

INSTRUCCIÓN ORTOPÉDICA DE POSGRADO

Osteogénesis en diastasis

H. MISCIONE,* V. FANO** y J. PISTANI***

*Servicio de Ortopedia y Traumatología Pediátrica, Hospital Dr. J. P. Garrahan;

**Servicio de Crecimiento y Desarrollo, Hospital Dr. J. P. Garrahan,

***Area de Cirugía y Anestesiología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

"In science, credit goes to the man who convinces the world, not to whom the idea first occurs. Not to the man who finds a piece of grain of new and precious quality, but to him who sows it, reaps it, grinds it and feeds the world on it."

CHARLES DARWIN

Cuando por algún método se logra la separación de dos superficies óseas vascularizadas con un ritmo tal que permite la formación de nuevo hueso en el espacio diastásado, se está realizando osteogénesis en diastasis.

Es muy probable que Codivilla, en 1905,²⁴ haya percibido que el tejido óseo cuando es interrumpido, ya sea por una osteotomía, una fractura o un proceso inflamatorio o infeccioso, comienza rápidamente con la reparación. Es también posible que haya comprobado que, si a ese nuevo tejido se lo sometía a tensión, formaría nuevo hueso. Así realizó una serie de diastasis de los extremos óseos con tracción esquelética e incluyó los clavos en un yeso que mantuvo la diastasis lograda. Este mismo proceso lo hubo de repetir en varias oportunidades, hasta lograr la diastasis programada.

A estos tratamientos, pioneros para la ciencia, continuaron algunos trascendentes:

- Bier, 1923: describe un "puente óseo" y las alteraciones de la regeneración ósea al utilizar un diastásador de Klapp durante 5 días.¹⁶
- Putti, 1918: señala cómo la tracción esquelética vence la resistencia de las partes blandas y describe al "osteotón", aparato diastásador que logra neoformar tejido óseo pese al costo de la pérdida de ejes.
- Abbot, 1927: relata elongaciones tibiales usando dos aparatos "osteotón" en paralelo para lograr estabilidad.¹
- Stader, 1937: presenta un fijador externo de dos clavos por cabo óseo con una rosca en el cuerpo principal para efectuar diastasis sucesiva.⁷⁰
- Mendoza, 1944: describe un aparato de fijación circular con alambres de Kirschner cruzados.⁵⁰

Es casi imposible referirse a cada escalón forjado en la historia de la diastasis seguida de osteogénesis, sin omitir a algún científico que, por necesidad o por visión, relató como elongaba un hueso externamente.

Si bien durante la Segunda Guerra Mundial se avanzó en el desarrollo de los tutores externos para la fijación de las fracturas, los años previos a 1950 constituyen la época "oscura" del siglo para la fijación externa.⁷¹

Llamativamente, en esos años anteriores a los grandes cambios en la historia de la osteogénesis en diastasis, la Academia Estadounidense publicó una encuesta según la cual, el 30% de los médicos le resta seriedad a los sistemas de fijación ósea conocidos, si bien la mayoría de ellos los habían utilizado sólo en menos de 25 pacientes. Así, la Academia Estadounidense aconseja a sus miembros emplear los métodos de elongación ósea luego de haber visto o ayudado en la utilización de algunos de los métodos en no menos de 200 pacientes.⁷⁰

Recién a partir de 1950 se refuerzan los conceptos científicos sobre la base de numerosas publicaciones y comienzan dos caminos paralelos que llegan hasta el fin del siglo. Quienes, indiscutidamente, comenzaron a labrarlo fueron Anderson, en 1952,⁵ e Ilizarov, a partir de 1950, con sus publicaciones.¹⁹ Estos autores describieron con precisión las técnicas de diastasis gradual y clarificaron el concepto del tipo de osteotomía necesaria, haciendo del método de elongación ósea un tratamiento aceptado por la ciencia.

Existe coincidencia en dividir la evolución en etapas marcadas por cada una de las fases de la diastasis ósea:

Por el tipo de fijación externa (Fig. 1)

Casi las dos últimas décadas estuvieron signadas por el despliegue tecnológico y el desarrollo biomecánico. Uno de los caminos perteneció a la osteogénesis con fijador externo: Wagner, en 1977,^{79,80} De Bastiani, en 1987,^{26,27} Lazo, en 1986,⁴⁵ Monticelli y Spinelli, en 1983,⁵⁵ y la escuela de Lecco, encabezada por Bianchi-Maiocchi,¹⁵ con la difusión del aparato de Ilizarov, fueron indicando los cambios en los sistemas de diastasis.

Las teorías de la escuela de Kurgan, liderada por Gravril Ilizarov, publicadas por Catagni y Paley,⁵⁶ se comenzaron a entrecruzar con la técnica monolateral de Wagner, mejorada por la escuela de Verona encabezada por De Bas-

Recibido el 10-11-1998.

Correspondencia:

Dr. H. MISCIONE
Páez 1984
(1406) Capital Federal
Argentina



Figura 1. Etapas en la evolución tecnológica de la fijación externa.

tiani, quien unió precisión técnica con sencillez de colocación.^{26,27}

La teoría de la osteosíntesis transósea de Ilizarov (diastasis ósea, corrigiendo y conservando en forma simultánea los ejes en base a un fijador externo circular transfixiante), aún hoy parece no dejar descansar a los científicos.¹⁹

En 1991, Herzenberg¹⁶ publica las bases matemáticas de la diastasis con corrección axial y relata la metodología sobre la base del fijador de Ilizarov.

