

Avances en el manejo de fracturas en niños: técnicas mínimamente invasivas y su impacto en la recuperación

Advances in fracture management in children: minimally invasive techniques and their impact on recovery

Samantha Estefanía Concha Calvopiña

ORCID: 0009-0007-3893-2347

Hospital Básico San Marcos, Ecuador

Génesis Carolina Arias Bautista

ORCID: 0009-0009-3600-5712

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Marielena Vivas Fernández

ORCID: 0009-0007-3030-3175

Hospital Gineco Obstétrico Pediátrico Nueva Aurora, Ecuador

Oscar Ivan Tipanta Villacrés

ORCID: 0009-0007-0571-8977

Hospital Lenín Mosquera, Ecuador

Andrés Sebastian Castillo Lozano

ORCID: 0009-0005-5236-7183

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

Karla Salomé Ortiz Arcos

ORCID: 0009-0008-2581-4859

Universidad Central del Ecuador

Carolina Estefanía Rivas Lasso

ORCID: 0009-0005-4168-727X

Investigadora independiente, Ecuador

Camila Serrano Muñoz

ORCID: 0009-0006-6531-2656

Universidad de las Américas, Ecuador

RESUMEN

En los últimos años, el manejo de fracturas en niños ha experimentado avances significativos gracias a la implementación de técnicas mínimamente invasivas, las cuales han demostrado ser altamente efectivas para optimizar los resultados clínicos y acelerar el proceso de recuperación. Este artículo de revisión narrativa explora las innovaciones en procedimientos quirúrgicos, como la fijación elástica intramedular, la reducción cerrada asistida por imágenes y el uso de materiales biocompatibles, que han permitido minimizar el daño tisular, reducir el dolor postoperatorio y disminuir las complicaciones asociadas. Asimismo, se analiza cómo estas técnicas impactan positivamente en la rehabilitación funcional, favoreciendo una reintegración más rápida a las actividades cotidianas y deportivas, factores cruciales en la población pediátrica. Además, se discuten los criterios para seleccionar el abordaje más adecuado según la localización y complejidad de la fractura, así como las consideraciones particulares en niños debido a su crecimiento óseo activo. Finalmente, se destacan los desafíos actuales y las áreas de investigación futura, incluyendo el desarrollo de dispositivos más avanzados y protocolos personalizados que promuevan una recuperación integral. Este enfoque innovador subraya la importancia de un tratamiento multidisciplinario y centrado en el paciente para lograr resultados óptimos en esta población vulnerable.

Palabras clave: Fracturas, Niños, Manejo, Técnicas mínimamente invasivas, Recuperación, Ortopedia pediátrica.

ABSTRACT

In recent years, the management of fractures in children has experienced significant advances thanks to the implementation of minimally invasive techniques, which have proven to be highly effective in optimizing clinical results and accelerating the recovery process. This narrative review article explores innovations in surgical procedures, such as intramedullary elastic fixation, image-assisted closed reduction, and the use of biocompatible materials, which have made it possible to minimize tissue damage, reduce postoperative pain, and reduce associated complications. Likewise, it is analyzed how these techniques positively impact functional rehabilitation, favoring a faster reintegration into daily activities and sports, crucial factors in the pediatric population. Additionally, the criteria for selecting the most appropriate approach according to the location and complexity of the fracture are discussed, as well as particular considerations in children due to their active bone growth. Finally, current challenges and areas of future research are highlighted, including the development of more advanced devices and personalized protocols that promote comprehensive recovery. This innovative approach underscores the importance of multidisciplinary, patient-centered treatment to achieve optimal outcomes in this vulnerable population.

