



Trabajo original

## Evaluación clínico-radiográfica del tratamiento quirúrgico en fracturas diafisarias de tibia en población pediátrica

### Clinical-radiographic evaluation of surgical treatment in diaphyseal tibia fractures in pediatric population

Dr. Manuel Casas-López,<sup>\*‡</sup> Dra. Mónica Alejandra Osuna-Lizárraga,<sup>\*§</sup> Dr. Víctor Miguel Tapia-De la O,<sup>\*¶</sup> Dr. Óscar Ruíz Mejía<sup>\*¶</sup>  
Hospital de Traumatología y Ortopedia «Lomas Verdes». Estado de México.

\* Departamento Clínico de Ortopedia Pediátrica. Instituto Mexicano del Seguro Social. Unidad Médica de Alta Especialidad. Hospital de Traumatología y Ortopedia «Lomas Verdes». Estado de México.

‡ Médico Ortopedista Traumatólogo con Alta Especialidad en Ortopedia Pediátrica, Jefe del Servicio del Departamento Clínico de Ortopedia Pediátrica.

§ Médico residente de cuarto año en la Especialidad de Ortopedia.

¶ Médico Ortopedista Traumatólogo con Alta Especialidad en Ortopedia Pediátrica.

#### RESUMEN

**Introducción:** la fractura de la diáfisis tibial es la tercera más frecuente y la segunda causa de hospitalización. El mecanismo es de baja y alta energía. El sexo masculino predomina, su tratamiento es controversial, de conservador a quirúrgico, existiendo varias alternativas. **Objetivo:** evaluar clínico-radiográficamente el tratamiento quirúrgico, con los criterios de Karlström y Olerud de las terapéuticas quirúrgicas empleadas en mayores de 10 años, según el implante utilizado; de enero de 2018 a marzo de 2023. **Material y métodos:** estudio retrospectivo, transversal con 26 pacientes. Criterios de inclusión: pacientes pediátricos de 10-17 con diagnóstico de fractura tibial, operados con enclavado endomedular elástico (ESIN, por sus siglas en inglés), placa, clavo centro medulares (CCM) y fijador externo (FE). Criterios de exclusión: fracturas expuestas, polifracturados. **Resultados:** se obtienen 3 grupos: ESIN (n = 10), placas (n = 12), CCM (n = 2) y dos casos aislados, FE (n = 1) y tornillos de compresión (n = 1). La evaluación funcional postoperatoria de los pacientes con ESIN y placa mostraron una mediana de 32 y 30 puntos, respectivamente, (p = 0.238). La media de edad en los pacientes sometidos a ESIN fue menor que los pacientes con uso de placa, 12.6 y 14.5 años (p = 0.009). **Conclusiones:** consolidación y funcionalidad satisfactorias de moderado a bueno, se identificó un tiempo de 12 semanas para el inicio de la marcha, existe una sobre posición en edad entre el uso

#### ABSTRACT

**Introduction:** fractures of the tibial shaft are the third most common and the second cause of hospitalization. The mechanism is low and high energy. The male sex predominates, its treatment is controversial from conservative to surgical, with several alternatives existing. **Objective:** to evaluate clinically and radiographically the surgical treatment, with the Karlström and Olerud criteria of surgical therapeutics used in pediatrics over 10 years of age, according to the implant used; from January 2018 to March 2023. **Material and methods:** retrospective, cross-sectional study. 26 patients. Inclusion criteria: Pediatric patients aged 10-17, diagnosis of tibial fractures, operated with elastic intramedullary nailing (ESIN), plate, central medullary nail (CMN) and external fixator (EF). Exclusion criteria: open fractures, multiple fractures. **Results:** 3 groups are obtained: ESIN (n = 10), plates (n = 12), CCM (n = 2) and 2 isolated cases, FE (n = 1) and compression screws (n = 1). The postoperative functional evaluation of patients with ESIN and plate showed a median of 32 and 30 points, respectively, (p = 0.238). The mean age in patients undergoing ESIN was lower than in patients with plate use, 12.6 and 14.5 years (p = 0.009). **Conclusions:** satisfactory consolidation and functionality of moderate to good, a 12 weeks' time was identified for the start of walking, there is an overlap of one-year in age between the use of the ESIN and plate. Its indication determined by age and

Recibido: 28/09/2023. Aceptado: 14/10/2024.

Correspondencia: Dr. Manuel Casas-López

E-mail: manuel.casasl@imss.gob.mx, drmcasas@prodigy.net.mx

**Citar como:** Casas-López M, Osuna-Lizárraga MA, Tapia-De la O VM, Ruíz MÓ. Evaluación clínico-radiográfica del tratamiento quirúrgico en fracturas diafisarias de tibia en población pediátrica. Rev Mex Ortop Pediat. 2024; 26(1-3); 10-18. <https://dx.doi.org/10.35366/118239>

del ESIN y la placa de un año para su indicación determinada por la edad y el percentil 80 dejando la opción de complementar el uso de ESIN con otros implantes.

**Palabras clave:** fractura tibial, adolescentes, sistemas de fijación, consolidación, funcionalidad, criterios de Karlström & Olerud.

**Nivel de evidencia:** III

*the 80 percentile, leaving the option of complementing the use of ESIN with other implants*

**Keywords:** tibial fracture, adolescents, fixation systems, consolidation, functionality, Karlström & Olerud criteria.

**Evidence level:** III

#### Abreviaturas:

CCM = clavo centro medulares.

ECM = enclavado centro medular.

ESIN = *Elastic, Stable Intramedullary Nailing*.

EF = fijador externo.

## INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define la adolescencia como la etapa que transcurre de los 10 a 19 años. Esta etapa presenta cambios fisiológicos derivados de la función hormonal, estos son responsables de cambios anatómicos, como el crecimiento longitudinal de los huesos largos al estimular las estructuras fisarias.<sup>1,2</sup> Asimismo, se encuentran expuestos a agresiones físicas o son víctimas de accidentes como peatones u ocupantes de vehículos, que generan lesiones traumáticas en su economía esquelética.<sup>2</sup> De acuerdo con ENSANUT (2022 SS) 1.45 millones de individuos entre 10 a 19 años han sufrido alguna lesión accidental, que corresponde a 6.5% de los adolescentes del país. Con predominio del sexo masculino 8.3% y 4.7% para el femenino, en el grupo estudiado.<sup>3</sup>

El mecanismo de lesión es de baja energía o indirecto, secundario a caídas (lesión por torsión), y de alta energía en su mayoría por accidentes automovilísticos por contusión directa.<sup>4,5</sup> Las primeras representan 50.3%; los segundos 28.1% y finalmente, otros eventos como agresiones en la vía pública o por animales 8.6%.<sup>3</sup> Derivado de esto, el adolescente es susceptible a presentar lesiones traumáticas en el esqueleto apendicular, siendo la fractura de tibia la tercera más frecuente, y la segunda causa de hospitalización.<sup>4</sup> Los cierres fisarios se dan entre los 18 y 19 años en varones y 16 y 17 años en mujeres para el proximal y 17 a 18 en el distal, dependiendo del sexo del paciente y sus antecedentes heredofamiliares y de localización geográfica.<sup>5,6</sup> Esto es de relevancia por la lesión secundaria que se pueda ocasionar en el momento de la elección terapéutica.<sup>5</sup> La vascularidad es de importancia a considerar por su respuesta biológica a la consolidación ósea, ésta es alterada al involucrarse el tercio inferior en donde se identifica el ingreso de la arteria nutricia,<sup>6,7</sup> responsable del suministro endóctico de sangre en 85%.<sup>8</sup> Al presentarse una lesión de la arteria nutricia durante la edad pediátrica, o verse

lesionada durante un procedimiento, se limita el suministro sanguíneo lo que puede conllevar a un retardo en la consolidación o pseudoartrosis,<sup>9</sup> eventos poco deseables en el proceso de consolidación de una fractura.<sup>10</sup> Las imágenes radiográficas en dos proyecciones establecen las características de la fractura, de acuerdo con la literatura la frecuencia de las fracturas diafisarias de tibia, es para las del tercio medio diafisaria (45%), diafisaria distal (42%) y diafisaria proximal (13%); 30% se asocia con fractura de peroné.<sup>5</sup> La complejidad del trazo refleja la lesión de las partes blandas que junto con el compromiso del resto de la economía, son componentes importantes del pronóstico de dicha fractura.<sup>11</sup> Esto se establece en la actualidad con la clasificación de la AO pediátrica para dicho hueso (42D) (*Figura 1*).<sup>12,13</sup>

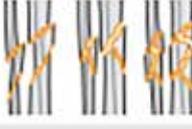
En la población pediátrica, los tratamientos conservadores son el estándar de oro para el tratamiento de la mayoría de las facturas en las diáfisis óseas como lo demuestra la *Figura 2* en donde el tamaño del círculo refleja la frecuencia de la fractura y el área sombreada la indicación quirúrgica.<sup>14</sup> En su mayoría, lesiones cerradas no desplazadas y aquellas susceptibles a manipulación cerrada permiten el tratamiento conservador mediante el método de Sarmiento,<sup>15</sup> respetando los grados máximos tolerables para definir una alineación aceptable (*Tabla 1*) y en su caso recurriendo a yesotomías correctoras para lograr la consolidación de la fractura, debe de pasar por sus diferentes etapas biológicas hasta la formación del callo duro y la remodelación, identificando el fenómeno en la imagen radiográfica e identificando su evolución según los cuatro estadios de la clasificación de Montoya para las fracturas de tibia.<sup>16,17</sup> La opción conservadora ha sido la elección por décadas, sin embargo, con el advenimiento de los implantes metálicos, la facilidad de las técnicas quirúrgicas, y el concepto de la movilización temprana, se cuenta con varios recursos de implantes propuestos para el tratamiento de las fracturas de tibia en adolescentes. La decisión del tratamiento quirúrgico estriba en indicaciones absolutas y relativas, las primeras, incapacidad para lograr o mantener una reducción cerrada adecuada y las segundas, las fracturas expuestas, aquellas asociadas a lesión de tejidos blandos, síndrome compartimental, rodilla flotante, fracturas segmentarias, pacientes politraumatizados, y pa-

cientes en percentiles de peso y talla por arriba de 80%, en donde la inmovilización circunferencial externa es difícil de controlar;<sup>18,19</sup> considerándose tanto en mujeres y hombres adolescentes. Como alternativa quirúrgica, el advenimiento del sistema de enclavado elástico intramedular estable (ESIN –Elastic, Stable Intramedulary Nailing–), con dos clavos de titanio, inicialmente propuesto por Métaizeau para el húmero en los 90's y popularizado en la década del 2000. A esto se suman las placas, el enclavado centro medular (ECM) y los fijadores externos que, aun cuando no sea expuesta la fractura, pero derivado de la condición crítica del paciente, la opción puede ser definitiva.<sup>18</sup>

