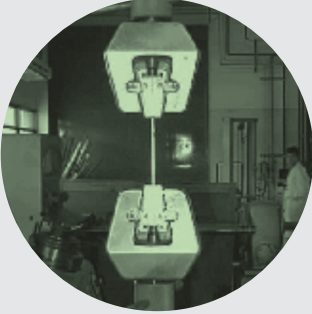




Dr. Santiago P. Vedoya
Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología



Tratamiento de fracturas diafisarias de fémur y tibia con clavos de Ender antimigratorios

Evaluación Clínica y Experimental

Dr. Santiago P. Vedoya

Hospital Británico de Buenos Aires
Servicio de Ortopedia y Traumatología

Ningún beneficio de ningún tipo fue recibido por el autor en relación a la confección de este estudio.

Resumen

Se realizó un estudio de los clavos de Ender antimigratorios para evaluar si cumplen con el fin para el cual fueron diseñados, el cual es, disminuir el porcentaje de complicaciones asociadas a la movilidad del clavo, a saber, migración de los mismos hacia proximal o distal y pérdida de la reducción lograda.

Se abordó el análisis del método desde dos perspectivas diferentes que fueron consideradas fundamentales:

1 Se realizó el estudio de los clavos de Ender antimigratorios, en un análisis comparativo con los clavos de Ender clásicos disponibles en el mercado, evaluando las propiedades mecánicas, la composición química y la capacidad antideslizante de cada implante.

2 Se realizó la evaluación de 55 pacientes con 32 fracturas diafisarias de fémur y 26 de tibia, tratados con clavos de Ender antimigratorios.

Se comprobó que ninguno de los clavos cumple rigurosamente con lo requerido por las normas mecánicas y químicas que regulan su producción, y que existe una diferencia significativa entre la capacidad antideslizante de los clavos de Ender clásicos con los de diseño antimigratorio, a favor de los últimos.

Con respecto a la evolución de los pacientes, no se produjo ningún caso de migración de clavos en las 58 fracturas tratadas.

Introducción

H. Ender, en 1970, introduce el uso de sus clavos para la estabilización de las fracturas de cuello de fémur. Desde esa fecha, las indicaciones de este método se extendieron no sólo hacia otros segmentos del fémur, sino además, hacia fracturas de otros huesos largos como la tibia y el húmero.

Diversas publicaciones sobre el tema (1, 5, 7, 12, 14, 17, 19, 21, 22, 24, 26, 29, 32), hacen referencia a la evolución de las indicaciones en el uso de los clavos de Ender y a sus resultados. Analizan también las ventajas comparativas de este método, así como las complicaciones más frecuentes asociadas al mismo.

El enclavado endomedular con clavos de Ender provee estabilidad dinámica controlada por la elasticidad de los mismos, el tono muscular y la carga del peso corporal. Esta estabilización permite una mínima movilidad interfragmentaria que estimula la formación del callo óseo (20). Por esto, el retardo de consolidación y la pseudoartrosis no representan una complicación frecuente para esta técnica.

Es también quirúrgicamente poco agresiva para el paciente, ya que evita el fresado endomedular, factor para tener en cuenta en pacientes politraumatizados con frecuente compromiso respiratorio, como son los que sufren fracturas de este tipo, especialmente de fémur. Es técnicamente más sencilla y resulta más económica que otros métodos de enclavado endomedular. Permite a la vez la pronta movilización del paciente, siendo esto fundamental para mejorar la mecánica respiratoria en individuos con lesiones múltiples y a la vez evitar todas las complicaciones asociadas al decúbito.

Sin embargo, la movilidad de los clavos por pérdida de fijación en el canal medular, con la potencial migración del implante o alteración en la rotación del miembro, son las principales complicaciones con las que el ortopedista se enfrenta al elegir este método. Esta eventual complicación se ve reflejada en varios trabajos internacionales (4, 17, 19, 21, 22, 29), los que han reportado migración de clavos hasta en el 36 % de los pacientes tratados (17).

Para evitar la movilidad de los clavos y sus complicaciones, más allá del respeto a la adecuada técnica quirúrgica, se han propuesto varias alternativas, como por ejemplo atar los clavos entre sí, o enhebrar los orificios proximales de los clavos de Ender con un pequeño clavo de Rush (29).

A partir de Marzo de 1997, comenzó a utilizarse en el servicio de Ortopedia y Traumatología de nuestro hospital, el sistema de clavos de Ender antimigratorios. El objetivo de este trabajo es evaluar si estos clavos cumplen con el fin para el cual fueron diseñados, es decir, disminuyen las complicaciones asociadas a la movilidad del implante.