Se suceden posteriormente las publicaciones de diferentes métodos de cálculo para mantener ejes anatómicos en combinación con los biomecánicos (Paley, Stanisky) con la convicción de que el mejoramiento del eje promueve la génesis ósea.^{56,72}

Cañadel y Forriol²¹ describen en 1993 y 1998 un alto porcentaje de desalineaciones durante la elongación con aparatos monolaterales. En tanto, otros autores (Bhave, Paley) relatan las dificultades con fijadores circulares.¹⁴

La actual tecnología intenta demostrar que la fijación externa también puede proveer dispositivos de autocorrección del eje de la elongación. Sabo y Pfeil, en 1996,⁶⁶ publican un sistema monolateral que permite corregir en tanto diastasa. En 1998, la escuela de la Universidad de Verona también muestra un accesorio de corrección espacial axial regulable que se adosa a su fijador externo, y Saleh, en 1996, relata cómo funciona el fijador híbrido Sheffield.⁶⁸

Una importante tecnificación es publicada por la escuela de la Clínica Campbell, en donde Taylor, en 1998, incluye la programación de una computadora en el cálculo de la movilidad con un fijador circular.^{75,76}

Se mantiene y se refuerza la teoría: el perfecto eje hace a la calidad de la osteogénesis.

En nuestro medio, la escuela del Hospital Garrahan publica, en 1993, la confección de un "compás" motorizado para corrección axial durante el uso de fijadores monolaterales.⁵⁹

El otro camino no es nuevo. Probablemente lo inaugura Bertrand, en 1951,¹³ pese a que el mismo Bertrand le atribuye el crédito a Pais. La idea fue mantener el eje de una elongación utilizando dos sistemas simultáneos: un delgado clavo endomedular que mantiene el eje de la osteotomía transversa y dos clavos para ejercer tracción, que se incluían en un yeso que mantenía la diastasis.

La idea es retomada por Bost, en 1956, pero utilizando un clavo de Rush que se asociaba a un aparato similar al diastador de Abbot.¹

Luego, Bliskunov, en 1984,^{17,18} realiza elongaciones femorales a través de un clavo endomedular que no sobresale del hueso y que elonga por medio de un movimiento de rotación externa del miembro. En nuestro país, Miscione y Stefano relatan en el foro de investigación del Congreso Argentino de 1985 un sistema de elongación endomedular femoral, hidráulico y gradual.⁵⁴

Prevot y cols., en 1995, retoman la línea con la publicación de un clavo endomedular elongador basado en la tracción y rotación del miembro.⁶¹

Baumgart y cols., de la Universidad de Munich, publican en 1992 el desarrollo de un clavo intramedular elongable mediante un motor eléctrico computarizado ubicado en el extremo proximal para distracciones óseas femorales. Tenazmente mejoran la calidad del sistema y vuelven a publicar sus resultados en 1995 y en 1999, en la AS AMI de los EE.UU.^{10,11}

Paley y Herzenberg, en 1997 y 1998, publican diastasis óseas, tanto de fémur como de tibia, combinando fijadores monolaterales o circulares con clavos endomedulares acerrojados.^{35,56}

Los entusiastas del método proponen con esta metodología reducir los tiempos de colocación de aparato externo, mejorar los ejes de elongación, lograr mayor confort y conseguir mayor solidez del sistema.

Se publican, también, complicaciones acerca de estos métodos: riesgos de infección ósea por alambres transfixiantes o clavos de Schanz colocados en contacto con el clavo endomedular acerrojado, altos costos del sistema e invasión del canal medular por un clavo en un hueso sometido a elongación.

Por el tipo de corte en el hueso

Aún no está totalmente definido el concepto de cómo se debe seccionar un hueso para someterlo a diastasis.

Hasta mediados de este siglo, la osteotomía era sólo trascendente para poder separar los cabos óseos. Es probable que haya sido Anderson, en 1952, quien por primera vez insinuó el concepto de osteotomía con bajo daño. Propone una técnica basada en una pequeña incisión y múltiples perforaciones, para finalmente provocar la osteoclasia con un golpe suave.

Casi simultáneamente, Ilizarov, en Rusia, propuso la técnica de la corticotomía, basada en una pequeña incisión y corte del hueso percutáneo con un escoplo especialmente diseñado, seccionando la cortical sin dañar la circulación medular.

Paul Le Coeur (1962/63)⁴⁶ describe una osteotomía tibial larga y oblicua para elongación extemporánea, similar a la propuesta por Merle D'Aubigne.⁵¹

En la década de 1970, De Bastiani y Monticelli aconsejan la técnica de la callotaxis y la compactotomía, respec-

tivamente. Basados en la metodología de Anderson, ambos realizan una cuidadosa sección longitudinal perióstica y luego con perforaciones múltiples completan la sección del hueso con un osteótomo.²³

En dos décadas hubo marchas y contramarchas.⁸ Quizá se hayan revisto algunos conceptos durante los últimos años: desde la osteotomía "afgana",^{57,81} descrita por Paktiss en 1992, en donde cuidadosamente con sierra de Gigli y en forma circular secciona el hueso, hasta la certificación científica presentada por Cherkashin en 1999,²¹ de no existir resultados diferentes entre los métodos de corticotomía, compactotomía, osteotomía cuidadosa, con el corte con sierra de bajas revoluciones.

Hasta el momento aparentan ser dos las verdades actuales:

- El corte debe ser cuidadoso, hiriendo mínimamente la circulación ósea y perióstica.
- El corte transversal es bueno. No necesita ser oblicuo para lograr una generación ósea adecuada.