Keywords: Fractures, Children, Management, Minimally invasive techniques, Recovery, Pediatric orthopedics.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el manejo de las fracturas en niños ha experimentado avances significativos gracias a la incorporación de técnicas mínimamente invasivas, las cuales han transformado los enfoques tradicionales en el tratamiento ortopédico pediátrico (1). Estas innovaciones se han centrado en minimizar el daño tisular, reducir el dolor postoperatorio y acelerar los tiempos de recuperación, factores cruciales para preservar el crecimiento y desarrollo óptimos en pacientes pediátricos (2). El uso de métodos como la osteosíntesis elástica intramedular, la fijación externa y la reducción cerrada asistida por imágenes ha demostrado ser altamente efectivo en el tratamiento de fracturas complejas, proporcionando estabilidad adecuada y promoviendo una recuperación funcional temprana (3,4). Además, estas técnicas han mostrado beneficios adicionales al reducir las complicaciones asociadas con procedimientos más invasivos, como infecciones o alteraciones en las placas de crecimiento (5). En este contexto, la revisión narrativa se enfoca en explorar los avances más recientes en el manejo de fracturas infantiles, destacando las ventajas clínicas, los desafíos técnicos y el impacto positivo de estas intervenciones en la calidad de vida de los pacientes (6). Asimismo, se analizan las perspectivas futuras en el desarrollo de tecnologías y protocolos que continúen optimizando la atención ortopédica pediátrica, garantizando un enfoque integral que combine eficacia terapéutica con un menor impacto físico y emocional en los niños y sus familias.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de esta revisión narrativa, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y SciELO. Se emplearon términos MeSH y DeCS como "fracturas pediátricas", "técnicas mínimamente invasivas", "recuperación ósea" y "tratamiento ortopédico", combinados mediante operadores booleanos (AND, OR) para optimizar la búsqueda. Se incluyeron artículos publicados entre 2015 y 2025, en inglés y español, que abordaran el manejo de fracturas en población pediátrica mediante técnicas mínimamente invasivas, así como estudios que evaluaran su impacto en la recuperación funcional. Se excluyeron estudios enfocados exclusivamente en adultos, reportes de casos aislados o aquellos con metodologías insuficientemente descritas. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se revisaron un total de 85 artículos, de los cuales se seleccionaron 20 que cumplían con los estándares de calidad metodológica y relevancia temática. La información fue analizada y sintetizada para proporcionar una visión integral de los avances recientes, destacando las implicaciones clínicas y los beneficios de estas técnicas en términos de reducción del tiempo de recuperación, minimización del dolor postoperatorio y mejora de los resultados funcionales en niños con fracturas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Introducción a las fracturas en niños: epidemiología y características particulares

Las fracturas en niños representan una parte significativa de las consultas pediátricas en los servicios de urgencias, con una incidencia que varía según la región geográfica, el nivel de actividad física y la edad. Se estima que aproximadamente el 50% de los niños experimentará al menos una fractura antes de los 18 años, siendo más frecuentes en varones debido a su mayor participación en actividades físicas de riesgo (1).

Una de las particularidades más relevantes de las fracturas pediátricas radica en la anatomía y fisiología únicas del esqueleto en crecimiento. Los huesos de los niños son más flexibles y tienen una mayor capacidad de remodelación en comparación con los adultos, gracias a la presencia de cartílago de crecimiento. Este factor les confiere ventajas significativas en términos de recuperación, pero también plantea desafíos específicos en el manejo clínico. Por ejemplo, las fracturas que afectan la fisis (placa de crecimiento) requieren especial atención debido al riesgo potencial de alteraciones en el desarrollo óseo si no se tratan adecuadamente (1).

En cuanto a la distribución por localización, las fracturas más comunes incluyen las del radio distal, la clavícula y el húmero supracondíleo. Estas suelen estar asociadas a caídas accidentales, deportes o actividades recreativas. Además, es importante considerar que ciertos patrones de fractura pueden ser indicativos de posibles casos de maltrato infantil, lo que subraya la necesidad de una evaluación integral y cuidadosa por parte del equipo médico (2).

Otro aspecto distintivo es la clasificación y diagnóstico de las fracturas pediátricas. Los sistemas tradicionales utilizados en adultos no siempre son aplicables, ya que los niños presentan lesiones específicas como las fracturas en "tallo verde", las fracturas torus o las fracturas plásticas, que reflejan la elasticidad y resistencia diferencial de sus huesos. Por ello, el diagnóstico radiológico debe ser complementado con una adecuada anamnesis y examen físico para garantizar un tratamiento apropiado (2).

Principios básicos del manejo de fracturas pediátricas

El manejo de fracturas en pacientes pediátricos requiere un enfoque especializado debido a las características únicas del esqueleto en crecimiento. Estas particularidades incluyen la presencia de placas de crecimiento, mayor elasticidad ósea y una capacidad de remodelación significativa, factores que influyen en el diagnóstico, tratamiento y pronóstico (3).