La evaluación del método de enclavado endomedular con clavos de Ender antimigratorios se abordó desde dos ópticas diferentes:

1 El estudio comparativo entre los clavos de Ender antimigratorios y 4 diferentes clavos de Ender clásicos, elegidos al azar, de los disponibles en el mercado. Se realizaron pruebas de resistencia estática a la tracción y el análisis químico y metalográfico de los clavos, estudio efectuado en el Instituto Nacional de

Tecnología Industrial (INTI). Se evaluó también la capacidad antideslizante de cada clavo mediante un método experimental desarrollado por los autores.

2 El seguimiento de los pacientes tratados de acuerdo a un protocolo de inclusión, tratamiento y manejo postoperatorio predeterminados.

1 Clavos de ender antimigratorios

Materiales y métodos

Se utilizaron los clavos de Ender antimigratorios para el tratamiento de todas las fracturas de fémur y de tibia incluidas en este estudio. Las características generales de los clavos antimigratorios son las mismas que las de los Ender clásicos. La diferencia radica en que presentan tres zonas corrugadas de 2 cm de largo cada una; dos se ubican en ambos codos del implante, y la tercera a 0,5 cm del extremo distal del clavo. Así, los segmentos corrugados se encuentran en los puntos de apoyo del implante, lo que sumado a sus características elásticas, le darían propiedades antideslizantes (figura 1).

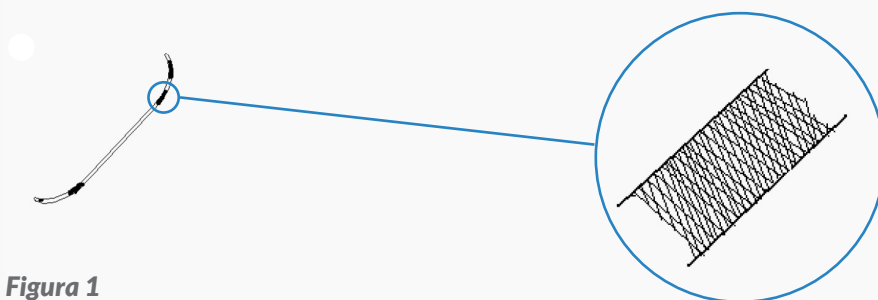


Figura 1

Se utilizaron en el estudio muestras de: 1 clavo de Ender antimigratorio, que se denominará AM, y 4 clavos de Ender clásicos, elegidos al azar de los disponibles en el mercado, que serán llamados 1, 2, 3 y 4.

Se evaluaron las propiedades de los clavos desde dos enfoques diferentes:

1 Se estudiaron los clavos en el aspecto físico, químico y mecánico para verificar si cumplen o no con las normas establecidas para su producción.

La calidad del material con el que se fabrican todos los implantes está reglamentada por la norma ISO 5832-1-D. Esta norma establece la composición química de la aleación, lo que junto al método de producción le otorga la resistencia y porcentaje de elongación a los clavos, factores que determinan la elasticidad del implante y por lo tanto, sus propiedades biomecánicas.

Se enviaron al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) muestras de clavos de Ender del tipo AM y de los clavos 1, 2, 3 y 4, todos de la misma longitud y sin uso previo. También se envió una copia de la norma ISO 5832-1-D. Los análisis los realizó el CEMEC (Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica), y estuvieron a cargo del Ing. Donato Zarra y el Ing. Mario Quintero (Expediente N° O.T. 103/1782).

Se realizaron los siguientes estudios:

- A Análisis metalográfico: Detalla los elementos componentes de la aleación.
- B Determinación del contenido de carbono: Mientras más carbono contenga, más rígido será el acero, y menos elástico el implante (23).
- C Ensayo estático de tracción: Mediante pruebas de tracción divergente, se evalúa la resistencia mecánica del implante (fotos 1 y 2).



Foto 1: Taller del INTI. Máquina de tracción estática. **Foto 2:** Clavo en tracción.

2 Se evaluó la capacidad antideslizante de cada clavo, en un estudio comparativo realizado en el taller del hospital. Para esto, se incluyeron muestras de los clavos a estudiar en recipientes con parafina líquida a 65 °C, que se dejaron enfriar y endurecer por 48 hs. Luego se les aplicó tracción progresiva por gravedad, desde el ojal cefálico del clavo (figura 2), agregando 1 Kg de peso cada 1 minuto, hasta un máximo de 15 Kg. Se registró la cantidad de peso necesaria para apreciar el inicio del desplazamiento y el total del mismo el final de la prueba.