Por el tipo de ubicación de la osteotomía

La mayoría de los autores reconoce que la zona metafisaria es el mejor sitio para realizar la sección ósea, debido a que posee una capacidad de remodelación mayor a otras regiones.⁹ Sin embargo, algunos autores (De Pablos, Kojimoto, Giebel) reconocen que, cuando es aconsejada una osteogénesis en diastasis, la patología siempre implica acortamiento, ya sea por ausencia de formación (congénito, o por pérdida ósea traumatisms, infecciones, etc.) y no es posible elegir sitios para la osteotomía.^{28,41} Aronson aconseja que el programa de osteotomía debe tender a acercarse a la zona metafisaria y alejarse de la diáfisis⁷ (Fig. 2).

Scott y cols, observaron en las elongaciones bifocales que los cambios "negativos" musculares se producen en menor medida cuanto más metafisaria sea la sección ósea.

Por lo tanto, las conductas en los diferentes huesos más aceptadas en la actualidad son:

- Fémur proximal y fémur distal
- Tibia proximal (distal de alto riesgo, sólo en transportes complejos)
- Húmero proximal y distal

- Cubito proximal
- Radio distal
- Metatarsiano y metacarpiano central

Cuando la decisión es realizar una diastasis transportando hueso longitudinalmente o transversalmente, la elección depende más de la configuración de la patología que de la decisión del cirujano. Sin embargo, las experiencias de varios autores al respecto no han sido negativas.^{22,66}

La diastasis ósea sin osteotomía

Ring (1958)¹⁸ en animales e Ilizarov (1969)¹⁹ en humanos fueron quienes describieron la diastasis de la placa fisaria, que denominaron epifisiólisis diastásante. Ilizarov la realizaba a un ritmo de 1 mm por día y esperaba el desprendimiento para realizar la posterior elongación a partir de la placa de crecimiento luego del décimo día. Describió como ventajas no realizar corte del hueso y poseer muy buena capacidad osteogeneradora.

Cañadell y cols., en 1988,⁹ utilizaron y describieron la técnica con exactitud y detallaron sus desventajas y sus limitaciones. En tanto, De Bastiani (1986) relató su uso y describió la técnica como condrodiastasis.^{26,27}

En la actualidad, la falta de precisión, la vecindad articular y el cierre fisario posterior, hicieron que quede relegada a huesos afectados congénitamente o próximos al fin del crecimiento.

Por los tiempos de inicio de la diastasis

Las formas de comenzar una elongación han ido cambiando con el conocimiento⁸¹ (Fig. 3).

Durante muchos años los métodos de elongación se basaron en el comienzo inmediato después de la osteotomía. Ilizarov y De Bastiani han sido pioneros en el método de la "callotasis": aguardar un período de latencia entre la colocación del aparato/osteotomía y el comienzo de la diastasis.^{2,34,37}

"Callotasis" proviene del latín *callum* (callo) y del griego *táois* (tensión o extensión) (Fig. 4).

La espera se fundamenta en:^{31,32}

- Dejar reparar la lesión ósea y perióstica provocada por la osteotomía

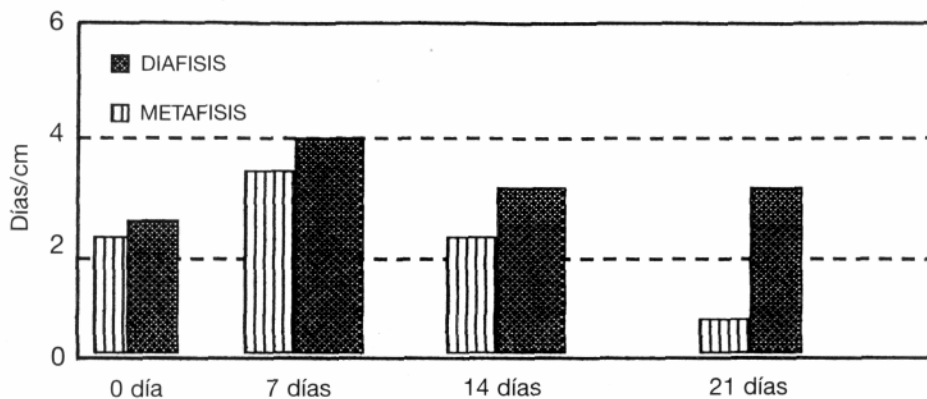


Figura 2. Comparación entre dos grupos de elongaciones y su latencia. Relación entre la duración de la fijación externa y los centímetros de hueso nuevo. (Aronson, 1994)

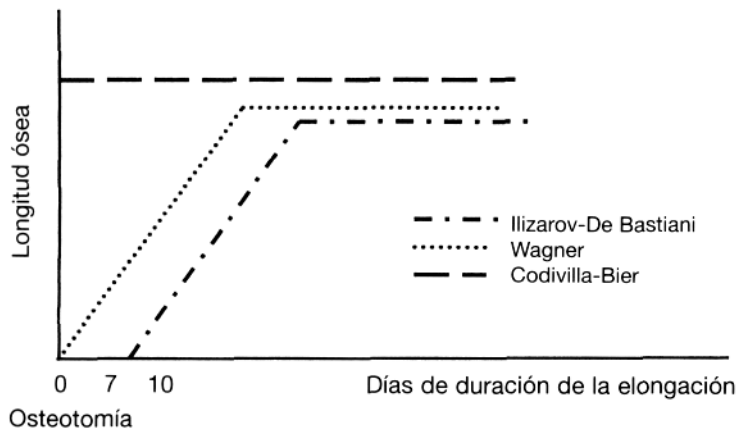


Figura 3. Momento del comienzo de la elongación en las diferentes técnicas utilizadas.

