



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE
REHABILITACIÓN
"LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA"

ESPECIALIDAD
EN:
ORTOPEDIA

**USO DE LA TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA COMO HERRAMIENTA
AUXILIAR PARA VALORAR EL RETIRO OPORTUNO DE FIJADOR
EXTERNO EN PACIENTES SOMETIDOS A ALARGAMIENTO ÓSEO
FEMORAL**

T E S I S
PARA OBTENER EL DIPLOMA DE MÉDICO
ESPECIALISTA EN
ORTOPEDIA

P R E S E N T A:
DR. DIEGO HURTADO ALONSO

PROFESOR TITULAR: DR. JUAN ANTONIO
MADINAVEITIA VILLANUEVA

ASESOR: DR. RAMIRO CUEVAS OLIVO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD

DRA. XOCHIQETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE EDUCACIÓN MÉDICA

DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA

DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA
PROFESOR TITULAR

DR. RAMIRO CUEVAS OLIVO
ASESOR CLÍNICO

DR. MARLON DE ITA LEY
ASESOR METOLÓGICO

Agradecimientos:

Esta tesis va dirigida a Jesús y Reyna por su indudable apoyo desde mis orígenes; ni con mil trabajos de investigación podría saldar todo lo que me han dado.

A Pablo, Alejandro, Andrés y Karla por hacerme ver que la familia puede hacerse en cualquier lugar y cualquier momento.

A los pocos profesores que tienen pasión por la profesión y deseos de generar interés e inculcar conocimiento, pero sobre todo el amor a la ortopedia y medicina

Y por último pero no menos importante a mis pacientes que sin ellos nosotros no seríamos nada

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	9
3. JUSTIFICACIÓN.	21
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	21
6. HIPÓTESIS	22
7. OBJETIVO GENERAL	22
8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
9. MATERIAL Y MÉTODOS	22
10. EVALUACIÓN	24
11. RESULTADOS	25
12. DISCUSIÓN	26
13. CONCLUSIÓN	26
14. BIBLIOGRAFÍA	27

1. Introducción

El crecimiento es un evento coordinado desde el periodo embriológico programado genéticamente que depende de múltiples factores, mismos que si llegan a alterarse por diferentes eventos (traumatismos, alteraciones genéticas, procesos infecciosos, tumorales, trastornos en la inervación, vascularidad, trastornos neurológicos, endócrinos etc.) pueden traducirse en alteraciones como la discrepancia de miembros pélvicos, entre otros.

La discrepancia de miembros pélvicos es un padecimiento común dentro de la ortopedia, pudiendo ser en ocasiones hallazgos incidentales y en otros casos presentaciones francas con implicaciones estructurales y funcionales, lo cual implica una serie de repercusiones desde el punto de vista biomecánico deteriorando la calidad de vida, así como en la función de las personas, habiendo así diferentes manejos, los cuales pueden ser conservadores hasta requerir procesos quirúrgicos complejos (4, 30).

No se sabe la incidencia exacta de la discrepancia de miembros pélvicos, sin embargo se cuenta con estudios en la literatura en donde se refiere algunas estadísticas; por ejemplo Hellsing encontró discrepancia de miembros pélvicos con rangos de 0.5-1.5 cm en 32% de 600 militares en donde el 4% excedían los 1.5 cm (2).

Se ha estipulado por Anderson en sus estudios, que la población en general puede tener discrepancia de miembros pélvicos de 1-2 cm sin afecciones, ya que se ha propuesto que si existe discrepancia mayor de 2.0 a 2.5 cm podría llevar a consecuencias biomecánicas significativas, motivo por el cual se propusieron diversos tratamientos quirúrgicos con el fin de corregirlas (31).

Se ha propuesto la clasificación de la discrepancia de miembros pélvicos en 3 grandes grupos; Congénita, del desarrollo y adquirida, aunque algunos padecimientos son idiopáticos que condicionan hemihipertrofia o en su defecto hemiatrofia (31)

La técnica de alargamiento óseos por distracción por medio de fijador externo dinámico axial es un método empleado en los trabajos de De Bastiani en donde realiza correcciones a través de este método y que continúa vigente hoy en día, incluso para fines estéticos (14, 7, 13)

Por desfortuna el colapso del callo óseo así como las deformidades angulares y refracturas continúan siendo una de las principales complicaciones descritas (31, 21, 4) , en donde la calidad del callo óseo tiene un papel fundamental; para ello se han descrito diferentes clasificaciones radiográficas y con ellos predicciones de fractura con respecto a la morfología del mismo (30, 6, 9, 29), que al ser observacionales y subjetivas, condicionan diferentes puntos de vista que pueden repercutir de forma directa.

La Tomografía computarizada es un estudio de imágenes en el que se proyecta un haz angosto de rayos X a un paciente y que gira rápidamente alrededor del cuerpo, estos rayos X son atenuados por el paciente produciendo señales que son procesadas por la computadora para generar imágenes axiales que posteriormente se procesan pudiendo obtener imágenes en los planos sagital, coronal transversal e incluso reconstrucciones 3D.

