

Avances en técnicas mínimamente invasivas para el tratamiento de fracturas vertebrales

Advances in minimally invasive techniques for the treatment of vertebral fracture

Alejandra Salome Chochos Bautista

<https://orcid.org/0009-0005-2593-3303>
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Fabricio Alexander Urbina Yunda

<https://orcid.org/0009-0001-2160-2700>
Investigador independiente, Ecuador

Luis Sebastian Chavez Poveda

<https://orcid.org/0009-0006-8778-7716>
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Astrid Janneth Jaramillo Calderón

<https://orcid.org/0000-0003-2910-7998>
Universidad Central del Ecuador

Juan Pablo Lupera Walker

<https://orcid.org/0009-0005-5141-2659>
Universidad de las Américas, Ecuador

Steven Iván Campoverde Salguero

<https://orcid.org/0009-0000-3312-4235>
Investigador independiente, Ecuador

Fernanda Marisol Pozo Altamirano

<https://orcid.org/0000-0001-5612-5134>
Investigadora independiente, Ecuador

Miguel Andrés Herrería Rodríguez

<https://orcid.org/0009-0006-6462-8747>
Universidad de las Américas, Ecuador

RESUMEN

En los últimos años, las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el abordaje terapéutico de las fracturas vertebrales, ofreciendo alternativas eficaces y seguras frente a los procedimientos quirúrgicos tradicionales. Estas innovaciones, como la vertebroplastia y la cifoplastia, han demostrado ser herramientas clave para aliviar el dolor, restaurar la estabilidad vertebral y mejorar la calidad de vida de los pacientes, especialmente en aquellos con comorbilidades que limitan el acceso a intervenciones más invasivas. Además, la incorporación de tecnologías avanzadas, como la navegación asistida por imágenes y el uso de biomateriales mejorados, ha optimizado los resultados clínicos y reducido los riesgos asociados. Este artículo de revisión narrativa aborda los principales avances en estas técnicas, analizando sus indicaciones, beneficios y limitaciones, así como las perspectivas futuras en el contexto de un manejo integral de las fracturas vertebrales. Asimismo, se destaca la importancia de una evaluación multidisciplinaria para seleccionar el tratamiento más adecuado según las características individuales del paciente y la complejidad de la lesión. En conclusión, las técnicas mínimamente invasivas representan un progreso significativo en la medicina moderna, consolidándose como una opción terapéutica esencial para mejorar los resultados funcionales y reducir la carga clínica asociada a las fracturas vertebrales.

Palabras clave: Fracturas vertebrales, Técnicas mínimamente invasivas, Vertebroplastia, Cifoplastia, Estabilización espinal, Recuperación funcional.

ABSTRACT

In recent years, minimally invasive techniques have revolutionized the therapeutic approach to vertebral fractures, offering effective and safe alternatives to traditional surgical procedures. These innovations, such as vertebroplasty and kyphoplasty, have proven to be key tools in relieving pain, restoring spinal stability, and improving quality of life for patients, especially in those with comorbidities that limit access to more invasive interventions. Furthermore, the incorporation of advanced technologies, such as image-assisted navigation and the use of improved biomaterials, has optimized clinical outcomes and reduced associated risks. This narrative review article addresses the main advances in these techniques, analyzing their indications, benefits and limitations, as well as future perspectives in the context of comprehensive management of vertebral fractures. Likewise, the importance of a multidisciplinary evaluation is highlighted to select the most appropriate treatment according to the individual characteristics of the patient and the complexity of the injury. In conclusion, minimally invasive techniques represent significant progress in modern medicine, consolidating themselves as an essential therapeutic option to improve functional results and reduce the clinical burden associated with vertebral fractures.