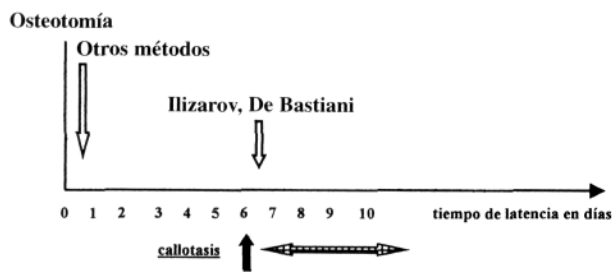


Figura 4. Tiempo de latencia de la "callotasis" utilizado por De Bastiani e Ilizarov. Comparación con otros métodos.

- El tiempo de espera debe ser la mitad que para el caso de la callotasis completa
- Los fijadores deben ser adecuados para la corrección angular
- Se han de valorar previamente las ventajas sobre una osteotomía con adición ósea
- Es ideal para mejorar las condiciones en el estacionamiento óseo (*docking*) durante la técnica de transporte
- Su técnica requiere alto grado de experiencia
- Puede ser realizada con mayor precisión con la nueva tecnología de correcciones angulares de ciertos aparatos

- Permitir la proliferación celular que formará la "nube ósea"
- Permitir el flujo vascular al sitio de la osteotomía

En la actualidad, la mayor parte de los autores coinciden con la teoría de De Bastiani y Aldegheri, pero coinciden en que:^{2,3,26,27,60}

- Cuanto mayor la edad del paciente, mayor los tiempos de espera
- Cuanto mayor la osteopenia inicial, mayor el tiempo de espera
- Cuanto más traumática la osteotomía, mayor el tiempo de espera
- Las patologías congénitas por ausencia requieren mayor espera que las congénitas sin ausencias
- El mayor riesgo de la espera es la consolidación precoz, que no es un riesgo menor
- La estabilidad del sistema diastador, externo o interno, a utilizar hace al éxito de la osteogénesis posterior
- La espera no debe ser inferior a 5 días, ni mayor que 15 días

Tanto la escuela de Verona como la de Kurgan han propuesto una variante de la diastasis, la hemicallotasis.^{4,39} Consiste en una sección completa del hueso, pero con diastasis lateral, permitiendo la formación de hueso en forma angular. Esta hemidiastasis posee tanto ventajas como desventajas, de acuerdo con la experiencia de los autores:

Por la cronología de la diastasis

Una vez realizada la osteotomía, aparece inmediatamente el callo hemático que induce a la formación de hueso. El callo es rico en colágeno. Al comenzar la diastasis las fibras van adquiriendo orientación longitudinal, y permitiendo el desarrollo de nuevo hueso.

Autores como In Ho Choi hablan de angiogénesis provocadora de osteogénesis y de cómo la real valoración debe hacerse sobre la misma⁴⁰ (Fig. 5).

Ilizarov, en sus estudios experimentales y clínicos, concluyó que 1 mm/día, repartidos en fracciones, era el ritmo ideal para la diastasis.³⁹ Muchos investigadores reforzaron su idea al comprobar que el incremento de este ritmo altera la formación de la trabécula normal y favorece la aparición de microquistes que impiden la correcta maduración del callo.^{28,38,56}

Existen diferencias significativas entre el hueso infantil y el hueso adulto, y entre el hueso afectado congénito y el hueso afectado por otra patología.

Paley (1994), en una revisión exhaustiva, encuentra que existe una relación directa entre la cantidad de espacio elon-gado y los tiempos prolongados de consolidación. Esos tiempos demostraron ser menores en el fémur que en la tibia y menores en las metáfisis que en las osteotomías diafisarias.

En tanto, los pacientes menores de 20 años mostraron índices más veloces de consolidación que los de entre 20 y 30 años.⁷⁷

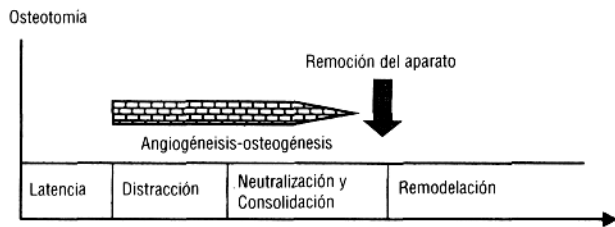


Figura 5. Cronología de los pasos de la diastasis.

Muchos autores contraindican la elongación como único tratamiento en pacientes mayores de 30 años, si bien hay muchos trabajos con tratamientos en edades superiores a ésta.⁶²¹

Miscione (1994) encuentra que, tanto con fijadores monolaterales como con circulares, los tiempos del hueso afectado congénitamente por ausencia (amelias, deficiencias, hemimelias) son 30% mayores que en aquellos sin esos tipos de alteraciones.⁵⁻

En los trabajos realizados por la Universidad de Navarra, los tiempos de elongación fueron de 1,16 meses por centímetro. En las pacientes de sexo femenino el tiempo fue menor (1,06-1,24 mes/cm). De todas maneras, sus datos variaron de acuerdo con la patología, requiriendo mayores tiempos de tratamiento las patologías asimétricas (1,52 mes/cm) que las simétricas (0,8 mes/cm).⁶

En la actualidad, se supone que no hay diferencias significativas entre la elongación intermitente y la continua. Los métodos automáticos o motorizados proponen mejorar la calidad de los callos de elongación; sin embargo, los estudios de Kreitz así como los de otros autores no encuentran diferencia entre estos métodos continuos y los manuales.⁴²

Birch y cols, han observado que los niveles de actividad celular y los factores de génesis ósea se encuentran en igual medida en una fractura como en una diastasis ósea, si bien en las elongaciones existe actividad más duradera e incremento de la remodelación.⁸²

Los investigadores coinciden con estos datos, sin embargo, la mayor preocupación actual es la influencia de los ritmos de diastasis sobre las estructuras blandas y cartilaginosas.^{12,24,69,73}

Ilizarov, Salen, Catagni y otros propugnaron la doble elongación en un solo segmento como método eficaz para acortar tiempos y suprimir riesgos.^{22,67,68}

La escuela de Dallas fue más allá en sus estudios y observó que luego de los 4 cm, en la elongación bifocal o en el transporte en "tándem", las fuerzas de elongación muscular se distribuyen más uniformemente y el estrés es menor.