La presencia de dichas opciones a generado interés por tratar de establecer la mejor decisión terapéutica para los diferentes segmentos, como los analiza el documento de López Morales,<sup>20</sup> sin embargo, es importante conside-

rar la biomecánica de trabajo de cada hueso y segmentos óseos. El sistema ESIN ofrece una fijación interna mediante compresión isoelástica de tres puntos que permite la estabilidad necesaria para mantener la fractura hasta su consolidación.<sup>21,22</sup> Al igual que el molde de yeso, a nivel de foco se presentan micromovimientos que inducen la formación de callo óseo. La indicación deriva si la resultante del trazo es transversal u oblicua con o sin tercer fragmento y fractura de peroné que corresponden a AO 42D/4.1, 4.2, 5.1 y 5.2, y de si la estructura diafisaria es o no de carga, para las primeras la indicación son niños de 6-14 años y con un peso ≤ 50 kilos.<sup>4,12,13,22-24</sup> Las ventajas que ofrece este sistema son las incisiones pequeñas con exposición limitada, las cuales evitan lesionar el disco fisario, su uso está descrito en fracturas expuestas tipo I, con sus reservas. El principio mencionado se logra mediante la fijación en

**42-D Fracturas diafisarias**

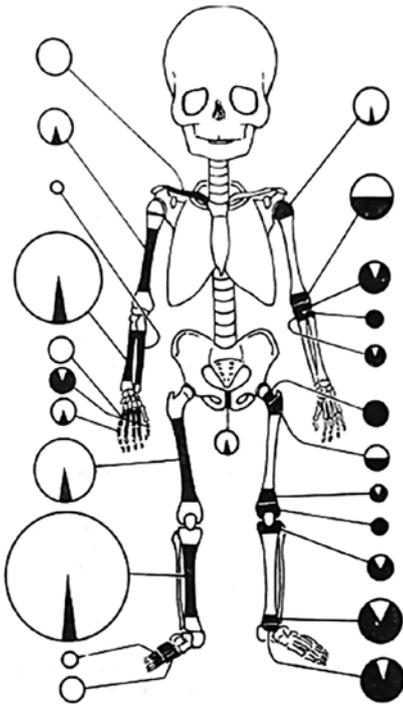
Fracturas de ambos huesos		Fracturas de ambos huesos	
Simples	Multifragmentarias	Simples	Multifragmentarias
42-D/1.1  Arqueo		42-D/4.1  Transversal completa (≤ 30°)	42-D/4.2 
42-D/2.1  Palo verde		42-D/5.1  Oblicua completa o espiral (> 30°)	42-D/5.2 

**Fracturas aisladas de la tibia**

42t-D/1.1  Arqueo	42t-D/4.1  Transversal completa (≤ 30°)	42t-D/4.2 
42t-D/2.1  Palo verde	42t-D/5.1  Oblicua completa o espiral (> 30°)	42t-D/5.2 

**Figura 1:**

Clasificación AO Pediátrica de las fracturas diafisarias de tibia.<sup>13</sup>  
AO = Asociación de grupo de trabajo para el estudio de la fijación de las fracturas.



**Figura 2:**

Relación de la frecuencia de fracturas de los huesos en la población pediátrica y la indicación de tratamiento quirúrgico.<sup>14</sup>

tres puntos lo que evita el desplazamiento, la rotación y la angulación de la fractura; en manos hábiles es de fácil aplicación con reducción cerrada en la mayoría de los casos, menor tiempo quirúrgico y según la evolución puede autorizarse la movilización articular y la carga paulatina hasta la consolidación ósea (8 a 12 semanas).<sup>4,11-25</sup> Las desventajas: falta de conocimiento del instrumental, deficiencias de la técnica quirúrgica y selección incorrecta del trazo.<sup>26</sup> Las placas están indicadas en pacientes con fracturas cerradas o abiertas (tipo I y II de GA), con extensión metafisaria o articular o fracturas de longitud inestable, en caso de consolidación defectuosa o falta de consolidación. Sus ventajas incluyen la reducción anatómica, estabilidad absoluta para fracturas periarticulares y el inicio de la movilización temprana en cuanto a las articulaciones proximales y distales al segmento fijado. Sus desventajas implican incisiones quirúrgicas grandes para la exposición quirúrgica del foco, aun implementando una técnica mínimamente invasiva, la falta de experiencia y/o el implante inadecuado, puede causar presión innecesaria sobre un periostio robusto, irritación, exposición del implante y necrosis de la piel. Lo anterior genera complicaciones y segundos procedimientos para extracción del implante.<sup>26-28</sup>

La fijación externa (FE) está indicada en el tratamiento de las fracturas abiertas y/o cerradas de la diáfisis tibial con lesiones de partes blandas, fracturas de longitud inestable y/o pacientes politraumatizados. La colocación se realiza mediante pequeñas incisiones, la reducción puede ser bajo visión directa al realizar el aseo del sitio de fractura;

permiten el manejo de los tejidos blandos y, si estos están bien colocados en cuanto a técnica y en los límites permitidos de alineación, puede considerarse como un tratamiento definitivo, al dinamizarse, dar posibilidad al apoyo temprano, respetar rango de movimientos y evitar la fisis de crecimiento. Un segundo procedimiento está latente y es posible la infección de trayecto de inserción del clavo Schanz.<sup>11,29,30</sup> El uso del ECM está indicado en fracturas cerradas en pacientes cerca de la madurez esquelética -bien identificada-, dentro de las ventajas que presenta es que se realizan pequeñas incisiones, permite iniciar rangos de movimiento tempranos para rodilla y tobillo posterior a evento quirúrgico y carga de peso. Las desventajas están sujetas a la dimensión de los implantes derivado del sistema de inserción que genera una pérdida del stock óseo metafisario, lesionando estructuras de crecimiento que involucran la tuberosidad tibial anterior y la misma fisis, debido al desconocimiento de la técnica quirúrgica, a una incorrecta apreciación de la anatomía vascular generando un colapso de irrigación endóstica y a un desconocimiento de la biología de la consolidación, al mantener el implante estático cuando se requiere de micromovimientos en el foco de la fractura para lograrla.<sup>30-33</sup> Las opciones existentes son permisibles, deben de ser seleccionadas en función de lo expuesto anteriormente para evitar generar daño a las estructuras de crecimiento, a la vascularidad endóstica y perióstica, permitir la consolidación ósea y respetar la cubierta cutánea. Al establecer el diagnóstico y decidir la opción terapéutica, los objetivos principales del tratamiento son: la consolidación, la movilización temprana y permitir una marcha normal, para estas dos últimas metas se ha identificado la escala de Karlström y Olerud para evaluar la funcionalidad del segmento óseo diafisario fracturado interarticular, inicialmente utilizada en fracturas diafisarias de dos huesos en el mismo segmento.<sup>32-35</sup> Lesiones cutáneas innecesarias, retrasos en la consolidación y pseudoartrosis son condiciones de la terapéutica ortopédica que no nos podemos permitir en esta etapa de la vida del paciente por sus necesidades biopsicosociales y labilidad emocional, por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar el trata-