La Tomografía Computarizada utiliza las denominadas Unidades Hounsfield que consiste en asignación de números a las estructuras dependiendo su densidad, pudiendo así, saber a que tipo de tejido corresponde y en el caso del hueso que tipo de arreglo microestructural tiene de forma indirecta.

La biomecánica es fundamental para poder comprender como se comportan los tejidos a las fuerzas o esfuerzos aplicados y el movimiento experimentado en los

diferentes segmentos, existen diferentes fórmulas matemáticas empleadas para determinar diversos comportamientos en el hueso (32).

El momento de inercia en el segmento transversal de un hueso es una medición que valora por medio de los diámetros internos y externos del hueso y empleando una fórmula matemática la resistencia que un cuerpo en rotación opone al cambio de su velocidad de giro. Considerándose al hueso como un cilindro hueco.

El momento de inercia reflejaría la distribución de la masa de un cuerpo respecto a su eje de giro (32).

En función de lo antes planteado se propone el uso de la tomografía computarizada como herramienta que permita valorar de forma directa la estructura ósea del segmento sometido al alargamiento óseo, utilizando variables tanto biomecánicas (Momento de Inercia en la sección transversal del hueso) y unidades Hounsfield con la finalidad de observar si el análisis de estos parámetros arroja datos que sugieran el retiro oportuno de fijador externo para evitar las complicaciones más comunes descritas en la literatura.

2. Marco Teórico

2.1 Embriología

2.1.1 Gastrulación y el establecimiento craneocaudal y mediolateral embrionario

Durante la primera semana y luego de la fertilización de un óvulo, el cigoto es formado, el cual se divide repetidamente en una masa sólida en forma de mora conocida como Mórula. La mórula viaja por las trompas de Falopio y entra en el útero, las células continúan la división y la mórula pasando a la etapa de blastocisto. Un blastocisto contiene una cavidad llena de líquido que separa las células en una capa interna y otra capa externa, llamada el trofoblasto y el embrioblasto (macizo celular interno) respectivamente. El trofoblasto continúa la formación de estructuras placentarias que soportan y nutren el desarrollo del embrión, mientras el embrioblasto se diferencia dentro de sí mismo. La implantación del blastocisto en el endometrio uterino ocurre durante la segunda semana del desarrollo favoreciendo la formación placentaria.

En la tercera semana del desarrollo humano, el embrioblasto crece y se divide en dos y luego en tres capas. Este proceso llamado gastrulación, resulta en la formación de tres capas germinativas primarias (ectodermo, mesodermo y endodermo)

Durante el proceso de neurulación, la placa neural forma el tubo neural, este movimiento morfogénético (invaginación) subdivide al ectodermo en dos tejidos distintos: el ectodermo neural, el cual forma el sistema nervioso central y crestas neurales y el ectodermo no neural el cual cubre el embrión y del cual más adelante surge diversas estructuras.

Una vez que se realiza el plegamiento el embrión toma forma tubular quedando en la región más externa el ectodermo el mesodermo en la región intermedia y recubriendo al tubo formado el endodermo (1) .

2.1.2 Formacion de las extremidades

Al finales de la cuarta semana inicia la formación de las extremidades en el ser humano, mismas que surgen del mesodermo lateral y del ectodermo que la cubre, esto inicia por diferentes factores de transcripción sobre todo de Tbx4 y Tbx5 para miembro superior y miembro inferior respectivamente.

Los ejes de las extremidades se establecen según una secuencia anteroposterior., dorsoventral y proximodistal .

El mesodermo de la yema inicial activa al ectodermo para formar la CEA (cresta ectodérmica apical) que estimula el crecimiento através de factores de crecimiento.

Hay otra estructura denominada ZAP (zona de actividad polarizante) ubicada en el mesodermo posterior actua como señalador biológico en donde su función principal es la organización anteroposterior de la extremidad mediante liberación de shh (sonic hedgehog).

La molécula Wnt-7a secretada por el ectodermo dorsal es la organizadora del carácter dorsoventral de la extremidad.

De acuerdo con el concepto de información poscional, las células de las extremidades en desarrollo están expuestas a señales de posición que les permiten determinar su situación relativa dentro de la yema del miembro.

El contorno próximo-distal de la extremidad puede resindir en la zona de progreso (banda estrecha de mesodermo por debajo de la CEA).

El ácido retinoico ejerce un efecto intenso sobre la morfogénesis de las extremidades puede provocar la formación de miembros supernumerarios aunque no se ha esclarecido de forma precisa su acción.

