B. F.; GREMPEL, R.; AMBROSANO, G. M. B.; PASSERI, L. A. **An in vitro evaluation of rigid internal fixation techniques for sagittal split ramus osteotomies: advancement surgery.** *J. Oral Maxillofac. Surg.*, v. 67, n. 4, p. 809-817, abr. 2009.
- BRASILEIRO, B. F.; GROTTA-GREMPEL, R.; AMBROSANO, G. M. B.; PASSERI, L. A. **An in vitro evaluation of rigid internal fixation techniques for sagittal split ramus osteotomies: setback surgery.** *J. Oral Maxillofac. Surg.*, v. 70, n. 4, p. 941-951, abr. 2012.

BREDBENNER, T. L.; HAUG, R. H. **Substitutes for human cadaveric bone in maxillofacial rigid fixation research.** *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, v. 90, n. 5, p. 574-580, nov. 2000.

CILLO, J. E.; STELLA, J. P. **Selection of sagittal split ramus osteotomy technique based on skeletal anatomy and planned distal segment movement: current therapy.** *J. Oral Maxillofac. Surg.*, v. 63, n. 1, p. 109-114, jan. 2005.

DAL PONT, G. **Retromolar osteotomy for the correction of prognathism.** *J. Oral Surg. Anesth. Hosp. Dent. Serv.*, v. 19, p. 42-47, jan. 1961.

EPKER, B. N. **Modifications in the sagittal osteotomy of the mandible.** *J. Oral Surg.*, v. 35, n. 2, p. 157-159, fev. 1977.

FOLEY, W. L.; BECKMAN, T. W. **In vitro comparison of screw versus plate fixation in the sagittal split osteotomy.** *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, v. 7, n. 3, p. 147-151, 1992.

FREIRE, S. A. S. R. **Avaliação mecânica e fotoelástica de sistemas de fixação interna estável utilizados no tratamento de fraturas de mandíbulas atróficas: estudo in vitro, em mandíbulas de poliuretano.** 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2010.

LIMA, C. J.; FALCI, S. G. M.; RODRIGUES, D. C.; MARCHIORI, É. C.; MOREIRA, R. W. F. **Mechanical and photoelastic analysis of conventional screws and cannulated screws for sagittal split osteotomy fixation: a comparative study.** *Oral Maxillofac. Surg.*, v. 19, n. 4, p. 397-402, jun. 2015.

LYRIO, M. C. N. **Análise mecânica e fotoelástica das técnicas de fixação interna rígida da osteotomia sagital utilizando placa convencional e placa com sistema de travamento em avanços mandibulares.** 2009. 117f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, SP, 2009.

MICHELET, F. X.; QUENTIN, D. **Apport des plaques vissées dans les clivages sagittaux pour prognathisme mandibulaire.** *Rev. d'Odonto-Stomat. du Midi de la France*, v. 29, p. 106, 1971.

MOREIRA, S. B. **Estabilidade pós-operatória do método híbrido de fixação interna rígida da osteotomia sagital do ramo mandibular em cirurgias ortognáticas: uma revisão sistemática.** 2023. 112f. Tese (Doutorado em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofaciais) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

ÖZDEN, B.; ALKAN, A.; ARICI, S.; ERDEM, E. **In vitro comparison of biomechanical characteristics of sagittal split osteotomy fixation techniques.** *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, v. 35, p. 837-841, 2006.

PEREIRA FILHO, V. A.; IAMASHITA, H. Y.; MONNAZZI, M. S.; GABRIELLI, M. F. R.; VAZ, L. G.; PASSERI, L. A. **In vitro biomechanical evaluation of sagittal split osteotomy**

**fixation with a specifically designed miniplate. Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 42, n. 3, p. 316-320, mar. 2013.

PETERSON, G. P.; HAUG, R. H.; VAN SICKELS, J. **A biomechanical evaluation of bilateral sagittal ramus osteotomy fixation techniques. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 63, n. 9, p. 1317-1324, set. 2005.

PIGOZZO, M. N. **Análise fotoelástica da distribuição de tensões no osso mandibular em diferentes técnicas de fixação da osteotomia sagital. Braz. Oral Res.**, v. 27, n. 6, p. 509-515, nov./dez. 2013.

