

DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA DE LA MANDÍBULA

TRADUCCIÓN; PROF.. D. MENESES

Dale A. Baur M.D., DDS. Prof. Asociado, Dpt. de Cirugía Oral y Maxilofacial. Reserve University. University Hospitals

Joseph Herman D.M.D. Profesor de Clínica. Dpto. de Cirugía Oral y Maxilofacial. Universidad de Michigan

Juan P. Rodríguez D.D.S. Investigador asociado. Western Reserve University. Dpto. de Cirugía oral y maxilofacial Emedicine.medcape.com. Octubre 7 2009

INTRODUCCIÓN

La primera aparición de la distracción osteogénica fue en 1905 con un cruento método descrito por Codivila que utilizó la técnica para alargar el fémur.

Ilizarov es el padre de la moderna distracción osteogénica. En 1951 desarrolló una técnica para reparar fracturas complejas con mala unión en huesos largos. Mientras trataba un paciente con un muñón corto por amputación Ilizarov realizó una osteotomía y aplicó una fijación externa para alargar el muñón con la intención de poner un injerto, sin embargo por casualidad descubrió que el hueso crecía en el extremo del muñón, eliminando la necesidad del injerto. Investigaciones posteriores de Ilizarov mostraron que el efecto de la tracción causaba un aumento de la actividad metabólica, un aumento de la proliferación celular y un crecimiento interno con neovascularización similar a la osificación endocondral. En los sucesivos Ilizarov perfeccionó la técnica en huesos largos.(1)



1) Distracción osteogénica de la mandíbula. Distractor alveolar usado para aumentar la altura del hueso alveolar. Courtesia de K.L.S. Martin, LP.

En 1992, Mc. Carthy reportó una serie de 4 pacientes jóvenes, al comienzo de la historia de éste procedimiento, la distracción mandibular utilizaba grandes distractores externo. A pesar de que éstos voluminosos aparatos externos todavía ocupan un lugar en la utilización de ciertos casos, ahora hay disponibles una amplia variedad de distractores internos, éstos distractores son pequeños y compactos con una mejoría en el confort de los pacientes y su aceptación.

La distracción osteogénica es en la actualidad una posibilidad sencilla de tto. para niños y adultos con hipoplasia mandibular unilateral ó bilateral.

Es la opción de tto. para ensanchar una mandíbula demasiado estrecha. También es un tto. alternativo para el manejo de la obstrucción respiratoria severa de la vía aérea (Ej. Apnea Obstructiva del Sueño (OSA).

PROBLEMA

La retrognasia mandibular es una de las deformidades faciales más frecuentes; aprox. el 10% de la población tiene un significativo overjet. La retrognasia mandibular puede ser congénita ó adquirida. Las causas congénita incluyen la microsomía hemifacial, los síndromes de Treacher-Collins, Pierre Robin Goldenhar, estos síndromes incluyen hipoplasia mandibular .

Las causas adquiridas de la retrognasia mandibular incluyen el trauma (Ej. Fracturas mandibulares en edades tempranas que resultan en anquilosis de la ATM interrumpiendo el crecimiento) y operaciones previas como quistes ó tumores del desarrollo.

Aunque en menor cuantía que la retrognasia también puede presentar deficiencia transversal que da como resultado maloclusión y apiñamiento dental anterior. Esta condición es difícil de resolver con las osteotomías tradicionales y con frecuencia es necesario hacer extracciones dentales. La distracción osteogénica mandibular se ha convertido en una técnica flexible y de amplia aplicación en gran variedad de defectos mandibulares.

FRECUENCIA

En E.U. aprox. un 10% de la población tiene un significativo overjet dental. Los defectos craneofaciales que llevan tto. con distracción osteogénica no tienen una alta prevalencia. Se estima que la OSA afecta aprox. 12 millones de personas.

FISIOPATOLOGIA

Después que se realiza la osteotomía de bajo poder, la distracción osteogénica comienza con la formación de un hematoma entre y alrededor de los segmentos óseos.. El hematoma se convierte en coágulo y ocurre necrosis en el extremo de los segmentos fracturados, también ocurre un crecimiento de los elementos vasoformativos como los capilares que restauran la irrigación sanguínea del callo blando.