El esqueleto de las extremidades proviene del mesodermo en su segmento lateral somático, en donde el ectodermo de la yema del miembro inhibe la aparición de cartilago desde las células mesodermicas que se encuentran justo por debajo de él. La musculatura de las extremidades proviene de células derivadas del mesodermo somítico, los tendones proceden del mesodermo de su porción lateral

somática en donde su formación inicial es independiente de los músculos, posteriormente para su diferenciación requiere de interacciones con los músculos en contracción. La vasculatura procede de los vasos cardinales así como de la aorta y por migración de células de la cresta neural se forman el sistema nervioso periférico.

Las malformaciones de las extremidades pueden ser el resultado de anomalías genéticas, efecto de teratógenos (talidomida), alteraciones de las interacciones tisulares o por fenómenos físicos.

2.2 Aspectos biológicos del hueso en desarrollo

Los huesos largos en la edad pediátrica se componen por 5 regiones mismas que son una región diafisaria dos regiones metafisarias y dos regiones epifisarias distal y proximal respectivamente. Entre la región metafisaria y epifisaria se encuentra la fisis del crecimiento que condiciona el desarrollo longitudinal del hueso descritos desde los trabajos de Hales en 1732 y que posteriormente Duhamel demostró que el crecimiento transversal depende de la formación de hueso por el periostio.

Se encontró que el crecimiento está influenciado por factores mecánicos como la compresión, tracción o tensión.

La fisis (disco de crecimiento) controla el crecimiento a través de sus regiones horizontales, con características histológicas determinadas, las cuales son germinativa, proliferativa, hipertrófica y de calcificación provisional en donde los factores de crecimiento como el factor de crecimiento similar a insulina, factor de crecimiento fibroblasto y la hormona de crecimiento tienen un papel crucial

En los huesos largos el crecimiento es asimétrico, motivo por el cual Anderson y cols. estudiaron el crecimiento femoral y tibial por medio de líneas de detención en radiografías consecutivas, encontrando que el 71% del crecimiento femoral se produjo de forma distal, posteriormente existieron diversos métodos para valorar el crecimiento como lo hizo Melenaus, Moseley y Paley, de los cuales tienen diferentes áreas de imprecisión, motivo por el cual debe realizarse estudios

complementarios con el fin de auxiliarse para manejar la discrepancia de miembros pélvicos .

2.3 Antecedentes:

Los primeros procedimientos de alargamientos óseos fueron atribuidos a Codivilla en 1905 quien describió una técnica de alargamiento femoral. Destacó la resistencia de los tejidos blandos al alargamiento y la necesidad de alargar gradualmente la extremidad.

Otros estudios reportados son por Ombredanne quien describió la primera distracción gradual utilizando un fijador externo lineal en 1913 y más tarde Putti reportó alargamientos óseos por distracción femoral lenta en 1921.

Ilizarov de forma inicial aplicó este procedimiento para manejar las fracturas complejas de huesos largos en dónde una vez alineado el segmento óseo los elongaba para lograr la longitud deseada en lugar de colocar injerto óseo posteriormente empleó fijadores circulares en donde reportó correcciones de deformidades complejas (11 y 12)

Los primeros autores que consideraron la preservación máxima del periostio con el fin de promover la curación fueron Haboush y Finkelstein (13)

En 1938 Bosworth fue el primero en recomendar un periodo de latencia posterior a la osteotomía antes de comenzar el alargamiento, recomendando en ese entonces 10 días antes de la realización de la distracción.

En 1963 Warger introdujo su técnica la cual consistió en la colocación de un fijador externo monolateral que servía como dispositivo de alargamiento, no realizó fase de latencia y la distracción que realizó fue mayor (0.5 cm/día); al encontrar mala calidad ósea le añadió una placa al segmento elongado y colocación de injerto óseo. Dicha técnica tuvo una tasa alta de complicaciones como la hipertensión aguda, la infección así como la fractura del segmento (13)

Ilizarov es reconocido por muchos como la persona que consolidó la información sobre la histiogénesis de la distracción con su dispositivo que consistía en clavillos de Kirschner conectados por varillas roscadas y que posteriormente agregó anillos circulares.

Tanto ilizarov como De Bastiani recomendaron una distracción gradual después de una osteotomía metafisaria de baja energía que preservó los tejidos blandos y el canal medular (callotaxis), sin desplazamiento inmediato de los fragmentos de hueso y disección gradual; en los trabajos de De Bastiani tras publicar en 1987 los resultados del uso de fijador externo lineal como dispositivo para alargamientos óseos refirió que el dispositivo permitía la dinamización durante la fase de consolidación, reportándose una tasa relativamente baja de 14% (13), técnica que continúa hoy en día vigente y de la cual nos enfocaremos en este trabajo.

La investigación y sobre todo los adelantos permiten que la ortopedia sea una especialidad dinámica en constante actualización, en EUA se realizó la Fundación de la Sociedad de Alargamiento y Reconstrucción de Extremidades en 1989, reconocida por la AAOS en 1999 para ofrecer un servicio dedicado a esta área, generando innovación e investigación académica en este rubro (3).