**Tabla 1: Parámetros para considerar una alineación aceptable posterior a manipulación cerrada en una fractura diafisaria de tibia.<sup>16</sup>**

Alineación aceptable de una fractura tibial diafisaria pediátrica		
Edad del paciente (años)	< 8	≥ 8
Valgo	5°	5°
Varo	10°	5°
Angulación anterior	10°	5°
Angulación posterior	5°	0°
Acortamiento	10 mm	5 mm
Rotación	5°	0°

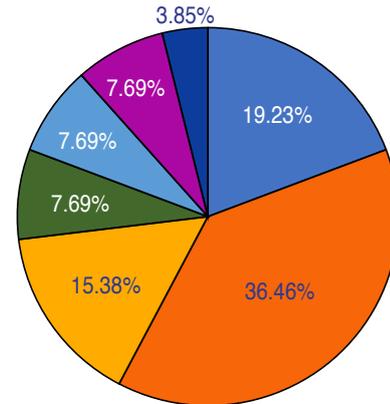
miento quirúrgico de las fracturas de tibia desde el punto de vista clínico, radiográfico y terapéutico identificando aciertos y desaciertos de las opciones utilizadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional –serie de casos– de enero de 2018 a marzo de 2023, incluyendo pacientes pediátricos de 10 a 17 años, con diagnóstico de fractura de diáfisis tibial, hospitalizados y operados en el Departamento Clínico de Ortopedia Pediátrica de un Hospital de Concentración. Los tratamientos consistieron en la colocación de ESIN, placas, CCM, y FE. Los criterios de inclusión corresponden a fracturas de la diáfisis tibial en pacientes de 14 a 17 años de edad, intervenidos con ESIN, placas y ECM; los de exclusión, fracturas expuestas y pacientes polifracturados. Veintiséis de 76 casos mediante un muestreo no probabilístico a conveniencia fueron revisados, ESIN (n = 10), placas (n = 12), CCM (n = 2) y dos casos aislados mediante el uso de FE (n = 1) y uso de tornillos de compresión (n = 1). Se evaluó la edad, el sexo, mecanismo de lesión y los rangos percentiles (peso y talla) –sobrepeso, obesidad, normopeso y bajo peso–. Estableciéndose la consolidación ósea radiográfica con la evidencia de callo duro, se evaluaron mediante los criterios de Karlström y Olerud para funcionalidad –apoyo y marcha– en moderado, satisfactorio y bueno. El presente trabajo cuenta con la aprobación del comité local de ética en investigación No. R-2023-1501-030. El análisis estadístico se sustentó mediante el tipo de distribución de las variables (Shapiro-Wilks), llevándose a cabo análisis univariado para las variables demográficas (edad, sexo, percentil, complicaciones y secuelas, etcétera) medidas de tendencia central (media y medianas) y medidas de dispersión (desviación estándar, rangos intercuartiles), según corresponda para la distribución de variables, normal o libre; así como proporciones para variables cualitativas. El análisis bivariado, inferencial, tipo de fractura, tratamiento realizado, tiempo de consolidación, inicio de apoyo y la evaluación funcional postoperatoria, se realizaron con los criterios de Karlström y Olerud modificados funcionalmente categorizándose, con funcionalidad pobre (< 23 puntos), moderada (24-26 puntos), satisfactoria (29-27 puntos), buena (32-30 puntos) y excelente (33 puntos). Se utilizó  $\chi^2$  de tendencia lineal o U de Mann-Whitney. Se determinó un nivel de confianza de 95%. Utilizando el programa SPSS® versión 25. Considerando significancia estadística el valor de  $p \leq 0.05$ . Los resultados se presentarán en tablas y gráficos según su pertinencia.

## RESULTADOS

La muestra de estudio consistió en 26 (34.21%) pacientes de 76 (2.20%) con fractura diafisaria de tibia y de un total



### Causas de la lesión

- Caída de plano
- Accidente en vehículo automotor
- Practicando deporte
- Atrapamiento
- Atropellamiento
- Caída de vehículo recreativo
- Agresión por tercera persona