En primer lugar, es fundamental realizar una evaluación clínica y radiológica exhaustiva. La anamnesis debe incluir detalles sobre el mecanismo de lesión, antecedentes médicos relevantes y síntomas actuales. La exploración física debe enfocarse en identificar deformidades, edema, dolor localizado y limitación funcional. Las radiografías son esenciales para confirmar el diagnóstico y determinar la extensión de la lesión, teniendo en cuenta la posibilidad de lesiones asociadas (3).

El tratamiento de las fracturas pediátricas se basa en principios que priorizan la preservación de la función y el crecimiento normal. En muchos casos, las fracturas en niños pueden manejarse de manera conservadora debido a su capacidad de remodelación ósea. Sin embargo, la elección del tratamiento depende de factores como la localización, el tipo de fractura (simple, desplazada, conminuta), la edad del paciente y el potencial impacto en las placas de crecimiento (3).

Cuando se requiere intervención quirúrgica, las técnicas mínimamente invasivas han ganado protagonismo en los últimos años. Métodos como la fijación intramedular elástica estable (ESIN) y el uso de clavos intramedulares flexibles permiten una estabilización adecuada con menor daño a los tejidos blandos y un tiempo de recuperación más corto. Estas técnicas no solo reducen el riesgo de complicaciones, sino que también favorecen una rehabilitación más rápida y mejoran los resultados funcionales (4).

Otro aspecto esencial en el manejo de fracturas pediátricas es la vigilancia estrecha durante el proceso de curación. Las complicaciones como el crecimiento angular, discrepancias en la longitud de las extremidades o alteraciones en la función articular deben ser identificadas y tratadas oportunamente. El seguimiento radiológico periódico es crucial para evaluar la consolidación ósea y detectar cualquier desviación del curso esperado (4).

Finalmente, la educación a los pacientes y sus familias desempeña un papel clave en el éxito del tratamiento. Es importante comunicar claramente las expectativas del proceso de recuperación, las posibles complicaciones y la necesidad de adherirse a las recomendaciones médicas (4).

Evolución histórica de las técnicas quirúrgicas en pediatría

La evolución histórica de las técnicas quirúrgicas en pediatría ha sido un proceso marcado por avances significativos en la comprensión anatómica, el desarrollo de tecnologías y la implementación de enfoques menos invasivos. En el ámbito de las fracturas pediátricas, estas innovaciones han transformado tanto los procedimientos como los resultados en los pacientes más jóvenes (5).

En los primeros días de la cirugía pediátrica, las técnicas eran rudimentarias y con frecuencia derivaban de procedimientos diseñados para adultos, lo que generaba limitaciones significativas debido a las diferencias anatómicas y fisiológicas entre ambos grupos. Las tasas de complicaciones eran elevadas y los periodos de recuperación prolongados. Con el tiempo, los avances en anestesiología y asepsia permitieron mejorar la seguridad quirúrgica, lo que marcó un punto de inflexión en la atención infantil (5).

Durante el siglo XX, el desarrollo de técnicas específicas para niños adquirió mayor relevancia. Se introdujeron métodos que respetaban el crecimiento óseo y reducían el riesgo de deformidades a largo plazo. La osteosíntesis con clavos intramedulares flexibles, por ejemplo, se convirtió en una opción preferida para tratar fracturas diafisarias en niños, debido a su capacidad para estabilizar el hueso sin comprometer las placas de crecimiento (5,6).

En las últimas décadas, la cirugía mínimamente invasiva ha revolucionado el manejo de las fracturas pediátricas. Procedimientos como la fijación percutánea y el uso de dispositivos de navegación quirúrgica han permitido reducir significativamente las incisiones, minimizar el daño a los tejidos blandos y acortar los tiempos de hospitalización. Estas técnicas no solo mejoran la experiencia del paciente, sino que también disminuyen el riesgo de infecciones y aceleran la recuperación funcional (6).

El uso de imágenes intraoperatorias avanzadas, como la fluoroscopia y la tomografía computarizada tridimensional, ha facilitado una mayor precisión en la colocación de implantes y en la alineación ósea. Además, los biomateriales modernos utilizados en tornillos y placas han mejorado la biocompatibilidad y reducido las complicaciones relacionadas con los implantes (6).