2.4 Bases fundamentales en el manejo de la discrepancia de miembros pélvicos

Antiguamente una de las principales causas de discrepancia de miembros pélvicos era debido a poliomielitis, tras la introducción de la vacuna esta incidencia aminoró de manera significativa (30).

Existe en la literatura recomendaciones (cuadro 1) una vez realizada una evaluación clínica y funcional minuciosa del paciente con la finalidad de ofrecer el mejor manejo, se dice que para que sea representativa una discrepancia de miembros pélvicos (más común en extremidad pélvica derecha) debe haber una diferencia mayor de 2 a 2.5 cm con respecto a contralateral (está descrito que diferencias menores se compensa con basculación pélvica), ya que a partir de esta medida se ha encontrado en documentaciones bibliográficas que se producen

síntomas y condiciones tales como dolor lumbar crónico, alteraciones de la marcha, escoliosis funcional, o sobrecarga a articulaciones como la rodilla y cadera que pueden evolucionar a artrosis temprana, todo esto se traduce en anomalías posteriores que afectan la calidad de vida de los sujetos (23).

En otros estudios se encontró que al tener discrepancia del 5% de la longitud de la extremidad (aproximadamente 4 cm) en pacientes con madurez esquelética en el percentil 50 estudiados en laboratorios de marcha se asocia a alteraciones en otras articulaciones así como en el gasto energético.

Tratamiento de la discrepancia de miembro pélvico		
Opciones terapéuticas	Indicaciones	Contraindicaciones
Manejo conservador	Discrepancias menores de 2 cm	Acortamiento de >5% de la extremidad contralateral
Alza al calzado	Considerarse en discrepancias > 2cm	Ninguna
Ortesis o prótesis	Pacientes quienes caminan con flexión de rodilla.	Ninguna
Epifisiodesis	Discrepancia prevista >2 cm	Como único medio para corregir discrepancias >8 cm de crecimiento inadecuado restante
Acortamiento quirúrgico agudo	Madurez esquelética completa. Discrepancia femoral 2-5 cm. Discrepancia tibial 2-3 cm	Discrepancias que requieran acortamiento > 6 cm en fémur o >5 cm en tibia
Alargamiento quirúrgico agudo	Discrepancia femoral de 2-4 cm. Discrepancia tibial 2-3 cm	Pacientes con riesgo lesión neurovascular pobre calidad ósea
Alargamiento gradual guiado	Discrepancia >4 cm o que requieran correcciones angulares	Pacientes que no se apeguen al manejo. Articulaciones inestables

cuadro 1 (30)

En primer lugar antes de proponer un manejo quirúrgico es primordial explicar de forma amplia a los familiares así como al paciente del procedimiento quirúrgico al que será sometido así como las posibles complicaciones y tiempo estimado que presentará el fijador externo, es recomendable una evaluación psicológica previa

al manejo ya que alteraciones en este sentido así como en el apoyo familiar pueden repercutir de forma directa y condicionar una falla al tratamiento

Las principales causas se encuentran englobadas en el cuadro 2

Causas de discrepancia de miembros pélvicos		
Causas de disminución en la longitud de extremidades	Tumores -Encondromas -Osteocondromas -Quistes unicamerales	Causas de incremento en la longitud de las extremidades
Deficiencia de extremidades congénitas - Deficiencia femoral congénita - Deficiencia peronea congénita - Hemimelia tibial	Radiaciones -Enfermedad de Blount -Enfermedad de <u>Legg</u> -Calvé-Perthes	Sobrecrecimiento postraumático - Fractura Femoral - fractura tibial
Desordenes Neurológicos -Poliomielitis -Mielomeningocele - Encefalopatía asimétrica	Hemiatrofia -Hemiatrofia idiopática no sindromática -Síndrome de Silver-Russel -Pseudoartrosis congénita de tibia	Síndromes de sobrecrecimiento tisular - Neurofibromatosis con gigantismo - Síndrome de Klippel-Trénaunay -Hemihipertrofia Idiopática
Traumáticos - Pseudoartrosis -Arresto fisario -Infecciones		Artritis inflamatoria

Cuadro 2 (30)

2.5 Aspectos clínicos de la discrepancia de miembros pélvicos

La exploración física es un aspecto primordial en la práctica clínica de la ortopedia, se debe realizar un interrogatorio minucioso preguntando desde cuando se notó la desigualdad y/o sintomatología que sugiera esta etiología, se debe revisar de forma intencionada, cambios de coloración, aumento de tamaño en un hemicuerpo, antecedente de PEVA, evaluar si existe alguna displasia como antecedente familiar o si el paciente tiene antecedente de fractura, infección o lesión de alguna extremidad .

La discrepancia de las extremidades puede ser estructural o funcional y la exploración debe realizarse por segmentos así como en alineación adecuada de la columna, rodilla y tobillos; otro aspecto importante radica en el hecho de la valoración de la marcha y realizando el signo de Galeazzi (22).

