

Tratamiento del dolor radicular lumbar ¿Cual es el mejor abordaje del ganglio de la raiz dorsal?

Dr. Celso Fretes Ramírez¹,
Dr. Marco Antonio Narváez Tamayo²

Referencias

¹ Médico Neurocirujano. Especialista en Cirugía espinal de mínima invasión. Centro de Medicina del Dolor y Cirugía de Columna. Instituto Randall. Asunción-Paraguay

² Médico Anestesiólogo. Especialista en Medicina del Dolor e Intervencionismo. Centro de Medicina del Dolor y Cirugía de Columna. Instituto Randall. Asunción, Paraguay

Título en inglés

Lumbosacral radicular pain treatment: which is the best approach for the Dorsal Root Ganglion.

Correspondencia

Dr. Celso Fretes Ramírez

Correo electrónico

celsofretes@institutorandall.com

Resumen

Introducción: El ganglio de la raíz dorsal (GRD) es un generador clave de descargas ectópicas en la radiculopatía lumbar, razón por la que se convierte en un blanco terapéutico a ser utilizado en los principales procedimientos para el dolor neuropático radicular lumbar, como son, el Bloqueo foraminal lumbar y la Termo Ablación con radiofrecuencia pulsada del GRD.

Objetivo: Comparar seguridad y eficacia del abordaje subpedicular (Bogduk) versus infraneural (triángulo de Kambin) en el bloqueo foraminal lumbar.

Métodos: Revisión narrativa de anatomía, técnica y series clínicas (2011–2025).

Resultados: Ambos enfoques muestran eficacia clínica comparable, pero el abordaje infraneural reduce el riesgo de inyección intraarterial y facilita acceso ventral epidural, especialmente en estenosis y fibrosis peridural post operatoria.

Conclusión: El triángulo de Kambin debe considerarse la vía preferente por seguridad vascular, reservando el abordaje subpedicular para casos seleccionados y siempre con corticoides no particulados, sobre todo en niveles superiores a L3.

Abstract

Introduction: The dorsal root ganglion (DRG) is a key generator of ectopic discharges in lumbar radiculopathy, making it a therapeutic target in the main procedures for radicular neuropathic pain, such as lumbar foraminal block and pulsed radiofrequency ablation of the DRG.

Objective: To compare the safety and efficacy of the subpedicular (Bogduk) versus the infraneural (Kambin's triangle) approach in lumbar foraminal block.

Methods: Narrative review of anatomy, technique, and clinical series (2011–2015)

Results: Both approaches demonstrate comparable clinical efficacy, but the infraneural approach reduces the risk of intra arterial injection and facilitates ventral epidural access, particularly in cases of stenosis and postoperative peridural fibrosis.

Conclusion: Kambin's triangle should be considered the preferred route due to vascular safety, reserving the subpedicular approach for selected cases and always using non-particulate corticosteroids, especially at levels above L3.

Introducción

Uno de los objetivos del tratamiento del dolor neuropático o radicular lumbar, agudo o crónico, es la disminución del dolor y la mejoría de la calidad de vida del paciente. Una de las causas principales de este cuadro es la compresión o la irritación del Ganglio de la Raíz dorsal (GRD), ubicado en el foramen intervertebral lumbar. El ganglio de la raíz dorsal, contiene los cuerpos celulares de las neuronas aferentes de los nervios espinales, es el principal centro de impulsos ectópicos en el dolor radicular y por eso se constituye en una importante y primera diana terapéutica en los tratamientos neuromoduladores.¹

Por lo general, el uso de estrategias de tratamiento conservador de primera línea, como medicamentos analgésicos, inyecciones de esteroides y fisioterapia, suele producir un alivio de los síntomas en aproximadamente el 90 % de los pacientes en las 12 semanas siguientes al inicio de los síntomas. La fisiopatología del dolor radicular implica tanto la compresión mecánica del nervio, principalmente por hernia discal, como procesos inflamatorios.²

En general, se recomiendan las inyecciones de esteroides en la raíz nerviosa a nivel del foramen intervertebral como enfoque no quirúrgico para los tratamientos que modifican el estilo de vida y los casos tratados farmacológicamente que han fracasado. Las inyecciones epidurales transforaminales de esteroides (TFESI) son una opción de tratamiento no quirúrgico eficaz para los pacientes con radiculopatía en los que los tratamientos más conservadores no son eficaces y que tuvieron una tasa de éxito.³

Cada agujero intervertebral está delimitado anteriormente por un disco intervertebral, el tercio inferior adyacente del cuerpo vertebral superior y la parte más alta del cuerpo vertebral inferior; posteriormente por la lámina vertebral y una articulación facetaria; y por encima y por debajo por un pedículo.⁴

