

Distracción ósea para alargamiento mandibular con un distractor completamente intraoral y dento- soportado

Yan Razdolsky D.D.S.
Libero professionista, Buffalo Grove, IL
Children's Memorial Hospital, Northwestern University,
and Highland Park Hospital, Chicago, IL USA

Traducción al Español
Dr. Jorge Mayora Ibarra

*Il presente articolo è apparso sul 58° "Bollettino di Informazioni Ortodontiche".
Ripubblicato e tradotto su permesso dell'editore Leone S.p.A.
Copyright © 1999 Tutti i diritti riservati.

INTRODUCCION

Qué es la distracción ósea?

Distracción ósea es el proceso de generación de hueso nuevo por medio de su estiramiento (histiogénesis intramembranosa). En 1905, Codvilla describió el concepto de la osteodistracción¹. Los problemas técnicos asociados con la distracción de los huesos largos fueron superados por varios investigadores, los más notables fueron Ilizarov y De Bastiani^{2, 102} McCarthy y Col. en 1992 fueron los primeros en describir la distracción de la mandíbula hipoplásica en humanos^{63, 64}.



Las deficiencias a las que se dirige la distracción no son solo las esqueléticas, también son afectados los tejidos blandos, incluyendo la piel, la musculatura, y las estructuras neurovasculares. Así como nuestra experiencia con ésta técnica para la corrección de las deformidades faciales ha aumentado, nosotros hemos modificado nuestro manejo de los pacientes que se presentan con deformaciones faciales tanto esqueléticas como de tejidos blandos. En nuestro inicio con la oseodistracción, utilizamos fijadores externos para lograr la elongación del hueso y de los tejidos blandos^{7, 101, 102}. Las desventajas del procedimiento fueron la

presencia de cicatrices externas y la necesidad de que el paciente usara un aparato incómodo por aproximadamente 8 semanas. Para superar las limitaciones previas de la oseodistracción de la mandíbula, hemos desarrollado un aparato para distracción el cuál es totalmente intraoral y completamente apoyado en los dientes. Este reporte consta de nuestras experiencias iniciales con éste aditamento intraoral y completamente dentosoportado.

OBJECTIVOS

De acuerdo a McNamara, la mayoría de los pacientes Clase II que vemos en la práctica de ortodoncia son debidos a una deficiencia mandibular.

Así como en nuestros pacientes Clase II en crecimiento, muchas veces podemos estimular el crecimiento mandibular con aparatos funcionales (ex. Herbst), tenemos que recurrir a camuflagear las Clases II de nuestros pacientes adultos comprometiendo la estética facial (y algunas veces causando resorción radicular en los incisivos superiores), o realizando osteotomías sagitales para lograr una apropiada longitud mandibular.



Problemas asociados a una osteotomía sagital:



- procedimiento comparativamente más largo (1.5-4 horas)
- debe ser realizado en el hospital
- muy costoso ((\$15,000 - \$20,000))
- las aseguradoras en muchos estados la clasifican como cirugía cosmética y no dan una compensación por ella
- se incrementan el riesgo de complicaciones
- los pacientes deben perder de 7 a 10 días de trabajo o de escuela
- los resultados son variables
- dificultad para controlar el segmento proximal
- recidiva potencial especialmente con alambre de fijación, condilar SAG, mordida abierta
- una vez realizado es difícil de deshacer
- no se recomienda avanzar más de 10 mm
- se necesitan ligaduras o injertos



El objetivo de nuestra investigación sobre la distracción fue alcanzar un método predecible para la corrección de la Clase II con deficiencia esquelética de la mandíbula para los pacientes adultos, el cual les cause menos inconvenientes, sea menos costoso y nos ofrezca resultados consistentes en cada ocasión.

MATERIALES Y METODOS

La técnica que empleamos para la distracción ósea en la hipoplasia mandibular implica cuatro fases:



1. Realización de una corticotomía
2. Un período de distracción
3. Remodelación de la regeneración
4. Estabilización



El número y ubicación de las corticotomías es determinado después de la evaluación de las cefalometrías pre-operatorias, CT scans tridimensionales, panorámicas, y modelos dentales. La corticotomía es realizada precisamente en el sitio de la hipoplasia esquelética, ya sea en la rama o en el cuerpo.

Es de suma importancia para el ortodoncista el crear de 3 a 4 mm de espacio interproximalmente donde se va a realizar la corticotomía. Esto asegurará la apropiada formación de hueso intramembranoso durante la distracción y la preservación del espacio del ligamento parodontal a ambos lados de la corticotomía y asegurará que las raíces no sean lesionadas durante la cirugía.



