

Determinación de los parámetros idóneos de la distracción osteogénica de la mandíbula. Estudio experimental

Antonio Fuente-Del Campo^{1*} y Daniel Reyes-Cureño²

¹División de Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva, Hospital "Dr. Manuel Gea González", Secretaría de Salud; ²Servicio de Cirugía Plástica Reconstructiva, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado. Ciudad de México, México

Resumen

Antecedentes: Respecto a la distracción osteogénica (generación ósea inducida), con mayor o menor éxito han sido descritos diversos protocolos para el manejo del período de latencia, velocidad de distracción y período de consolidación. **Objetivo:** Entender mejor el proceso de la distracción mandibular y establecer los factores determinantes y sus tiempos óptimos. **Material y métodos:** Se estudiaron 27 perros sometidos a distracción osteogénica unidireccional, bilateral de la mandíbula. Los procesos de distracción se aplicaron con seis variantes, dos por cada factor (período de latencia, período de distracción y velocidad de distracción). Se estudiaron los cambios mediante biopsias del hueso y radiografías de la zona a los 0, 7, 14, 21, 45 y 55 días del proceso. **Resultados:** Los parámetros de distracción osteogénica más eficientes fueron período de latencia de cinco días, período de consolidación de seis semanas, 1 mm diario de velocidad de distracción para distancias menores a 20 mm y 3 mm diarios para distancias mayores. **Conclusiones:** El estudio histológico secuencial permitió observar la aparición de los elementos celulares (osteocitos, osteoclastos, matriz osteoide, trabeculado, etcétera) y su participación en el tejido de granulación, el hueso neoformado y el hueso maduro compacto.

PALABRAS CLAVE: Corticotomía. Distracción osteogénica. Malformaciones craneofaciales. Osteogénesis inducida.

Determination of mandibular distraction osteogenesis most suitable parameters. An experimental study

Abstract

Background: Distraction osteogenesis is a process of induced bone generation. Various protocols have been described for the management of the latency period, distraction speed and consolidation period, with greater or lesser success. **Objective:** To better understand the process of mandibular distraction and establish the determining factors and their optimal times. **Material and methods:** Twenty-seven dogs were studied, which had 54 distractors placed and that underwent unidirectional, bilateral mandibular distraction osteogenesis. The distraction processes were applied using six variants, two for each factor: latency period, distraction period and distraction speed. The changes were examined by means of bone biopsies and X-rays of the area at 0, 7, 14, 21, 45 and 55 days of the process. **Results:** The most efficient osteogenic distraction parameters were a latency period of five days, a consolidation period of six weeks, distraction speed of 1 mm/day for distances of less than 20 mm, and 3 mm/day for longer distances. **Conclusions:** The sequential histological study allowed to observe the appearance of cellular elements (osteocytes, osteoclasts, osteoid matrix, trabeculate, etc.) and their participation in granulation tissue, newly-formed bone and compact mature bone.

KEYWORDS: Corticotomy. Distraction osteogenesis. Craniofacial malformations. Induced osteogenesis.

*Correspondencia:

Antonio Fuente-Del Campo

E-mail: afuentedelcampo@prodigy.net.mx

0016-3813/© 2023 Academia Nacional de Medicina de México, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 01-09-2023

Fecha de aceptación: 14-12-2023

DOI: 10.24875/GMM.23000367

Gac Med Mex. 2024;160:73-80

Disponible en PubMed

www.gacetamedicademexico.com

Antecedentes

La distracción osteogénica para alargar huesos largos es frecuente en cirugía plástica para restaurar secuelas de trauma, oncológicas y malformaciones congénitas de huesos de la cara y del cráneo. Este procedimiento ofrece resultados estéticos y funcionales porque alarga los huesos y, secundariamente, ocasiona cambios en las partes blandas que los recubren.

Se atribuye a Cordivilla, en 1905, haber extendido progresivamente por primera vez el hueso largo de una extremidad.¹⁻³ Los trabajos de Ilizarov publicados en 1989^{4,5} describen la aplicación clínica de la distracción osteogénica para corregir deformidades de huesos largos de las extremidades. Según Wassmund, Rosenthal realizó en 1927 el primer procedimiento de osteodistracción mandibular, mediante un dispositivo intraoral que activó gradualmente durante un mes. En 1973, Snyder *et al.*,⁶ así como Michieli y Miotti,⁷ elongaron la mandíbula de perros mediante un dispositivo intraoral. Dado que se trata de un recurso ampliamente utilizado, ha sido motivo del diseño de múltiples distractores, externos, intraorales y mixtos.^{8,9}

El primer autor de este artículo tiene 30 años de experiencia en la distracción osteogénica de la mandíbula y diversos huesos del esqueleto craneofacial (638 pacientes); inicialmente empleó los parámetros establecidos por otros autores, pero posteriormente instauró variantes que determinó con su experiencia.¹⁰⁻¹²

La primera valoración histológica significativa de distracción osteogénica mandibular fue publicada por Panikarovski *et al.* (1982),¹³ quienes reportaron dos zonas de mineralización con osteocitos primarios orientados longitudinalmente y en el centro, una interzona fibrosa con capilares y fibras de colágena paralelas al vector de la distracción. Sus observaciones del mecanismo de regeneración ósea durante la distracción mandibular fueron similares a las descritas por otros en elongación de huesos largos.