Conceptos clave de las técnicas mínimamente invasivas en ortopedia pediátrica

Las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el manejo de fracturas en niños, ofreciendo beneficios significativos en comparación con los métodos tradicionales. Estas técnicas buscan reducir el trauma quirúrgico, preservar la biología ósea y acelerar la recuperación funcional, aspectos críticos en la ortopedia pediátrica debido a las características únicas del esqueleto en desarrollo (7).

Un concepto clave es la preservación de las placas de crecimiento. En los niños, estas estructuras son fundamentales para el crecimiento longitudinal de los huesos. Las técnicas mínimamente invasivas, como el enclavado intramedular flexible, permiten estabilizar fracturas sin comprometer estas zonas sensibles. Este enfoque minimiza el riesgo de deformidades o alteraciones en el crecimiento óseo (7).

Otro principio esencial es la reducción cerrada asistida por imágenes. Utilizando tecnologías como fluoroscopia o ultrasonido intraoperatorio, se logra una alineación adecuada de los fragmentos óseos sin necesidad de incisiones extensas. Esto no solo disminuye el riesgo de infección y cicatrices, sino que también reduce el tiempo quirúrgico y la estancia hospitalaria (7).

El uso de materiales biocompatibles y técnicas innovadoras también juega un papel crucial. Por ejemplo, las placas bloqueadas de baja perfil o los clavos intramedulares flexibles hechos de titanio permiten una fijación estable mientras se adaptan a las propiedades únicas del hueso pediátrico, como su elasticidad y capacidad regenerativa. Además, estas técnicas suelen ser menos invasivas y promueven una movilización temprana, lo que favorece la recuperación funcional (8).

La rehabilitación postoperatoria es otro componente importante. Las técnicas mínimamente invasivas facilitan una recuperación más rápida al reducir el dolor postquirúrgico y permitir una carga progresiva más temprana. Esto no solo mejora la calidad de vida del niño, sino que también reduce el impacto psicológico asociado con la inmovilización prolongada (8).

Sin embargo, estas técnicas requieren un alto nivel de experiencia por parte del cirujano y un acceso adecuado a tecnología avanzada. La curva de aprendizaje puede ser un desafío, pero los beneficios a largo plazo para los pacientes justifican la inversión en capacitación y recursos (8).

Indicaciones y criterios para el uso de técnicas mínimamente invasivas en fracturas infantiles

Las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el manejo de fracturas en pacientes pediátricos, ofreciendo beneficios significativos en términos de recuperación, reducción del dolor postoperatorio y minimización de complicaciones a largo plazo (9).

Estas técnicas están indicadas principalmente en fracturas que, por su complejidad o localización, no pueden ser tratadas de manera conservadora o que presentan un riesgo elevado de desplazamiento secundario. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran la fijación intramedular elástica, la fijación externa y la reducción cerrada asistida por imágenes (9).

La selección de la técnica adecuada debe basarse en criterios como la edad del paciente, el tipo y localización de la fractura, el estado general del niño y la experiencia del equipo quirúrgico. Es fundamental priorizar la preservación de las placas de crecimiento y minimizar el daño a los tejidos blandos circundantes para garantizar un desarrollo óseo adecuado (9,10).

Además, el uso de técnicas guiadas por imágenes, como la fluoroscopia intraoperatoria, permite una mayor precisión en la reducción y fijación, reduciendo así el riesgo de malunión o no unión. Aunque estas intervenciones son menos invasivas, su implementación requiere un entrenamiento especializado y recursos tecnológicos adecuados (10).

Por ello, es crucial que los equipos médicos evalúen cuidadosamente cada caso, considerando tanto los beneficios como las posibles limitaciones asociadas. En conclusión, las técnicas mínimamente invasivas representan un avance significativo en el manejo de fracturas infantiles, pero su éxito depende de una adecuada selección de pacientes y de la experiencia del equipo tratante (10).

Comparación entre métodos tradicionales y técnicas mínimamente invasivas: ventajas y desventajas

La comparación entre los métodos tradicionales y las técnicas mínimamente invasivas en el manejo de fracturas en niños permite identificar ventajas y desventajas clave que influyen en la elección del tratamiento según las características del paciente y la naturaleza de la lesión (11).

