

Osteotomía Sagital de Rama Mandibular con Osteosíntesis en L Invertido. Estudio Mecánico con Fotoelasticidad

Sagittal Split Ramus Osteotomy with L inverted Osteosynthesis.
A Mechanical Study with Photoelasticity

Valdir Cabral Andrade^{*}; Leonardo Flores Luthi[†]; Fabio Loureiro Sato[‡];
Federico Felipe Nascimento[§]; Sergio Olate^{***} & Jose Ricardo Albergaria-Barbosa^{*}

ANDRADE, V. C.; LUTHI, L. F.; SATO, F. L.; NASCIMENTO, F. F.; OLATE, S. & ALBERGARIA-BARBOSA, J. R. Osteotomía sagital de rama mandibular con osteosíntesis en L invertido. Estudio mecánico con fotoelasticidad. *Int. J. Odontostomat.*, 8(1):161-165, 2014.

RESUMEN: El objetivo de esta investigación es identificar las tensiones presentes en tornillos de osteosíntesis utilizados en la fijación de la osteotomía sagital de rama mandibular (OSRM). Se utilizaron dos modelos de OSRM realizados con resina fotoelástica donde el grupo 1 presentaba una osteotomía basilar recta mientras que el grupo 2 presentaba una osteotomía basilar angulada; en ambos se utilizó el sistema de L invertido para la osteosíntesis con tornillos 2.0 de 13 mm de longitud. Posteriormente el sistema fue instalado en un pilar sobre la máquina Instron, donde se aplicó una carga vertical de 1 mm/minuto hasta conseguir el desplazamiento de 3 mm; el punto de carga estuvo en la fosa central del primer molar. La distribución de franjas mostró mayor tensión en el tornillo más próximo de la osteotomía en ambos grupos; en el grupo 2 se produjo una diseminación de fuerzas levemente hacia la basilar y en el grupo 1 se mantuvo la diseminación a través de la línea oblicua. Se puede concluir que ambas osteotomías mandibulares son eficientes en la distribución de cargas y que no se observan diferencias cualitativas entre tornillos en términos de cantidad de diseminación de energía.

PALABRA CLAVE: osteotomía sagital mandibular, análisis fotoelástico, biomecánica

INTRODUCCIÓN

La osteotomía sagital de rama mandibular (OSRM) es uno de los procedimientos más comunes en cirugía ortognática. La técnica, sin embargo, ha sufrido variaciones y modificaciones desde la descripción original de Trauner & Obwegeser (1957) siendo algunas de ellas propuestas por Dal Pont (1961), Hunsuck (1968), Epker (1977) y Ellis (2007).

La técnica propuesta por Trauner & Obwegeser consistía de una osteotomía a través de la cortical lateral del cuerpo mandibular (iniciando en el sector distal del segundo molar) continuando por el aspecto sagital mandibular hasta finalizar con una corticotomía en el sector medial de la rama mandibular sobre la lígula, lo cual permitía ventajas como el aumento del contacto

óseo entre los segmentos y también el realizarlo con un abordaje intrabucal.

Epker sugirió una modificación a esta técnica de OSRM, disminuyendo la desperiostización del músculo masetero y del área medial de la rama mandibular. Por otra parte, Wolford *et al.* (1987) propuso una modificación similar a la propuesta por Gallo *et al.* (1976) donde se realizaba un escalón en la corticotomía vertical del cuerpo mandibular lo cual permitiría un mejor reposición condilar y luego una osteotomía basilar de mandíbula (Wolford & Davis, 1990) la que estaría contraindicada solamente en casos donde el conducto alveolar inferior se encontrara en una posición altamente inferior enfatizando la expe-

^{*} Área de Cirugía Buco Maxilofacial, Faculdade de Odontologia, Universidad Estadual de Campinas, Brasil.

^{**} División de Cirugía Oral y Maxilofacial, CIMA, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

^{***} Centro de Investigación en Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile

riencia del cirujano para determinar este punto. Wolford & Davis presentaron un sistema de sierra recíproca de aplicación en la base mandibular a fin de evitar las fracturas indeseables en el área lingual del segmento distal. Fun-Chee (1992) también señala que esta condición clínica permite una mayor área de contacto óseo lo cual mejoraría la reparación ósea.