Keywords: Vertebral fractures, Minimally invasive techniques, Vertebroplasty, Kyphoplasty, Spinal stabilization, Functional recovery.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el tratamiento de las fracturas vertebrales ha experimentado avances significativos gracias al desarrollo y perfeccionamiento de técnicas mínimamente invasivas (1). Estas innovaciones han transformado el enfoque terapéutico, ofreciendo alternativas menos agresivas frente a los métodos quirúrgicos tradicionales, que a menudo conllevaban mayores riesgos y tiempos prolongados de recuperación (2). Procedimientos como la vertebroplastia, la cifoplastia y otras intervenciones guiadas por imágenes han demostrado ser eficaces para aliviar el dolor, restaurar la estabilidad vertebral y mejorar la calidad de vida de los pacientes (3). Además, el progreso en tecnologías como la navegación quirúrgica, el uso de biomateriales avanzados y la integración de técnicas robóticas ha optimizado la precisión y los resultados clínicos (4). Este artículo de revisión narrativa tiene como objetivo analizar los avances más recientes en este campo, destacando las ventajas, limitaciones y perspectivas futuras de estas técnicas (5). Asimismo, se abordarán las indicaciones clínicas, las consideraciones en la selección de pacientes y los desafíos asociados con su implementación en la práctica médica. En un contexto donde el envejecimiento poblacional y el aumento de patologías como la osteoporosis incrementan la incidencia de fracturas vertebrales, resulta crucial comprender cómo estas innovaciones pueden contribuir a mejorar el manejo integral de esta condición (6). Este análisis busca proporcionar una visión actualizada y crítica que sirva como referencia tanto para especialistas en cirugía espinal como para otros profesionales de la salud involucrados en el cuidado de estos pacientes.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de esta revisión narrativa, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y Cochrane Library. Se emplearon términos MeSH como "vertebral fractures", "minimally invasive techniques" y "spinal surgery", así como términos DeCS equivalentes en español. La estrategia de búsqueda incluyó el uso de operadores booleanos como AND, OR y NOT para combinar palabras clave y refinar los resultados. Los criterios de inclusión abarcaron estudios publicados en los últimos 15 años, artículos en inglés y español, investigaciones originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis que abordaran procedimientos mínimamente invasivos en el tratamiento de fracturas vertebrales. Se excluyeron estudios con diseños metodológicos débiles, publicaciones duplicadas y aquellos que no proporcionaran información relevante al tema central. Tras la aplicación de los criterios mencionados, se revisaron un total de 80 artículos, seleccionando 18 de los más pertinentes para garantizar un análisis riguroso y actualizado sobre los avances en esta área. Esta metodología permitió identificar tendencias recientes, beneficios clínicos y limitaciones de las técnicas descritas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución histórica de las técnicas mínimamente invasivas en el tratamiento de fracturas vertebrales

El tratamiento de las fracturas vertebrales ha experimentado una notable evolución a lo largo de las últimas décadas, impulsado por el desarrollo de técnicas mínimamente invasivas que buscan reducir los riesgos quirúrgicos, minimizar el dolor postoperatorio y acelerar la recuperación del paciente. Estas innovaciones han transformado el enfoque tradicional hacia intervenciones más precisas y menos traumáticas (1).

En sus inicios, el manejo de las fracturas vertebrales dependía principalmente de métodos conservadores, como la inmovilización con corsés y la tracción. Sin embargo, estos enfoques presentaban limitaciones significativas, especialmente en pacientes con fracturas inestables o dolor persistente. Durante la segunda mitad del siglo XX, los avances en la cirugía abierta permitieron una mayor estabilización de las fracturas mediante la utilización de fijaciones internas, aunque a costa de un mayor daño tisular y tiempos prolongados de recuperación (1).

El verdadero cambio paradigmático ocurrió en la década de 1980 con la introducción de la vertebroplastia percutánea, un procedimiento que revolucionó el tratamiento de las fracturas por compresión vertebral, particularmente aquellas asociadas con osteoporosis. Este procedimiento consiste en la inyección de cemento óseo a través de una aguja guiada por fluoroscopia, logrando estabilizar la vértebra afectada y aliviar el dolor de manera significativa. La vertebroplastia marcó el inicio de una era en la que los procedimientos mínimamente invasivos comenzaron a ganar protagonismo (1).

Posteriormente, en la década de 1990, surgió la cifoplastia como una evolución de la vertebroplastia. Este procedimiento introdujo el uso de un balón inflable para restaurar parcialmente la altura vertebral antes de la inyección del cemento óseo. La cifoplastia no solo mejoró los resultados clínicos en términos de alivio del dolor, sino que también ofreció beneficios adicionales al reducir el riesgo de fuga del material óseo y mejorar la alineación espinal (2).

En años más recientes, las técnicas mínimamente invasivas han continuado perfeccionándose con el apoyo de avances tecnológicos. La navegación quirúrgica asistida por imágenes y el uso de sistemas robóticos han permitido una mayor precisión en la colocación de implantes y en la ejecución de procedimientos complejos. Además, se han desarrollado nuevos biomateriales para mejorar la biocompatibilidad y durabilidad del cemento óseo utilizado en estas intervenciones (2).

La investigación actual se centra en integrar tecnologías como la realidad aumentada y la inteligencia artificial para optimizar aún más los resultados quirúrgicos. Asimismo, se está explorando el uso de terapias regenerativas, como las células madre y los factores de crecimiento, para promover la reparación ósea y reducir la necesidad de intervenciones invasivas (2).