Hay metodos para la medición de la discrepancia como el método directo que valora desde a cicatriz umbilical hacia alguna saliente ósea como la región medial de los maleólos pero se encontró que no era muy significativa, motivo por el cual se decide la realización del método de Smith el cual consiste en colocar al paciente en decubito supino sobre la mesa de exploración y realizar una flexión de cadera y de rodilla a 90° esto permite medir el muslo desde la base de la mesa al borde más distal evidenciándose de mejor forma la discrepancia así como la distancia entre ambos talones (30).

Es importante la realización de un examen minucioso de la columna para evitar posturas anómalas secundarias a alteraciones a este nivel

2.6 Técnica quirúrgica

La elongación ósea por distracción con fijador externo lineal es una técnica descrita por DeBastiani en la cual se separan dos fragmentos de un hueso de forma gradual y guiada con preservación cuidadosa del periostio que permite posterior formación de tejido fibroso y de cartílago que será sustituido finalmente por tejido óseo de origen perióstico (30, 8, 9, 13).

Las indicaciones para realizar una elongación ósea son las siguientes:

- Discrepancia mayor de 5 cm
- Articulaciones de la extremidad a elongar estables en su porción proximal y distal
- Función neuromuscular adecuada ya que es común la debilidad muscular posterior al alargamiento.
- Circulación adecuada

- Estructura ósea normal
- Edad en la cual el paciente sea capaz de comprender el proceso y sus posibles complicaciones

La técnica quirúrgica consiste en una osteotomía metafisaria proximal femoral (por tener mayor aumento de regeneración con respecto a la diáfisis) con preservación de la médula ósea, así como del endostio por medio de un perforador con tope de 5 mm con cortes continuos mismos que se completan con un osteotomo con el fin de preservar la arteria medular y no con una sierra ya que genera lesión térmica concomitante, posteriormente se establece un periodo de latencia de 10-15 días promoviendo que la respuesta inflamatoria local, la migración de células pluripotenciales, aumento en la concentración de citocinas y de factores de crecimiento para que se propicien un medio adecuado para la regeneración ósea (13, 30).

Se encontró en diversos estudios que la elongación ideal es de 1mm cada 24 hrs (dividida en 4 eventos al día), ya que una vuelta a la rosca del fijador es un milímetro, por lo que se buscó una forma de distracción graduada (siendo un cuarto de rosca lo que se elonga cada 6 hrs) (5), corroborada por Mizuta et al, quien describe que la tasa de distracción de 0.125 mm aumentaba la densidad mineral en el hueso y disminuye el tiempo de fijador externo. Otros estudios avalan que mientras exista una tasa de distracción en eventos menos espaciados se logran mejores resultados, siendo lo ideal una tasa de distracción de 0.016 mm cada 24 min realizado por distractor motorizado (19).

Es importante que durante el tiempo de elongación ósea se realice de forma rutinaria fisioterapia para preservar la movilidad articular (19).

Existen diferentes tipos de clasificaciones radiográficas para la valoración del callo óseo formado como la de Hamanashi, Cañadell, Bowen.

Los criterios de Fischgrund refieren que debe retirarse el fijador externo cuando al menos se presenten 3 corticales de mínimo 2 mm de espesor, en dos proyecciones radiográficas.

Lo referido en la literatura acerca del periodo de consolidación es aproximadamente el doble que el periodo de distracción. El “índice de curación” es la cantidad total de tiempo en fijación externa por centímetro de alargamiento en ocasiones descrito como 30 días por centímetro, se refiere que esto varía con respecto al hueso que se elongue, siendo menor si se trata de fémur (5).

Se encontró que entre los factores más importantes para el adecuado desarrollo óseo tras la distracción son la preservación de los tejidos, el periodo de latencia así como el manipulación gradual del callo más no así el dispositivo de fijación externo sino la rigidez del mismo. Ilizarov encontró que la preservación de los tejidos blandos la tensión creada por la distracción gradual estimulaba la neogénesis no solo ósea sino también vascular, muscular, epitelial y de nervioso periféricos.

El espacio entre los segmentos elongados se caracteriza por densos haces de colágeno dispuestos longitudinalmente, Ilizarov lo describió como una zona de crecimiento que simula la fisis, otros investigadores reportaron la osificación intramembranosa con o sin fase precursora cartilaginosa.

Se encontró que a tasas de distracción mayores al 20% se encontraban a mayor incidencia de complicaciones

Existen diversas complicaciones a lo largo del tratamiento, como son, infecciones del sitio quirúrgico, rigidez articular, atrofia muscular, pseudoartrosis, desviaciones axiales, neuropraxia; que aunque son relativamente poco comunes comprenden un reto en múltiples sentidos, motivo por el cual se deben contemplar los pros y los contras, aunados a un seguimiento meticuloso, colaboración y cuidado por parte del paciente (10, 30, 12, 31).