Protocolo de Distracción Mandibular con el distractor ROD™

1. Se colocan coronas de acero preformadas (en la mandíbula) sobre segundos molares y primeros premolares, pero otras combinaciones también trabajan bien (Ej. Segundo premolar y primer molar, etc.). Nosotros preferimos el segundo molar y el primer premolar ya que la osteotomía es realizada entre el segundo premolar y el primer molar, y las coronas sobre el segundo molar y primer premolar no interfieren con la cirugía (osteotomía). La distracción también puede ser realizada distal al área del segundo molar inferior.



2. En las distracciones en el maxilar, las coronas de acero inoxidable pueden ser colocadas en cualquier sitio, dependiendo del área de la osteotomía y de la distracción deseada.



3. Entonces se toman unas impresiones con hule, se retiran las coronas de acero de la boca, y se colocan sobre el material de impresión, se fija en su posición y se corre el modelo con cualquier yeso piedra de uso dental resistente al calor.

4. Entonces queda el modelo de yeso con las coronas de acero en él.

5. En éste momento se utiliza un paralelómetro para alinear el ROD™, los aditamentos removibles y para soldarlos sobre las coronas de acero.

6.- El modelo con el ROD™ paralelo, entonces se colocan los aditamentos de unión removibles en el ROD™ herramientas de laboratorio para tener los expansores precisamente soldados bilateralmente (en bucal en cada lado), correctamente en 3D como fue determinado por las radiografías y los modelos de estudio, u otros auxiliares de diagnóstico, de tal manera que la expansión se realizara a través de un vector de movimiento conocido por anticipado.

7. Una vez que estén soldados los expansores, dos alambres de ortodoncia para separar (calibre .30 o más grueso) son soldados a la superficie lingual de las coronas del segundo molar inferior y del primer premolar inferior, y adaptadas a la superficie oclusal del primer molar inferior y del segundo premolar inferior. El alambre adaptado al primer molar y segundo premolar inferiores, será después bondeado a sus respectivos dientes en la boca.



8. El ROD™; el aparato está ahora listo para ser cementado en la boca del paciente.

El ROD™ El aparato es cementado por medio de las coronas en los segundos molares y en los primeros premolares. Los alambres linguales (los cuales fueron soldados a la superficie lingual de las coronas del segundo molar y primer premolar) son ahora bondeados a la superficie oclusal del primer molar inferior y del segundo premolar. Dos expansores bucales son entonces removidos vía el ROD™ los attaches removibles son insertados en la cirugía, y son asegurados en su lugar con alambre de ortodoncia o quirúrgico vía unos hoyos verticales que se encuentran en el ROD™ los attachments removibles. Los dientes anteriores inferiores son conectados a las coronas de acero cromo sobre los primeros premolares vía el alambre de ortodoncia o bondeandolos.

9. La técnica quirúrgica: El procedimiento se realiza en el consultorio bajo anestesia local y sedación intravenosa de la siguiente manera:

La boca es abierta con la ayuda de un abre bocas McKesson. Se realiza un bloqueo bilateral del dentario inferior y se bloquea el bucal largo, la anestesia que se utiliza es marcaïne 0.5% con 1:200,000 de epinefrina. Además, lidocaina al 2% con 1:1000,000 epinefrina, la cuál es infiltrada en la región donde está planeada la osteotomía para ayudar a la hemostasis en el sitio quirúrgico. Se hace una incisión horizontal en vestibular 0.5 cm por debajo de la línea mucogingival, extendiéndose desde el segundo molar hasta el primer premolar. Enseguida, se hace un colgajo mucoperióstico en el borde inferior de la mandíbula. El periostio es separado del hueso cuidadosamente con un elevador Freer y un retractor Seldin. Se coloca el canal retractor Obegeser. Se realiza un corte en el hueso con una microsierra a través de la cortical lateral en el espacio creado entre el #29 y el #30. Este corte de hueso continúa a través de la cortical inferior. Se hace una segunda incisión en el surco gingival desde el segundo molar hasta el primer premolar. Otra vez, la mucosa es cuidadosamente separada subperiosticamente hasta que el colgajo sea movilizado mas allá del área dentoalveolar interproximal entre el #29 y el #30. Se coloca un retractor Sinn y el corte del hueso se continúa a través del hueso alveolar entre esos dientes con la sierra y unos osteotomos pequeños. Se realiza un corte a través del hueso en la cortical media haciendo un colgajo mucoperióstico desde el #31 al #27. Se utiliza el taladro con una fresa de corte larga para comunicar el borde inferior para asegurar la conexión de los cortes de la sierra. Se coloca un osteotomo pequeño en la parte superior del corte del hueso alveolar y con un pequeño cincel se completa la osteotomía. Las heridas son irrigadas con una solución salina y los márgenes fueron unidos con 4(0) suturas de vicril. Un procedimiento similar se realizó en el lado opuesto. El cirujano Oral o el Ortodoncista completa la operación con la colocación del ROD™ El aparato y su aseguramiento con alambre a través de los agujeros verticales. El paciente es puesto a un régimen de antibióticos durante tres semanas.