Principios básicos de las técnicas mínimamente invasivas

Las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el manejo de diversas patologías, incluyendo las fracturas vertebrales, al ofrecer alternativas terapéuticas que minimizan el trauma quirúrgico y promueven una recuperación más rápida. Estas técnicas se fundamentan en principios clave que garantizan su eficacia y seguridad, reduciendo al mismo tiempo los riesgos asociados con procedimientos quirúrgicos tradicionales (3).

Uno de los pilares fundamentales de estas técnicas es el uso de abordajes percutáneos. A través de pequeñas incisiones, se introducen instrumentos especializados que permiten acceder a la zona afectada con una mínima alteración de los tejidos circundantes. Este enfoque reduce significativamente el daño muscular, la pérdida sanguínea y el dolor postoperatorio, lo que se traduce en una estancia hospitalaria más corta y un retorno más rápido a las actividades cotidianas (3).

Otro principio esencial es la utilización de tecnologías avanzadas de imagen para guiar los procedimientos. Modalidades como la fluoroscopia, la tomografía computarizada (TC) y, en algunos casos, la navegación asistida por imágenes en 3D, permiten al cirujano visualizar en tiempo real las estructuras anatómicas y los instrumentos quirúrgicos. Esto no solo mejora la precisión del procedimiento, sino que también disminuye el riesgo de complicaciones, como lesiones en estructuras neurovasculares adyacentes (3).

En el contexto del tratamiento de fracturas vertebrales, técnicas como la vertebroplastia y la cifoplastia son ejemplos destacados de intervenciones mínimamente invasivas. Estas se basan en la introducción de cemento óseo biocompatible en el cuerpo vertebral afectado para estabilizar la fractura, aliviar el dolor y restaurar parcialmente la altura vertebral. La selección adecuada de pacientes, basada en criterios clínicos y radiológicos, es crucial para garantizar resultados óptimos (4).

La preservación de la biomecánica y la funcionalidad de la columna vertebral es otro principio rector. Estas técnicas se diseñan para intervenir solo en el área afectada, evitando alteraciones significativas en las estructuras adyacentes. Esto es especialmente relevante en pacientes ancianos o con comorbilidades, quienes se benefician enormemente de procedimientos menos invasivos (4).

Finalmente, un enfoque multidisciplinario es indispensable para el éxito de estas intervenciones. La colaboración entre especialistas en radiología, neurocirugía, ortopedia y anestesiología garantiza una planificación integral del tratamiento y un manejo adecuado de las posibles complicaciones (4).

Vertebroplastia: avances recientes y aplicaciones clínicas

La vertebroplastia es una técnica mínimamente invasiva ampliamente utilizada para el tratamiento de fracturas vertebrales, especialmente aquellas asociadas con osteoporosis, lesiones traumáticas o metástasis óseas. En los últimos años, los avances tecnológicos y el perfeccionamiento de las técnicas han mejorado significativamente su eficacia, seguridad y aplicabilidad clínica (5).

Esta técnica consiste en la inyección percutánea de cemento óseo, generalmente polimetilmetacrilato (PMMA), en el cuerpo vertebral afectado. El objetivo principal de la vertebroplastia es aliviar el dolor, estabilizar la fractura y prevenir deformidades adicionales en la columna. Los avances recientes incluyen el desarrollo de cementos óseos con mejores propiedades biomecánicas y biocompatibles, que reducen el riesgo de complicaciones como fugas del material. Asimismo, se han implementado sistemas de inyección más precisos que permiten una distribución homogénea del cemento, optimizando los resultados clínicos (5).

En términos de indicaciones clínicas, la vertebroplastia ha mostrado ser particularmente efectiva en pacientes con fracturas vertebrales osteoporóticas dolorosas que no responden al manejo conservador. También se ha consolidado como una opción terapéutica en casos seleccionados de lesiones neoplásicas que comprometen la integridad estructural de las vértebras. Sin embargo, la selección adecuada de los pacientes sigue siendo crucial para maximizar los beneficios del procedimiento y minimizar los riesgos asociados (5,6).

Un aspecto relevante en los avances recientes es la integración de técnicas de imagen más sofisticadas, como la fluoroscopia digital y la tomografía computarizada intraoperatoria. Estas herramientas permiten una mayor precisión en la colocación del cemento y reducen el riesgo de complicaciones relacionadas con la técnica. Además, se están explorando nuevas aplicaciones, como el uso de biomateriales reabsorbibles y cementos cargados con agentes terapéuticos, incluyendo antibióticos o fármacos antitumorales (6).