**Figura 3:** Porcentajes de causas de fracturas diafisarias en adolescentes.

de 3,450 casos traumáticos en el intervalo de tiempo estudiado, la mediana de edad fue 14 años, predominio del sexo masculino (88.5%), el percentil del peso corresponde al normal en 61.5% mientras que en conjunto, el sobrepeso y obesidad ocupan 34.6%, el lado afectado con mayor frecuencia fue el derecho con 73.1%, el nivel diafisario de lesión correspondió al tercio distal (53.8%). Se identificó similitud porcentual (50%) en cuanto al trauma de alta y baja energía considerando el mecanismo de torsión y la contusión directa. Las causas de lesión fueron accidente en vehículo (38.4%), seguido de la caída de plano (19.2%) y la práctica deportiva (15.3%), en la *Figura 3* se muestran otras causas de menor frecuencia. Al realizar el análisis con la variable tipo de procedimiento realizado, se obtienen los grupos: ESIN (n = 10), placas (n = 12), CCM (n = 2) y dos casos aislados mediante el uso de FE (n = 1) y uso de tornillos de compresión (n = 1), en la *Tabla 2* se exponen los elementos de interés explicados por cada grupo. En relación a la edad, la media en los pacientes sometidos a ESIN fue menor que los pacientes con uso de placa, 12.6 y 14.5 años, respectivamente ( $p = 0.009$ ). En ambos grupos el tercio distal fue el más afectado, mientras que el tiempo en días para llevar a cabo el tratamiento propuesto estableció una diferencia de dos días entre ambos grupos. Se identificó el uso de un tratamiento complementario interno o externo al procedimiento realizado, en donde el grupo de ESIN requirió al menos una férula o un molde de yeso (80%) mientras que en el de las placas se requirió un molde de yeso en 16.7%. De acuerdo con la clasificación AO pediátrica y la distribución del tipo de fracturas identificadas, 50% de los pacientes se agrupó en 42-D/5.2 como resultante de un

**Tabla 2:** Comparación de los tipos de procedimiento quirúrgico en los pacientes adolescentes con fractura diafisaria de tibia.

	ESIN n = 10	Placa n = 12	Clavo centro medular n = 2	p
Edad (años)*	12.6 ± 1.8	14.5 ± 1.1	—	<b>0.009</b>
Sexo <sup>‡</sup>				<b>0.016</b>
Femenino	0	1 (8.3)	1 (50)	
Masculino	10 (100)	11 (91.7)	1 (50)	
Nivel de la lesión <sup>‡</sup>				1.0
Proximal	0	1 (8.3)	0	
Medial	4 (40)	5 (41.7)	2 (100)	
Distal	6 (60)	6 (50)	0	
Mecanismo de lesión <sup>‡</sup>				0.373
Contusión directa	4 (40)	6 (50)	2 (100)	
Torsión	6 (60)	6 (50)	0	
Tiempo de tratamiento (días)*	4.6 ± 4.2	6.5 ± 5.1	—	0.381
Tratamiento complementario <sup>‡</sup>				0.246
No	2 (20)	9 (75)	2 (100)	
Férula	1 (10)	0	—	
Yeso	7 (70)	2 (16.7)	0	
Injerto	0	1 (8.3)	0	

\* Media ± desviación estándar, valor de p por prueba t de Student. <sup>‡</sup> Frecuencia (%), valor de p por prueba de  $\chi^2$  de tendencia lineal.

**Tabla 3:** Comparación de las características quirúrgicas con los tipos de procedimiento empleados en los adolescentes con fractura diafisaria de tibia.

	ESIN n = 10	Placa n = 12	Clavo centro medular n = 2	p
Inicio de movilización (meses)*	3 (3-4)	3 (2.2-3)	—	0.248
Complicaciones <sup>‡</sup>				0.034
Ninguna	10 (100)	9 (75)	2 (100)	
Infección	0	1	0	
Fístula	0	1	0	
Pseudoartrosis	0	1	0	
Retiro de material <sup>‡</sup>				0.148
No	6 (60)	11 (91.7)	2 (100)	
Sí	4 (40)	1 (8.3)	0	
Escala de Montoya <sup>‡</sup>				0.589
III	1 (10)	5 (41.7)	1 (50)	
IV	9 (90)	7 (58.3)	1 (50)	
Criterios de Karlström y Olerud (puntos)*	32 (30.5-32)	30 (28-32)	—	0.238
Percentil peso Tx Complementario <sup>§</sup>	ESIN n = 7	Placa n = 2		
Normal	5 (71.4)	0	—	0.132
Sobrepeso/obesidad	2 (28.6)	1 (100)	—	

ESIN = Elastic, Stable Intramedullary Nailing.

\* Mediana (percentil 25-75), valor de p por prueba U de Mann Whitney. <sup>‡</sup> Frecuencia (%), valor de p por prueba de  $\chi^2$  de tendencia lineal. <sup>§</sup> n (%) Férula o yeso circular.

trazo transversal u oblicuo. Los resultados postoperatorios no mostraron diferencias en relación al proceso de reparación biológica, consolidación tipo III y IV para los tres grupos, ni en el inicio de la movilización 10-12 semanas –apoyo y deambulacion– entre los pacientes sometidos a ESIN o placa, pero sí un retraso con el uso de CCM (Tabla 3); no

hubo complicaciones en los grupos de ESIN y clavo centro medular, mientras que en 25% de placa presentó al menos una, como proceso infeccioso, fístula o pseudoartrosis (p = 0.034). Cuarenta por ciento de los pacientes con ESIN requirió el retiro de los implantes, no así aquellos con el uso de una placa, en donde 91.7% lo conservó.

Acorde con la puntuación para la evaluación de la funcionalidad, los pacientes con ESIN y placa mostraron una mediana de 32 y 30 puntos, respectivamente, ( $p = 0.238$ ) (Tabla 3).

El grupo de estudio se identificó dentro de los rangos de moderado a bueno dejando ausentes los extremos, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre la edad, el sexo, el tiempo de espera quirúrgica, el uso de tratamiento complementario, ni tiempo de inicio de la movilización y el tipo de procedimiento quirúrgico. Sin una significación estadística, los pacientes con estado funcional «bueno», no desarrollaron complicaciones en comparación con 75% de los casos en los pacientes con funcionalidad «moderada» (Tabla 4). Se identificó en nuestra serie de casos la combinación de dos procedimientos como el uso de ESIN o placa a los que se le complementó con un molde de yeso. Esta combinación terapéutica reporta 87.5% con funcionalidad buena, sin un valor de  $p$  significativo. No hay diferencias en el tiempo de intervención y en el inicio de la movilización si se emplea o no una o dos alternativas terapéuticas ( $p > 0.5$ ).