Después de aplicada la tensión al callo blando se crea una dinámica microscópica (2). Se activan las células pluri-potenciales mesenquimáticas y son activados los fibroblastos y osteoblastos y el colágeno tipo I aparece paralelo al vector de distracción. La trabéculas óseas crecen en el área fibrosa y desde la periferia, paralela a la línea de tensión que ocurre durante la fase de distracción. Se forma un puente de hueso inmaduro a través del sitio de distracción, se localiza una zona de fibrosis radiolúcida

pobremente mineralizada en el espacio de la distracción donde la influencia de la tensión es máxima. La función de la interzona como centro de la proliferación fibroblástica y de la formación de tejido fibroso. Durante la fase de consolidación comienza la remodelación ósea. Esta regeneración eventualmente madura y se convierte en tejido óseo similar al hueso original.

Los estudios de Ilizarov comprobaron que el éxito de la distracción depende del rango y del ritmo de fuerza aplicada en el lugar.

El rango óptimo es de 1 mm. diario. Un rango de distracción de 0,5 mm. ó menos por día causará consolidación prematura del hueso. Una distracción de más de 1,5mm.diario causará consolidación retardada ó pseudoartrosis debido a la isquemia local en la interzona.

El tejido blando también tiene la posibilidad de crecer linealmente a las líneas de tensión. Esto se refiere a una distracción de tipo histogénica. La piel, músculos, nervios y vasos se regeneran no se alargan. Esta propiedad es una ventaja obvia, especialmente en los retrognatismos severos en los cuales el estiramiento de la cubierta de tejidos blandos pueden contribuir a la recidiva cuando se realizan osteotomías mandibulares tradicionales con un rango mayor de más de 10mm.

PRESENTACIÓN

La distracción osteogénica tiene muchas ventajas sobre la osteotomía tradicional como se verá más adelante.

La distracción osteogénica disminuye la necesidad de injertos óseos (más de 10mm.) en los avances mandibulares y por ejemplo se pueden realizar avances de 20mm. ó más sin necesidad de injerto óseo, que tiene la morbilidad del sitio donante, cicatrices é infección potencial.

El procedimiento se puede realizar en infantes y niños los cuales no pueden ser candidatos a osteotomías mandibulares debido a la interferencia con los folículos dentales y/o insuficiente hueso para realizar con seguridad una osteotomía tradicional. Además, la distracción osteogénica con frecuencia obvia la necesidad de traqueostomía en recién nacidos é infantes con micrognasia y obstrucción de la vía aérea.

Esta procedimiento también resulta una menor distorsión de la ATM que en las osteotomías sagitales. La distracción osteogénica puede realizarse en las tres dimensiones como avance, ensanchamiento y aumento de la altura vertical del hueso basal mandibular. Además el vector y la cantidad de movimiento puede ser diseñado para cada paciente, especialmente en aquellos con una asimetría facial significativa.

La distracción ósea puede también ser usada para rotar la porción anterior de la mandíbula para corregir mordida abiertas en relación con deficiencias mandibulares.

Este procedimiento es muy bien aceptado por los pacientes, especialmente con el desarrollo de pequeños aparatos intraorales.. La distracción ósea parece tener también poca tendencia a la recidiva especialmente en los grandes avances esto es debido a que la parte transportada experimenta un movimiento que aumenta progresivamente en lugar de ser transportado en un solo bloque. Debido a la distracción histogénica disminuye la resistencia al avance de la cubierta de tejidos blandos. La distracción osteogénica parece limitar la posibilidades de dañar el nervio dentario inferior.

En el remodelamiento de la mandíbula cosa muy difícil de lograr con la osteotomías tradicionales y que presenta múltiples complicaciones es posible de lograr con la distracción osteogénica.

INDICACIONES

La distracción osteogénica está indicada en los siguientes casos:

- Retrogenia severa con un síndrome (Pierre Robin, Treacher-Collins, Goldenhar) especialmente en niños que no son candidatos a osteotomías tradicionales.
- Pacientes con hipoplasia unilateral de la mandíbula (Ej. Microsomía hemifacial)
- Hipoplasia mandibular no asociada a síndromes con maloclusión dental (especialmente si el avance sobrepasa la capacidad de la osteotomía tradicional) ó si el paciente es incapaz de someterse a tallado de injertos con morbilidad asociada.
- Deficiencia mandibular transversa asociada a maloclusión dental ó apiñamiento.
- Pacientes con severa OSA (índice de disturbios respiratorios RDS mayor de 60 y pacientes obesos (masa corporal (BMI) mayor de 28.
- Hipoplasia mandibular debido a trauma y/o anquilosis de ATM.
- Defectos mandibulares como resultado de excisión de tumores y/o quistes de desarrollo agresivos.
- Disminución de la altura del hueso alveolar (la destrucción de un segmento alveolar) puede realizarse para aumentar la altura vertical en preparación para la colocación de implantes, En pacientes que mantenido reconstrucción mandibular mediante injertos de fíbula, el segmento de fíbula puede ser distraído verticalmente para la colocación de implantes. (foto1)
- Deformidad mandibular del ángulo (la corrección incluye un componente rotacional y un componente de distracción. El componente de distracción para la deformidad angular consiste en varilla de distracción con dos conectores pivotes en ambos extremos. El tipo de gozne puede ser identificado en su colocación como sigue 1) la apertura del borde del gozne 2) el borde del cierre del gozne y 3) el gozne de traslación)