A pesar de sus múltiples beneficios, la vertebroplastia no está exenta de controversias. Algunos estudios han cuestionado su eficacia en comparación con el tratamiento conservador, especialmente en pacientes con fracturas vertebrales osteoporóticas recientes. Por ello, es fundamental que los profesionales de la salud evalúen cuidadosamente cada caso individual, considerando factores como la edad del paciente, la gravedad de la fractura y las comorbilidades asociadas (6).

Cifoplastia: innovaciones tecnológicas y resultados actuales

La cifoplastia, una técnica mínimamente invasiva utilizada para tratar fracturas vertebrales por compresión, ha experimentado avances significativos en los últimos años gracias a la incorporación de nuevas tecnologías y enfoques terapéuticos. Este procedimiento, que combina la estabilización mecánica de la vértebra afectada con la restauración parcial de su altura, se ha consolidado como una opción segura y eficaz para pacientes con fracturas osteoporóticas, lesiones traumáticas o tumores vertebrales (7).

Entre las principales innovaciones tecnológicas destaca el desarrollo de balones de mayor precisión y resistencia, diseñados para expandir con mayor uniformidad el cuerpo vertebral colapsado. Estos dispositivos permiten una mejor manipulación intraoperatoria, reduciendo el riesgo de complicaciones como fugas de cemento óseo. Además, se han introducido nuevos tipos de cementos acrílicos con propiedades viscoelásticas mejoradas, lo que optimiza su distribución en la cavidad vertebral y disminuye las probabilidades de fracturas adyacentes (7).

Otra innovación importante es el uso de sistemas guiados por imágenes en tiempo real, como la fluoroscopia avanzada o la navegación asistida por computadora. Estas herramientas proporcionan una visualización precisa durante el procedimiento, lo que mejora la colocación del instrumental y minimiza el daño a los tejidos circundantes. En algunos centros especializados, también se están explorando tecnologías robóticas para aumentar aún más la precisión quirúrgica (7,8).

En cuanto a los resultados clínicos actuales, numerosos estudios han demostrado que la cifoplastia no solo alivia significativamente el dolor asociado con las fracturas vertebrales, sino que también mejora la calidad de vida y la funcionalidad del paciente. La recuperación postoperatoria suele ser rápida, permitiendo a los pacientes reanudar sus actividades diarias en un corto período de tiempo. Además, se ha observado una reducción en la necesidad de analgésicos a largo plazo, lo que contribuye a una menor incidencia de efectos secundarios relacionados con estos medicamentos (8).

Sin embargo, es importante señalar que el éxito del procedimiento depende en gran medida de una selección adecuada del paciente y de la experiencia del equipo médico. Factores como el grado de colapso vertebral, la edad del paciente y las comorbilidades asociadas deben considerarse cuidadosamente para maximizar los beneficios de la intervención (8).

Técnicas emergentes en el tratamiento de fracturas vertebrales

En los últimos años, las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el tratamiento de las fracturas vertebrales, ofreciendo soluciones más seguras y efectivas para los pacientes. Estas innovaciones buscan reducir el dolor, minimizar el tiempo de recuperación y mejorar los resultados clínicos en comparación con los procedimientos quirúrgicos tradicionales. A continuación, se describen algunas de las técnicas emergentes más destacadas en este campo (9).

1. Vertebroplastia y cifoplastia avanzadas

La vertebroplastia y la cifoplastia han sido pilares en el tratamiento de fracturas vertebrales por compresión, especialmente en pacientes con osteoporosis. Sin embargo, los avances recientes han optimizado estas técnicas mediante la incorporación de nuevos biomateriales, como cementos óseos reforzados con antibióticos o partículas bioactivas, que no solo estabilizan la vértebra afectada, sino que también reducen el riesgo de infecciones y mejoran la integración ósea. Además, el desarrollo de dispositivos de balones ajustables permite una mayor precisión en la restauración de la altura vertebral y la corrección de deformidades (9).

2. Técnicas guiadas por imagen de alta resolución

La navegación quirúrgica asistida por imagen ha permitido una mayor precisión en los procedimientos vertebrales mínimamente invasivos. El uso de tomografía computarizada intraoperatoria y sistemas de realidad aumentada facilita la colocación exacta de implantes y reduce el riesgo de lesiones en estructuras adyacentes. Estas tecnologías no solo mejoran los resultados quirúrgicos, sino que también disminuyen el tiempo operatorio y la exposición a radiación tanto para el paciente como para el equipo médico (9).