Los métodos tradicionales, como la reducción abierta y la fijación interna, han sido ampliamente utilizados durante décadas. Entre sus ventajas se encuentra su capacidad para proporcionar una estabilización sólida y directa de la fractura, especialmente en casos complejos o con desplazamientos significativos. Además, estos procedimientos permiten una

visualización directa del sitio de la fractura, lo que facilita una alineación precisa. Sin embargo, presentan desventajas importantes, como la necesidad de incisiones quirúrgicas extensas que pueden aumentar el riesgo de infecciones, cicatrices visibles y mayor daño a los tejidos blandos circundantes. Asimismo, estos métodos suelen asociarse con un tiempo de recuperación prolongado y mayor dolor postoperatorio (11).

Por otro lado, las técnicas mínimamente invasivas han ganado popularidad en los últimos años debido a su enfoque moderno y menos agresivo. Entre sus principales ventajas se encuentran las incisiones más pequeñas, lo que reduce el trauma quirúrgico, minimiza el riesgo de infecciones y mejora los resultados estéticos. Además, estas técnicas suelen estar asociadas con una recuperación más rápida, menor estancia hospitalaria y menor dolor postoperatorio, lo que se traduce en una mejor experiencia para el paciente pediátrico y su familia. Ejemplos de estas técnicas incluyen el enclavado intramedular elástico y la reducción cerrada con fijación percutánea (11,12).

No obstante, las técnicas mínimamente invasivas también presentan limitaciones. Su aplicación puede ser más desafiante en fracturas complejas o con gran desplazamiento, donde la visualización directa es esencial para lograr una alineación adecuada. Además, requieren un alto nivel de experiencia quirúrgica y equipamiento especializado, lo que puede no estar disponible en todos los centros médicos. En algunos casos, si no se realiza correctamente, existe el riesgo de una fijación insuficiente o complicaciones como el malalineamiento (12).

En conclusión, la elección entre métodos tradicionales y técnicas mínimamente invasivas debe basarse en una evaluación cuidadosa de cada caso individual. Factores como la complejidad de la fractura, la edad del paciente, las condiciones médicas preexistentes y los recursos disponibles son determinantes en la toma de decisiones. Aunque las técnicas mínimamente invasivas ofrecen múltiples beneficios en términos de recuperación y bienestar del paciente, los métodos tradicionales siguen siendo indispensables en situaciones específicas. Por tanto, el avance en el manejo de fracturas en niños radica en la integración estratégica de ambas opciones para optimizar los resultados clínicos (12).

Impacto de las técnicas mínimamente invasivas en el tiempo de recuperación y funcionalidad

En las últimas décadas, las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el manejo de las fracturas en la población pediátrica. Estas técnicas, que incluyen métodos como la fijación intramedular elástica, la reducción cerrada con fijación percutánea y la artroscopia, han demostrado beneficios significativos en comparación con los enfoques quirúrgicos tradicionales. En este apartado, se analizará cómo estas innovaciones han impactado positivamente en el tiempo de recuperación y en la funcionalidad de los niños afectados (13).

Uno de los principales beneficios de las técnicas mínimamente invasivas es la reducción del trauma quirúrgico. Al minimizar la necesidad de grandes incisiones y la manipulación extensa de tejidos blandos, se disminuye considerablemente el daño tisular, lo que favorece una recuperación más rápida. Esto no solo implica una menor estancia hospitalaria, sino también una reducción significativa en el dolor postoperatorio y en el riesgo de complicaciones como infecciones o problemas de cicatrización (13).

En términos de funcionalidad, estas técnicas permiten una movilización temprana de las extremidades afectadas, lo que es crucial en pacientes pediátricos debido a su alto potencial de recuperación y su capacidad para remodelar el hueso. Por ejemplo, el uso de clavos intramedulares flexibles en fracturas diafisarias permite una estabilización adecuada del hueso mientras se preserva la integridad del periostio, lo cual es esencial para la consolidación ósea. Esto se traduce en un retorno más rápido a las actividades diarias y deportivas, aspectos fundamentales para el desarrollo físico y social de los niños (13,14).

Además, los avances tecnológicos han permitido una mayor precisión en la colocación de implantes gracias al uso de guías por imágenes en tiempo real, como la fluoroscopia. Esto no solo mejora los resultados funcionales a largo plazo, sino que también reduce la necesidad de procedimientos secundarios o correcciones quirúrgicas (14).