SISTEMA DE TRACCIÓN DE CLAVOS DE ENDER

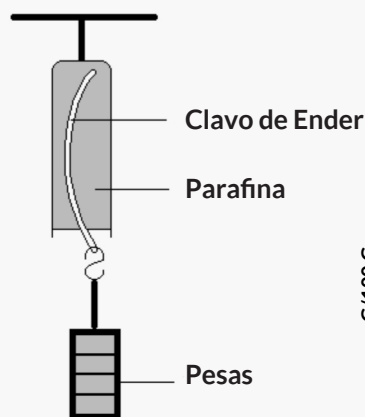


Figura 2

DETERMINACIÓN DE CARBONO

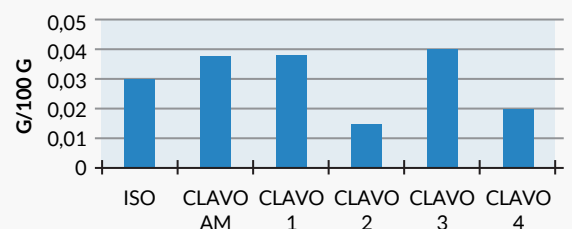


Gráfico 1

De este modo, se evaluó si el diseño del clavo antimigratorio le confiere realmente la capacidad de resistir el deslizamiento, y que diferencia con respecto a esta propiedad hay entre los diferentes clavos incluidos en el estudio.

Resultados

1 Informe del INTI:

Con respecto al análisis metalográfico, fueron adecuados a la norma los contenidos de aluminio, silicio, cromo, níquel, hierro y manganeso. En todos los clavos se encontró exceso de azufre, el cual no afectaría la calidad de la aleación, ya que es sólo un residuo del proceso de manufactura del acero (23).

El contenido máximo de carbono según la norma ISO es de 0,03 %. Sólo los clavos 2 y 4 cumplieron con la norma, mientras que AM, 1 y 3 mostraron contener más carbono del establecido (gráfico 1). Este exceso, aunque porcentualmente resulte ínfimo, es significativo, ya que pequeñas variaciones del contenido de carbono producen variaciones sensibles de la rigidez del acero, y por lo tanto de la elasticidad del clavo (23).

Los resultados del estudio estático de tracción se observan en la tabla 1, la que muestra que ninguno de los clavos cumple con las normas ISO. Se realizaron 2 pruebas de tracción con AM. Una con la parte lisa del clavo y otra (AM bis) que incluyó la parte corrugada del mismo. En este estudio ninguno de los clavos cumplió con los requisitos de la norma, y es AM el que más se aleja de los estándares, en especial cuando se evalúa el sector corrugado del clavo, el cual resultó ser el sitio de mayor “debilidad”. Esta prueba demuestra que los clavos no tienen la resistencia mecánica estipulada en la norma ISO (23).

	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	TENSIÓN AL LÍMITE CONV. 0,2 (MPa)	ALARGAMIENTO PRE-RUPTURA S/50 mm
Norma ISO	Menor o = a 1100	690	12
Clavo AM	1539	1200	6.2
Clavo AM bis	1486	1870	---
Clavo 1	1256	1019	11.5
Clavo 2	1364	1053	7.4
Clavo 3	1407	1036	8.4
Clavo 4	1452	1151	8.4

Tabla 1

2 Estudio comparativo de la propiedad antideslizante

Las diferencias fueron notorias en este aspecto (gráfico 2). El clavo 1 comenzó a deslizarse con 6 Kg de peso, y al final de la prueba se había movido 41 mm (foto 3). Los clavos 2 y 3 iniciaron el deslizamiento con 7 Kg, y al completar el estudio se habían desplazado 5 mm y 12 mm respectivamente. El clavo 4 se movilizó con 3 Kg, y al llegar a los 13 Kg se deslizó completamente fuera de la parafina. El clavo AM, en cambio, completó el estudio de tracción dinámica sin desplazarse en absoluto.



PRUEBA DE DESLIZAMIENTO

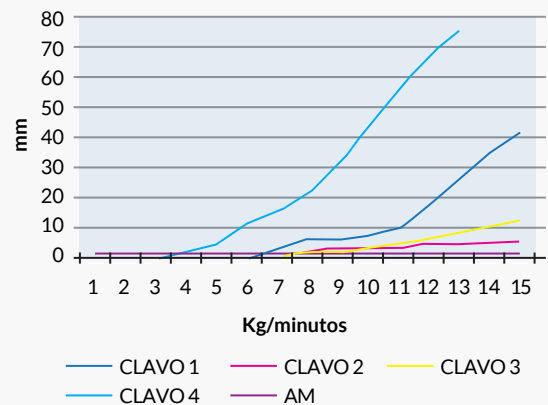


Gráfico 2, Foto 3: Clavo en prueba de deslizamiento.

Luego de finalizada la prueba, se continuó colocando peso al clavo AM en la misma progresión (1 Kg por minuto), hasta llegar a los 40 Kg, sin que se produjera deslizamiento alguno del implante.