Por lo tanto, puede ser posible superar la tendencia de no elongar más del 30% de la longitud del segmento, sin incrementar las complicaciones.⁶⁹

De todas maneras, existe una tendencia generalizada a proponer diastasis no mayores de los 7 cm, esencialmente cuando existe algún tipo de corrección axial agregada.

Actualmente, hay consenso a favor de las elongaciones no prolongadas, aunque deban de repetirse en un lapso no menor a los 2 años, esencialmente para preservar de las presiones en el cartílago articular (Stanitsky, 1992/94).⁷²

Por los estímulos de la osteogénesis

Hay fuertes evidencias que indican que el proceso de osificación surge principalmente del periostio. El hecho se comprueba con la inhibición de la misma durante los procedimientos con resecciones periósticas amplias. Sin embargo, dicho proceso también puede comenzar a partir de zonas del hueso de otro origen, como el cortical, el endostio o el trabecular, en tanto se conserve el lecho vascular.

La mayoría de los estudios histológicos confirman que la osificación entre las superficies en diastasis se realiza por un proceso de osificación intramembranosa pura, sin la interposición de cartílago.

La zona osteotomizada es invadida tempranamente por tejido vascular y posiblemente a partir de células mesenquimáticas primarias se produce la diferenciación hacia osteoblastos. La secreción de material osteoide sobre una matriz proteica formada fundamentalmente por colágeno tipo I, se distribuye siguiendo los ejes paralelos a las fuerzas de diastasis.

Así se forma hueso nuevo, que se dispone en columnas y al finalizar el proceso de consolidación se remodela, formando zonas de hueso cortical y medular.

Los mecanismos moduladores moleculares y celulares del proceso de osificación, en la dinámica de la diastasis aún no son completamente comprendidos.

En los modelos experimentales se refuerza la importancia de los factores de crecimiento (FC). Estos factores son péptidos relacionados con funciones reguladoras e inductoras y, a su vez, intervienen en las distintas etapas del ciclo celular y en la síntesis de la matriz extracelular.

Las proteínas morfogenéticas del hueso (BPM), son miembros de la familia de los factores de crecimiento transformadores beta (TGF-6).

Las BPM junto con otros componentes de la matriz y las citoquinas inducen un proceso en cascada de quimiostaxis, migración, proliferación y diferenciación de las células mesenquimáticas (*stem cells*) que desencadenan el proceso de reparación ósea y la osteogénesis en diastasis.

En tanto, la hormona de crecimiento tiene efectos anabólicos en el hueso, en forma directa o a través de IGF-1 y de las BPM. Desafortunadamente, no está descrito completamente su efecto en el proceso de osteogénesis y diastasis. En la actualidad, existen evidencias en modelos animales que sugieren una aceleración del proceso de consolidación con la administración de la hormona.^{19,20,47,62,61,65,82,84}

Por la valoración de la osteogénesis

El método más frecuentemente utilizado para la valoración del callo de diastasis es la imagen radiológica plana.

Es un documento histórico. Permite medir los ejes anatómicos, biomecánicos y valorar la calidad de la diastasis. Varios autores se han referido a mediciones y han clasificado la "nube ósea" (Martínez Lotti, Paley, Catagni).^{15,22,49,56}

En la última década, se han realizado estudios comparativos entre este tipo de valoración y otras técnicas, tal como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética nuclear (RMN).^{29,30,78}

Sin embargo, la decisión de continuar una elongación, de valorar su trofismo y de retirar un sistema se basa esencialmente en la densidad radiológica.⁴³⁻⁴⁴

Martínez Lotti propone la siguiente clasificación:⁴⁹

1. Imagen fusiforme —————> Buen pronóstico de osteogénesis
2. En "bosque de abedules" —> Bajo índice de callo hipotrófico
3. Excéntrico —————> Aumento en las fases de diastasis y consolidación
4. Hipotrófico —————> Alerta de complicaciones: masaje óseo injerto, etc.

La exposición frecuente a radiación y el empirismo del método de valoración hizo que varios autores emplearan la ultrasonografía y la densitometría DEXA (*dual energy X-ray absorptiometry*) como método. La ultrasonografía determina la formación de hueso muy tempranamente (una o dos semanas de iniciada), permite determinar cambios en los tejidos blandos vecinos y brinda imágenes en varias dimensiones. Las desventajas son la imposibilidad de valorar ejes y la pérdida de imágenes cuando comienza la corticalización.⁴⁸

La densitometría determina la aparición temprana del callo (2 semanas) y la cantidad y el ritmo de la mineralización del callo de diastasis. La cantidad de radiación es muy baja con respecto a la radiología y sus imágenes son bidi-

mensionales. Si bien es costosa, es válida y fiable para el estudio evolutivo.²⁹

Por el índice de complicaciones

Todos los autores que han tratado a pacientes con diastasis han publicado sus complicaciones: del sistema utilizado, por el método, por la patología en tratamiento. En la actualidad, las series de publicaciones se suceden indefectiblemente.⁶