2.7 Uso de auxiliares diagnósticos

La desigualdad en la longitud al ser valorada por métodos clínicos puede resultar inexacta, por lo cual se sugiere el empleo concomitante a la clínica de una teleradiografía para precisar la discrepancia y poder estimar la posible etiología (11), así como el segmento del que depende la desigualdad para poder normar el manejo, aunque éste auxiliar diagnóstico es poco confiable si existen anomalías musculares como contracturas en flexión por ejemplo (14, 28), motivo por el cual se dice que la tomografía computarizada provee de una forma más certera la longitud de las extremidades y de forma indirecta es posible la valoración de la microestructura ósea a través de las unidades hounsfield

2.7.1 Tomografía computarizada

La tomografía computarizada es un estudio por medio del cual se realiza una serie de rayos X de manera circular al paciente y dependiendo del grosor del corte y de las estructuras que estén en el camino del rayo a través del paciente, los fotones que salen son absorbidos por los detectores y son transformados en un signo electrónico y ampliados, y luego éste es convertido a un número según su intensidad que al final se asigna un cuadro (pixel) y de acuerdo al grado de atenuación de dicho pixel se le asocia un color pudiendo ser negro, gris o blanco de donde nacen las unidades Hounsfield (15, 26, 27).

Se ha propuesto en estudios animales en donde se utilizaron unidades Hounsfield para valorar la densidad ósea de forma cuantitativa (4, 25).

La tomografía computarizada cuantitativa provee información amplia al valorar vóxeles en micras por lo que la resolución espacial es tan alta que se pueden obtener variables de calidad ósea que permiten establecer pruebas de biomecánica virtual, pudiendo ser sometidos a módulos de resistencia o elasticidad (17,16, 18). La desventaja de este estudio es que los equipos son limitados para poder realizarse en cualquier centro.

2.8 Complicaciones de los alargamientos óseos

Se enlistan a continuación:

1. lesión nerviosa o vascular tras la aplicación del dispositivo
2. Consolidación prematura
3. Pobre regeneración ósea
4. Fractura del hueso regenerado
5. Pérdida de la longitud alcanzada tras el elongamiento óseo
6. Luxación articular

El tiempo de consolidación y las complicaciones aumentan con respecto a la edad, siendo más frecuentes en pacientes de edad adulta comparado con pacientes de edad pediátrica (5, 19, 20, 21)

3. Justificación.

Las discrepancias de miembros pélvicos cuando son mayores de 4.0 cm se realiza la técnica de distracción por callotaxis con fijador externo dinámico axial, se encuentra que es un proceso de larga evolución, en donde a pesar de que no haya una estadística específica son comunes las complicaciones como el acortamiento, la deformidad angular y la refractura tras el retiro del fijador externo utilizando los criterios radiográficos de Fischgrund, motivo por el cual se empleará la tomografía computarizada, que al tener parámetros cuantitativos permitirá una valoración mas precisa.

4. Planteamiento del Problema

A pesar de lo descrito en determinados estudios realizados y estimaciones de tiempo de estancia del fijador externo, siguen reportándose refracturas, acortamiento del segmento elongado o deformidades angulares tras el retiro del mismo.

Existen determinadas escalas y/o criterios radiográficos que describen las características del hueso y el número de corticales para poder determinar el momento ideal del retiro del mismo, pero resultan subjetivas y cualitativas, sin arrojar datos biomecánicos del comportamiento del mismo.

La tomografía axial computarizada, permite valorar cortes transversales, coronales y axiales (y por ende calcular el momento de inercia de la sección transversal de un hueso) del segmento elongado, así como de forma indirecta las características microestructurales del mismo por medio de unidades Hounsfield.

5. Pregunta de Investigación

¿La Tomografía Computarizada ofrece mayores datos para valorar el retiro oportuno del fijador externo lineal en pacientes sometidos a alargamientos óseos femorales?

6. Hipótesis

La TC al poder analizar variables cuantitativas arrojará mas datos con la finalidad de evitar el acortamiento del callo, las deformidades angulares así como las refracturas.

7. Objetivo General

Valorar el segmento óseo elongado con uH así como valoración del MISC (momento de inercia de la sección transversal del hueso)

8. Objetivos Específicos

Determinar si existe alguna relación entre el segmento óseo sano y el elongado con respecto a las unidades Hounsfield así como en el MISC (momento de inercia del segmento transversal del hueso) que nos ayude a predecir las posibles complicaciones descritas.

9. Material y Métodos

a. Tipo de estudio

Observacional, descriptivo.

b. Población de estudio

Pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación del servicio de Ortopedia pediátrica que se hayan sometido a alargamientos óseos femorales con fijador externo lineal en fases finales de la misma, del periodo comprendido de enero de 2015 a diciembre de 2018

c. Criterios de inclusión

- Pacientes con discrepancia de miembros pélvicos, sometidos a alargamiento óseos femorales.
- Uso de fijador externo lineal.
- Seguimiento constante.
- Pacientes a quien se le haya realizado estudio tomográfico

d. Criterios de eliminación

- Pérdida de seguimiento
- Pacientes que no cuenten con TC

e. Criterios de exclusión

- Pacientes con patología que altere el metabolismo óseo o la regeneración fisiológica.
- Uso de bifosfonatos.