2 Fracturas diafisarias de fémur y tibia

Materiales y métodos

Se trataron 55 pacientes con 32 fracturas de diáfisis femoral y 26 fracturas de diáfisis tibial (una bilateral), de los cuales 40 fueron varones y 15 mujeres. Fueron atendidos entre el 23 de marzo de 1997 y el 30 de marzo de 1999. El rango de edad fue de 16 a 83 años, con un promedio de 40 para los pacientes con fractura de fémur, y de 34 para los pacientes con fractura de tibia. El tratamiento se le realizó con un promedio de 5 días después de sufrir la fractura, con un mínimo de 1 día y un máximo de 14, considerando que muchas veces la cirugía se postergó por razones asociadas al estado general de paciente.

La mayoría de las fracturas fueron causadas por accidentes de tránsito: Hubo 11 peatones atropellados, 10 conductores de automóviles y 7 de motocicleta. Las restantes fueron causadas por caídas de gran altura (9), trauma directo (7), caída desde su propia altura (6), accidentes en bicicleta (3), caída del tren en marcha (1) o impacto de bala (1). Por el tipo de población hubo gran cantidad de lesiones asociadas (tabla 2), las cuales jugaron un importante rol al determinarse el tratamiento inicial de la fractura y la rehabilitación del paciente.

Lesiones asociadas en pacientes con fractura de fémur o tibia

Lesión asociada	Paciente con fractura de fémur	Paciente con fractura de tibia
Fractura de : Peroné	1 (1)	19 (1)
Fémur	2*	2 (1)
Tibia	2 (2)	1
Húmero	2	-
Maxilar	2	1
Clavícula	1	1
Pelvis	5	2
Antebrazo	2 (1)	1
Epifisiolisis	-	1**
Lesión Vasculor o Nerviosa	3	1
Lesión Grave de Tejidos Blandos	2	3
Traumatismo de Cráneo	13	8
Trauma abdominal o torácico	14	3

Tabla 2. (-) Entre paréntesis se indica la cantidad de esas fracturas asociadas que fueron expuestas.

* Fractura basicervical del mismo fémur.

** Epifisiolisis femoral distal.

Al ingreso al hospital, a los pacientes con fractura de fémur se les colocó tracción esquelética trans-tuberosidad anterior de la tibia con hasta 8 Kg de peso en férula de Braun, y a los pacientes con fracturas tibiales, valva de yeso o tracción trans-calcánea con 2 Kg de peso. La cirugía fue programada en el próximo día quirúrgico disponible, siempre y cuando el estado general del paciente lo permitiera.

Las fracturas femorales fueron 20 del fémur derecho y 12 del izquierdo. Se ubicaron en el tercio proximal en 6 casos, en el tercio medio en 17 casos y en el tercio distal en 9 casos; 2 fracturas fueron expuestas, ambas grado II de Gustilo.

Las fracturas de tibia fueron 11 derechas y 15 izquierdas; 3 se ubicaron en el tercio proximal, 16 en el tercio medio y 7 en el distal; 12 fracturas fueron expuestas, 5 grado I, 5 grado II, y 2 grado III de Gustilo.

Se utilizó la clasificación de Winquist y Hansen (30) para las fracturas diafisarias de fémur, que las separa en cuatro grados dependiendo de la conminución: I) De trazo transversal o con un muy pequeño fragmento separado; II) De trazo oblicuo corto o con un fragmento en ala de mariposa, pero que mantiene indemne por lo menos el 50 % de la circunferencia de la cortical, por lo cual permite controlar las rotaciones y la longitud; III) De trazo oblicuo largo o con conminución que involucra hasta el 75 % de la circunferencia de la cortical, lo que dificulta el control de las rotaciones o de la longitud, o de ambas; IV) Con gran conminución de toda la circunferencia de la cortical, sin posibilidad de controlar la longitud y por lo tanto, no tratables adecuadamente con este método. En base a esta clasificación se determinó la inclusión del paciente en el estudio (fueron incluidas las fracturas grados I, II y III), y el tipo de manejo postoperatorio. Hubo 16 grado I, 7 grado II, y 9 grado III.

Para las fracturas de tibia, se utilizó una modificación simplificada de la clasificación de Edward-Önnerfält (8, 21, 25), haciéndose hincapié en los factores que pudieran afectar el resultado del tratamiento, a saber, el patrón fracturario, el nivel de fractura de tibia y peroné y el compromiso de tejidos blandos (tabla 3).