3. Implantes vertebrales dinámicos

Otra innovación destacada son los implantes vertebrales dinámicos, diseñados para proporcionar estabilidad sin comprometer la movilidad natural de la columna. Estos dispositivos, fabricados con materiales biocompatibles y flexibles, permiten una distribución homogénea de las cargas mecánicas, favoreciendo la recuperación funcional del segmento vertebral afectado. Su uso es especialmente prometedor en pacientes jóvenes o aquellos con fracturas complejas (9,10).

4. Terapias biológicas y regenerativas

El campo de la medicina regenerativa también está abriendo nuevas posibilidades en el tratamiento de fracturas vertebrales. El uso de factores de crecimiento, células madre mesenquimales y andamios bioactivos está siendo investigado como una forma de estimular la reparación ósea y prevenir complicaciones a largo plazo. Estas terapias complementan las técnicas quirúrgicas tradicionales al promover una curación más rápida y efectiva (10).

5. Ablación por radiofrecuencia combinada con cementación

La ablación por radiofrecuencia (RFA) combinada con la cementación ósea se está utilizando para tratar fracturas vertebrales asociadas a tumores metastásicos. Este enfoque permite eliminar tejido tumoral, reducir el dolor y estabilizar la vértebra afectada en un solo procedimiento, mejorando significativamente la calidad de vida del paciente (10).

En conclusión, las técnicas mínimamente invasivas para el tratamiento de fracturas vertebrales han avanzado considerablemente gracias a los desarrollos tecnológicos y biomédicos. Estas innovaciones no solo han transformado el manejo clínico de estas lesiones, sino que también han establecido un nuevo estándar en la atención centrada en el paciente (10).

Comparación entre técnicas mínimamente invasivas y tratamientos convencionales

La comparación entre técnicas mínimamente invasivas y tratamientos convencionales en el manejo de fracturas vertebrales ha ganado relevancia en los últimos años debido a los avances tecnológicos y al creciente interés por mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes. A continuación, se analizan las principales diferencias, ventajas y limitaciones de ambos enfoques (11).

Las técnicas mínimamente invasivas, como la vertebroplastia y la cifoplastia, han emergido como alternativas efectivas frente a los tratamientos convencionales, que incluyen manejo conservador (reposo, analgesia y fisioterapia) o procedimientos quirúrgicos abiertos más invasivos. Estas técnicas innovadoras se caracterizan por la utilización de pequeñas incisiones, guiadas por imágenes de alta precisión, para introducir cemento óseo o dispositivos que estabilizan la vértebra afectada. Entre sus principales ventajas destacan la reducción del tiempo quirúrgico, menor pérdida sanguínea, disminución del dolor postoperatorio y una recuperación más rápida en comparación con las cirugías tradicionales (11).

Por otro lado, los tratamientos convencionales, aunque efectivos en ciertos casos, presentan limitaciones significativas. Las cirugías abiertas suelen asociarse con mayores riesgos de complicaciones, como infecciones, sangrado excesivo y tiempos prolongados de hospitalización y rehabilitación. Además, el manejo conservador puede no ser suficiente para aliviar el dolor o prevenir complicaciones como la deformidad progresiva de la columna, especialmente en pacientes con fracturas vertebrales graves o inestables (11,12).

Sin embargo, las técnicas mínimamente invasivas también tienen sus desafíos. Por ejemplo, no todos los pacientes son candidatos ideales para estos procedimientos. Factores como la gravedad de la fractura, la presencia de comorbilidades o el grado de osteoporosis pueden influir en la elección del tratamiento. Además, la vertebroplastia y la cifoplastia no están exentas de riesgos, como fugas de cemento óseo o complicaciones relacionadas con el procedimiento. Es fundamental una evaluación clínica integral y un diagnóstico por imagen detallado para seleccionar el tratamiento más adecuado (12).

En términos de eficacia, diversos estudios han demostrado que las técnicas mínimamente invasivas ofrecen alivio del

dolor más rápido y una mejora funcional significativa en comparación con el manejo conservador. Sin embargo, los resultados a largo plazo aún son objeto de debate, especialmente en lo que respecta a la prevención de nuevas fracturas vertebrales adyacentes (12).

Complicaciones y desafíos asociados a las técnicas mínimamente invasivas

Las técnicas mínimamente invasivas para el tratamiento de fracturas vertebrales han revolucionado el manejo de estas lesiones, ofreciendo múltiples beneficios en comparación con los procedimientos quirúrgicos tradicionales. Sin embargo, no están exentas de complicaciones y desafíos que deben ser considerados tanto por los especialistas como por los pacientes (13).