10. El paciente regresa a el ortodoncista 3 a 4 días después de la cirugía para empezar la distracción a un promedio de 0.5 mm a 1 mm por día, a un ritmo de cuatro (4) vueltas por día (ej. 1/4 mm por vuelta) hasta conseguir el alargamiento apropiado.

11. El ROD™ El aparato es dejado en su lugar aproximadamente dos días por cada 1mm de expansión, para permitir una completa unión del hueso. (Nosotros preferimos dejar el ROD™, en su lugar por cinco semanas

después de la última vuelta).

12. Se toman Rayos X para examinar la unión del hueso (osificación completa)

13. El ROD™ es retirado después de cinco semanas, se colocan los brackets y entonces el caso es terminado.

RESULTADOS



Total de 6 pacientes a quienes se realizó un alargamiento mandibular con un aparato totalmente intraoral soportado en los dientes (ROD™). Los pacientes con el distractor intraoral (ROD™) se realizaron el procedimiento en un consultorio de Cirugía y sin tener que ser hospitalizados, lo que redujo el costo en cerca de un 80 % contra la osteotomía sagital convencional cuando ésta es realizada en un hospital. Los pacientes con el distractor intraoral soportado por los dientes (ROD™) experimentaron avances de 10 a 14 mm.



Cuando se programa 3-dimENSIONALMENTE con (ROD™) herramientas de laboratorio, el ROD™ el aparato muestra consistentes resultados siempre y cuando los Clínicos:

- 1. Abran el espacio interproximalmente en el sitio de la corticotomía antes de la cirugía para poder preservar el ligamento parodontal y así facilitar la cicatrización intramembranosa;
- 2. Bondeen uniendo todos los dientes en el segmento distal para prevenir la flexión del segmento debida a la tracción hacia abajo y hacia atrás de los músculos digástrico y suprahioides,
- 3. Calculen el vector de la distracción de una manera precisa.



La distracción junto con la remodelación del hueso durante la regeneración consiguen una corrección tridimensional de la mandíbula hipoplásica, la cuál, es un desorden tridimensional. Mientras seamos capaces de crear un nuevo hueso membranoso en el sitio de la corticotomía, se debe hacer notar que los tejidos suaves y las estructuras neurovasculares también aumentarán. La distracción ósea se puede realizar ya sea con aparatos extraorales o con la (ROD™) aparatología intraoral, éstas son las técnicas actualmente disponibles que sirven para aumentar los tejidos suaves y las estructuras neurovasculares al mismo tiempo que se crea un hueso membranoso nuevo en el sitio de la deficiencia. La técnica de una osteotomía bicortical

bucal y lingual, nos ha permitido ubicar el sitio de la distracción precisamente en el sitio de la hipoplásia ósea, optimizando la corrección que somos capaces de alcanzar.

Las corticotomías intraorales realizadas junto con la distracción ósea parecen ofrecer ventajas significativas sobre el tratamiento clásico de la micrognatia de los pacientes Clase II con deficiencia mandibular, tanto el hueso como los tejidos suaves son expandidos hasta una configuración normal. El hueso creado es igual al de la región de la intervención y el procedimiento en sí mismo es marcadamente menos traumático para el paciente. No hay morbilidad del sitio donador . El cierre quirúrgico puede ser ajustado en un margen de 0.25mm. Los reportes previos de las desventajas de las cicatrices externas, que eran resultado de la colocación de pins durante el proceso de la expansión, y la necesidad de que el paciente usara un aparato externo voluminoso por 8 a 9 semanas, han sido superados por el uso de corticotomías intraorales y aparatos para distracción totalmente intraorales (ROD™).

Este tratamiento ofrece nuevas esperanzas a los pacientes con un amplio espectro de anomalías faciales severas y a los pacientes ortodónticos adultos con una Clase II por deficiencia mandibular.

En la siguiente generación de ROD™ los aparatos se centrarán en un aparato intraoral parcialmente soportado por los dientes y parcialmente por el hueso, en un esfuerzo por llevar el sitio de la corticotomía distal al área del segundo molar inferior.



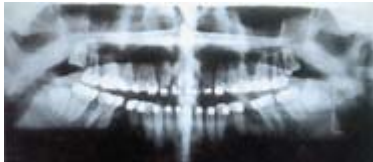
CONCLUSIONES

Porqué la distracción ósea en lugar de la osteotomía sagital?