Clasificación de fracturas de tibia y peroné

Fractura	Nivel de Fractura			Lesión Tejidos Blandos		Exposición Cantidad Grado*
	1/3 prox	1/3 medio	1/3 distal	Leve	Grave	
Tibia						
Transversa	1	5	-	2	1	3
Oblicua Corta	1	6	2	3	1	4
Oblicua Larga	-	1	1	1	-	-
Espiroidea	-	1	3	2	-	2
Ala Mariposa	1	3	1	2	1	3
Peroné	5	11	3	1	-	1

Tabla 3.

Con respecto al trazo de fractura, se excluyeron de este tratamiento las fracturas con gran conminución cortical, a las cuales este método no les puede otorgar suficiente estabilidad.

El nivel de fractura de la tibia y el peroné son importantes al evaluar la estabilidad, ya que las fracturas tibiales de los tercios proximal y distal son menos estables que las del tercio medio y que la fractura perónea ubicada a diferente altura que la tibial, otorga cierta estabilidad primaria (22).

La severidad del compromiso de los tejidos blandos se relaciona con el tiempo de curación y la posibilidad de desarrollar infección.

Técnica quirúrgica

Previo a la cirugía, mediante el análisis de las radiografías, se puede realizar un cálculo aproximado de la cantidad de clavos que se necesitarán para llenar el canal medular, lo que se logra midiendo el istmo. También se puede medir aproximadamente la longitud de los clavos a utilizar.

Bajo anestesia general, el paciente con fractura de fémur es colocado en decúbito supino en una mesa ortopédica de tracción. El miembro fracturado debe estar en leve aducción, mientras que el sano se coloca en abducción máxima para permitir la entrada del aparato de radioscopia en medio de ambos. Además, el miembro lesionado debe quedar algo más alto que el sano para facilitar la visión radioscópica lateral.

A los pacientes con fractura de tibia se los opera en mesa de cirugía, radiolúcida, y con el miembro fracturado libre.

Con el paciente ya anestesiado y bajo visión radioscópica, se deben ensayar y comprender las maniobras que serán necesarias para la reducción de la fractura, de manera de poder repetirlas intraoperatoriamente para enhebrar el primer clavo. A la vez, esto permite dejar colocado al paciente con fractura de fémur con la tracción y rotaciones óptimas para la reducción, antes de comenzar la cirugía. Este paso es indispensable para facilitar el acto quirúrgico y acortar su duración, además de minimizar la posibilidad de tener que abrir el foco fracturario para la reducción.

Con respecto a la vía de abordaje, para el fémur hay tres posibles: Una incisión a nivel del trocánter mayor, o lateralmente a cada cóndilo femoral. La decisión se adopta de acuerdo a la ubicación de la fractura. Se escoge la vía que permita ingresar al canal femoral lo más lejos posible de la fractura, o sea, si el trazo es en la mitad proximal del fémur, se abordará distalmente, y a la inversa. De esta manera, se puede maximizar la longitud de los clavos que tomen el fragmento de menor tamaño, y lograrse un mejor anclaje del mismo. Se optó 21 veces por un abordaje por trocánter mayor, y 11 por uno condíleo.

Si se opta por la vía proximal, debe realizarse un abordaje directo hasta el trocánter mayor a través de una incisión lateral de 8 a 10 cm., para luego realizar un orificio con punta cuadrada en la cara lateral del trocánter, levemente posterior a la línea media del mismo.

En caso de abordarse distalmente el fémur, las incisiones se realizan medial y lateralmente en la región condílea; los orificios óseos se inician con punta cuadrada 1 cm a posterior para no interferir con la movilidad de la rótula.

Se calcula entonces la longitud del clavo mediante el intensificador de imágenes, y se aumenta la curvatura del mismo utilizando el instrumental para tal efecto. Es fundamental el uso de la radioscopia durante la inserción de los clavos para enhebrar la fractura y evitar falsas vías.

El primer clavo se debe colocar de manera que su tensión elástica se oponga a la producida por los músculos que desvían la fractura. Por ejemplo, si el fémur se encuentra en varo por una fractura del tercio proximal, se coloca el primer clavo desde el cóndilo externo, y hacia el trocanter mayor. Así colocado, la fuerza elástica del Ender se opone al tono muscular de los aductores y se le devuelve al fémur su eje anatómico. Es en este momento cuando se debe repetir la maniobra de reducción previamente practicada.

Para lograr que el clavo se dirija al cóndilo interno ingresando desde el trocanter mayor, se debe moldear el mismo con forma de "S" elongada, insertándolo primero como si se dirigiera al cóndilo lateral, para luego de pasar el foco fracturario rotarlo 180 grados y colocarlo hacia el cóndilo interno. El mismo principio se aplica si se desea realizar sólo una incisión en el abordaje distal.