ANATOMÍA DE IMPORTANCIA

El lugar de la osteotomía depende del vector de distracción, sin embargo algunas estructuras anatómicas deben ser evitadas. La osteotomía debe hacerse anterior ó posterior al ángulo de la mandíbula; el ángulo se mantiene y así se previene el aplanamiento de esa porción de la cara del paciente.

Las raíces de los dientes en erupción deben ser evitadas cuando se realiza la osteotomía, ó al colocar los tornillos de fijación del aparato. Cuando se realiza la osteotomía debe también evitarse el nervio dentario inferior, debe tenerse cuidado de no lesionar al nervio lingual cuando se extiende la osteotomía del lado lingual por cuya cercanía pasa el nervio lingual.

CONTRAINDICACIONES

No existen contraindicaciones absolutas, las contraindicaciones relativas son las siguientes:

- Pacientes que son incapaces de cumplir el esquema de distracción no son buenos candidatos a éste procedimiento
- La distracción mandibular ha sido realizada en niños de 9 días de nacidos.(3) pero se encuentran mayores dificultades al tratar a los pequeños y frágiles huesos al colocar el aparato de distracción, especialmente en niños menores de 6 años.
- Los pacientes que no tienen una buena estructura ósea no son ideales. Debe tener el paciente un adecuado grosor de hueso para aceptar el distractor y proporcionar una superficie adecuada en el área de la osteotomía que se va a regenerar.

-La distracción de la mandíbula puede ser realizada en pacientes irradiados, sin embargo, estos pacientes pueden desarrollar complicaciones y demoras en la cicatrización.

-En pacientes mayores hay un número inferior de células madres mesenquimatosas y puede suceder una cicatrización dispares en el lugar de la distracción.

-Pacientes con alergia a los metales no son los ideales

ESTUDIO IMAGENOLÓGICO

Debe realizarse un estudio panorámico. Esta imagen proporciona al cirujano la mejor visualización de la mandíbula. Se realiza un estudio preoperatorio del calco de la osteotomía a realizar ésta incluye la maxila y la mandíbula. La radiografía cefalométrica PA es otra herramienta para el diagnóstico que se utiliza para determinar la cantidad de distracción vertical y transversa de la mandíbula. Este es el mejor Rx. para determinar la distracción vertical debido a la mejor visualización de ambos ángulos de la mandíbula. El trazado diagnóstico se hace en la PA cefalométrica así como también el trazado de la osteotomía que corresponde de acuerdo al trazado diagnóstico de la vista panorámica.

Los casos complicados requieren TAC tridimensional y modelos de estereolitografía para ayudar a una mejor planificación de la osteotomías y del vector de distracción

Los modelos dentales montados en articulador semiajustable también son útiles menudo para determinar el vector de distracción y optimizar la relación dental.

TRATAMIENTO

Terapia quirúrgica

El ortodoncista y el cirujano deben tener una comunicación frecuente para lograr una planificación adecuada y deben tener los mismos objetivos en el tratamiento.

Detalles preoperatorios

Después de terminados los estudios para el lugar de la osteotomía y la colocación del distractor deben de estar establecidos.

Se puede utilizar un aparato intra ó extraoral, aunque la mayoría de los casos de rutina pueden hacerse con un distractor intraoral. Los pacientes aceptan mejor el distractor intraoral que el extraoral pero el anterior (intraoral) es más difícil de usar en pacientes con huesos pequeños. El distractor extraoral ofrece más flexibilidad en la colocación del vector, pero con frecuencia ocasiona cicatrices en la piel..