10. Evaluación

- Se incluyeron al protocolo pacientes del Insituto Nacional de Rehabilitación quienes fueron sometidos a alargamiento óseo femoral por medio de fijador externo lineal desde enero de 2015 a diciembre de 2018.
- Se consideró el momento de toma de la tomografía computarizada en cuanto 2 médicos adscritos expertos en Ortopedia Pediátrica consideraban oportuno el retiro de fijador externo por valoración radiográfica.
- La tomografía se realizó en las intalaciones del Insituto Nacional de Rehabilitación (tomógrafo multiforme de 64 filas de detectores).
- Se realizó medición de Unidades Hounsfield en segmento elongado y en segmento sano en las regiones corticales, ambos segmentos fueron divididos en tres secciones y se midieron las uH de tres puntos diferentes de cada segmento, teniendo asi 9 parámetros por cada segmento elongado.
- Se realizó la medición del momento de inercia de la sección transversal de un hueso en tres regiones del segmento elongado y del segmento sano, teniendo así 3 parametros que corresponden a región próximal, región media y distal del segmento elongado respectivamente.
- Para la medición de las uH asi como para la medición del momento de inercia de la sección transversal del hueso se utilo el programa “Horos.”
- Se empleó el programa SPSS para análisis estadístico.

11. Resultados

Se incluyeron 20 pacientes al protocolo de los cuales

50% sexo masculino

50% sexo femenino

-El promedio de elongación fue de 6.32 cm

- Las complicaciones se presentaron en el 15% de los pacientes caracterizado por fractura tras el retiro de fijador externo.

- La etiología por la cual se requirió tratamiento quirúrgico fue:

1. Displasia del desarrollo de cadera en 45%

2. Anisomelia secundaria a arresto fisario 15%

3. Secundario a artritis séptica 20%

4. Anomalías congénitas 10%

5. Legg Calvé-Perthes 10%

-Se realizó elongación osea en 50% del lado derecho y 50% del lado izquierdo

-El promedio de Unidades Hounsfield en el segmento sano fue de 1478 uH y en el segmento elongado fue de 975 uH

- El promedio de MISC en el hueso sano fue de 1.85 y en el hueso elongado de 2.04.

12. Discusión

La decisión del retiro del fijador externo lineal tras la realización de un alargamiento óseo femoral depende de muchos factores, lo analizado en la literatura es que depende de diversas escalas radiográficas así como de la experimentación del cirujano que lo determina.

El tiempo de consolidación con respecto a la elongación en ocasiones no corresponden a lo observado y solo generaban aproximaciones.

Por otro lado, al realizarse evaluación radiográfica por personal experto, encontramos como en los trabajos descritos por Debastiani una incidencia de 15% de complicaciones mismo que el refiere en sus trabajos.

La tomografía computarizada es un estudio que permite valorar al segmento óseo elongado en diversos planos y sobre todo de una forma microestructural al valorar por medio de Unidades Hounsfield diferentes partes del segmento, así como el diámetro cortical y el MISC que puede variar por el aumento del tamaño del segmento.

13. Conclusión

La tomografía computarizada es un estudio que permite valorar la microestructura ósea de forma indirecta al realizar mediciones seriadas de uH en los segmentos óseos que fueron sometidos a alargamiento por callotaxis.

Se encontró que el parámetro que más sensibilidad arroja son las uH ya que el MISC presentó variaciones con respecto a los segmentos óseos.

Se continuará esta línea de investigación para hacer pruebas complementarias, así como para aumentar la población de estudio.

14. Bibliografía

- 1) Carlson, B. (2014). *Embriología humana y biología del desarrollo*. 6th ed. Elsevier Health Sciences Spain.
- 2) Hellsing AL: Leg length inequality: a prospective study of young men during their military service, *Ups J Med Sci* 93:245, 1988.
- 3) Rozbruch S, Rozbruch E, Zonshayn S, Borst E, Fragomen A. What is the Utility Of a Limb Lengthening and Reconstruction Service in an Academic Department of Orthopaedic Surgery?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2015;473(10):3124-3132.
- 4) Van Roermund P, Ter Haar Romeny B, Schoonderwoert G, Brandt C, Sijbrandij S, Renooij W. The use of computed tomography to quantitate bone formation after distraction epiphysiostasis in the rabbit. *Skeletal Radiology*. 1987;16(1):52-56.
- 5) Fischgrund J, Paley D, Suter C: Variables affecting time to bone healing during limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(301):31-37.
- 6) Kitoh H, Mishima K, Matsushita M, Nishida Y, Ishiguro N. Early and late fracture following extensive limb lengthening in patients with achondroplasia and hypochondroplasia. *The Bone & Joint Journal*. 2014;96-B(9):1269-1273.
- 7) Novikov K, Subramanyam K, Muradisinov S, Novikova O, Kolesnikova E. Cosmetic Lower Limb Lengthening by Ilizarov Apparatus: What are the Risks?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2014;472(11):3549-3556.