En 1990, Karp *et al.*¹⁴ realizaron un estudio experimental similar, en el que analizaron histomorfológicamente las diferentes etapas de formación ósea durante la distracción osteogénica. Consideraron cuatro zonas: central de tejido fibroso, de formación ósea extensa, de remodelación ósea y de maduración.

En 1989, McCarthy *et al.*¹⁵ reportaron la primera aplicación clínica de la distracción osteogénica extraoral en cuatro niños con anomalías craneofaciales congénitas.

En 1999, Fuente Del Campo *et al.*^{8,12} informaron por primera vez osteodistracción en dos diferentes sitios de la hemimandíbula, mediante un distractor compuesto externo que actuaba simultáneamente sobre dos corticotomías, una horizontal en la rama y otra vertical en el cuerpo.

Ilizarov realizó sus protocolos con cinco a siete días de latencia y velocidad de 1 mm por día. De igual forma, Snyder *et al.* aplicaron una latencia de siete días y una velocidad de 1 mm por día, durante aproximadamente 14 días, conservando el sistema por seis semanas en condición pasiva. Con los mismos parámetros, McCarthy *et al.* ampliaron el período pasivo a ocho y 10 semanas.

De tal forma, los parámetros que se han utilizado para la distracción osteogénica son prácticamente los establecidos por Ilizarov.

Dado que la mandíbula es un hueso corto de estructura y actividad mecánica muy diferentes a las de huesos largos, nos preguntamos si los estándares empleados eran los más adecuados para su distracción. Los parámetros reportados en la literatura no son uniformes (períodos de latencia de cero a 14 días, velocidades de distracción de 1 a 2 mm y períodos de consolidación desde tres hasta 12 semanas); sin embargo, con todas estas variantes se han reportado buenos resultados. Pero, ¿cuáles son los parámetros idóneos para obtener resultados óptimos?, ¿serán algunos de estos parámetros poco relevantes, dado que al parecer se han obtenido resultados igualmente satisfactorios con otras variantes?

Con el propósito de entender mejor el proceso y establecer un protocolo óptimo, realizamos un estudio abierto, experimental, descriptivo y comparativo, basado en los exámenes histológicos y radiográficos.

Material y métodos

Con la intención de estudiar período de latencia (tiempo entre la colocación del distractor y el inicio de su activación), velocidad de distracción (separación generada entre los segmentos cada 24 horas), período de distracción (tiempo durante el cual se activó el distractor) y período de consolidación (entre la última activación del distractor y el retiro del mismo), se elaboró un proyecto de investigación con perros como modelo experimental, teniendo en cuenta la similitud de su mandíbula con la humana. Los animales se sometieron a distracción osteogénica mandibular y se les aplicaron seis diferentes variantes de período de latencia, velocidad de distracción y período de distracción.

Tabla 1. Técnicas de distracción osteogénica aplicadas

Técnicas	Período de latencia	Velocidad de distracción	Período de distracción	Período de consolidación	Biopsias y radiografías
Técnica I	0 días	1 mm/día	15 días	6 semanas	7, 14, 21, 45, 55 días
Técnica II	5 días	1 mm/día	15 días	6 semanas	7, 14, 21, 45, 55 días
Técnica III	0 días	3 mm/día	10 días	6 semanas	7, 14, 21, 45, 55 días
Técnica IV	5 días	3 mm/día	10 días	6 semanas	7, 14, 21, 45, 55 días
Técnica V	0 días	1 mm/día	10 días	6 semanas	7, 14, 21, 45, 55 días
Técnica VI	5 días	1 mm/día	10 días	6 semanas	7, 14, 21, 45, 55 días

La investigación se inició con 30 perros criollos de más de dos años de edad, sanos, sin alteraciones en el área; tres fueron descartados porque los distractores colocados se extruyeron. En la investigación se incluyeron los 27 perros restantes, a los cuales se les colocaron 54 distractores.

El comité de ética autorizó este estudio (2016-123 B), por tener en cuenta para su realización la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio del National Research Council, de Estados Unidos, así como las guías ARRIVE para estudios experimentales en animales.