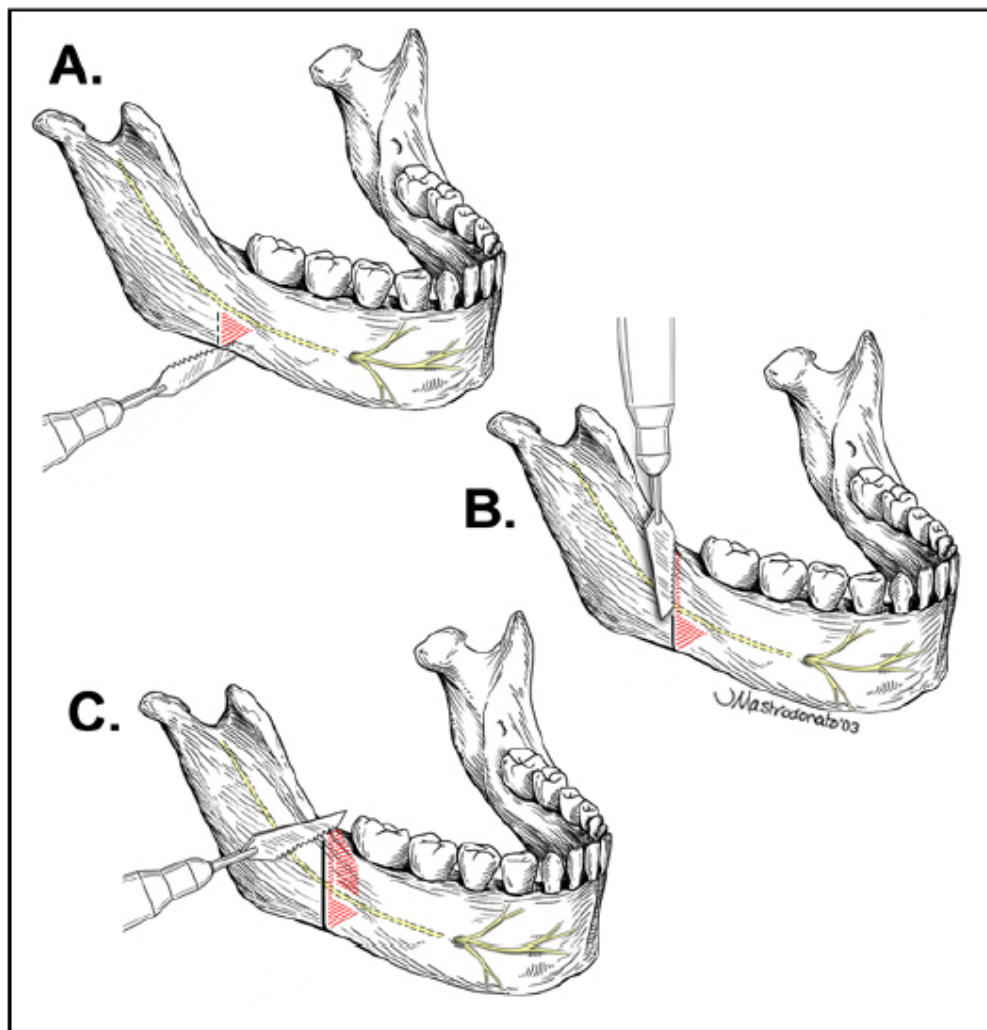
Basado en el tipo de defecto mandibular el cirujano debe determinar dónde va a realizar la osteotomía. Como regla general si el defecto depende de la altura de la rama la osteotomía debe realizarse por encima del ángulo en la rama con un distractor colocado en un plano vertical. Si el defecto de la mandíbula depende de la longitud del cuerpo la osteotomía debe realizarse anterior al ángulo con el distractor colocado horizontalmente. Si la mandíbula tiene una combinación de defectos el aparato necesita ser colocado en un plano oblicuo. Como una alternativa, el cirujano puede utilizar un distractor multivector con dos osteotomías, una anterior y la otra superior al ángulo y tres pines colocados de manera de lograr un avance multivector.

Detalles intraoperatorios

El paciente debe recibir antibióticos profilácticamente y anestesia general nasotraqueal, se realiza una incisión en el vestíbulo de la mandíbula perpendicular al lado de la osteotomía. Se realiza un plano subperióstico cuidadosamente hasta exponer el sitio de

la osteotomía cuidando de conservar el plano perióstico. La osteotomía se realiza en la posición predeterminada en base al diagnóstico y planeamiento preoperatorio.