- 8) Albarova J, De Pablos J, Técnicas de elongación ósea, Revista española de cirugía osteoarticular. 1192; (27): 243-249
- 9) Li R, Saleh M, Yang L, Coulton L. Radiographic classification of osteogenesis during bone distraction. Journal of Orthopaedic Research. 2006;24(3):339-347.
- 10) Simpson AH, Kenwright J: Fracture after distraction osteogenesis. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82(5):659-665.
- 11) Álvarez Cambras R, Ceballos Mesa A. Los fijadores externos en traumatología. En: Álvarez Cambras R, Ceballos Mesa A, Murgadas Rodríguez R. Tratado de cirugía ortopédica y traumatología. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986;t.1i:560-603.
- 12) Murray J, Fitch R. Distraction Histiogenesis: Principles and Indications : JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1996;4:317-327
- 13) Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G. Limb Lengthening by Callus Distraction (Callotaxis). Journal of Pediatric Orthopaedics. 1987;7(2):129-134.
- 14) Griffet J, Fassier A. Desigualdades de longitud de los miembros inferiores: causa, diagnóstico, previsión y tratamiento. EMC - Aparato Locomotor. 2017;50(2):1-19.
- 15) Schiedel F, Buller T, Rödl R. Estimation of Patient Dose and Associated Radiogenic Risks from Limb Lengthening. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2008;467(4):1023-1027.

- 16) Eichenberger Gilmore J, Pauley C, Burns T, Torner J, Letuchy E, Janz K et al. A Hip Analysis Protocol for Pediatric Bone Densitometry: The Iowa Bone Development Study. *Journal of Clinical Densitometry*. 2010;13(4):361-369.
- 17) Babatunde O, Fragomen A, Rozbruch S. Noninvasive Quantitative Assessment of Bone Healing After Distraction Osteogenesis. *HSS Journal*. 2009;6(1):71-78.
- 18) Reiter A, Sabo D, Pfeil J, Cotta H. Quantitative assessment of callus distraction using dual energy X-ray absorptiometry. *International Orthopaedics*. 1997;21(1):35-40.
- 19) Sabharwal S. Enhancement of Bone Formation During Distraction Osteogenesis: Pediatric Applications. *American Academy of Orthopaedic Surgeon*. 2011;19(2):101-111.
- 20) Launay F, Younsi R, Pithioux M, Chabrand P, Bollini G, Jouve J. Fracture following lower limb lengthening in children: A series of 58 patients. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2013;99(1):72-79.
- 21) Simpson A, Kenwright J. Fracture after distraction osteogenesis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2000;82(5):659-665.
- 22) Salcedo C, MBA INSTITUTE, Elongación ósea mediante fijación externa monolateral, España, 2014.
- 23) Kirane Y, Fragomen A, Rozbruch S. Precision of the PRECICE® Internal Bone Lengthening Nail. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2014;472(12):3869-3878.

- 24)McNitt-Gray M. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in CT. RadioGraphics. 2002;22(6):1541-1553.
- 25)Tjernström B, Thoumas K, Pech P. Bone remodeling after leg lengthening: Evaluation with plain radiographs, and computer tomography and magnetic resonance imaging scan, Journal of Pediatric Orthopaedics 1992;12(6):751-755
- 26)Dellán A, Dorrego M, Hernández-Andara A. Aplicación de las unidades hounsfield en tomografía computarizada como herramienta diagnóstica de las lesiones intra-óseas del complejo maxilo-mandibular: estudio clínico de diagnóstico. Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo. 2017;27(2):100.
- 27)Smith S, Sachdeva R, Cope J. Evaluation of the consolidation period during osteodistraktion using computed tomography. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1999;116(3):254-263.
- 28)Aronson J, Shin H. Imaging Techniques for Bone Regenerate Analysis During Distraction Osteogenesis. Journal of Pediatric Orthopaedics. 2003;23(4):550-560.
- 29)Hamanishi C, Yasuwaki Y, Kikuchi H, Tanaka S, Tamura K. Classification of the callus in limb lengthening Radiographic study of 35 limbs. Acta Orthopaedica Scandinavica. 1992;63(4):430-433.
- 30)Herring J, Tachdjian M. Tachdjian's pediatric orthopaedics. 5th ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2013.

- 31) Tirawanish P, Eamsobhana P. Prediction of Callus Subsidence in Distraction Osteogenesis Using Callus Formation Scoring System: Preliminary Study. *Orthopaedic Surgery*. 2018;10(2):121-127.
- 32) Guede D, González P, Caeiro J. Biomecánica y hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*. 2013;5(1):43-50.