Al considerar sólo algunas de ellas, detallaremos algunos puntos:

- (Miscione, 1994) La curva de aprendizaje es más extensa que para otros métodos terapéuticos. Cuanto mayor es el porcentaje de pacientes asistidos, menor el número de complicaciones presentes.⁵¹
- (Dahl, 1994) Los porcentajes de complicaciones, con cualquier método utilizado, aumentan cuando se supera el 25% de elongación del segmento.²⁵
- (Catagni, 1996) La osteogénesis realizada en transportes óseos disminuye la tasa de riesgos, cuando es bifocal.^{22,74}
- (Lampropulos, 1994) Los índices de infecciones superficiales son frecuentes, las profundas pueden ser previstas.⁴³
- (Herzenberg, 1994) La preservación de los grados de movilidad articular (elongación femoral, rodilla) no es indicio de lesiones cartilaginosas ocultas.¹⁶
- (Stanitsky, 1994) Las osteogénesis en pacientes con enfermedades de baja talla deben ser sumamente cuidadosas en los cuidados de la fisis y en el control del crecimiento remanente.⁷²
- (Peterson, 1990) No siempre se justificaría una elongación ósea máxima. La experiencia es parte del arsenal terapéutico.⁵⁸

Referencias bibliográficas

1. Abbot, LC, y Saunders, JB: The operative lengthening of the tibia and fibula. A preliminary report on the further development of the principles a technique. *J Bone Jt Surg (A)*, 9: 128-52, 1927.
2. Aldegheri, R: Callotasis. *J Pediatr Orthop (B)*, 2: 11-15, 1993.
3. Aldegheri, R; Renzo-Brivio, L, y Agostino, S: The callotasis method of limb lengthening. *Clin Orthop*, 24: 137-45, 1989.
4. Aldegheri, R; De Bastiani, G, y Renzi-Brivio, L: Allungamento diafisario dell'arto inferiore (studio di 78 casi). *Chir Organ! Mov,IQ*: 111-119, 1985.
5. Anderson, WV: Leg lengthening. *J Bone Jt Surg (B)*, 34: 150, 1952. *Arch Orthop Traum*, 104: 121-124, 1985.
6. Aquerreta, JD; Forriol, F, y Cañadell, J: Complications of bone lengthening. *Int Orthop (SICOT)*, 18: 299-303, 1994.
7. Aronson, J, y Shen, X: Experimental healing of distraction osteogenesis comparing metaphyseal with diaphyseal sites. *Clin Orthop*, 301: 25-30, 1994.
8. Arrien, A: *Estudio comparativo de las osteotomías a cielo abierto y percutáneas en la elongación ósea*. Tesis doctoral, Universidad de Navarra, 1990.
9. Arrien, A, y De Pablos, J: The importance of the technique and level of osteotomy in bone lengthening. *Bone Lengthening. Currents Trends and Controversies*. Pamplona: 182-171, 1990.
10. Baumgart, R; Betz, A, y Schweiberer, L: A fully implantable bone motorized intramedullary nail for limb lengthening and bone transport. *Clin Orthop*, 343: 135-143, 1977.