En dependencia de la preferencia del cirujano, puede utilizarse una sierra recíproca ó una fresa de fisura para realizar la osteotomía dejando libre el nervio alveolar inferior en 3 a 5 mm.. Los lados lateral, superior é inferior de la mandíbula son cortados, dejando la porción media de la cortical intacta (fig. 2). Debe tenerse en cuenta de conservar todo el tejido osteogénico como sea posible, incluyendo el periostio y la irrigación sanguínea intacta. En este momento se coloca el distractor asegurado a la mandíbula con tornillos de fijación (fig. 3). La osteotomía después se completa utilizando cinceles en lo bordes superior é inferior y en el lado lingual. En éste momento se activa la distracción para asegurar el movimiento de los segmentos mesiales y distales. El distractor se coloca después en la posición de arrancada, el tejido blando es cuidadosamente cerrado sobre el aparato.



2) Distracción osteogénica de la mandíbula. Se usa una sierra recíproca para osteotomizar las porciones inferior, lateral, y superior de la mandíbula. Un osteótomo es usado para completar el corte del hueso.

Courtesía de Jordan Mastrodonato, MS, Medical Illustrator, Eisenhower Army Medical Center.



3) Distracción osteogénica de la mandíbula. Distractor Intraoral colocado en su lugar. Cortesía de K.L.S. Martin, LP.

Cuando se realiza osteotomía en la sínfisis del mentón el acceso es mediante la incisión para la mentonoplastia . La osteotomía comienza a través del cuerpo de la mandíbula con una sierra. El distractor se asegura en posición y después se utiliza un cincel fino para completar el corte de hueso a través del proceso alveolar entre los dientes tratando de mantener la integridad del tejido blando y sin dañar los dientes

Cuando se encuentra un defecto en la mandíbula el cirujano puede utilizar la osteogénesis por distracción ó con más frecuencia la osteogénesis por transporte (además de injerto) para resolver este problema. Se realiza una osteotomía en el segmento mesial y distal que da como resultado un disco de transporte de por lo menos 1,5 a 2 mm. de espesor. Después del período de latencia el disco se transporta a través del defecto mandibular siguiendo la misma forma y tiempo como en el protocolo. Después que todo el defecto ha sido recorrido con el disco el cirujano puede continuar con la consolidación. En ocas

iones se coloca in pequeño injerto óseo colocado en la interfase del disco y del lado opuesto en el sitio donde la consolidación no se ha completado.

Detalles postoperatorios.

El período clásico de latencia es de 5 a 7 días. Los niños pequeños tienen un metabolismo óseo aumentado y pueden tener un período de latencia tan corto como de 24 a 48 horas sin afectarse la consolidación final. Si el período de espera se prolonga hay riesgo de unión ósea, se aconseja un período si el periostio ha sido muy traumatizado. Adicionalmente, si tanto los tejidos óseos como los blandos no poseen la calidad adecuada cualitativa ó cuantitativamente debe considerarse un aumento del período de latencia.

Como se ha mencionado antes y de acuerdo a la mayoría de los estudios realizados, el tiempo de distracción recomendado es de 1 mm. diario, un ritmo más lento pudiera dar lugar a una unión ósea prematura y un período más acelerado pudiera resultar en una unión fibrosa. El nervio alveolar inferior parece tolerar un ritmo de 1 mm. diario, Ilizarov recomienda un ritmo continuado de distracción, sin embargo, esto no es factible en todos los casos, por tanto se recomienda un ritmo de 1 a 2 veces al día. El cirujano ó el adulto responsable debe activar el distractor.. Durante el avance mandibular bilateral tiende a desarrollarse una mordida abierta anterior; esto puede ser corregido al fin del avance con bandas elásticas de ortodoncia.

La fase de consolidación es normalmente de 8 semanas a pesar de que algunos adultos requieren hasta 12 semanas de consolidación. Durante éste fase la fijación debe ser rígida lo suficiente para evitar la posibilidad de tejido fibroso, pero no tan rígida como para evitarla formación de hueso nuevo. La formación de la regeneración debe ser monitoreada con Rx. seriado ó mediante el TAC.

Estos procedimientos pueden con frecuencia realizarse con el paciente ambulatorio, sin embargo, algunos pacientes requieren una hospitalización de 1 a 2 día de cuidados postoperatorios. Después que se complete la fase de consolidación el distractor puede ser retirado utilizando sedación intravenosa y anestesia local. El seguimiento ortodóncico de la oclusión puede comenzar de 3 a 6 meses después del período de consolidación.