Para la osteosíntesis de la OSRM existen algunas opciones bien conocidas. Una de ellas estima el uso de tornillos bicorticales libres de compresión, uso de placas de osteosíntesis con tornillos monocorticales y el uso de técnicas mixtas (Oliveira *et al.*, 2012; Sato *et al.*, 2012). La eficiencia de todos ellos ha sido documentada en algunos estudios biomecánicos presentando resultados de resistencia mecánica satisfactoria en la mayoría de los casos (Sato *et al.*, 2010). Clínicamente, la resistencia de los sistemas también se optimiza toda vez que en pacientes con OSRM la fuerza masticatoria se encuentra disminuida (Throckmorton & Ellis, 2001) lo que genera menor exigencia de la osteosíntesis; aun así, las fuerzas musculares a las cuales esta sometida la OSRM bilateral implican recidivas del movimiento cuando la osteosíntesis no es eficiente (Dolce *et al.*, 2002).

La técnica de osteosíntesis de tornillos bicorticales con esquema de L invertido ha sido propuesta como una de las que presenta mayor resistencia mecánica (Sato *et al.*, 2012), aunque su gran desventaja es que exige una incisión en piel y la inserción con sistema transbucal para llegar a los 90° de inclinación.

El objetivo de esta investigación es identificar la distribución de fuerzas presentes en dos tipos de OSRM fijados con tornillos bicorticales posicionales en un modelo de mandíbula fabricado en resina fotoelástica.

MATERIAL Y MÉTODO

Elaboración del modelo de OSRM en resina fotoelástica. El modelo inicialmente utilizado correspondió a una hemimandíbula de poliuretano estandarizada donde previamente se había realizado una osteotomía según la propuesta de Epker que consideraba una osteotomía basilar recta (grupo 1, Fig.1) y otra hemimandíbula donde se realizó la osteotomía modificada por Wolford & Davis que considera la realización de una osteotomía angulada en dirección sagital en el nivel basilar mandibular (grupo 2, Fig.2).

Cada hemimandíbula, separada en su segmento proximal y distal, fue instalada dentro de una caja plástica que fue rellena con silicona Silibor® (Clásico Artigos Odontológicos Ltda. – São Paulo, São Paulo – Brasil) durante 24 h para obtener un negativo (impresión) de la hemimandíbula de poliuretano.

En el molde de silicona (negativo de la hemimandíbula) fue incorporada resina fotoelástica Araldite® (Araltec Produtos Químicos Ltda., Guarulhos – São Paulo, Brasil) manteniéndose dentro del modelo de silicona durante 72 h hasta obtener su completa polimerización.

Osteosíntesis de la OSRM. Una vez extraída la hemimandíbula con sus segmentos se realizó la osteosíntesis de la OSRM con 3 tornillos bicorticales de 13 mm del sistema 2.0 (Osteosin, São Paulo, Brasil). Para estandarizar la instalación de tornillos se realizó un modelo de guía quirúrgica en resina acrílica que fue utilizado posteriormente sobre el modelo fotoelástico (Fig. 3).

Las perforaciones en el modelo se realizaron de acuerdo a las instrucciones del fabricante y para disminuir las tensiones generadas sobre el modelo estos fueron llevados a una estufa con temperatura de 55°C donde se mantuvieron por 5 minutos para la eliminación de tensiones residuales. Para los objetivos de este trabajo, no se realizaron avances ni retrocesos mandibulares en el momento de la osteosíntesis.

Ensayo mecánico. Las hemimandíbulas fueron acopladas en la máquina de ensayo universal Instron, modelo 4411 junto a un polariscopio plano desarrollado por la empresa Eikonol Instrumentos Ópticos Comércio e Serviço Ltda. (São Paulo – SP, Brasil). Las imágenes fotográficas fueron capturadas por una máquina réflex (Fuji 9000, Fuji Corporation, Japon) de forma previa a la prueba en la máquina Instron para observar las tensiones generadas por la inserción de los tornillos y la elaboración de la osteotomía.