- MENOS INVASIVA
- MENOS TIEMPO DE TRABAJO
- MAYOR FACILIDAD PARA CONTROLAR EL SEGMENTO PROXIMAL
- MENOS SANGRADO, INFLAMACION, Y COMPLICACIONES POSTQUIRURGICAS
- MENOS TRAUMATICA
- PUEDE REALIZARSE EN EL CONSULTORIO DEL CIRUJANO
- NO HAY MORBILIDAD DEL SITIO DE DONACION
- ES CREADO UN HUESO DEL MISMO TIPO DE LA

REGION

- EL CIERRE QUIRURGICO ES CONTROLADO FACILMENTE
- LA CANTIDAD DE DISTRACCION ES "ILIMITADA",
- HAY UNA READAPTACION MUSCULAR CON UN CRECIMIENTO OSEO LENTO
- NO SE NECESITA LA ESTANCIA HOSPITALARIA
- MENOS COSTOSA (hay una reducción de un 80% en los honorarios) LOS SEGUROS SE NIEGAN A CUBRIR LA OSTEOTOMIA SAGITAL HOSPITALARIA EN MUCHOS ESTADOS
- ES DIFICIL CAUSAR ALGUN DAÑO A LOS NERVIOS
- NO SE NECESITA UNA FIJACION RIGIDA O INTERMAXILAR
- NO SE INTERRUMPEN LOS HABITOS DE VIDA DEL PACIENTE
- NO SE TOCAN LOS SEGMENTOS PROXIMALES NI LA A.T.M.



cephalometrics- OLGA L. 18 YRS					
	1-96	N	10-96	2-97	5-97
fac<	78	87	81	83	83
sna	83	81	83	82	82
snb	76	78	77	77	79
anb	7	-2	7	4	3
y-axis	69	59	67	66	66
I	0	3	6	6	6
I	-4	0	-2	7	8
CO-A	98	94	94	94	94
CO-GN	110	122	110	122	120
ANS-ME	68	71	69	74	73

Un nuevo enfoque de no extracción para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes Clase II con deficiencia mandibular: En los casos de Clase I,II con compensaciones de los incisivos inferiores o con apiñamiento, ¡trátenlo sin extracciones! Realicen una distracción en la mandíbula hasta que los incisivos inferiores estén en mordida cruzada anterior si fuera necesario, para maximizar la corrección esquelética y entonces retraigan los dientes anteriores dentro del nuevo hueso regenerado. En casos de Clase II con deficiencia mandibular y con incisivos sin apiñamiento, distraigan distal al segundo molar inferior! Si se hace la distracción entre los dientes se necesitarán colocar implantes en los espacios creados. Por el contrario, con la osteotomía sagital, los dos primeros premolares normalmente son extraídos, los dientes anteriores inferiores son retraídos y entonces SE REALIZA LA CIRUGIA.



Corticotomía contra la Osteotomía

- NO HAY RECIDIVAS
- PERMITE DETENER EL ALARGAMIENTO MANDIBULAR CUANDO EL PACIENTE, LOS PADRES O EL CLINICO LO DESEE, Y SE PUEDE AUN ACORTAR (REVERSA) LA LONGITUD SI FUERA NECESARIO

Un agradecimiento especial a Mr. Gene Kucher por su contribución para éste trabajo.

RESUMEN

La distracción ósea ha sido empleada exitosamente para ganar un incremento en la cantidad de hueso y en los tejidos blandos en pacientes con una variedad de deformidades craneo-faciales o en pacientes de ortodoncia con una Clase II por deficiencia mandibular. Nuestra experiencia con la Oseodistracción data desde 1992 con 66 osteotomías en 42 pacientes. La técnica que empleamos para la distracción ósea comprende cuatro fases:



1. Realización de la corticotomía,
2. Periodo de Distracción
3. Remodelación o Regeneración seguida de
4. Estabilización

Los pacientes han sido sometidos a la corticotomía intraoral y a la aplicación aparatos para la distracción extraoral o intraoral (ROD™) soportado por los dientes para facilitar la distracción de acuerdo a las deformidades específicas de los pacientes. Los pacientes reciben una distracción ósea y de los tejidos blandos gradual a un ritmo en promedio de 1 mm por día en cuatro activaciones divididas durante el día.



Se utilizó un periodo de estabilización de al menos 2 días por cada mm de alargamiento.

Los cambios morfológicos fueron documentados con radiografías seriadas y con fotografías clínicas.