Con las expansiones bilaterales de la mandíbula el paciente debe ser distraído hasta alcanzar una ligera clase III de oclusión (oclusión borde a borde). En la expansión unilateral se recomienda una ligera sobrecorrección de la línea media para contrarrestar la cubierta de tejidos blandos deficiente.

En la fase de distracción, el paciente debe ser examinado cada 2 ó 3 días para monitorear el avance y detectar posibles discrepancias en la oclusión. Durante la fase de consolidación el paciente debe ser consultado semanalmente para comprobar la cicatrización y osificación que se ha regenerado.

SEGUIMIENTO

Ver cuidados postoperatorios.

COMPLICACIONES.

Cuando hay experiencia el riesgo de complicaciones es bajo. Las complicaciones incluyen: Unión fibrosa ó consolidación prematura del hueso, la infección puede impedir la osteogénesis, cicatrices externas con el uso de distractores externos, fallos en la oclusión debido a vectores inapropiados

PRONÓSTICO

La distracción osteogénica de la mandíbula se ha convertido en una técnica común debido a que le permite al cirujano resolver una gran cantidad de defectos de la mandíbula.

La sofisticación de los distractores ha ido en aumento en los últimos años, permitiendo movimientos multivectoriales de la mandíbula. Un alto porcentaje de pacientes aceptan la distracción intraoral con distractores pequeño y de bajo perfil. A pesar de que la osteotomía mandibular tradicional como la osteotomía sagital bilateral siempre cumplirá una función, la distracción osteogénica es un procedimiento confiable y con una alta predictibilidad para aumentar hueso en mandíbulas deficientes.

EL FUTURO Y LAS CONTROVERSIAS

Con los avances tecnológicos, los distractores son cada vez más pequeños y más sofisticados que las primeras versiones. La distracción osteogénica también puede ser utilizada mediante métodos endoscópicos que permiten su colocación con un mínimo de operación.

Los estudios preliminares en conejos mostraron que la presencia de hueso recombinante humano que contenga proteínas morfogenéticas dentro de la distracción acelera la formación de hueso..

La distracción osteogénica es una gran promesa en el tratamiento de la OSA ligera ó moderada, pero los resultados son desalentadores en la OSA severa (RDI mayor de 60) y/o en alto BMI (mayor de 28). Esto es debido a que la osteotomía mandibular tradicional tiene un límite fisiológico de aprox. 10 mm. de avance, lo cual puede ser insuficiente para abrir una vía aérea adecuada y mejorar la obstrucción en pacientes obesos y con enfermedades severas.

La distracción osteogénica permite un avance de hasta 25 mm. usando distractores especiales (foto 4). En efecto, la cantidad de distracción está indicada para cada paciente realizándose una polisonografía (PSE) después de un avance de 15 a 18 mm.. Si el PSE demuestra una normal RDI, la distracción debe detenerse para permitir una consolidación. Si la RDI es aun elevada, la distracción continúa hasta 25 mm.

Como parte de este protocolo de tto. al paciente debe realizársele osteotomía Lefort I y después colocársele fijación intermaxilar para permitirle al distractor mover la mandíbula como una unidad y mantener la oclusión preexistente.

Demás, al paciente debe hacérsele traqueostomía previa para la protección de la vía aérea. Durante la PSG la traqueostomía se ocluye para evaluar la condición de los resultados.

Cuando concluye la fase de distracción la cánula se retira.. La fase de consolidación es de aprox. 4 meses, después el aparato se retira. En un caso de la serie el protocolo fue muy efectivo en el manejo de la OSA severa. La selección del paciente y su estudio es muy importante para el éxito del tratamiento.

Existe una controversia entre el uso de la distracción y el de la osteotomía sagital bilateral. Algunos autores opinan que la osteotomía sagital bilateral es un procedimiento obsoleto que no ocupa ningún lugar en la práctica normal. En realidad siempre jugará su papel; sin embargo, la distracción osteogénica le da al cirujano otra opción en el tto. de una gran variedad de defectos mandibulares.



4) Distractor Mandibular utilizado para avance maxilomandibular para el tratamiento de OSA. Courtesia de K.L.S. Martin, LP.