El número de perros fue dividido aleatoriamente en seis grupos, tres grupos de cinco y tres grupos de cuatro (Tabla 1). Todos fueron sometidos a distracción mandibular bilateral y a cada grupo se le aplicó un protocolo diferente (Tabla 1) que consideraba tiempo de latencia, velocidad y período de distracción, con la intención de valorar fases y tiempos de generación celular, maduración, trabeculación y consolidación ósea.

El procedimiento se inicia con una corticotomía en el sitio predeterminado de la mandíbula, delimitando dos segmentos óseos vascularizados y la colocación de un distractor (Figura 1). Después de un período de espera o latencia, se inicia la fase activa con el funcionamiento del distractor, que separa progresivamente ambos segmentos (distracción), y la estimulación de la formación de hueso entre las partes.

Una vez lograda la dimensión planeada, se suspende la activación, con lo que se comienza el período pasivo o de consolidación del tejido óseo neoformado. El distractor se conserva en el sitio como fijador externo y se retira cuando el nuevo hueso adquiere resistencia.

El distractor de acero inoxidable, diseñado por el primer autor de este artículo,^{8,9} consistente en dos tornillos autorroscables de punta aguda, dos cilindros que se atornillan en el extremo externo de esos tornillos y un tornillo distractor que los conecta. Cada vuelta de tornillo genera 1 mm de separación y la velocidad de la distracción depende del número de vueltas diarias.

El seguimiento de la eficiencia del proceso se llevó a cabo radiográficamente y con la medición periódica de la distancia entre ambos tornillos intraóseos.

Se tomaron muestras histológicas y estudios radiográficos a los 0, 7, 14, 21, 45 y 55 días del proceso.

Técnica operatoria

Se llevó a cabo anestesia general, intubación orotraqueal, asepsia, antisepsia, infiltración vasoconstrictora, incisión vestibular y disección subperióstica. El trazo de la corticotomía de 2 mm en superficies vestibular y lingual, bordes alveolar y mandibular respetó el área donde cruza el paquete neurovascular (Figura 2). Se colocaron los tornillos intraóseos, el cilindro de desplazamiento en el extremo de uno de ellos y el cilindro de apoyo en el otro. Se enroscó el tornillo distractor a través del orificio transversal del primer cilindro hasta apoyar su extremo en el orificio transversal del segundo, dejándolo a tensión (Figura 3). Una vez corroborada la hemostasia, se suturó el área y a los perros se les colocó collar isabelino, para protegerlos de traumatismos.

Durante el período de distracción, se administró metamizol sódico como analgésico y se proporcionó dieta líquida durante tres a cinco días del posoperatorio, dependiendo de la adaptación del animal, para continuar con dieta normal.

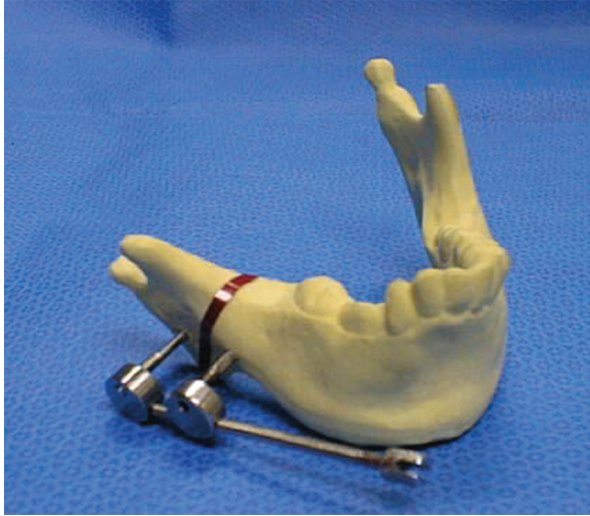


Figura 1. Reproducción de mandíbula de un paciente con microsomía hemifacial, trazo de la corticotomía y un distractor osteogénico unidireccional.

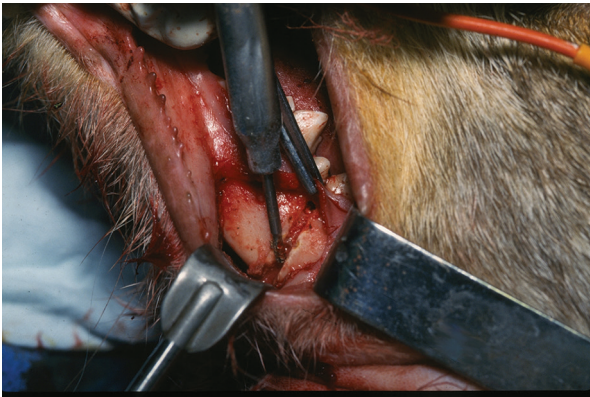


Figura 2. Corticotomía de tabla externa en ángulo mandibular de perro.



Figura 3. Distractor externo unidireccional colocado en un perro. Tornillos intraóseos paralelos en ambos lados de la corticotomía.