Todos los pacientes exhibieron una marcada mejoría en sus relaciones oclusales postoperatorias y tuvieron mejoría en cuanto a sus dificultades respiratorias y alimenticias que se presentaban junto con un dramático mejoramiento en la estética.

Los pacientes con dispositivos para distracción externos tenían una estadía hospitalaria de 1.2 ± 0.6 (promedio \pm S.D.).

Treinta y siete pacientes a quienes se realizó un alargamiento con un distractor externo tuvieron un avance de la mandíbula de $18.4 \text{ mm} \pm 4.7 \text{ mm}$ (promedio \pm S.D.).

Más recientemente, 6 pacientes se realizaron un alargamiento con distractores totalmente intraorales (ROD™) soportados por los dientes, el tratamiento se realizó en el consultorio sin necesidad de hospitalizar al paciente y reduciendo el costo en cerca del 80 % en comparación a una osteotomía sagital realizada en un hospital. Los pacientes con un distractor intraoral (ROD™) experimentaron avances de 10 a 14 mm. Las corticotomías



intraorales junto con la distracción ósea parece ofrecer significativas ventajas sobre el tratamiento clásico de la micrognatia en pacientes Clase II con deficiencia mandibular. Los tejidos blandos y el hueso son expandidos hasta su configuración normal. El hueso creado es del mismo tipo del sitio de la intervención y el procedimiento quirúrgico por sí mismo es marcadamente menos traumático para el paciente. No es necesario un sitio donador. El cierre quirúrgico puede ser ajustado dentro de 0.25 mm. Las desventajas reportadas previamente de cicatrices externas como resultado de los pins externos durante el proceso de expansión y la necesidad de que el paciente usara un aditamento extraoral voluminoso por 8 a 9 semanas parece ser superado por el uso de corticotomías intraorales y una aparatología totalmente intraoral (ROD™) soportada por los dientes.



Virtual Journal of Orthodontics
Copyright © 1998 - 2000 All rights reserved.

BIBLIOGRAFIA

1. Codvilla A: On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles

HOME VJO 3.2

HOME VJO

- and tissues which are shortened through deformity. *Am J Orthop Surg* 2:353, 1905.
2. Ilizarov GA: The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Joint Dis Orthop Inst* 48:1, 1988.
 3. Ilizarov, G.A., and Ledyayev, V I.: The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction of one of the fragments. *Clin Orthop Rel Res* 280:7-10, 1992.
 4. Ilizarov, G.A.: Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Rel Res* 250:8, 1990.
 5. 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 Rel Res* 238:250, 1989.
 6. 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 Rel Res* 239:263, 1989.
 7. Pensler, J.M., Goldberg, D.P., Lindell, B., and Carroll, N.C.: Skeletal distraction of the hypoplastic mandible. *Ann Plast Surg*. 34: 130-137, 1995.
 8. Moseley CF: Limb lengthening: The historical perspective, *Ortho Clinic North Amer* 22:555, 1991.
 9. Paterson D: Limb lengthening procedures - A historical review. *Clin Orthop Res* 250:27, 1990.
 10. Paley D: Current techniques of limb lengthening. *J. Ped Orthop* 8:73, 1988.
 11. Bosworth DM: Skeletal distraction of the tibia. *Surg Gynecol Obstet* 66:912, 1938.
 12. Pytti V: The operative lengthening of the femur. *JAMA* 77:934, 1921.
 13. Putti V: Operative lengthening of the femur. *Surg Gynecol Obstet* 58:318, 1934.
 14. Abbott LC: The operative lengthening of the tibia and fibia. *J Bone Joint Surg* 9:128, 1927.
 15. Carrell WB: Leg lengthening. *South Med J* 22:216, 1929.
 16. Brockway A and Fowley SB: Experiences with 105 leg lengthening operations. *Surg Gynecol Obstet* 72:252, 1942.
 17. Dickson FD and Diveley KZ: A new apparatus for lengthening legs. *J Bone J Surg* 14:807, 1932.
 18. Habough EJ and Finkelstein H: Leg lengthening with new stabilizing apparatus. *J Bone J Surg* 14:194, 1932.
 19. Compere E: Indications for and against the leg lengthening operation. *J Bone Joint Surg* 18:692, 1936.
 20. Allan FG: Bone lengthening. *J Bone Joint Surg* 34B:490, 1948.
 21. Anderson WV: Leg lengthening. *J Bone Joint Surg* 34B:150, 1952.
 22. Wagner H: Operative Lengthening of the femur. *Clin Orthop Rel Res* 136:125, 1978.
 23. DeBastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L and Trivella G: Limb lengthening by callos distraction (callostasis). *J Ped Orthop* 7:129, 1987
 24. Altuna G, Walker DA: Surgically assisted rapid orthodontic lengthening of the maxilla in primates - a pilot study. *An J Orthod Dentofac Orthop* 107:531-6 1995.
 25. Abbott LC and Saunders JB de CM: The operative lengthening of the tibia and fibula. A preliminary report on the further development of the principles and technique. *Ann Surg* 110:961, 1939.
 26. White SH and Kenwright J: The timing of distraction of an osteotomy. *J Bone Joint Surg* 72-B:356, 1990.
 27. White SH and Kenwright J: The importance of delay in distraction of osteotomies. *Orthop Clin North Amer* 22:569, 1991.
 28. Sproul JT and Price CT: Recent advances in limb lengthening. Part II:

- Biological advances. *Orthop Rev* 21:425, 1992
29. Alonso JE and Regazzoni P: Bridging bone gaps with the Ilizarov technique, *Biologic Principles. Clin Plast Surg* 18:497, 1991.
30. Calhoun JH, Li T, Ledbetter BR, and Gill CA: Biomechanics of the Ilizarov fixator for fracture fixation. *Clin Orthop Rel Res.* 280:15, 1992.
31. Paley D: Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop* 250:81, 1990.
32. Fischgrund J, Paley D, and Suter D: Variables affecting time to bone healing during limb lengthening. *Clin Orthop Rel Res.* 301:31, 1994.
33. Wolfson N, Hearn TC, Thomason JJ, and Armstrong PF: Force and stiffness changes during Ilizarov leg lengthening. *Clin Orthop* 250:58, 1990.
34. Harp JH, Aronson J and Hollis M: Noninvasive determination of bone stiffness for distraction osteogenesis by quantitative computed tomography scans. *Clin Orthop Rel Res* 301:42, 1994.
35. Aronson J and Harp JH: Mechanical forces as predictors of healing during tibial lengthening by distraction osteogenesis. *Clin Orthop Rel Res.* 301:73, 1994.
36. Young JWR, Kostrubiak IS, Resnick CS, and Paley D: Sonographic evaluation of bone production at the distraction site in Ilizarov limb-lengthening procedures. *AJR.* 154:125, 1990.
37. Derbyshire NDJ and Simpson AHRW: A role for ultrasound in limb lengthening. *Br J Radiol* 65:576, 1992.
38. Daniel BL, Wanders A, Zhang Y, Moskalik A, Folkers JB, Rubin IM, Gouret JA and Adler RS: The use of ultrasound mean acoustic attenuation to quantify bone formation during distraction osteogenesis performed by the Ilizarov method. *Invest Radiol* 29:933, 1994.
39. Blane CE, Herzenberg JE, and DiPietro MA. Radiographic imaging for Ilizarov limb lengthening in children. *Pediatr Radiol* 21:117, 1991.
40. Alho A, Bang G, Karaharju E and Armand I: Filling of a bone defect during experimental osteotaxis distraction. *Acta Orthop Scand.* 53:29, 1982.
41. Aronson J, Harrison BH, Stewart CL and Harp JH: The histology of distraction osteogenesis using different external fixators. *Clin Orthop Rel Res.* 241:106, 1989.
42. Michieli S and Miotti B: Lengthening of mandibular body by gradual surgical-orthodontic distraction. *J Oral Surg* 35:187, 1977.
43. Karp NS, Thorne CHM, McCarthy JG and Sissons HA: Bone lengthening in the craniofacial skeleton. *Plas Surg* 24:231, 1990
44. Karp NS, McCarthy JG, Schreiber JS, Sissons HA and Thorne CHM: Membranous bone lengthening: A serial histologic study *Ann Plas Surg.* 29:2, 1992.
45. Karharju EO, Peltonen J, Aalto K, Vauhkonen M, Kahri A and Alitalo I: Distraction bone healing. *Acta Orthop Scand* 59:477, 1988.
46. Karharju-Suvanto T, Karharju EO and Ronta R: Mandibular distraction; An experimental study in sheep. *J Cranio Maxillofac Surg* 18:280, 1990.
- 47.
48. Karharju-Suvanto T, Peltonen J, Kahri A and Karharju EO: traction osteogenesis of the mandible. An experimental study on sheep. *J Oral Maxillofac Surg* 21:118, 1992.
49. Califano L, Cortese A, Zupi A and Tajana G: Mandibular lengthening by external distraction: An experimental study in rabbits. *J Oral Maxillofac Surg* 52:1179, 1994.
50. Kojimoto H, Yasui N, Goto T, Matsuda S and Shimomura Y: Bone lengthening in rabbits by callous distraction. The role of periosteum and