BIBLIOGRAFIA

1. Ilizarov GA, Ledyayev VI. The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction osteotomy of one of the fragments. 1969. *Clin Orthop Relat Res*. Jul 1992;7-10. [\[Medline\]](#).
2. McCarthy JG, Schreiber J, Karp N, Thorne CH, Grayson BH. Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg*. Jan 1992;89(1):1-8; discussion 9-10. [\[Medline\]](#).
3. Tibesar RJ, Price DL, Moore EJ. Mandibular distraction osteogenesis to relieve Pierre Robin airway obstruction. *Am J Otolaryngol*. Nov-Dec 2006;27(6):436-9. [\[Medline\]](#).
4. González-García R, Naval-Gías L, Rodríguez-Campo FJ. Distraction osteogenesis in the irradiated mandible for segmental mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg*. Jul 2009;67(7):1573-4. [\[Medline\]](#).
5. Clark CL, Strider J, Hall C, Ferguson HW, Armstrong KL, Runner RR. Distraction osteogenesis in irradiated rabbit mandibles with adjunctive hyperbaric oxygen therapy. *J Oral Maxillofac Surg*. Apr 2006;64(4):589-93. [\[Medline\]](#).
6. Alkan A, Ozer M, Bas B, Bayram M, Celebi N, Inal S. Mandibular symphyseal distraction osteogenesis: review of three techniques. *Int J Oral Maxillofac Surg*. Feb 2007;36(2):111-7. [\[Medline\]](#).
7. Azumi Y, Sugawara J, Takahashi I, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Positional and morphologic changes of the mandibular condyle after mandibular distraction osteogenesis in skeletal class II patients. *World J Orthod*. Spring 2004;5(1):32-9. [\[Medline\]](#).
8. Breuning KH, van Strijen PJ, Prahl-Andersen B, Tuinzing DB. Duration of orthodontic treatment and mandibular lengthening by means of distraction or bilateral sagittal split osteotomy in patients with Angle Class II

malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Jan 2005;127(1):25-9. [Medline].

9. Delloye C, Delefortrie G, Coutelier L, Vincent A. Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening. An experimental study. In: *Clin Orthop Rel Res*. 250. 1990:34-42.

10. Douglas P. Sinn, DDS, Wichit Taranon, DDS. Three-Dimensional Planning for Mandibular Distraction Osteogenesis in Hemifacial Microsomia Patients: Prediction Tracing and Results. Available at <http://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/pages/articleviewer.aspx?year=1999&issue=05000&article=00006&type=abstract>.

11. Eski M, Turegun M, Deveci M, Gokce HS, Sengezer M. Vertical distraction osteogenesis of fibular bone flap in reconstructed mandible. *Ann Plast Surg*. Dec 2006;57(6):631-6. [Medline].

12. Fritz MA, Sidman JD. Distraction osteogenesis of the mandible. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. Dec 2004;12(6):513-8. [Medline].

13. Grayson BH, McCormick S, Santiago PE, McCarthy JG. Vector of device placement and trajectory of mandibular distraction. *J Craniofac Surg*. Nov 1997;8(6):473-80; discussion 481-2. [Medline].

14. Guerrero CA, Bell WH, Gonzalez M. Intraoral distraction osteogenesis. In: *Oral and Maxillofacial Surgery*. Vol 2. Fonseca RJ, ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 2000:380-402.

15. Gugenheim JJ Jr. The Ilizarov method. Orthopedic and soft tissue applications. *Clin Plast Surg*. Oct 1998;25(4):567-78. [Medline].

16. Helman JI, Cottrell K, Garetz R. *Outcome assessments in the surgical management of obstructive sleep apnea. Zurich, Switzerland: International Symposium on Problems and Complications in Corrective Surgery of Facial Skeletal Anomalies*. University of Zurich; 2003.

17. Hollier LH Jr, Higuera S, Stal S, Taylor TD. Distraction rate and latency: factors in the outcome of pediatric mandibular distraction. *Plast Reconstr Surg*. Jun 2006;117(7):2333-6. [Medline].

18. Imola MJ. Craniofacial Distraction Osteogenesis. *eMedicine Journal* [serial online]. 2003;Available at: <http://www.emedicine.com/ent/topic702.htm>. [Full Text].

19. Janette AJ, Vicari FA, Baurer BS. Treatment of upper airway obstruction secondary to mandibular deficiency by distraction osteogenesis [abstract presentation]. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 1995.

20. Kunz C, Adolphs N, Buescher P, Hammer B, Rahn B. Distraction osteogenesis of the canine mandible: the impact of acute callus manipulation on vascularization and early bone formation. *J Oral Maxillofac Surg*. Jan 2005;63(1):93-102. [Medline].