Toma de tejido para biopsia

Con la misma preparación preoperatoria se llevó a cabo incisión, disección del área y obtención con cucharilla de material neoformado, el cual se fijó en formol a 10 % para su descalcificación y se incluyó en bloques de parafina, los cuales fueron cortados y teñidos con hematoxilina-eosina para estudio histológico.

Técnica radiológica

Se obtuvieron imágenes de la mandíbula en proyecciones lateral y oblicua. Los animales fueron llevados al Departamento de Radiología, bajo sedación, inmediatamente después de conseguir el tejido para biopsia.

Análisis y manejo de datos

DATOS RADIOLÓGICOS

Mediante proyecciones radiográficas se verificó la correcta colocación de los tornillos intraóseos, la estabilidad del distractor, las dimensiones del espacio generado en relación con la activación aplicada, la presencia de tejido neoformado (Figura 4) y la mineralización de este.

DATOS HISTOLÓGICOS

El estudio histológico indicó reacción inflamatoria aguda y durante el período de distracción activa evidenció elementos celulares en el espacio generado. En las zonas estructurales se observó tejido de granulación como parte de la respuesta tisular y osteocitos con diferentes grados de maduración. Posteriormente, se identificó hueso neoformado, manifestado por osteoide con ribete de osteoblastos. Al final, se identificó hueso compacto maduro.

DATOS FUNCIONALES Y BIOMECÁNICOS

Por exploración clínica diaria de los perros, se vigilaron las condiciones de los distractores colocados y la funcionalidad de su mandíbula, con esmero en la detección de cualquier problema y el cuidado para la recuperación funcional. Con base en su oclusión inicial, se vigilaron los posibles cambios, monitorizando la ubicación de la línea media mandibular. articulaciones temporomandibulares activas y movilidad muscular, particularmente la participación de la lengua en las fases de la masticación. Se valoró y cuidó el bienestar de los animales, ubicados en

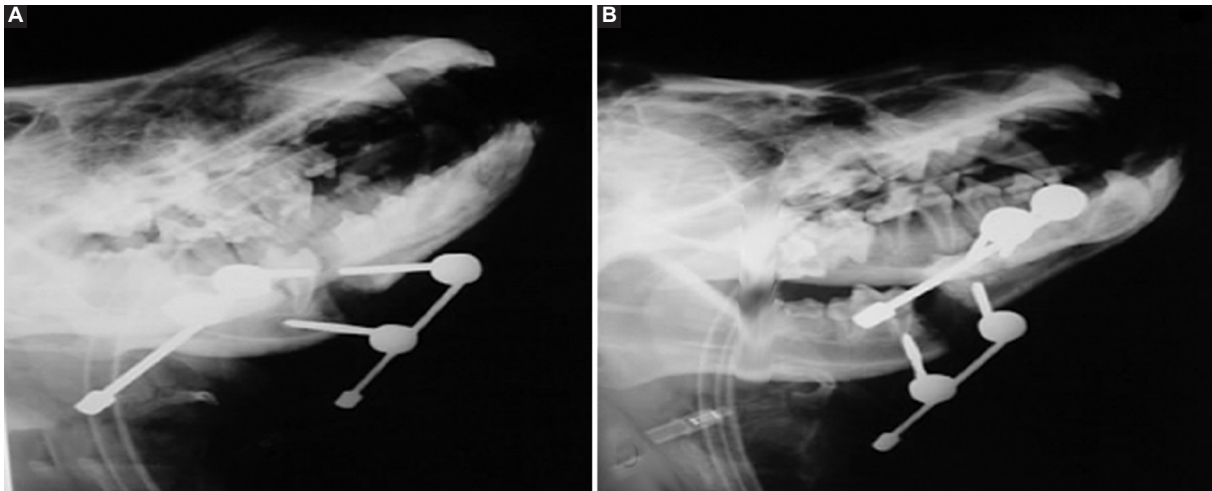


Figura 4. Proyecciones radiográficas. **A:** en fase activa; **B:** en fase de consolidación. Se observa tejido neoformado en el espacio generado.

jaulas individuales, bajo techo, bien ventiladas, con aseo diario y medidas de higiene permanentes. Los animales se mostraron molestos únicamente en el posoperatorio inmediato y el dolor fue controlado con metamizol sódico. Se les proporcionó dieta líquida durante tres a cinco días del periodo posoperatorio y se reinició dieta normal dependiendo de su adaptación.

Resultados

A los 27 perros considerados para el estudio (54 distractores) se les aplicaron seis diferentes variantes de período de latencia, velocidad y período de distracción (Tabla 1). La obtención de tejido para biopsia y radiografías se realizó los días 0, 7, 14, 21, 45 y 55 del proceso, para un total de 339 biopsias y 168 controles radiográficos.