Una vez enhebrada la fractura, se colocan clavos de Ender hasta llenar el canal medular, uno hacia cada lado alternativamente. Hay ocasiones en que inicialmente deben colocarse más clavos hacia un lado para lograr el eje adecuado debido al gran tono muscular, o a la conminución de la cara medial o lateral del fémur, lo que indica una tendencia al varo o al valgo respectivamente. Los clavos deben quedar 1 o 2 cm. subcondrales para obtener la máxima fijación, y sus cabezas no sobresalir más de 0,5 cm. del orificio de entrada para no irritar tejidos blandos. Ya lleno el canal medular, se libera la tracción para que la fractura se impacte.

En el caso de la tibia, las vías de abordaje son ambas proximales, realizándose incisiones oblicuas de 4 cm a ambos lados de la TAT. Medialmente, la entrada ósea se realiza en la línea media, aproximadamente a 2 cm por debajo de la interlínea articular. Lateralmente, el orificio se realiza distal al tubérculo de Gerdy (32). El resto de la técnica quirúrgica se rige por los mismos principios explicados para el fémur.

Se realizó profilaxis antibiótica en todos los casos con cefalosporina de 1ra generación y prevención de trombosis venosa profunda con heparina de bajo peso molecular y vendaje elástico de los miembros inferiores hasta el comienzo de la marcha.

El manejo postoperatorio se adecuó al tipo de fractura:

A Fracturas de fémur:

- Grados I y II: El miembro quedó libre, comenzando con ejercicios de rehabilitación tan pronto como fuera posible, en especial de la rodilla. La marcha con muletas o bastones canadienses y carga parcial de peso comenzó apenas el paciente tolerase la misma, por lo general en las primeras 48 hs.

- Grado III: También se comenzó con la rehabilitación lo antes posible. Se colocó férula de inmovilización inguino-maleolar para aumentar la estabilidad lateral. La marcha con carga parcial de peso se autorizó de acuerdo a cada paciente. El promedio para comenzar a apoyar el miembro fue de 35 días.

B Fracturas de tibia:

Se les colocó bota corta de yeso a todos los pacientes, por un promedio de 21 días. El inicio de la marcha con carga parcial de peso se autorizó a las 48 hs en la mayor parte de los casos.

Resultados

No hubo migración de clavos en ninguno de los 55 pacientes tratados. En dos pacientes se observó protrusión del extremo distal del clavo: En ambos casos se produjo por colapso del foco de fractura; el primero fue un paciente con una fractura de fémur grado III, en el que el clavo sobresalió 2 mm del cóndilo externo, y el segundo se trató de un paciente con una fractura espiroidea de tibia en que el clavo sobresalió por la cara anterointerna de la tibia 4mm. En este último caso el paciente refirió alguna molestia, por lo que se retiraron los clavos.

No se produjeron retardos de consolidación ni pseudoartrosis en las 58 fracturas tratadas con este método.

Los resultados obtenidos están representados en la tabla 4. Se observa que la mayor parte de los casos con mala alineación corresponden a fracturas con algún tipo de inestabilidad dada por su trazo, a saber, fracturas de fémur grado III de Winquist y Hansen, y fracturas de tibia espiroideas o con un gran fragmento en ala de mariposa.

Resultados

Deformidad	FEMUR			TIBIA				
	Grado I	Grado II	Grado III	Transversa	Corta Obl.	Obl. Larga	Ala Marip.	Espiroidea
Valgo > 5°	-	-	2	-	-	1	1	1
Varo > 5°	-	-	1	-	-	-	1	-
Recurvatum > 5°	-	-	-	-	-	-	2	1
Rotación:								
- Externa	-	1	2	-	-	1	1	1
- Interna	-	-	-	-	-	-	1	-
Acortamiento > 1 cm	-	-	3	-	-	-	1	1
Clavo								
Protrusión	-	-	1*	-	-	-	-	1*
Migración	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4. * Protrusión distal del clavo por colapso del foco fracturario.

Los defectos de alineación en varo o valgo fueron todos asintomáticos y no alteraron los tiempos de rehabilitación del paciente. Con respecto a la rotación, solo refirieron leves molestias tres pacientes con un defecto mayor a los 10°. Uno con fractura de fémur, y dos con lesiones de tibia, 1 de los cuales presentó rotación interna de 13°. En ningún caso fue necesario tratar el defecto quirúrgicamente.

Se produjo colapso del foco fracturario con acortamiento del miembro en 3

pacientes con fractura de fémur y 2 de tibia. El promedio fue de 1,84 cm, con un máximo de 2,2 cm para fémur, y de 1,7 cm para las tibias.

10 pacientes, 7 de fémur y 3 de tibia, refirieron molestias o dolor en la zona de entrada de los clavos, por lo que fueron reintervenidos para retirar los implantes.