Las muestras fueron sometidas a carga vertical en la región de la fosa central del primer molar inferior a través de un dispositivo de carga universal de punta redondeada que permitió establecer las tensiones generadas en la zona vestibular de la mandíbula. La máquina de ensayo fue programada para realizar el test a una velocidad constante de 1 mm/min hasta llegar al desplazamiento de 3 mm momento en que la misma estacionaba la incidencia de carga y era realizada la fotografía de las franjas isocromáticas.



Fig. 1. Modelo de poliuretano utilizado para la replica de la OSRM del grupo 1.



Fig. 2. Modelo de poliuretano utilizado para la replica de la OSRM del grupo 2; se puede observar las diferencias en la posición y angulación de la osteotomía basilar con respecto al grupo 1.

La observación de tensiones se realizó sumergiendo la hemimandíbula en un cubo de 30x30x30 cm confeccionado en vidrio temperado transparente conteniendo aceite mineral transparente (Campestre Ind. e Com. de Óleos Vegetais Ltda. – São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil). El estudio de variables se realizó de forma cualitativa comparando la distribución de las concentraciones en cada uno de los tornillos instalados.

RESULTADOS

Mediante análisis cualitativo, en la muestra de OSRM con osteotomía basilar recta (grupo 1), los tornillos con las mayores concentraciones de franjas isocromáticas se localizaron en los tornillos 1 y 3 (el tornillo más posterior y el tornillo más inferior); el tornillo 2 fue el que presentó el menor nivel de tensiones. La tensión presentó una distribución hacia posterior, concentrando fuerzas desde superior hacia inferior sin diferencias importantes (Fig. 4).

En el grupo de osteotomía basilar (grupo 2), al igual que en el grupo anterior se observó mayor distribución de tensiones en los tornillos 1 y 3, mientras



Fig. 3. Modelo de estabilización de la osteosíntesis utilizado en las hemimandíbulas de resina fotoelástica

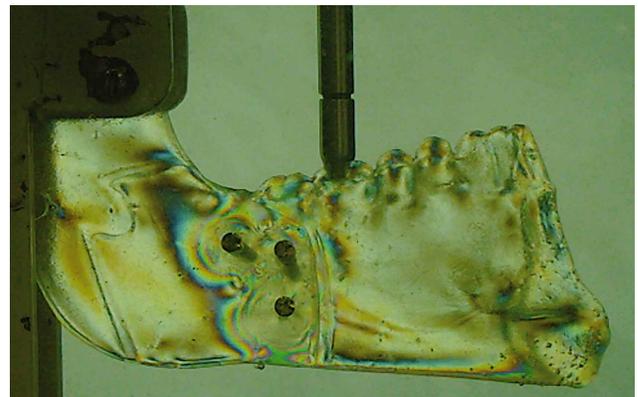


Fig. 4. Modelo de mandíbula construida con resina fotoelástica utilizando la osteotomía del grupo 1; se observa la distribución de tensiones en tornillos y en la osteotomía.

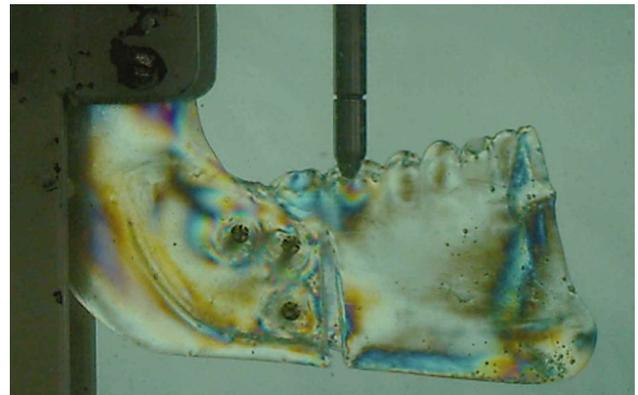


Fig. 5. Modelo de mandíbula construida con resina fotoelástica utilizando la osteotomía del grupo 2; se observa la distribución de tensiones en tornillos, enfatizándose en los tornillos más posterior y más inferior.

que el tornillo 2 fue el de menor concentración. Estas tensiones fueron más concentradas en los tornillos sin extensiones hacia posterior al compararlo con el grupo anterior. Se observó mayor distribución de tensiones en el tornillo 2 de este grupo al compararlo con el grupo sin osteotomía basilar (Fig. 5).