De acuerdo con los hallazgos de las biopsias, el estadio del tejido se calificó de la siguiente forma:

- A, reacción inflamatoria.
- B, tejido de granulación.
- C, hueso de neoformación.
- D, hueso compacto maduro

Con las seis variantes, en la etapa inicial se observó reacción inflamatoria aguda (A), propia del procedimiento quirúrgico, seguida de proceso de granulación.

Con las técnicas I y II se valoró el período de latencia (de 0 y 5 días, respectivamente), seguido de un período de distracción (fase activa) de 15 días a velocidad de 1 mm diario. Para el día 21, ya en período de consolidación, con ambas técnicas se hizo evidente hueso neoformado con ribete de osteoblastos (C), que se presentó más tempranamente con la técnica II. Con la

técnica I, la etapa de neoformación ósea se prolongó, sin que para el día 55 (40 días de consolidación) se observara hueso compacto maduro (D). Con la técnica II, el hueso neoformado evolucionó más rápidamente a hueso compacto maduro, que se apreció claramente a los 55 días. El período de latencia de 5 días favoreció la formación temprana de hueso (Figura 5A).

Con las técnicas III y IV se emplearon los mismos dos tiempos de latencia, pero se incrementó la velocidad a 3 mm por día y el período de distracción se redujo a 10 días. Con ambas técnicas, los osteoblastos (C) se presentaron a partir de que terminó el incremento progresivo de la presión mecánica. Con la técnica IV, el tejido de granulación (B) y el hueso neoformado (C) se desarrollaron antes de que terminara la fase activa de la distracción. El tejido de neoformación se presentó más tempranamente que con las técnicas I y II, de lo cual se deduce que la velocidad de 3 mm por día favorece la formación ósea (Figura 5B); con la técnica IV, la formación de tejido óseo ocurrió en forma más temprana que con la técnica III, de ahí que el período de latencia de 5 días favoreció la presencia de osteoblastos e influyó en la osificación del hueso.

Con las técnicas V y VI (período de latencia de 0 y 5 días, respectivamente) y velocidad de 1 mm por día, para el día 14 se observó tejido de granulación (B). Con la técnica V se identificó inicialmente una meseta que evolucionó lentamente a hueso neoformado (C), sin que se presentara hueso compacto maduro a los 55 días, a diferencia de la técnica VI en que la meseta se mantuvo durante el período de consolidación hasta el retiro del distractor, para evolucionar rápidamente a hueso neoformado (C) y hueso maduro (D), Figura 6.