En 2 casos de fractura femoral, la movilidad de la rodilla quedó limitada a los 100° de flexión, situación que no afectó en nada la actividad diaria de los pacientes. En el resto, la movilidad fue de al menos 120°.

Con respecto a las complicaciones generales, se produjeron de acuerdo a lo esperado para este tipo de intervenciones (tabla 5). Solo se produjo una infección profunda del foco en un paciente con fractura de tibia que obligó a retirarle los clavos, pero no se lo incluyó en este trabajo por encontrarse aún en tratamiento.

Complicaciones generales

Complicación	Fémur	Tibia
TEP	1	--
Embolia Grasa	-	-
Infección Superficial de Herida	2	1
Infección de Herida de Exposición	1*	-
Infección Profunda del foco de fractura	-	-**
Impotencia sexual***	1	-

Tabla 5. * Infección de fractura expuesta de peroné asociada.

** Un paciente con esta complicación fue retirado del presente estudio por estar todavía en tratamiento.

*** Por compresión de N. Pudendo por la mesa de tracción. Restitución de la función completa en 70 días.

Conclusión

Volviendo a las características físico-químicas de los clavos, y como se expuso anteriormente, se determinó que el exceso en la concentración de azufre en todas las muestras no resulta significativo al momento de evaluar las propiedades del acero.

Con respecto al exceso en la concentración de carbono y la menor resistencia estática a la tracción, relacionados con la elasticidad y la resistencia mecánica de los clavos respectivamente, consideramos que la mejor forma de evaluar la importancia de estos valores, es correlacionarlos con los resultados clínicos obtenidos. O sea, al observar que no se han producido migraciones de clavos ni alteraciones del eje óseo mas allá de lo esperado, podemos suponer que el grado de elasticidad de los clavos es suficiente como para lograr el control de estos factores. Por otro lado, al no haberse producido ningún caso de ruptura de clavos, inferimos que la resistencia mecánica de AM es adecuada para los requerimientos mecánicos “in vivo” del implante.

En lo referente al estudio comparativo de la propiedad antideslizante, la diferencia hallada entre los clavos 1, 2, 3 y 4 por un lado, y AM por otro, fue realmente significativa. El clavo AM no sufrió ningún desplazamiento aún siendo traccionado con un peso hasta 7 veces mayor al utilizado para producir el primer desplazamiento de los otros clavos. Esto demuestra que el diseño antimigratorio posee realmente la propiedad de evitar el desplazamiento del clavo, gracias a las superficies corrugadas distribuidas en los puntos de apoyo del mismo.

Con respecto al seguimiento de los pacientes tratados con esta técnica, y por lo tanto el punto más importante del estudio, cabe destacar que no hubo casos de migración en las 58 fracturas tratadas.

Fue en las fracturas con cierto grado de inestabilidad (Grado III en fémur y espiroideas o con un gran fragmento en alas de mariposa en tibia) donde se produjeron la mayoría de las alteraciones con respecto al eje de alineación del miembro. Los dos casos en los que hubo protrusión distal de clavos, también se produjeron en fracturas de trazo inestable por colapso del foco. Por lo tanto se concluye que en los pacientes con fracturas de trazo inestable, el tratamiento, aún con los clavos de Ender antimigratorios, no otorga la suficiente estabilidad como para evitar alteraciones del eje fracturario o colapso del foco. En estos casos, vale siempre considerar la posibilidad de utilizar algún método de tratamiento que otorgue mayor estabilidad al foco de fractura, como es por ejemplo el enclavado endomedular con clavo de Kuntscher acerrojado, para evitar estas complicaciones.

Consideramos por lo tanto, que de acuerdo a nuestra experiencia clínica y experimental, los clavos de Ender antimigratorios cumplen con el objetivo de su diseño, el cual es, disminuir las complicaciones asociadas a la movilidad del implante.