## DISCUSIÓN

La importancia de las fracturas de tibia en el paciente adolescente estriba en su frecuencia como causa de hos-

pitalización; si bien los criterios quirúrgicos son claros, la adolescencia es una etapa de transición en donde la decisión conservadora puede ser delegada por la quirúrgica en función del diagnóstico correcto y las alternativas disponibles, todo en función de lograr la consolidación ósea, respetar la integridad de estructuras endólicas y periólicas, el estado neurovascular y lograr la pronta movilización del paciente. Es de interés mencionar que el grupo de edad estudiado cuenta con características biopsicosociales importantes que intervienen en su vida diaria por lo que los tiempos de inmovilización motivo del tratamiento, presencia de dolor, la presencia de cicatrices, infecciones y la posibilidad de pseudoartrosis, entre otras complicaciones, son un reto para el ortopedista pediatra.<sup>32</sup>

La prevalencia de las fracturas de tibia en la población pediátrica obtenida es 2.2% con un total de 76 casos identificados de donde se parte para obtener la muestra para su análisis, a nivel mundial la estimación de su incidencia es en función a 15-20% en huesos largos.<sup>7</sup> De acuerdo con la literatura, se establecen dos picos de incidencia según con la edad, el primero de los tres a los cuatro años y el segundo de los 14 a los 16 años que corresponde al grupo de estudio cuya somatometría se considera como un criterio en la toma de decisiones, la mediana de edad de nuestra muestra de estudio fue de 14 (12-15) años lo que coincide con el segundo pico de incidencia antes mencionado.<sup>5,7</sup> La predominancia del sexo es a favor del masculino con 88.5% derivado, hasta estas épocas, de las actividades que generan eventualmente una mayor exposición. El principal mecanismo de lesión encontrado corresponde a los de alta energía, identificados por los accidentes en vehículo automotor con 38.4%, seguido de la caída del plano de sustentación por un evento provocado 19.23% y dejando al final los incidentes sufridos durante la práctica deportiva con 15.38%; los primeros dos eventos se invierten en frecuencia según las series revisadas.<sup>11</sup> Raducha y colegas coinciden con lo expuesto, los mecanismos de lesión observados como de baja y alta energía son referidos, en nuestra serie, eventualmente como una contusión directa al sufrir caída de plano mientras que las lesiones por torsión son bien identificadas en la práctica deportiva y en los accidentes vehiculares, lo que en nuestra serie se observó en partes iguales para ambos casos.<sup>4</sup> La frecuencia de las fracturas de acuerdo con el segmento anatómico no varía en relación con la literatura; el segmento diafisario es el más afectado (53.8%), lo siguen el segmento medio diafisario (42.3%) y el segmento proximal (3.8%).<sup>11</sup> Cincuenta por ciento de los casos corresponde a una lesión medio diafisaria tibioperonea con fragmento (42-D/5.2 AO pediátrica); el lado derecho predominante (73.1%). La literatura no hace referencia en la predominancia de lado afectado. Los tratamientos realizados se identifican en cuatro grupos,

**Tabla 4: Relación de ESIN y placas en función de la edad y complicaciones.**

Implante	ESIN	Placa
Edad (años)*	12.6 ± 1.8	14.5 ± 1.1
	10.8	14.4
	13.4	15.6
Complicaciones ESIN	Tratamientos complementarios	Complicaciones de placas
Exposición del implante	Férula	Exposición del implante
Solicitud del implante	Yeso	Incisión extensa
Irritación del sitio de inserción		Irritación (metalosis) Infección Necrosis cutánea Pseudoartrosis

ESIN = *Elastic, Stable Intramedullary Nailing*.

\* Los datos indican la media ± desviación estándar.

Elaboración propia: Hallazgos obtenidos de los registros del Departamento Clínico O. Ped UMAE HTOLV 2023.

La tabla evidencia la media de la edad y DE para la utilización de ESIN y placas. En el renglón amarillo se evidencia el rango de edad en que se utilizaron ESIN, así mismo en el renglón naranja se evidencia el rango de edad en que se utilizaron placas, la superposición de los valores de edad 13.4 a 14.4 habla de nuestro hallazgo de usar uno u otro implante. En las columnas se exponen las complicaciones de los ESIN y las placas y en el centro se expuso, en ese lapso, la necesidad de usar férulas o aparatos de yeso.

ESIN (n = 10), placa (n = 12), CCM (n = 2) y otros ([n = 2] FE y tornillos de compresión + yeso); la media de edad para el grupo con ESIN es de 12.6 ( $\pm$  1.8) años y para la placa de 14.5 ( $\pm$  1.1) en donde se identifica una superposición de la opción del ESIN sobre la placa de unos años entre ambos grupos de edad (Tabla 4), identificado por Pennock en 2018, en un estudio de serie de casos.<sup>25</sup>

La consolidación ósea no presentó diferencias en tiempo derivado del tipo de procedimiento quirúrgico y la necesidad de inmovilización complementaria, cabe mencionar que nuestra serie evidencia una pseudoartrosis (4.8%)<sup>33</sup> en un caso tratado con placa. Llama la atención el hallazgo del inicio de apoyo, inicio de marcha, con una mediana de tres meses (2.2 a 4), si bien el recurso quirúrgico invita a la movilización temprana, el hallazgo establecido puede deberse a la idiosincrasia del cirujano para proteger el resultado del procedimiento, la necesidad de proteger la osteosíntesis por defectos técnicos y los tiempos de consulta subsecuente institucionales que no permiten un seguimiento estrecho.<sup>33</sup> En nuestra serie no se identificaron complicaciones asociadas al tratamiento con ESIN ni con el CCM, no así para el uso de las placas en donde se identificaron infecciones, fístulas e incluso una pseudoartrosis. A este respecto es importante considerar las correctas técnicas quirúrgicas, el trato adecuado de los tejidos blandos y el conocimiento de la anatomía en función de cuidar y preservar la irrigación tras la manipulación correcta del periostio y el endostio, así como respetar, cuando así se requiera, los discos de crecimiento en las zonas metafisioepifisarias del hueso.