11. Baumgart, R; Betz, A, y Schweiberer, L: *The lengthening nail: a fully implantable medular lengthening device*. ASAMI North America, p. 48, 1995.
12. Bell, D: *The effect of limb lengthening on articular cartilage: An experimental study*. ASAMI of North America, Reunión Anual, p. 2, 1993.
13. Bertrand, P, y Trillat, A: Le traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs pendant la croissance. *Rev Chir Orthop*, 34: 264-82, 1948.
14. Bhavé, A; Paley, D, y Herzenberg, J: *Femur lengthening and deformity correction by Ilizarov's method in children and adults: results and complications*. ASAMI, of North America, p. 33, 1996.
15. Bianchi-Maiocchi, A, y Martí González, J: *Osteosíntesis. Técnica de Ilizarov*. Madrid: Norma; 1990.
16. Bier, A: Über Knochenregeneration und über Pseudarthrosen. *Archiv F Klin Chirurgie*, 127: 1, 1923.
17. Bliskunov, A: Intramedullary distraction of the femur. *Orthop Traumatol Protez*, 10: 59-62, 1983.
18. Bliskunov, A: Lengthening of the femur using implantable appliances. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 51: 454-466, 1984.
19. Bonn, D: The application of cell biology to broken bones. *Lancet*, 353: 650, 9153, 1999.
20. Brook, C: *Clinical Paediatrics Endocrinology*. 3rd ed. Blackwell Science, 1995.
21. Cañadell, J; Aquerreta, D, y Forriol, F: Prospective study of bone lengthening. *Pediatr Orthop (B)*, 2: 1-7, 1993.
22. Catagni, M: *Result of the treatment of tibial bone loss with two level transpon*. Conference in International Congress on Advances in the Ilizarov Method, p 53, 1996.
23. Cherkashin, A: *Low speed high torque reciprocating saw osteotomy for Ilizarov limb lengthening: an experimental study*. Reunión Científica Anual de ASAMINA, p. 18, 1998.
24. Codivilla, A: On the means of lengthenings in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *Am Joint Orthop Surg*, 2: 353, 1905.
25. Dahl, M; Gulli, B, y Berg, T: Complications of limb lengthening. A learning curve. *Clin Orthop*, 301: 10-18, 1994.
26. De Bastiani, G; Aldegheri, R; Renzi-Brivio, L, y Trivella, G: Limb lengthening by distraction of the epiphyseal plate. Acomparasion of two techniques in the rabbit. *J Bone Jt Surg (B)*, 68: 545-549, 1986.
27. De Bastiani, G; Aldegheri, R, y Renzi-Brivio, L: Limb Lengthening by callus distraction (callotasis). *Pediatr Orthop*, 7: 129-34, 1987.
28. De Pablos, J; Villas, C, y Cañadell, J: Bone lengthening by physseal distraction. An experimental study. *Int Orthop (SICOT)*, 10: 163-70, 1986.
29. Eyres, KS; Bell, MJ, y Kanis, JA: Methods of assessing new bone formation during limb lengthening. Ultrasonography, Dual energy X-Ray Absorptiometry and Radiography compared. *J Bone Jt Surg (B)*, 15(3): 358-364, 1993.
30. Eyres, KS; Bell, MJ, y Kanis, JA: New bone formation during leg lengthening. Evaluated by Dual Energy X-Ray Absorptiometry. *J Bone Jt Surg (B)*, 75(1): 96-106, 1993.
31. Fischgrund, J; Paley, D, y Suter, C: Variables affecting time to bone healing during limb lengthening. *Clin Orthop*, 301: 31-37, 1994.
32. Frierson, M; Ibrahim, K; Boles, M; Boté, H, y Caney, T: Distraction osteogenesis. *Clin Orthop*, 301: 19-24, 1994.
33. Giebel, G: *Callus Distraction, Clinical Applications*. Stuttgart-Nueva York: Georg Thieme Verlag; 1992.
34. Gil Albarova, J: *Immediate delayed distraction?* Conference in Bone Lengthening. Current trends and controversies. Pamplona: 190-183, 1990.
35. Herzenberg, J, y Paley, D: Femoral Lengthenings over nails (LON). *Tech In Orthop*, 12(4): 240-249, 1997.
36. Herzenberg, M, y Waanders, M: Calculating rate and duration of distraction for deformity correction with the Ilizarov Technique. *Orthop Clin North Am*, 22(4): 601 -611, 1991.
37. Ilizarov, G: Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop*, 250: 8-26, 1990.
38. Ilizarov, G: The tension-stress effect on the genesis and growth tissue. Part II, the influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop*, 239:263-285, 1989.
39. Ilizarov, G. *Transosseous Osteosynthesis. Theoretical and Clinical Aspects of the regeneration and growth of tissue*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin; 1992.
40. In Ho Choi; Seong, S; Lee, M; Park, S, y Song, K: *Expression of osteocalcin and trans glutaminase C during distraction osteogenesis vs. fracture healing rat's tibia*. ASAMI of North America, p. 1, 1995.
41. Kojimoto, H; Yasui, N; Sasaki, K, y Shimuzu, H: Bone lengthening in rabbits by callus distraction: the role of periosteum and endosteum. *J Bone Jt Surg (B)*, 70: 543-549, 1988.
42. Kreitz, G; Wieling, R; Tepic, S; Pyk, P; Korcinek, K, y Rahn, B: *Distraction osteoneogenesis in long bones with external fixation: comparative animal study of continuous versus intermittent distraction*. ASAMI of North America, Reunión Anual, p. 9, 1995.
43. Lampropulos, M: Dificultades en elongaciones óseas: cómo resolverlas. *Rev Asoc Arg Ortop Traumat*, 59(3): 291-303, 1994.
44. Lampropulos, M: Seguimiento clínico de la fijación externa. *Rev Asoc Arg Ortop Traumat*, 59(Reseña 5): 41-45, 1994.
45. Lazo-Zbikowsky, J; Aguilar, F; Mozo, F; González Buendía, R, y Lazo, JM: Biocompression. Sliding External Fixation. *Clin Orthop*, 106: 169-184, 1986.
46. Le Coeur, P: Egalisation des membres inférieurs par ellongement avec fixation immediate. *Rev Chir Orthop*, 49: 216-27, 1963.
47. Li, H; Bartold, PM; Zhang, CZ; Clarrkson, RW; Young, WG, y Waters, MJ: Growth hormone and insulin-like growth factor I induce bone morphogenetics proteins 2 and 4 a mediador role in bone and tooth formation. *Endocrinology*, 139(9): 3855-3862, 1998.
48. MalTulli, N; Hughes, T, y Fixsen, JA: Ultrasonographic monitoring of limb lengthening. *J Bone Jt Surg (B)*, 74: 130-132, 1992.
49. Martínez Lotti, G, y Bonetto, F: Biología del callo óseo. *Rev Asoc Arg Ortop Traumat*, 59(Resena 5): 9-13, 1994.
50. Mendoza, JL: Algunas consideraciones y experiencias sobre distracción ósea. El cálculo matemático en la reducción de las fracturas. *CirAp Loe*, 1: 232-264, 1950.
51. Merle D'Aubigné, R, y Vaillant, JM: A propos des grandes inégalités de longueur des membres inférieurs. Technique d'égalisation du fémur en un temps. *Rev Chir Orthop*, 51: 189-195, 1965.
52. Miscione, H: Experiencia crítica del uso de los fijadores externos. *Rev Asoc Arg Ortop Traum*, 59(Reseña 5): 76-80, 1994.
53. Miscione, H; Dolió Russo, B; Geoghegan, R; Pistani, J; Buceta, S, y Groiso, J: Análisis comparativo en elongaciones óseas. Tutor circular vs. tutor lateral. *Rev Asoc Arg Ortop Traumat*, 59(2): 138-145, 1994.
54. Miscione, H, y Stefano, E: *Endoprótesis extensible de elongación gradual*. Forum de Investigación. XIII Congreso de la AAOT, 1985.
55. Monticelli, G, y Spinelli, R: Limb lengthening by epiphyseal distraction. *Int Orthop*, 5: 85-90, 1981.
56. Paley, D: Current techniques of limb lengthening. *J Pediatr Orthop*, 8: 73-92, 1988. Pamplona: 1986.
57. Pasktiss, A, y Gross, R: *The Afghan percutateous osteotomy*. Conference. The Second Riva Congress, p. 243, 1992.
58. Peterson, H: *The evolution of femoral lengthening: concepts and techniques*. Bone Lengthening. Current trends and Controversies. Pamplona: p. 15-18, 1990.