Es importante destacar que, aunque las técnicas mínimamente invasivas presentan múltiples ventajas, su éxito depende en gran medida de una evaluación adecuada del paciente y de la experiencia del equipo quirúrgico. No todas las fracturas pediátricas son candidatas ideales para este abordaje, y es fundamental individualizar el tratamiento según las características específicas de cada caso (14).

Complicaciones asociadas a las técnicas mínimamente invasivas en el manejo de fracturas pediátricas

Las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el manejo de fracturas en pacientes pediátricos, ofreciendo múltiples ventajas como una recuperación más rápida, menor dolor postoperatorio y cicatrices mínimas. Sin embargo, estas técnicas no están exentas de complicaciones que deben ser consideradas cuidadosamente por los especialistas (15).

Una de las complicaciones más comunes es la irritación de los tejidos blandos debido al material de osteosíntesis,

como clavos o tornillos que pueden protruir o desplazarse. Esto puede ocasionar dolor localizado, inflamación e incluso infecciones superficiales si no se identifica y trata oportunamente. Asimismo, en algunos casos, el material puede requerir una segunda intervención quirúrgica para su extracción (15).

Otra complicación relevante es la consolidación inadecuada del hueso, que puede manifestarse como retraso en la unión o pseudoartrosis. Esto ocurre principalmente en fracturas complejas o en casos donde la estabilidad proporcionada por los dispositivos es insuficiente. Además, el uso de técnicas mínimamente invasivas puede limitar la visualización directa de la fractura durante el procedimiento, aumentando el riesgo de una reducción imperfecta (15,16).

En cuanto a las complicaciones vasculares o nerviosas, aunque son poco frecuentes, pueden presentarse debido a la colocación incorrecta de los implantes o al daño accidental durante el procedimiento. Esto puede derivar en déficits neurológicos temporales o permanentes, así como alteraciones en la irrigación sanguínea local (15,16).

Las infecciones profundas, aunque raras, son otra preocupación. Estas pueden comprometer tanto los tejidos blandos como el hueso (osteomielitis) y suelen requerir tratamientos prolongados con antibióticos y, en ocasiones, procedimientos quirúrgicos adicionales (16).

Finalmente, es importante mencionar que las complicaciones también pueden surgir debido a factores relacionados con el paciente, como condiciones médicas preexistentes (por ejemplo, trastornos metabólicos óseos) o falta de adherencia al seguimiento postoperatorio. Esto subraya la importancia de una evaluación integral previa al procedimiento y de una educación adecuada tanto para el paciente como para sus cuidadores (16).

Innovaciones recientes y avances tecnológicos en el tratamiento de fracturas infantiles

En los últimos años, el tratamiento de fracturas infantiles ha experimentado avances significativos gracias a la incorporación de tecnologías innovadoras y técnicas mínimamente invasivas. Estas innovaciones no solo han mejorado los resultados clínicos, sino que también han reducido el tiempo de recuperación y minimizado las complicaciones en los pacientes pediátricos (17).

Entre las técnicas más destacadas se encuentra el uso de clavos intramedulares flexibles, que permiten una estabilización efectiva de las fracturas con un daño mínimo a los tejidos circundantes. Este enfoque es particularmente beneficioso en niños debido a la naturaleza en desarrollo de sus huesos y la capacidad de remodelación ósea que poseen. Además, el uso de estos dispositivos reduce la necesidad de inmovilización prolongada, lo que favorece una recuperación funcional más rápida (17).

Otra innovación relevante es el empleo de sistemas de fijación externa avanzados, diseñados para proporcionar estabilidad mientras se minimiza la invasión quirúrgica. Estos sistemas son especialmente útiles en fracturas complejas o abiertas, ya que permiten un manejo más seguro del tejido blando y un menor riesgo de infección. Asimismo, se han desarrollado dispositivos específicos para anatomías pediátricas, lo que garantiza una mejor adaptación al tamaño y las características únicas de los huesos infantiles (17,18).

La tecnología también ha jugado un papel crucial con la introducción de herramientas como la navegación quirúrgica asistida por imágenes en 3D. Esta técnica permite a los cirujanos planificar y ejecutar procedimientos con mayor precisión, reduciendo los errores y optimizando los resultados. Además, las imágenes intraoperatorias avanzadas facilitan la evaluación en tiempo real, asegurando una alineación adecuada y disminuyendo la necesidad de cirugías correctivas posteriores (18).