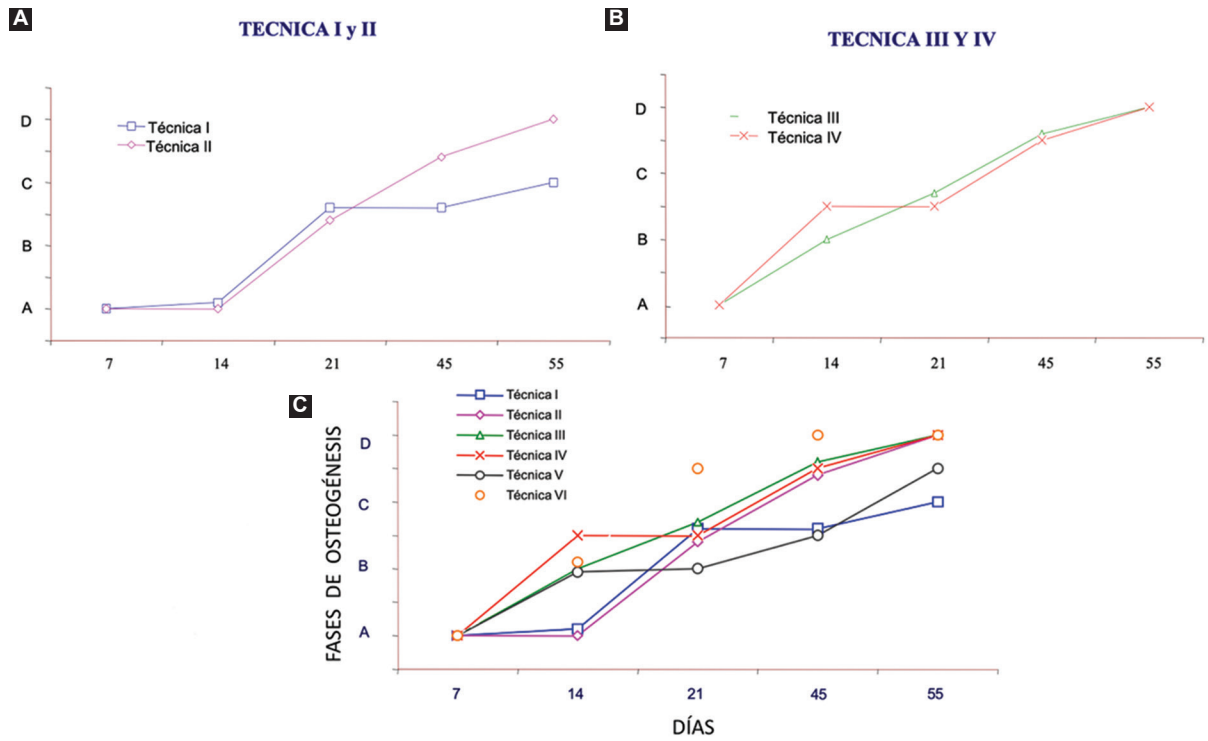


Figura 5. Proceso de distracción con las diferentes técnicas aplicadas. **A:** gráfica comparativa de las técnicas I y II; **B:** gráfica comparativa de las técnicas III y IV; **C:** gráfica comparativa de la neoformación ósea.

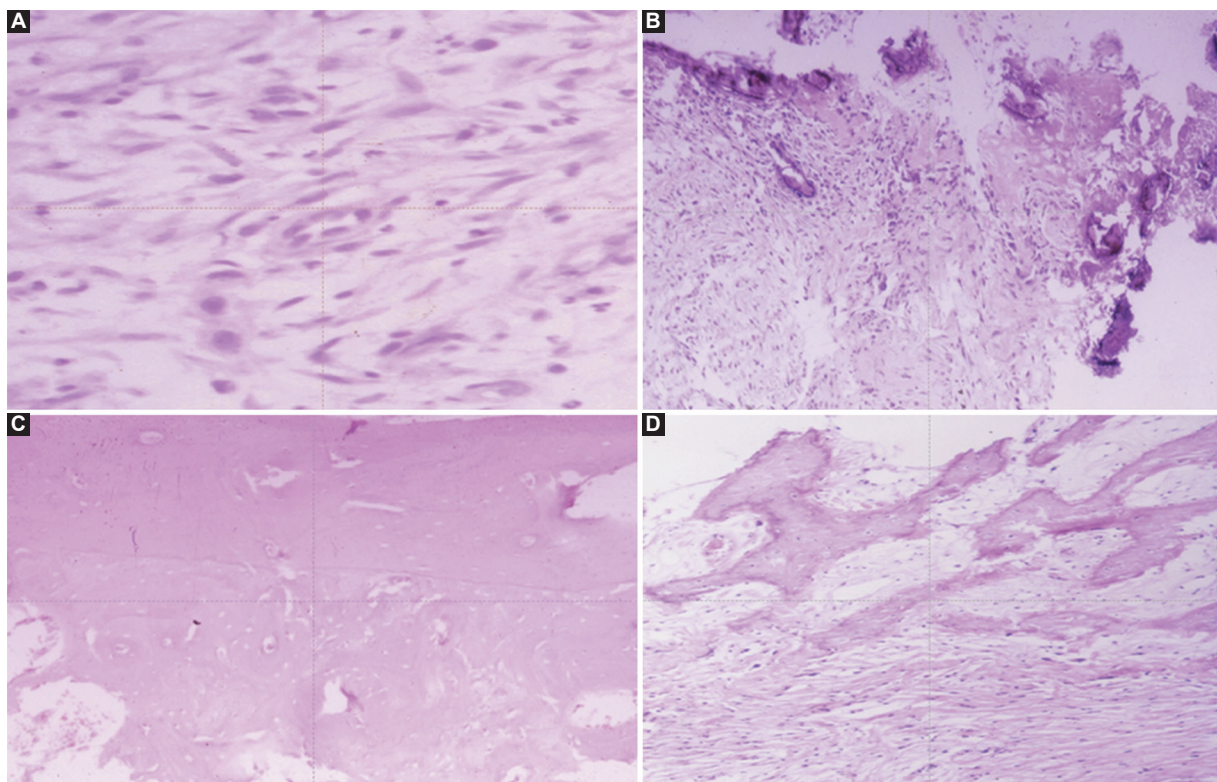


Figura 6. Cortes histológicos. **A:** tejido de granulación (40x); **B:** ribete de osteoblastos y depósito de osteoide (40x); **C:** hueso compacto maduro con osteocitos en su laguna (10x); **D:** trabeculación característica de hueso compacto maduro (10x).

El parámetro de velocidad de distracción se comparó con las técnicas III, IV, V y VI. Con los mismos períodos de latencia y distracción, la velocidad varió en 1 y 3 mm por día. La formación de tejido de granulación fue similar hasta el día 14, pero con velocidad de 3 mm por día, el hueso neoformado (C) y el hueso compacto maduro (D) aparecieron más tempranamente. Con velocidad de 1 mm por día, la evolución de hueso neoformado fue más lenta, sin que se identificara hueso compacto maduro en ninguno de los cortes.