- endosteum. *J Bone Joint Surgery* 70-B:543, 1988.
51. Delloye C, Delefortrie G, Costelier L and Vincent A: Bone regenerate formation in cortical bone during distraction osteogenesis. *Clin Orthop* 250:34, 1990.
52. Komuro Y, Takato T, Harii K and Yonemara Y: The histologic analysis of distraction osteogenesis of the mandible in rabbits. *Plast Reconstr Surg*. 94:1527 1994.
53. Aronson J: Temporal and spatial increases in blood flow during distr. osteogenesis. *Clin Orthop Rel Res* 301:1247 1994.
54. Leong JCY, Clark JA, Cornish LS and Yan ACMC: Viscoelastic behavior of tissue in leg lengthening by distraction. *Clin Orthop Rel Res* 139:102, 1979.
55. Ganey TM, Klotch DW, Sasse J, Odgen J and Garcia T: Evaluation of distraction osteogenesis by scanning electron microscopy. *Clin Orthop & Rel Res* 301:132, 1994.
56. Yagui N, Kojimoto H, Shimozi H and Shimomura Y: The effect of distraction upon bone, muscle and periosteum. *Orthop Clin North Amer* 22:563, 1991.
57. Block MS, Daire J, Stover J and Matthews M: Changes in the inferior alveolar nerve following mandibular lengthening in the dog using distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg*. 51:652, 1993.
58. Molina F and Ortiz-Monasterio F: Mandibular elongation and remodeling by distraction: A farewell to major osteotomies. *Plast Reconstr Surg* 96:825, 1995.
59. McCormick SU, McCarthy JG, Grayson BH, Staffenberg D and McCormick SA: Effect on mandibular distraction on the temporomandibular joint: Part 1 Canine Study. *J Craniofac Surg* 6:358, 1995.
60. McCormick SU, Grayson BH, McCarthy JG and Steffenberg D: Effect of mandibular distraction on the temporomandibular joint: Part 2, Clinical Study. *J Cran Surg* 6:364, 1995.
61. Snider CC, Levine GA, Swanson HM and Browne EZ: Mandibular lengthening by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 51:506, 1973.
62. McCarthy JG, Schrieber J, Karp N, Thorne CH, Grayson BH: Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 89:1, 1992.
63. McCarthy JG: Mandibular bone lengthening. *Oper Tech Plast Reconstr Surg* 1:99, 1994.
64. McCarthy JG: The role of distraction osteogenesis in the reconstruction of the mandible in unilateral craniofacial microsomia. *Clin Tech Plast Surg* 1:105, 1994.
65. Ortiz-Monasterio F and Molina F: Mandibular distraction in hemifacial microsomia. *Oper Tech Plast Surg* 1:1057 1994.
66. Havlick RJ and Bartlett SP: Mandibular distraction lengthening in the severely hypoplastic mandible: A problematic case with tongue aplasia. *J Craniofac Surg* 5:305, 1994.
67. Habal MB: New bone formation by biologic rhythmic distraction. *J Craniofac Surg* 5:344, 1994.
68. Rachmiel A, Levy M and Laufer D: Lengthening of the mandible by distraction osteogenesis: Report of cases. *J Oral Maxillofac Surg* 53:838, 1995.
69. Siebert JW and Longaker MT: Microsurgical correction of facial asymmetry in hemifacial microsomia. *Oper Tech Plast Reconstr Surg* 1:93, 1994.
70. Janette AJ, Vicari FA, Bauer BS, Hollinger LD and Erickson MF: Treatment of upper airway obstruction secondary to mandibular deficiency by distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 53 (suppl 4):967 1995.
71. Perrot DH, Berger R, Varjervik K and Kaban LB: Use of a skeletal

distraction device to widen the mandible: a case report. *J Oral Maxillofac Surg* 51:435, 1993.

72. Guerro C and Costasti G: Transverse Mandibular Deficiency in Bell WH (ed.): *Modern Practice in Orthognathic and Reconstructive Surgery* 3, Philadelphia, Saunders, 1992, p2383.

73. Guerro C and Bruzual L: Application spectrum of rapid mandibular expansion. *Rev Venez Orthod* 10:170, 1993.

74. Haas AJ: Rapid palatal expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Ortho* 31:73, 1961.

75. Bell WH and Epker BN: Surgical orthodontic expansion of the maxilla. *Am J Orthod* 70:517, 1976.

76. Cleall JF, Bayne DI, Posen JM and Subtelny JD: Expansion of the midpalatal suture in the monkey. *Angle Ortho* 35:23, 1965.

77. Murray J McG and Cleall JF: Early tissue response to rapid maxillary expansion in the midpalatal suture of the rhesus monkey. *Angle Ortho* 50:1654, 1970.