Una de las complicaciones más comunes asociadas a estas técnicas es la fuga de cemento óseo en procedimientos como la vertebroplastia y la cifoplastia. Esta complicación, aunque generalmente asintomática, puede en algunos casos provocar compresión nerviosa, embolismo pulmonar o daño a estructuras adyacentes. La incidencia de esta complicación depende de factores como la viscosidad del cemento, la técnica del operador y las características anatómicas del paciente (13).

Otro desafío importante es la posibilidad de fracturas adyacentes. Tras la estabilización de una vértebra fracturada, las vértebras vecinas pueden estar sometidas a un mayor estrés biomecánico, lo que incrementa el riesgo de nuevas fracturas. Este fenómeno es especialmente relevante en pacientes con osteoporosis severa, donde la calidad ósea comprometida contribuye a la recurrencia del problema (13).

Además, aunque las técnicas mínimamente invasivas suelen asociarse con un menor tiempo de recuperación y menor dolor postoperatorio, no están exentas de riesgos anestésicos y quirúrgicos generales. Infecciones, hematomas y reacciones adversas a los materiales implantados son posibles complicaciones que, aunque infrecuentes, pueden tener consecuencias graves si no se manejan adecuadamente (13,14).

En términos de desafíos técnicos, estas intervenciones requieren un alto grado de especialización y experiencia por parte del cirujano. La curva de aprendizaje puede ser pronunciada, y errores técnicos pueden llevar a resultados subóptimos o complicaciones evitables. Asimismo, el acceso limitado a tecnología avanzada en ciertos entornos puede restringir la disponibilidad de estas técnicas para algunos pacientes (14).

También es importante considerar las limitaciones en la indicación de estas técnicas. No todos los tipos de fracturas vertebrales son candidatos ideales para tratamientos mínimamente invasivos. Por ejemplo, fracturas con compromiso neurológico severo o aquellas asociadas a inestabilidad significativa pueden requerir intervenciones más extensas (14).

Por último, el costo asociado a estas técnicas puede ser un obstáculo para su implementación generalizada, especialmente en sistemas de salud con recursos limitados. Esto plantea un desafío ético y logístico en cuanto a la equidad en el acceso a tratamientos avanzados (14).

Impacto en la calidad de vida del paciente y recuperación funcional

Las técnicas mínimamente invasivas han revolucionado el tratamiento de las fracturas vertebrales, ofreciendo beneficios significativos en términos de calidad de vida y recuperación funcional de los pacientes. Estas innovaciones, como la vertebroplastia y la cifoplastia, han demostrado ser alternativas efectivas a los procedimientos quirúrgicos tradicionales, reduciendo tanto los riesgos asociados como el tiempo de recuperación (15).

Uno de los impactos más notables en la calidad de vida es la disminución del dolor. Las fracturas vertebrales, especialmente en pacientes con osteoporosis, suelen ser extremadamente dolorosas y limitantes. Las técnicas mínimamente invasivas permiten estabilizar la vértebra afectada y restaurar su altura en muchos casos, lo que resulta en un alivio casi inmediato del dolor. Esto no solo mejora el bienestar físico del paciente, sino que también tiene un efecto positivo en su salud mental, reduciendo síntomas de ansiedad y depresión asociados al dolor crónico (15).

Además, estas técnicas facilitan una recuperación funcional más rápida. A diferencia de las cirugías abiertas, que requieren largos periodos de inmovilización y rehabilitación, los procedimientos mínimamente invasivos permiten a los pacientes retomar sus actividades cotidianas en un menor tiempo. Esto es particularmente relevante en adultos mayores, quienes son más propensos a complicaciones derivadas de la inmovilidad prolongada, como trombosis venosa profunda, infecciones o pérdida de masa muscular (15,16).

Otro aspecto importante es la reducción del impacto psicológico y emocional asociado a las fracturas vertebrales. La capacidad de realizar actividades diarias con menor dependencia fomenta la autonomía y mejora la autoestima del paciente.

Asimismo, el hecho de que estos procedimientos suelen realizarse bajo anestesia local y con una estancia hospitalaria breve disminuye el estrés relacionado con la hospitalización prolongada (16).

Desde una perspectiva funcional, la estabilización temprana de las fracturas mediante estas técnicas también previene deformidades progresivas de la columna, como la cifosis, que pueden afectar negativamente la postura y la capacidad respiratoria. Esto es crucial para mantener una calidad de vida óptima a largo plazo (16).