Al comparar las técnicas IV y VI (en las que se empleó velocidad de distracción de 3 y 1 mm por día, respectivamente), con la primera la formación de tejido de granulación fue más lenta y la evolución a hueso neoformado (C) y compacto maduro (D) se identificó (día 21) más tempranamente que con la técnica VI, con la cual la reacción inflamatoria y la formación de tejido de granulación fueron lentas, al igual que su evolución a hueso neoformado y compacto.

El período de distracción fue comparado con las técnicas I y V, así como con las técnicas II y III, que compartían los mismos períodos de latencia y velocidad de distracción, pero con dos diferentes períodos de distracción, de 10 y 15 días. Con las técnicas I y II se observó que con períodos de distracción más largos se retrasa la aparición de hueso compacto maduro (osteocitos y trabeculado), permaneciendo más tiempo en la etapa de hueso de neoformación (C). Con períodos de distracción más cortos, la aparición de elementos celulares fue uniforme, es decir, el mismo grupo celular (osteoblastos, osteocitos o matriz osteoide) apareció y siguió observándose en los cortes histológicos correspondientes a las diferentes fases; con períodos largos, el desarrollo de elementos celulares fue irregular y aparecieron diferentes grupos en las diferentes etapas. Con ambas técnicas se observó la aparición de osteocitos y trabeculación (C) al inicio de la consolidación (Figura 5C). En síntesis, todas estas variantes estuvieron relacionadas con la suspensión del incremento progresivo de la tensión mecánica.

Desde los puntos de vista funcional y biomecánico, clínica y radiográficamente se observaron cambios en la longitud de la mandíbula. Después de algunos días de la distracción, en ocasiones se observó asimetría en la mandíbula y alteraciones de la oclusión (relación interdental entre maxilar y mandíbula), debido a lateralización; sin embargo, se compensaron progresivamente a lo largo del proceso. Al término, hubo simetría congruente del esqueleto mandibular, oclusión adecuada, articulaciones temporomandibulares y músculos

funcionales. Al final del proceso de distracción, el sistema de masticación y las funciones de morder, tirar, cortar y masticar los alimentos no se alteraron. En la dinámica masticatoria, la lengua siempre estuvo en movimiento, participando en las fases de la masticación. Al término, la mucosa oral se encontró íntegra y las heridas cicatrizaron adecuadamente.

Discusión

Este estudio fue planeado con la intención de determinar los parámetros idóneos para la realización del proceso de distracción osteogénica mandibular, que permitan obtener hueso de la mejor calidad en menor tiempo y aplicar los principios de la remodelación ósea controlada.

Dado el modelo experimental que utilizamos, la eficiencia del aparato distractor fue fundamental. Los tornillos intraóseos del distractor penetran bicorticalmente en la mandíbula; a la rosca del extremo distal de uno se atornilla un cilindro distractor y en el otro, un cilindro de soporte, convirtiéndolos mecánicamente en una sola pieza, lo que les permite recibir presión con estabilidad, haciendo casi imposible su extrusión.

La piel cede a la fuerza que ejerce el distractor, mientras que la mucosa y los tejidos blandos periorales ofrecen mayor resistencia. Por esa razón, en distracciones de más de 25 mm frecuentemente se observa elongación curvada, favorecida por el metal semimaleable con el que está fabricado el tornillo distractor. Esta distracción semicurva permite conservar un contorno mandibular similar al original de la mandíbula.¹⁶⁻¹⁸

Sabemos que elongar progresivamente la mandíbula permite que el paquete neurovascular ceda a la elongación sin lesionarlo. Ningún caso, con separación de 1 o 3 mm diarios, presentó alteración neurovascular.

La elongación mandibular obtenida estuvo en relación con la ubicación y dirección de la corticotomía y el vector de distracción, dado por el sitio donde se colocaron los tornillos intraóseos.

Los controles radiográficos constituyen un recurso sencillo, asequible y con buena calidad diagnóstica, y si bien existen otras técnicas para el seguimiento de la distracción (tomografía axial computarizada, ultrasonido, etcétera),¹⁹ se trata de métodos con limitaciones en el uso clínico veterinario, por su elevado costo. En algunos estudios se menciona la presencia de hueso maduro después de un período de consolidación de 4 a 6 semanas;⁷ otros reportan que mediante gammagrafía fue posible identificar hueso maduro a las 10 y hasta las 14 semanas.²⁰

Conclusiones

Con la comparación de técnicas cuya única diferencia fue el período de latencia, concluimos que el período idóneo de latencia es de 5 días. Respecto a la velocidad de distracción, 3 mm de separación por día permite la presencia de hueso de neoformación y hueso compacto maduro más tempranamente y con mejor consolidación. Para minimizar la molestia que ocasiona la activación del distractor a esta velocidad, se sugiere dosificarla a razón de 1 mm cada ocho horas o 1.5 mm cada 12.