21. Malkoç S, Iseri H, Karaman AI, Mutlu N, Küçükkolbasi H. Effects of mandibular symphyseal distraction osteogenesis on mandibular structures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Nov 2006;130(5):603-11. [Medline].

22. McCormick SU. Facial asymmetry. The diagnostic challenge. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. Mar 1996;4(1):1-18. [Medline].

23. McCormick SU, Grayson BH, McCarthy JG, Staffenberg D. Effect of mandibular distraction on the temporomandibular joint: Part 2, Clinical study. *J Craniofac Surg*. Sep 1995;6(5):364-7. [Medline].

24. McKibbin B. The biology of fracture healing in long bones. In: *J Bone Joint Surg*. 60-B. 1978:150-162.

25. Molina F, Ortiz Monasterio F. Mandibular elongation and remodeling by distraction: a farewell to major osteotomies. *Plast Reconstr Surg*. Sep 1995;96(4):825-40; discussion 841-2. [Medline].

26. Ortakoglu K, Karacay S, Sencimen M, Akin E, Ozyigit AH, Bengi O. Distraction osteogenesis in a severe mandibular deficiency. *Head Face Med*. 2007;3:7. [Medline].

27. Ortiz Monasterio F, Molina F, Andrade L, Rodriguez C, Sainz Arregui J. Simultaneous mandibular and maxillary

distraction in hemifacial microsomia in adults: avoiding occlusal disasters. *Plast Reconstr Surg*. Sep 1997;100(4):852-61. [\[Medline\]](#).

28. Paley D, Tetsworth K. Mechanical axis deviation of the lower limbs. Preoperative planning of uni-apical angular deformities of the tibia or femur. In: *Clin Orthop Rel Res*. 280. 1992:48-64.

29. Paterson D. Leg-lengthening procedures. A historical review. *Clin Orthop Relat Res*. Jan 1990;27-33. [\[Medline\]](#).

30. Rachmiel A, Aizenbud D, Pillar G, Srouji S, Peled M. Bilateral mandibular distraction for patients with compromised airway analyzed by three-dimensional CT. *Int J Oral Maxillofac Surg*. Jan 2005;34(1):9-18. [\[Medline\]](#).

31. Sayan NB, Karasu HA, Uyank LO. Two-stage treatment of TMJ ankylosis by early surgical approach and distraction osteogenesis. *J Craniofac Surg*. 2007;18(1):212-7.

32. Snyder CC, Levine GA, Swanson HM, Browne EZ Jr. Mandibular lengthening by gradual distraction. Preliminary report. *Plast Reconstr Surg*. May 1973;51(5):506-8. [\[Medline\]](#).

33. Stucki-McCormick SU, Fox RM, Mizrahi R. Distraction osteogenesis: a unique treatment for congenital micrognathias. In: Fonseca RJ, ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 2000:347-58.

34. Taylor TD, Stal S. Applications of distraction osteogenesis. Part I. *Clin Plast Surg*. Oct 1998;25(4):553-60, viii. [\[Medline\]](#).

35. Thompson SH, Quinn M, Helman JI. In press. In: *Maxillomandibular distraction osteogenesis advancement for the treatment of OSA, a case report*.

36. Tucker MR. Management of severe mandibular retrognathia in the adult patient using traditional orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. Nov 2002;60(11):1334-40. [\[Medline\]](#).

37. Waanders NA, Herzenberg JE, Goulet JA. A morphologic study of the regenerate bone structure in the early stages of distraction osteogenesis. In: *Bull Hosp Joint Dis Orthop Inst*. 1992:52(1).

38. Walker DA. Management of severe mandibular retrognathia in the adult patient using distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg*. Nov 2002;60(11):1341-6. [\[Medline\]](#).

39. Yasui N, Kojimoto H, Sasaki K, Kitada A, Shimizu H, Shimomura Y. Factors affecting callus distraction in limb lengthening. In: *Clin Orthop Rel Res*. 293. 1993:55-60.

40. Yasui N, Kojimoto H, Shimizu H, Shimomura Y. The effect of distraction upon bone, muscle, and periosteum. *Orthop Clin North Am*. Oct 1991;22(4):563-7. [\[Medline\]](#).

41. Yonezawa H, Harada K, Ikebe T, Shinohara M, Enomoto S. Effect of recombinant human bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2) on bone consolidation on distraction osteogenesis: a preliminary study in rabbit mandibles. *J Craniomaxillofac Surg*. Jul 2006;34(5):270-6. [\[Medline\]](#).

FIN