Bibliografía

- 1 - Abramowitz A, Wetzler M, Levy A, Whitelaw G: Treatment of open tibial fractures with Ender rods. *Clin Orthop* 1993; 293: 246- 255.
- 2 - Brumback R, Ellison T, Poka A, Bathon G, Burgess A: Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *J Bone J Surg* 1992; 74-A: 106- 112.
- 3 - Brumback R, Ellison T, Poka A, Lakatos R, Bathon G, Burgess A: Intramedullary nailing of open fractures of the femoral shaft. *J Bone J Surg* 1989; 71- A: 1324- 1331.
- 4 - Bucholz R, Jones A: Current concepts review. Fractures of the shaft of the femur. *J Bone J Surg* 1991; 73 (A): 1561- 1566.
- 5 - Chahla J: El uso de los clavos endomedulares elásticos para el tratamiento de las fracturas diafisarias de fémur. *Rev Asoc Arg Ortop Traum* 1997; vol 62 (2): 206- 212.
- 6 - Chapman M: The role of intramedullary fixation in open fractures. *Clin Orthop* 1986: 212- 226.
- 7 - De Long W: Ender nailing fixation in long bone fractures: Experience in a level I trauma center. *J Trauma* 1989; vol 29 (5): 570- 576.
- 8 - Edwards P: Fracture of the shaft of the tibia: 492 consecutive cases in adults. Importance of soft tissue injury. *Acta Orthop Scand* 1965: Suppl 76.
- 9 - Ellis H: Disabilities after tibial shaft fractures with special reference to Volkman's ischaemic contracture. *J Bone Joint Surg [Br]* 1958; 40-B: 190-197.
- 10 - Ender H: Treatment of pertrochanteric and subtrochanteric fractures of the femur with Ender pins. *St Louis, Mosby- Year Book Inc, 1978.*
- 11 - Fraser R, Hunter G, Waddell J: Ipsilateral fracture of the femur and tibia. *J Bone J Surg* 1978; 60 (B): 510- 515.
- 12 - Greene W: Displaced fractures of the femoral shaft in children. *Clin Orthop* 1998; 353: 86-96.
- 13 - Gustilo R, Anderson J: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty five open fractures of long bones. Retrospective and prospective analysis. *J Bone J Surg* 1976; 58 (A): 453- 458.
- 14 - Jahnke A, Fry P, Swanson K, Watson R, Tapper E: Treatment of unstable tibial shaft fractures by closed intramedullary nailing with flexible (Ender-type) pins. *Clin Orthop* 1992; 276: 267- 271.
- 15 - Johnson D, Wiss D: Intra-articular penetration of the knee joint by a fragment of cortical bone during intramedullary nailing of the femur. A report of two cases. *J Bone J Surg* 1996; 78- A: 1092- 1095.
- 16 - Kempf I, Grose A, Beck G: Closed locked intramedullary nailing. Its application to comminuted fractures of the femur. *J Bone J Surg* 1985; 67-A: 709- 720.
- 17 - Levy R: Complications of Ender-Pin fixation in basicervical, intratrochanteric, and subtrochanteric fractures of the hip. *J Bone J Surg* 1983; 65 (A)0: 66- 69.
- 18 - Lhowe D, Hansen S: Immediate nailing of open fractures of the femoral shaft. *J Bone J Surg* 1988; 70- A: 812- 820.

- 19 - Mayer L, Werbie T, Schwab J, Johnson R: The use of Ender nails in fractures of the tibial shaft. *J Bone J Surg* 1985; 67 (A): 446-454.
- 20 - Mc Kibbin B.: The biology of fractures healing in long bones. *J Bone Joint Surg* 1978; 60(B): 150-162.
- 21 - Merianos P, Pazaridis S, Serenes P: The use of Ender nails in tibial shaft fractures. *Acta orthop scand* 1982; 53: 301-307.
- 22 - Merianos P, Cambouridis P, Smyrnis P: The treatment of 143 tibial shaft fractures by Ender's nailing and early weight-bearing. *J Bone Joint Surg [Br]* 1985; 67 (B): 577- 580.
- 23 - Molinari S: Comunicación personal. Ingeniero industrial (ITBA).
- 24 - Mollica et al: Elastic intramedullary nailing in shaft fractures of the femur and tibia. *Orthopedics* 1986. Vol 9 (8): 1065- 1077.
- 25 - Önerfält R: Fracture of The tibial shaft treated by primary operation and early weight-bearing. *Acta Orthop Scand* 1978; Suppl 171.
- 26 - Pankovich, Tarabishy, Yelda: Flexible intramedullary nailing of tibial shaft fractures. *Clin Orthop* 1981; 160: 185- 195.
- 27 - Sarmiento A: Functional bracing of tibial fractures. *Clin Orthop* 1974; 105: 202-219.
- 28 - Velazco A, Withesides T, Fleming L: Open fractures of the tibia treated with the Lottes nail. *J Bone J Surg* 1983; 65 (A): 879.
- 29 - Walters J et al: Femoral Shaft fractures treated by Ender nails using a trochanteric approach. *J Bone Joint Surg [Br]* 1990; 72-B:14-18.
- 30 - Winqvist R, Hansen S, Clawson, D: Closed intramedullary nailing of femoral fractures. A report of five hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg* 1984; 66 (A): 529- 539.
- 31 - Whitelaw G et al: Ender rods versus external fixation in the treatment of open tibial fractures. *Clin Orthop* 1990; 253- 258.
- 32 - Wiss A, Segal D, Gumbs V, Slater D: Flexible medullary nailing of tibial shaft fractures. *The journal of trauma* 1986; 86: 1106-1112.