PURICELLI, E. **A new technique for mandibular osteotomy. Head Face Med.**, v. 3, p. 15, mar. 2007.

RUBENS, B. C.; STOELINGA, P. J.; BLIJNDORP, P. A.; SCHOENAERS, J. H.; POLITIS, C. **Skeletal stability following sagittal split osteotomy using monocortical miniplate internal fixation. Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 17, n. 6, p. 371-376, dez. 1988.

SANTANA, N. G.; GONÇALVES, A. N. P.; CAMARGO, H. de S.; GARRIDO, L. A.; MACHADO, M. S. **Relação de terceiros molares não irrompidos e osteotomia sagital mandibular: revisão de literatura. Braz. J. Surg. Clin. Res.**, v. 42, n. 3, p. 46, 2023.

SATO, F. R. L.; ASPRINO, L.; CONSANI, S.; MORAES, M. de. **Comparative biomechanical and photoelastic evaluation of different fixation techniques of sagittal split ramus osteotomy in mandibular advancement. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 68, n. 1, p. 160-166, jan. 2010.

SATO, F. R. L.; ASPRINO, L.; CONSANI, S.; NORITOMI, P. Y.; MORAES, M. de. **A comparative evaluation of the hybrid technique for fixation of the sagittal split ramus osteotomy in mandibular advancement by mechanical, photoelastic, and finite element analysis. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, v. 114, n. 5 Suppl, p. S60-S68, nov. 2012.

SATO, F. R. L.; ASPRINO, L.; MOREIRA, R. W. F.; MORAES, M. de. **Comparison of postoperative stability of three rigid internal fixation techniques after sagittal split ramus osteotomy for mandibular advancement. J. Craniomaxillofac. Surg.**, v. 42, n. 5, p. e224-e229, jul. 2014.

SCHEERLINCK, J. P.; STOELINGA, P. J.; BLIJNDORP, P. A.; BROUNS, J. J.; NIJS, M. L. **Sagittal split advancement osteotomies stabilized with miniplates: a 2–5-year follow-up. Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 23, n. 3, p. 127-131, jun. 1994.

SHETTY, V.; FREY MILLER, E.; McBREARTY, D.; CAPUTO, A. A. **Functional stability of sagittal split ramus osteotomies: effects of positional screw size and placement configuration. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 54, n. 5, p. 601-609, maio 1996.

SIQUEIRA, D. F.; CASTRO, A. M. A.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MALTAGLIATI, L. Á.; ANGELIERI, F. **A estabilidade do avanço mandibular cirúrgico por meio da osteotomia**

**bilateral sagital: uma revisão. R. Dental Press Ortodon. Ortop. Facial**, v. 12, n. 5, p. 126-132, set./out. 2007.

SONEGO, C. L.; SCHEFFER, M. A. R.; CHAGAS JÚNIOR, O. L.; VETROMILLA, B. M.; FERNANDES, L. P.; OZKOMUR, A.; SILVA JÚNIOR, A. N.; MIGUENS JÚNIOR, S. A. Q.; HERNANDEZ, P. A. G. **In vitro study of a modified sagittal split osteotomy fixation technique of the mandible: a mechanical test. Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 47, n. 10, p. 1330-1335, out. 2018.

SOUZA, B. B. **A presença dos terceiros molares durante a osteotomia sagital do ramo mandibular favorece a complicações durante a cirurgia ortognática? revisão sistemática e meta-análise.** 2020. 50f. Trabalho de conclusão de residência em cirurgia e traumatologia buco-maxilo-faciais (Odontologia) - Departamento de odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

VAN SICKELS, J. E.; PETERSON, G. P.; HOLMS, S.; HAUG, R. H. **An in vitro comparison of an adjustable bone fixation system. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 63, n. 11, p. 1620-1625, nov. 2005.

WOLFORD, L. M.; BENNETT, M. A.; RAFFERTY, C. G. **Modification of the mandibular ramus sagittal split osteotomy. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, v. 64, n. 2, p. 146-155, ago. 1987.