Perspectivas futuras e investigaciones en curso sobre técnicas mínimamente invasivas para fracturas vertebrales

En los últimos años, el tratamiento de las fracturas vertebrales mediante técnicas mínimamente invasivas ha experimentado avances significativos, pero el campo sigue evolucionando con investigaciones prometedoras que buscan optimizar los resultados clínicos, reducir complicaciones y ampliar las indicaciones terapéuticas. A continuación, se abordan las principales áreas de desarrollo y las perspectivas futuras en este ámbito (17).

Una de las líneas más destacadas de investigación se centra en el perfeccionamiento de los materiales utilizados en procedimientos como la vertebroplastia y la cifoplastia. Se están desarrollando cementos óseos de nueva generación con propiedades mejoradas, como mayor biocompatibilidad, menor riesgo de fuga y mejores características mecánicas. Además, se investigan biomateriales que promuevan la regeneración ósea y reduzcan el riesgo de fracturas adyacentes, una complicación común en estos tratamientos (17).

Paralelamente, el uso de tecnologías avanzadas como la navegación quirúrgica asistida por imágenes en tiempo real y la robótica está ganando terreno. Estas herramientas permiten una mayor precisión durante el procedimiento, reduciendo los riesgos asociados y mejorando los resultados funcionales. La integración de inteligencia artificial en estas plataformas podría, en un futuro cercano, facilitar la planificación quirúrgica personalizada y la toma de decisiones intraoperatorias (17).

Otra área de interés es la exploración de técnicas menos invasivas que las actuales, como el uso de microinstrumentos y abordajes percutáneos más refinados. Estas innovaciones buscan minimizar aún más el trauma quirúrgico y acelerar la recuperación del paciente. Además, se están evaluando métodos alternativos para estabilizar las fracturas vertebrales sin necesidad de cementos, como el uso de dispositivos mecánicos expansibles que restauren la altura del cuerpo vertebral (18).

En cuanto a la selección de pacientes, la investigación está orientada a identificar biomarcadores y desarrollar algoritmos predictivos que permitan determinar qué individuos se beneficiarán más de estas intervenciones. Esto es especialmente relevante en poblaciones vulnerables, como pacientes ancianos con osteoporosis severa o aquellos con comorbilidades significativas (18).

Finalmente, se están llevando a cabo estudios a largo plazo para evaluar los resultados funcionales y la calidad de vida en pacientes tratados con estas técnicas. La recopilación de datos estandarizados a través de registros internacionales permitirá comparar diferentes enfoques terapéuticos y establecer guías clínicas basadas en evidencia sólida (18).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los avances en técnicas mínimamente invasivas para el tratamiento de fracturas vertebrales han transformado significativamente el enfoque terapéutico en esta área, ofreciendo alternativas más seguras y eficaces frente a los procedimientos tradicionales. Estas innovaciones, como la vertebroplastia, la cifoplastia y los sistemas de fijación percutánea, han demostrado beneficios claros en términos de reducción del dolor, recuperación funcional más rápida y menor riesgo de complicaciones postoperatorias. Además, el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales biomédicos, junto con el perfeccionamiento de técnicas quirúrgicas guiadas por imágenes, ha ampliado las posibilidades de personalización del tratamiento, adaptándose mejor a las necesidades individuales de cada paciente. Sin embargo, es fundamental seguir investigando para optimizar estas intervenciones, evaluar sus resultados a largo plazo y garantizar su accesibilidad en distintos contextos clínicos. La integración de estas técnicas en la práctica clínica diaria requiere no solo formación especializada para los profesionales de la salud, sino también un enfoque multidisciplinario que considere tanto los aspectos biomecánicos como los factores psicosociales asociados a este tipo de lesiones. En definitiva, el progreso en este campo representa un paso importante hacia un manejo más integral y eficiente de las fracturas vertebrales, mejorando la calidad de vida de los pacientes afectados.