78. Ekstrom C, Henrikson CO and Jensen R: Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. *Am J of Orthod* 71:449, 1977.

79. Haas AJ: Long term post-treatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod* 50:189, 1980.

80. Bishara SE and Staley RN: Maxillary expansion: Clinical implications. *Am J of Orthod Dentofac Orthop* 91:3, 1987.

81. Block MS and Brister GD: Use of distraction osteogenesis for maxillary advancement: preliminary results. *J Oral Maxillofacial Surg* 52:282, 1994.

82. Block MS, Cervini D, Chang A and Gottsegen GB: Anterior maxillary advancement using tooth supported distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 53:561, 1995.

83. Glat PM, Staffenberg DA, Karp NS, Holliday RA, Steiner GS and McCarthy JG: Multidimensional directional osteogenesis: The canine zygoma. *Plast Reconstr Surg* 86:399, 1990.

84. Lo AKM, Colcleugh RG, Allen L, Wyek LV and Bite U: The role of tissue expanders in an anophthalmic animal model. *Plast Reconstr Surg* 86:399, 1990.

85. Eppley BL, Holley S and Sadove AM: Intraorbital tissue expansion on orbitomaxillary growth in anophthalmos. *Ann Plas Surg* 31:19, 1993.

86. Rachmiel A, Potparic P, Jackson IT, Sugihara T, Clayman L, Topf JS and Forte RA: Midface advancement by gradual distraction. *Br J Plas Surg* 46:201, 1993.

87. Rachmiel A, Jackson IT, Potparic Z and Laufer D: Midface advancement in sheep by gradual distraction: A 1-year follow up study. *J Oral Maxillofac Surg* 53:525, 1995.

88. Robinson RC: (personal communications), 1995.

89. Persing JA, Babler WJ, Naorsky MJ, Edgerton MT and Jane JA: Skull expansion in experimental craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg* 78:594, 1986.

90. Persing JA, Morgan EP, Cronin AJ and Wolcott WP: Skull base expansion: Cranifacial effects. *Plast Reconstr Surg* 87:1028, 1991.

91. Remmler D, McCoy FJ, O'Neil D, Willoughby L, Patterson B, Gerald K and Morris DC: Osseous expansion of the cranial vault by craniostasis. *Plast Reconstr Surg* 89:787, 1992.

92. Tschakaloff A, Loskin HW, Money MD, Siegel MI, Losken A and Swan J: Internal calvarial bone distraction in rabbits with experimental coronal suture immobilization. *J Cranofacial Surg* 4:177, 1993.

93. Baron CM, Ferder M, Jimenez DF, Grossman L, Hall C, Stauch B and Argamaso RV: Distraction of the frontal bone outside the cranial plane: A rabbit model. *J Cranofac Surg* 4:177, 1993.

94. Costantino PD, Shybut G, Friedman CD, Pelzer HJ, Manani M, Shindo ML and Sisson GA: Segmental mandibular regeneration by distraction osteogenesis: An experimental study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 116:535, 1990.
95. Costantino PD and Friedman CD: Distraction osteogenesis. Applications for mandibular regrowth. *Otolaryngol. Clin North Amer* 24:1433, 1991.
96. Costantino PD, Friedman CD, Shindo ML, Houston G and Sissons GA: Experimental mandibular regrowth by distraction osteogenesis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 119:511, 1993.
97. Gantous A, Phillips JH, Cotton P and Holmberg D: Distraction osteogenesis in the irradiated mandible. *Plast Reconstr Surg* 93:164, 1994.
98. Gantous DJ, Goguen LA and Karmody CS: Distraction osteogenesis for reconstruction of mandibular symphyseal defects. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 120:911, 1994.
99. Suzanne U. McCormick, M.S., D.D.S.: Osteodistraction. *Selected Readings in Oral and Maxillofacial Surgery*. vol 4, num 7, Univ. of Texas. Dallas.
100. Martin Chin, DDS and Bryant A. Toth, MD: Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: *J Oral Maxillofacial Surgery* 54:45-53, 1996
101. Yan Razdolsky, DDS, Jay M. Pensler, MD, and Stuart Dessner, DMD: Skeletal distraction for mandibular lengthening with a completely intraoral tooth borne distractor; Abstract, submitted for Moyer's Distraction Symposium, Ann Arbor, MI, USA, 1997 American Association of Orthodontists, Philadelphia, PA, USA, 1997, and First International Congress of Distraction, Paris, France, 1997
102. Goldberg, D.P., Pensler, J.M., Lindell, B., and Carroll, N.C: Skeletal distraction for mandibular lengthening, *Plast Surg Forum* 16:217, 1994