59. **Pistani, J; Miscione, H, y Guerrero, J:** Resolución de un fractura de cubito y radio en un equino de pequeño porte con el fijador externo HG. *Rev Asoc Arg Vet Equina*, 3: 9-12, 1994.
60. **Pouliquen, J; Gorodischer, S, y Verneret, C:** Femur lengthening in children and adolescent. Comparative study of a series of 82 cases. *Rev Chir Orthop*, 75:239-251, 1989.
61. **Prevot, J; Guichet, JM, y Lascombes, P:** *Gradual elongation intramedullary nail for the femur (Albinia). Results of the first 52 nails in 48 patients.* ASAMI of North America, p. 47, 1995.
62. **Rasche, MJ; Bail, H; Windhagen, HJ; Kolbeck, SF; Weil, A; Raun, K; Kappelgard, A; Skieaerbaek, C, y Haas, NP:** Recombinant growth hormone accelerates bone regenerate consolidation in distraction osteogenesis. *Am Acad*, 24(2): 81-88, 1999.
63. **Reddi, AH:** Initiation of fracture repair by bone morphogenetic proteins. *Clin Orthop*, (3555 Suppl): S66-S72, 1998.
64. **Ring, P:** Experimental bone-lengthening by epiphyseal distraction. *Br J Surg*, 49: 169-173, 1958.
65. **Rosier, RN; O'Keefe, RJ, y Hicks, DG:** The potential role of transforming growth factor beta in fracture healing. *Clin Orthop*, (355 Suppl): S294-S300, 1998.
66. **Sabo, D; Pfeil, J, y Cotta, H:** *Quantitative assessment of bone formation during limb lengthening by DEXA: a routine method?* ASAMI of North America, p. 25, 1995.
67. **Saleh, M:** Histologie analysis of human lengthened bone. *Pediatr Orthop (B)*, 2: 16-21, 1993.
68. **Saleh, M:** *Sheffield Hybrid Faator.* ASAMI North America, p. 13, 1996.
69. **Shoemaker, S; Makarov, R; Samshukov, M; Cherkashin, M, y Birch, J:** *The effect of limb lengthening on different muscle groups.* ASAMI of North America, Reunión Anual, p. 26, 1999.
70. **Stader, O:** Treating fractures of long bones with reduction splint. *The North American Veterinarian*, Enero: 55-59, Febrero: 54-59, Marzo: 62-68, 1939.
71. **Petit, GD:** History of external skeletal fixation. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, Enero: 1-18, 1992.
72. **Stanitsky, D:** The effect of limb lengthening on articular cartilage. An experimental study. *Clin Orthop*, 301: 68-72, 1994.
73. **Stanitski, D; Milliard, N, y Armstrong, P:** Results of femoral lengthenings using the Ilizarov Thechnique. *Pediatr Orthop*, 15: 224-231, 1995.
74. **Stocks, G; Catagni, M; Cattaneo, R, y Gerreschi, F:** *Hip reconstruction osteotomy according to pinciples of Ilizarov.* ASAMI of North America, p.41, 1995.
75. **Taylor, J:** *A new look at deformity correccton.* Conference: International Congress on Advances in the Ilizarov Method, p. 17, 1996.
76. **Taylor, J, y Taylor, H:** *Complete characterization of a 6-axes deformity; complete correction with a new external fixator: "The spatial frame".* ASAMI North America, p. 14, 1996.
77. **Tetsworth, K, y Paley, D:** Accuracy of correction of complex lower-extremity deformities by the Ilizarov Method. *Clin Orthop*, 301: 102-110, 1994.
78. **Tjernström, B; Thoumas, K, y Pech, P:** Bone remodeling after leg lengthening: Evaluation with Plain Radiographs, and Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Scans. *Pediatr Orthop*, 12(6): 751-755, 1992.
79. **Wagner, H:** Operative Beinverlängerung. *Der Chirurg*, 42: 260-266, 1971.
80. **Wagner, H:** Operative lengthening of the femur. *Clin Orthop*, 136: 125-142, 1978.
81. **Weiner, I; Paley, D, y Suter, C:** *Comparison of percutaneous osteotomies versus Gigli saw osteotomies for tibial lengthenings.* American Academy of Orthopaedic Surgery, 61 " Reunión Anual; Nueva Orleans, Louisiana, 24 de febrero de 1994.
82. **Welch, R; Samchukov, M, y Birch, J:** *Dynamic and static histomorphologic of bone formation in distraction osteogenesis.* ASAMI of North America, Reunión Anual, p. 4, 1995.
83. **White, S, y Kenwright, J:** The timing of distraction of and osteotomy. *J Bone Jt Surg (B)*, 72: 356-361, 1990.
84. **Zellin, G:** Growth factors and bone regeneration. Implications of barrier membranes. *Swed Dent J Suppl*, 129: 7-65, 1998.