La línea oblicua presentó mayor distribución de tensiones en el grupo 1; en términos generales, se observó que el grupo 2 presentaba mayor disipación de tensiones en relación a los tornillos mientras que el grupo 1 presentaba mayor cantidad de tensiones en relación a los tornillos y la osteotomía.

DISCUSIÓN

El modelo fotoelástico realizado en este estudio ha sido utilizado en otras investigaciones demostrando su eficiencia y claridad en exhibir la distribución de tensiones (Kim *et al.*, 1993), transformándose un modelo gráfico y confiable para la observación de tensiones. Este modelo de análisis ha sido utilizado en diferentes aspectos de los estudios mecánicos y en el campo de la cirugía oral y maxilofacial tiene importancia en el análisis del comportamiento de implantes (Jaimes *et al.*, 2009) y modelos de osteosíntesis en fracturas faciales (Christopoulos *et al.*, 2012) y osteotomías maxilo mandibulares (Lima *et al.*, 2011). Previa aplicación del modelo fotoelástico en el estudio de la OSRM vienen desde el año 1993 cuando Kim *et al.* analizaron el comportamiento de tornillos bicorticales con diferentes posiciones identificando la distribución de tensiones en cada sistema.

Sato *et al.* (2012) observaron que en modelos fotoelásticos fijados con técnica mixta, el tornillo bicortical fue el que presentó mayor nivel de tensiones mientras que en el modelo de L invertido el tornillo de menor estrés estaba localizado en el sector inferior de mandíbula. En otra investigación Sato *et*

al. (2010) señalaron que la distribución más homogénea de tensiones se presentaba al utilizar el sistema de L invertido en la fijación de la OSRM sin identificar ningún tornillo con mayor o menor registro de tensiones; en ese grupo también existió diseminación de tensiones hacia la línea oblicua lo cual se relaciona con los resultados del grupo 1 de nuestra investigación. Ya en el grupo 2 existió distribución levemente mayor hacia el área basilar de la mandíbula y mayor concentración de tensiones en relación a los tornillos.

Los resultados observados en esta investigación permiten entender que la mayor distribución de tensiones en ambos grupos se encuentra en los tornillos posterior e inferior en relación a la osteotomía, donde el tornillo más anterior presentó un bajo nivel de tensiones. De acuerdo a publicaciones clásicas (Ralph, 1975; Champy & Lodde, 1976), las tensiones más intensas se observan en el nivel inferior de la mandíbula (próxima al área basilar) y en la zona próxima a la osteotomía, probablemente debido a que son una zona de menor volumen óseo (Obeid & Lindquist, 1991).

El análisis cualitativo de ambos grupos demostró que la osteotomía basilar mandibular permite generar menos tensiones en el área de osteotomía y que los tornillos bicorticales presentaron menos tensiones cuando fueron instalados en una OSRM con osteotomía basilar; aun así, los resultados de este trabajo deben ser considerados cuidadosamente ya que el limitado número muestral y el hecho de ser cualitativa y descriptiva limitan la aplicación de estos resultados, considerando la realización de nuevas investigaciones para confirmar estos resultados.

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.*, 8(1):161-165, 2014.

ABSTRACT: The aim of this research was to analyze the tension in osteosynthesis screw used for fixation of sagittal split ramus osteotomy (SSRS). Was used two model of SSRS made in photoelastic resin; in one of them was include a basilar osteotomy and the another one only SSRS without basilar osteotomy; for both system was used inverted L osteosynthesis with 13 mm screw of 2.0 system. Posteriorly, the hemimandible was installed in Instron machine with a vertical load of 1 mm/min until the displacement of 3 mm; the load point was on first molar. The fringe distribution show more tension in the screw close to osteotomy in both groups; when SSRS was united to basilar osteotomy was produced a inferior distribution of force and in the SSRS without basilar osteotomy group was maintained a distribution into the oblique line. It's was conclude that both mandibular osteotomies was efficient in load distribution and was not observed important differences between screw related to distribution of load.