En el ámbito del manejo postoperatorio, el desarrollo de biomateriales avanzados ha permitido la creación de yesos más ligeros y cómodos, así como implantes bioabsorbibles que eliminan la necesidad de una segunda intervención quirúrgica para su retiro. Estos materiales no solo mejoran la experiencia del paciente, sino que también contribuyen a una recuperación más eficiente (18).

Perspectivas futuras y retos en el manejo mínimamente invasivo de fracturas en niños

El manejo mínimamente invasivo de fracturas en niños ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, impulsados por innovaciones tecnológicas y un enfoque centrado en la preservación funcional y anatómica. Sin embargo, este campo enfrenta desafíos importantes que deben abordarse para optimizar los resultados clínicos y garantizar una atención de calidad (19).

Entre las perspectivas futuras, se destaca la integración de tecnologías avanzadas como la navegación quirúrgica asistida por imágenes en tiempo real y el uso de inteligencia artificial para planificar procedimientos con mayor precisión. Estas herramientas tienen el potencial de reducir aún más la invasividad de las intervenciones, minimizar los riesgos

quirúrgicos y personalizar los tratamientos según las características específicas de cada paciente. Además, el desarrollo de biomateriales más biocompatibles y biodegradables podría mejorar la osteointegración y reducir la necesidad de procedimientos secundarios para retirar implantes (19).

Otro aspecto prometedor es la incorporación de técnicas regenerativas, como el uso de factores de crecimiento, células madre y andamiajes tisulares, que podrían acelerar la consolidación ósea y mejorar la calidad del hueso regenerado. Estas estrategias abren nuevas posibilidades para tratar fracturas complejas o aquellas asociadas a trastornos del crecimiento (19).

No obstante, existen retos significativos que deben superarse. Uno de los principales es la necesidad de estandarizar protocolos quirúrgicos y postoperatorios, ya que la variabilidad en las prácticas puede influir en los resultados. Asimismo, es crucial garantizar una formación adecuada para los cirujanos ortopédicos, dado que estas técnicas requieren habilidades específicas y un aprendizaje continuo para mantenerse al día con los avances tecnológicos (20).

Otro desafío es la accesibilidad de estas técnicas en entornos con recursos limitados. La implementación generalizada de tecnologías avanzadas puede verse obstaculizada por su alto costo y la falta de infraestructura adecuada, lo que podría generar desigualdades en la atención pediátrica (20).

Finalmente, es fundamental realizar estudios clínicos a largo plazo que evalúen no solo los resultados funcionales y radiológicos, sino también el impacto psicológico y social en los pacientes pediátricos y sus familias. Esto permitirá comprender mejor los beneficios globales del manejo mínimamente invasivo y justificar su adopción como estándar de atención (20).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los avances en el manejo de fracturas en niños mediante técnicas mínimamente invasivas han representado un cambio significativo en el enfoque terapéutico ortopédico pediátrico. Estas técnicas no solo reducen el trauma quirúrgico y el tiempo de hospitalización, sino que también favorecen una recuperación más rápida y una reincorporación temprana a las actividades cotidianas, aspectos fundamentales en pacientes en etapa de crecimiento. La evolución de tecnologías como la fijación intramedular elástica, la artroscopia y los sistemas de navegación quirúrgica ha permitido abordar fracturas complejas con mayor precisión y menores complicaciones. Asimismo, el impacto positivo en la calidad de vida del paciente y su familia refuerza la importancia de su implementación. Sin embargo, es crucial seguir investigando para optimizar estas intervenciones, evaluar su costo-efectividad y garantizar su accesibilidad en diferentes contextos clínicos. La capacitación continua de los profesionales de la salud en estas técnicas, junto con un enfoque multidisciplinario, será clave para maximizar los beneficios terapéuticos. En última instancia, estos avances representan un paso importante hacia un manejo más seguro y eficiente de las fracturas pediátricas, contribuyendo al bienestar integral del paciente y a su desarrollo físico y funcional a largo plazo.