La mayoría de los estudios se enfocan al resultado del tratamiento quirúrgico aplicado, sin embargo, la evaluación funcional de acuerdo con los criterios de Karlström y Olerud aplicados en nuestra serie establecen resultados buenos para los grupos de ESIN y placa con 32 y 30 puntos, incluyendo la permisibilidad de angulaciones residuales, además de ser claros en la evaluación de las articulaciones proximal y distal a la diáfisis fracturada. Se estableció una relación entre una buena funcionalidad y el no desarrollo de complicaciones sin que esto tenga una significancia estadística.<sup>28,29</sup> En nuestra serie de estudio, se identificó la complementariedad con dos opciones terapéuticas, aplicando en 8 casos (80%) con TENS un complemento con aparato de yeso, mientras que el grupo de placa fue en 16%, sin tener relación con percentil somatométrico de sobre peso u obesidad (0.132), lo anterior abre la puerta a plantear la propuesta de tratamientos complementarios en el grupo transicional de edad entre los 12 y 14 años, considerando la somatometría (percentil 80) de cada paciente mediante el uso de ESIN y el fijador externo<sup>29-31</sup> con base en lo fútil que puedan resultar las férulas y los yesos circulares al demeritar los objetivos de la osteosíntesis como la movilización temprana.

## CONCLUSIONES

Son debilidades del presente estudio la limitación del número de casos revisados en el grupo de edad con clavo centro medular derivado de la reciente inclusión de los pacientes mayores de 16 años en la cartera de servicios del Departamento clínico de Ortopedia Pediátrica. Los criterios de evaluación Karlström y Olerud establecen resultados buenos para los grupos de ESIN incluyendo la permisibilidad de angulaciones residuales. En los pacientes con 50 kg o menos el estándar de oro del tratamiento es la colocación de ESIN debido a las ventajas que estos presentan y a las desventajas de las placas. El respeto a la integridad vascular y el uso correcto de los principios biomecánicos permitirá una adecuada consolidación ósea y por ende la función de la extremidad, buscando evitar las complicaciones propias de la técnica quirúrgica y exacerbar las secuelas propias que la lesión pueda generar. En su mayoría las lesiones identificadas corresponden a trazos de resultante transversa u oblicua AO 42-D/5.2. Existe una superposición en edad para el uso de los ESIN y las placas, en donde identificar al paciente en una percentil  $\geq$  85 con inmadurez esquelética obliga a valorar la opción adecuada para el tratamiento, debido a que estos pacientes aún se encuentran en etapa de crecimiento óseo y un tratamiento quirúrgico mal planificado y ejecutado en lugar de promover la consolidación podría causar secuelas catastróficas y permanentes en esta etapa de la vida en la cual los pacientes se encuentran en proceso de desarrollo biopsicosocial.

## REFERENCIAS

1. Secretaría de Salud página [Internet] México: *Gobierno de México. ¿Qué es la adolescencia?* [Actualización 15 de agosto de 2015; citado 15 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/que-es-la-adolescencia#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la,de%2015%20a%2019%20a%C3%B1os>
2. WHO.int [Internet]. *World Health Organization*. [2023 April 28; cited 2023 August 5]. Available in: <https://news-room/fact-sheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions>
3. ENSANUT.insp.mx [Internet]. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2022*. [Actualización: 2023; citado el 9 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2022/descargas.php>
4. Raducha JE, Swarup I, Schachne JM, Cruz AI Jr, Fabricant PD. Tibial shaft fractures in children and adolescents. *JBJS Rev*. 2019; 7(2): e4.
5. Ramo B, Bone H. *Lower extremity injuries*. In: Herring JA, Tachdjian's Pediatric orthopaedics: texas scottish rite hospital for children: 6a ed. Texas: Elsevier; 2022. p. 1364.
6. Moore K, Persaud TVN, Torchia M. *Embriología clínica*. 11ª ed. España: Elsevier.2019.
7. Waters P, Skaggs D, Flynn, J. *Fracturas de Rockwood y Wilkins en niños*. 9ª ed. EUA: Wolters Kluwer 2020.
8. Levack AE, Klingner C, Gadinsky NE, Dyke JP, Fung MM, Helfet DL et al. Endosteal vasculature dominates along the tibial cortical diaphysis: a quantitative magnetic resonance imaging analysis. *J Orthop Trauma*. 2020; 34(12): 662-668.
9. Liang C, Jacoby J, Reumann M, Braun B, Ehnert S, Nikolaou K et al. The impact of injury of the tibial nutrient artery canal on type of