KEY WORD: sagittal ramus osteotomy, photoelastic analyses, biomechanics

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Champy, M. & Lodde, J. P. Mandibular synthesis. Placement of the synthesis as a function of mandibular stress. *Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac.*, 77:971-6, 1976.
- Christopoulos, P.; Stathopoulos, P.; Alexandridis, C.; Shetty, V. & Caputo, A. Comparative biomechanical evaluation of mono-cortical osteosynthesis systems for condylar fractures using photoelastic stress analysis. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 50:636-41, 2012.
- Dal Pont, G. Retro-molar osteotomy for the correction of prognathism. *J. Oral Surg.*, 19:42-5, 1961.
- Dolce, C.; Hatch, J. P.; Van Sickels, J. E. & Rugh, J. D. Rigid versus wire fixation for mandibular advancement: skeletal and dental changes after 5 years. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 121:610-9, 2002.
- Ellis, E. 3rd. A method to passively align the sagittal ramus osteotomy segments. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 65: 2125-30, 2007.
- Epker, B. N. Modifications of the sagittal osteotomy of the mandible. *J. Oral Surg.*, 35:157-9, 1977.
- Fun-Chee, L. Technical modification of sagittal split mandibular ramus osteotomy. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 74:723-6, 1992.
- Gallo, W. J.; Moss, M.; Gaul, V. J. & Shapiro, D. Modification of sagittal split osteotomy for retrognathia. *J. Oral Surg.*, 34:178-9, 1976.
- Hunsuck, E. E. Modified intraoral splitting technique for correction of mandibular prognathism. *J. Oral Surg.*, 26: 250-3, 1968.
- Lima, S. M. Jr.; de Moraes, M. & Asprino, L. Photoelastic analysis of stress distribution of surgically assisted rapid maxillary expansion with and without separation of the pterygomaxillary suture. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 69: 1771-5, 2011.
- Jaimes, M.; Duque de Miranda Chaves Netto, H.; Olate, S.; Mazzonetto, R. & Albergaria-Barbosa, J. R. Análisis fotoelástico descriptivo de dos diferentes diseños de implantes endoóseos sometidos a carga de compresión vertical. *Av. Periodon. Implantol.*, 21:135-40, 2009.
- Kim, H. C.; Essaki, S.; Kameyama, T. & Yamamoto, K. Photoelastic analysis of internal screw fixation after sagittal split ramus osteotomy. *J. Craniomaxillofac. Surg.*, 21:266-70, 1993.
- Olivera, L. B.; Sant'Ana, E.; Manzato, A. J.; Guerra, F. L. & Arnett, G. W. Biomechanical *in vitro* evaluation of three stable internal fixation techniques used in sagittal osteotomy of the mandibular ramus: a study in sheep mandibles. *J. Appl. Oral Sci.*, 20:419-26, 2012.
- Obeid, G. & Linqvist, C. C. Optimal placement of bicortical screws in sagittal split ramus osteotomy of mandible. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 71:665-9, 1991.
- Ralph, J. R. Photoelastic studies in the edentulous human mandible. *J. Dent.*, 3:9-14, 1975.
- Sato, F. R.; Asprino, L.; Consani, S.; Noritomi, P. & de Moraes, M. 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.*, 114(5 Suppl.):S60-8, 2012.
- Sato, F. R.; Asprino, L.; Consani, S. & de Moraes, M. Comparative biomechanical and photoelastic evaluation of different fixation techniques of sagittal split ramus osteotomy in mandibular advancement. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 68:160-6, 2010.
- Trauner, R. & Obwegeser, H. The surgical correction of mandibular prognathism e retrognathia with consideration of genioplasty. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 10: 677-89, 1957.
- Throckmorton, G. S. & Ellis, E. 3rd. The relationship between surgical changes in dentofacial morphology and changes in maximum bite force. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 59:620-7, 2001.
- Wolford, L. M.; Bennet, M. A. & Rafferty, C.G. Modification of the mandibular ramus sagittal split osteotomy. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 64:146-55, 1987.
- Wolford, L. M.; Davis, W. M. Jr. The mandibular inferior border split: A modification in the sagittal split osteotomy. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 48:92-4, 1990.

Correspondencia a:
Prof. Dr. Sergio Olate
División de Cirugía Oral y Maxilofacial
Universidad de La Frontera
Claro Solar 115, Oficina 414-A
CHILE

Email: sergio.olate@ufrontera.cl

Recibido : 05-10-2013

Aceptado: 10-12-2013