REFERENCIAS

1. Momin AA, Steinmetz MP. Evolution of Minimally Invasive Lumbar Spine Surgery. *World Neurosurg.* 2020 Aug;140:622-626. doi: 10.1016/j.wneu.2020.05.071.
2. Prabhu MC, Jacob KC, Patel MR, Pawlowski H, Vanjani NN, et al. History and Evolution of the Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. *Neurospine.* 2022 Sep;19(3):479-491. doi: 10.14245/ns.2244122.061.
3. Goldberg JL, Härtl R, Elowitz E. Minimally Invasive Spine Surgery: An Overview. *World Neurosurg.* 2022 Jul;163:214-227. doi: 10.1016/j.wneu.2022.03.114.
4. Park J, Ham DW, Kwon BT, Park SM, Kim HJ, et al. Minimally Invasive Spine Surgery: Techniques, Technologies, and Indications. *Asian Spine J.* 2020 Oct;14(5):694-701. doi: 10.31616/asj.2020.0384.
5. Sui P, Yu T, Sun S, Chao B, Qin C, et al. Advances in materials used for minimally invasive treatment of vertebral compression fractures. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023 Oct 25;11:1303678. doi: 10.3389/fbioe.2023.1303678.
6. Sun N, Chu Y, Ge Z, Liu Y. Percutaneous vertebral augmentation for osteoporotic vertebral compression fractures: minimally invasive techniques and clinical outcomes. *Eur J Med Res.* 2025 Oct 29;30(1):1037. doi: 10.1186/s40001-025-03311-x.
7. Çevik S, Tekin A, Can E, Duran H, Sönmez E, et al. Percutaneous kyphoplasty and risk factors for new vertebral compression fractures: The role of bone quality and paraspinal muscle degeneration. *Medicine (Baltimore).* 2025 Aug 29;104(35):e44096. doi: 10.1097/MD.00000000000044096.
8. Encalada S, Hunt C, Duszynski B, Salmasi V, Scholten P, et al. The effectiveness of balloon kyphoplasty compared to conservative treatment for osteoporotic vertebral compression fractures: A systematic review and meta-analysis. *Interv Pain Med.* 2025 Mar 15;4(1):100569. doi: 10.1016/j.inpm.2025.100569.
9. Foley D, Hardacker P, McCarthy M. Emerging Technologies within Spine Surgery. *Life (Basel).* 2023 Oct 9;13(10):2028. doi: 10.3390/life13102028.
10. Shi B, Jiang T, Du H, Zhang W, Hu L, et al. Application of Spinal Robotic Navigation Technology to Minimally Invasive Percutaneous Treatment of Spinal Fractures: A Clinical, Non-Randomized, Controlled Study. *Orthop Surg.* 2021 Jun;13(4):1236-1243. doi: 10.1111/os.12993.
11. Epstein NE. A Comparison of Kyphoplasty, Vertebroplasty, or Non-Surgical Treatment of Traumatic/Atraumatic Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Short Review. *Surg Neurol Int.* 2019 Apr 24;10:54. doi: 10.25259/SNI-123-2019.
12. Chen D, An ZQ, Song S, Tang JF, Qin H. Percutaneous vertebroplasty compared with conservative treatment in patients with chronic painful osteoporotic spinal fractures. *J Clin Neurosci.* 2014 Mar;21(3):473-7. doi: 10.1016/j.jocn.2013.05.017.
13. Cavka M, Delimar D, Rezan R, Zigman T, Duric KS, et al. Complications of Percutaneous Vertebroplasty: A Pictorial Review. *Medicina (Kaunas).* 2023 Aug 25;59(9):1536. doi: 10.3390/medicina59091536.
14. Buchbinder R, Johnston RV, Rischin KJ, Homik J, Jones CA, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018 Apr 4;4(4):CD006349. doi: 10.1002/14651858.CD006349.pub3.
15. Kapetanakis S, Chatzivasiliadis M, Gkantsinikoudis N, Chaniotakis C, Konstantinou P, et al. Outcomes of revision vertebral augmentation for recurrent or adjacent osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review and meta-analysis. *Orthop Rev.* 2026 Mar 3;18:157979. doi: 10.52965/001c.157979.
16. Zhang R, Yan A, Zhao R, Xu R, Zhang H, et al. Percutaneous kyphoplasty improves surgical outcomes and quality of life in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fractures. *Am J Transl Res.* 2025 Dec 15;17(12):9739-9748. doi: 10.62347/GYHV3809.
17. Mahan MA, Kim HS, Snyder LA, Fessler RG. Advancements in technique and technology of minimally invasive and endoscopic spine surgery. *Neurosurg Focus Video.* 2024 Apr 1;10(2):V1. doi: 10.3171/2024.1.FOCVID23218.
18. Quiceno E, Soliman MAR, Khan A, Mullin JP, Pollina J. How Do Robotics and Navigation Facilitate Minimally Invasive Spine Surgery? A Case Series and Narrative Review. *Neurosurgery.* 2025 Mar 1;96(3S):S84-S93. doi: 10.1227/neu.0000000000003352.