- nonunion of tibial shaft fractures: a retrospective computed tomography study. *Acad Radiol.* 2023; 30(11): 2625-2635.
10. Murphy D, Raza M, Monsell F, Gelfer Y. Modern management of paediatric tibial shaft fractures: an evidence-based update. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2021; 31(5): 901-909.
  11. Cruz AI Jr, Raducha JE, Swarup I, Schachne JM, Fabricant PD. Evidence-based update on the surgical treatment of pediatric tibial shaft fractures. *Curr Opin Pediatr.* 2019; 31(1): 92-102.
  12. Slongo T, Audigé L, Schlickewei W, Clavert JM, Hunter J; International Association for Pediatric Traumatology. Development and validation of the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures by the pediatric expert group of the AO foundation in collaboration with AO clinical investigation and documentation and the International Association for Pediatric Traumatology. *J Pediatr Orthop.* 2006; 26(1): 43-49.
  13. Slongo T, Audigé L. AO pediatric comprehensive classification of long-bone fractures (PCCF). AO Foundation Switzerland: AO Pediatric Classification Group. 2010.
  14. Müller ME, Allgöwer M. Fractures in children, Cap. 18. En: Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H. Manual of internal fixation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 1991. pp. 689- 712.
  15. Sarmiento A, Sobol PA, Sew Hoy AL, Ross SD, Racette WL, Tarr RR. Prefabricated functional braces for the treatment of fractures of the tibial diaphysis. *J Bone Joint Surg Am.* 1984; 66(9): 1328-1339.
  16. Kattan JM, Leathers MP, Barad JH, Silva M. The effectiveness of cast wedging for the treatment of pediatric fractures. *J Pediatr Orthop B.* 2014; 23(6): 566-571.
  17. Montoya AJ. Tratamiento de las fracturas de la diáfisis tibial. [Tesis]. México D.F., 1977. IMSS-UNAM; 28-30.
  18. Oztürk A, Arican G, Demir KR, Sibar K, Ersan O, Alemdaroglu KB. Risk factors for failure of cast treatment in displaced pediatric tibial shaft fractures. *J Pediatr Orthop.* 2021; 41(3): e252-e258.
  19. Martus JE. Operative fixation versus cast immobilization: tibial shaft fractures in adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2021; 41(Suppl 1): S33-S38.
  20. López MF, Tapia de la OVM, Casas LM. Funcionalidad clínica en el tratamiento de fracturas subtrocantéricas en niños de 6 a 15 años con enclavado endomedular vs placa. *Rev Mex Ortop Pediat.* 2022; 24(1-3) 14-18.
  21. Ramírez J, Nafarrate E, Núñez J, Campbell O, Peña J, Madrid A. Clavos centromedulares flexibles en el tratamiento de fracturas pediátricas. *Rev Mex Ortop Pediat.* 2004; 6(1): 6-17.
  22. Metaizeau JD, Denis D. Update on leg fractures in paediatric patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019; 105(1S): S143-S151.
  23. Uludag A, Tosun HB. Treatment of unstable pediatric tibial shaft fractures with titanium elastic nails. *Medicina (Kaunas).* 2019; 55(6): 266.
  24. Hanf-Osetek D, Bilski P, Labadz D, Snela S. Tibial shaft fractures in children: flexible intramedullary nailing in growing children especially weighing 50 kg (110 lbs) or more. *J Pediatr Orthop B.* 2023; 32(3): 253-259.
  25. Durga PV, Sangeet G, Venkatadass K, Rajasekaran S. Ender's nailing of displaced tibia shaft fractures in children - A nine-year experience. *Injury.* 2021; 52(4): 837-843.
  26. Pennock AT, Bastrom TP, Upasani VV. Elastic intramedullary nailing versus open reduction internal fixation of pediatric tibial shaft fractures. *J Pediatr Orthop.* 2017; 37(7): e403-e408.
  27. Kang H, Song JK, Rho JY, Lee J, Choi J, Choi S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) for mid-shaft fracture of the tibia (AO/OTA classification 42): a retrospective study. *Ann Med Surg (Lond).* 2020; 60: 408-412.
  28. Kang H, Rho JY, Song JK, Choi J, Kwon YS, Choi S. Comparison between intramedullary nailing and minimally invasive plate osteosynthesis for tibial shaft fractures. *Injury.* 2021; 52(4): 1011-1016.
  29. Hong P, Rai S, Liu X, Tang X, Liu R, Li J. Which is the better choice for open tibial shaft fracture in overweight adolescent with open physis: a comparative study of external fixator plus elastic stable intramedullary nail versus external fixator alone. *Injury.* 2021; 52(10): 3161-3165.
  30. Miller B, Phillips M, Krech L, Biberstein B, Parker J, Pounders S, Fisk C et al. Outcomes of simultaneous versus staged intramedullary nailing fixation of multiple long bone lower extremity fractures. *Injury.* 2023; 54(7): 110831.
  31. Shukla R, Jain A, Jain R. Long-term study of functional outcomes of floating knee injuries. *Journal of Orthopaedics, Traumatology and Rehabilitation.* 2020; 12(1): 23-30. doi: 10.4103/jotr.jotr\_10\_20.
  32. Karlstrom G, Olerud S. Ipsilateral fracture of the femur and tibia. *J Bone Joint Surg Am.* 1977; 59(2): 240-243.
  33. Hamilton AA, Mehta R, Sue Epstein B, Fabricant PD, Fragomen AT, Robert Rozbruch S. Core psychosocial issues for children and adolescents in the context of limb lengthening and reconstruction surgery treatment. *J Child Orthop.* 2021; 15(2): 122-129.
  34. Thabet AM, Craft M, Pisquiy J, Jeon S, Abdelgawad A, Azzam W. Tibial shaft fractures in the adolescents: treatment outcomes and the risk factors for complications. *Injury.* 2022; 53(2): 706-712.
  35. Swart E, Lasceski C, Latario L, Jo J, Nguyen UDT. Modern treatment of tibial shaft fractures: is there a role today for closed treatment? *Injury.* 2021; 52(6): 1522-1528.