Finalmente, a las seis semanas de consolidación se observó hueso de características favorables sin riesgo de modificación estructural.

En resumen, se recomienda latencia de 5 días y consolidación de 6 semanas. En las distracciones cortas, se sugiere una velocidad de distracción de 1 mm por día durante no más de 15 días y en las distracciones largas, una velocidad de 3 mm por día durante el período necesario para lograr la longitud deseada.

Este estudio fue realizado en perros, por lo que es importante considerar las posibles diferencias con la mandíbula humana. Los resultados de la aplicación de las conclusiones de esta investigación a casos clínicos serán objeto de otra publicación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los Departamentos de Medicina Experimental y Patología del Hospital "Dr. Manuel Gea González" en la Ciudad de México.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido algún financiamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses alguno.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que esta investigación se llevó a cabo conforme a la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la Guía para el Cuidado y

Uso de Animales de Laboratorio del National Research Council, de Estados Unidos, así como las guías ARRIVE para estudios experimentales en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

Bibliografía

1. Converse JM, Horowitz SL, Coccato PJ, Wood-Smith D. The corrective treatment of the skeletal asymmetry in hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg.* 1973;52(3):221-232.
2. Aronson J. The biology of distraction osteogenesis. En: Chapman MW, editor. *Operative orthopedics.* Philadelphia, Estados Unidos: J.B. Lippincott; 1993.
3. Aronson J. Experimental and clinical experience with distraction osteogenesis. *Cleft Palate Craniofac J.* 1994;31(6):473-481.
4. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(238):249-281.
5. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(239):263-285.
6. Snyder CC, Levine GA, Swanson HM, Browne EZ Jr. Mandibular lengthening by gradual distraction. Preliminary report. *Plast Reconstr Surg.* 1973;51(5):506-508.
7. Michieli S, Miotti B. Lengthening of mandibular body by gradual surgical-orthodontic distraction. *J Oral Surg.* 1977;35(3):187-192.
8. Fuente-Del Campo A. Nuevo distractor óseo simplificado, para la osteogénesis inducida en la mandíbula. Experiencia en 126 casos clínicos. *Gac Med Mex.* 2000;136(6):537-546.
9. Fuente-Del Campo A. A simplified bone distractor for the induced osteogenesis of the mandible. *Plast Reconstr Surg.* 2002;110(6):1485-1491.
10. Ortiz-Monasterio F, Fuente-Del Campo A. Early skeletal correction of hemifacial microsomia. En: Caronni EP, editor. *Craniofacial surgery.* Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Little Brown & Co.; 1985. p. 401-410.
11. Fuente-Del Campo A, Ortiz-Monasterio F, et al. Osteotomías maxilo-mandibulares para el tratamiento de la microsomía hemifacial. *An Med.* 1988;33:55.
12. Fuente-Del Campo A, González-Nieto P, et al. Distracción ósea y ontogénesis inducida. Experiencia en 112 casos de distracción mandibular. *Cir Plast Ibero-Latinoam.* 1999;25(4):291-301.
13. Björk A, Skieller V. Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur J Orthod.* 1983;5(1):1-46.
14. Karp NS, Scherider JS, Thorne CH, McCarthy JG. Membranous bone lengthening. A serial histologic study. *Plast Surg Forum.* 1990;13:113.
15. McCarthy JG, Schreiber J, Karp N, Thorne CH, Grayson BH. Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg.* 1992;89(1):1-8; discussion 9-10.
16. Fuente-Del Campo A, Psillakis J. Microsomía hemifacial. En: Coiffman F, editor. *Cirugía plástica y reconstructiva.* Madrid: Masson-Salvat; 1994.
17. Fuente-Del Campo A, Nieto-González CP, Gordon C, Cedillo-Ley MP. Osteogénesis inducida en la mandíbula mediante el proceso de distracción ósea. *Rev An Med.* 1999;5(2):44-6-13.
18. Fuente-Del Campo A, Nieto-González CP, Mestre-Feliú J, Cedillo-Ley MP. Distracción osteogénica. Un nuevo horizonte en el tratamiento de los defectos de la mandíbula. *Rev Colom Cir Plast y Reconstr.* 1999;5: 105-111.
19. Rojvachiranonda, N, Tepmongkol, S, Mahatumarat, C. Quantitative study of new bone formation in distraction osteogenesis of craniofacial bones by bone scintigraphy. *J Craniofac Surg.* 2007;18(5):1236-1241.
20. Runyan CM, Gabrick KS. Biology of bone formation, fracture healing, and distraction osteogenesis. *J Craniofac Surg.* 2017;28(5):1380-1389.