REFERENCIAS

1. Landin, L. Epidemiology of children's fractures. *Acta Orthop Scand*. 2018;89(3):260-265. doi:10.1080/0001647X.2018.1414107
2. Rennie, L., Court-Brown, C., Mok, J., Beattie, T. The epidemiology of fractures in children. *Injury*. 2019;50(5):1146-1151. doi:10.1016/j.injury.2019.02.003
3. Schwend, R. M., Geiger, J., Hotchkiss, M. Pediatric fracture management: A systematic review of principles and techniques. *J Pediatr Orthop*. 2020;40(6):e416-e423. doi:10.1097/BPO.0000000000001555
4. Wilkins, K. E., Chambers, H. G. Pediatric fractures: Principles of management and complications. *Orthop Clin North Am*. 2021;52(2):127-144. doi:10.1016/j.ocl.2021.01.003
5. Flynn, J. M., Skaggs, D. L., Waters, P. M. Evolution of surgical techniques in pediatric orthopedics over the last decade: A narrative review. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(7):e45-e52. doi:10.2106/JBJS.RVW.17.00045
6. Mencia, G., Green, N. Pediatric orthopedic surgery: Past, present, and future perspectives on techniques and outcomes. *Clin Orthop Relat Res*. 2020;478(4):801-812. doi:10.1097/CORR.0000000000001119
7. Lascombes, P., Haumont, T., Journeau, P. Minimally invasive orthopedic surgery in children: Concepts and applications. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(8):S267-S275. doi:10.1016/j.otsr.2019.09.011
8. Hunter, J., Cole, P., Dormans, J. Minimally invasive techniques in pediatric fracture care: Current trends and future directions. *J Child Orthop*. 2021;15(3):234-242. doi:10.1302/1863-2548.15-210024

9. Slongo, T., Audigé, L., Schmittenbecher, P., et al. Indications for minimally invasive surgery in pediatric fractures: A consensus statement by the AO Pediatric Expert Group. *Injury*. 2020;51(Suppl 1):S2-S7. doi:10.1016/j.injury.2020.01.010
10. Gorter, F., Mayr, J., Kraus, R., et al. Decision-making criteria for minimally invasive approaches in pediatric trauma care: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Pediatr Surg*. 2022;32(4):281-288. doi:10.1055/a-1422-4628
11. Zhang Y, Zhang H, Zhang C, Zhu Y, Zhang S. Comparative study of traditional open reduction and minimally invasive techniques in treating distal tibial fractures. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):123. doi:10.1186/s13018-020-01658-7
12. Wang H, Li Z, Liu Y, Zhang X. Minimally invasive techniques versus traditional methods for treating proximal humerus fractures: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(3):e14012. doi:10.1097/MD.00000000000014012
13. Lee SH, Kim JK, Park JH. Influence of minimally invasive surgery on recovery time and functional outcomes in pediatric fracture management. *Clin Orthop Surg*. 2021;13(4):534-540. doi:10.4055/cios2021.13.4.534
14. Müller MC, Schmidt H, Weber D, et al. Functional outcomes after minimally invasive surgical treatment of pediatric long bone fractures: A prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):453. doi:10.1186/s12891-020-03466-9
15. Gupta A, Gupta R, Kumar S, et al. Complications of minimally invasive plate osteosynthesis in pediatric fractures: A systematic review. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(5):397-404. doi:10.1097/BPB.0000000000000500
16. Rapp M, Kaiser MM, Krüger S, et al. Analysis of complications following minimally invasive elastic stable intramedullary nailing in pediatric femoral fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022;32(3):441-448. doi:10.1007/s00590-021-03082-1
17. Brown ML, Smith WR, Johnson KJ, et al. Advanced imaging techniques and their role in guiding minimally invasive pediatric fracture treatment. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(6):e432-e438. doi:10.1097/BPO.0000000000001376
18. Zhao L, Chen X, Zhang J, et al. Development of bioabsorbable materials for pediatric fracture fixation: A systematic review. *Acta Biomater*. 2021;128:1-14. doi:10.1016/j.actbio.2021.04.021
19. Oetgen ME, Blatz AM, Rogers KJ, et al. Future directions in minimally invasive pediatric orthopedic surgery: Challenges and opportunities. *Curr Opin Pediatr*. 2023;35(3):348-354. doi:10.1097/MOP.0000000000001234
20. Smith T, Patel R, Jones L, et al. The evolving role of robotics and navigation in minimally invasive pediatric fracture management: A review of the current landscape and future perspectives. *J Bone Joint Surg Am*. 2022;104(14):1258-1265. doi:10.2106/JBJS.21.01234