Los agujeros intervertebrales están formados superior e inferiormente por los pedículos de las vértebras adyacentes, anteriormente por el cuerpo vertebral y el disco, y posteriormente por la cápsula de la articulación facetaria. El nervio espinal que sale a través del agujero neural sigue un recorrido variable a medida que la raíz nerviosa sale del canal espinal, dependiendo del nivel de la columna vertebral. En la columna lumbar, las raíces nerviosas se desplazan hacia abajo y salen en un plano lateral. Así, las raíces lumbares salen por debajo del pedículo con un recorrido descendente de 40 a 50 grados desde la ho-

rizontal y ocupan la parte superior de cada agujero. Se considera que la parte superior de los agujeros, justo debajo del pedículo adyacente, es una zona segura para colocar la inyección cerca de la raíz nerviosa lumbar.⁵

En un estudio comparativo de inyecciones a nivel epidural caudal, epidural interlaminar y foraminal, realizado con pacientes, L. Manchikanti mostró que las inyecciones transforaminales eran las ideales, ya que se observó la mejora más significativa en comparación con la epidural caudal y la epidural interlaminar sin el uso de fluoroscopia.⁶

Para el abordaje al GRD, es fundamental conocer en forma detallada la anatomía del foramen lumbar, sus componentes y las relaciones neuro vasculares a dicho nivel. Se describen dos tipos de abordajes bien estudiados y definidos que son: 1) El abordaje supraneural, subpedicular, retrovertebral o abordaje de Bogduck y 2) El abordaje infraneural, retrodiscal, pre ganglionar o abordaje de Kambin.

La técnica del Triángulo seguro subpedicular fue descrita por Nicolai Bogduck, es una región anatómica fluoroscópica en el foramen neural utilizada para las inyecciones epidurales transforaminal, definida por el margen inferior del pedículo, la cara posterior del cuerpo vertebral y la propia raíz nerviosa.⁷

La técnica se denominó segura porque su objetivo era evitar la raíz nerviosa saliente y los vasos sanguíneos asociados. Sin embargo, la literatura reciente indica que el triángulo seguro a menudo contiene arterias radículo medulares, lo que supone un riesgo de lesión arterial involuntaria.⁸

Por esta razón ahora se suele preferir alternativas como el enfoque del triángulo de Kambin, situado en la parte posterior e inferior del foramen para evitar estas arterias. El Dr. Parviz Kambin fue quien describió la importancia del triángulo que lleva su nombre (Triángulo de Kambin), como una región anatómica que ofrece un margen de seguridad para las intervenciones, caracterizando esta zona segura para los abordajes quirúrgicos mínimos e invasivos de la columna vertebral, como las discectomías percutáneas y las fusiones mínimamente invasiva.⁹

Figura 1

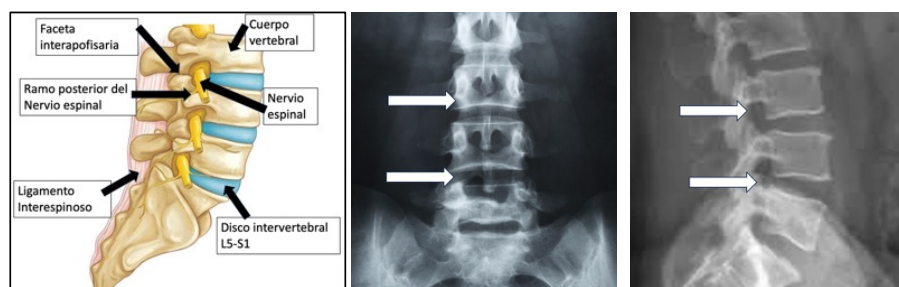


Figura 1. Imágenes que muestran la anatomía lumbar. A la izquierda dibujo con las estructuras principales a reconocer para poder realizar intervenciones de mínima invasión en la terapia del dolor. En el centro radiografía lumbar en posición anteroposterior que muestra el abordaje subpedicular, de Bogduck o supraneural – en la parte superior y el abordaje de Kambin o infraneural en la parte inferior. A la derecha imagen de radiografía lumbar en incidencia lateral para mostrar los abordajes citados.

Este artículo analiza las publicaciones acerca de aspectos anatómicos relevantes, consideraciones técnicas y complicaciones de una y otra técnica.

Aspectos anatómicos imagenológicos e intervencionistas.

1- Triángulo de seguridad subpedicular – TS. Triángulo de Bogduk. También llamado supraneural, subpedicular, retrovertebral.

Se refiere a un área anatómicamente segura para el acceso mínimamente invasivo con aguja al foramen intervertebral de la columna lumbar, lo que permite intervenciones como las inyecciones epidurales de esteroides. Esta técnica permite un abordaje relativamente seguro del foramen intervertebral, pero ante la publicación de varios trabajos de complicaciones graves en pacientes sometidos a bloqueos foraminales realizados en este espacio, se está dando importancia cada vez mayor al triángulo de Kambin.¹⁰

Límites anatómicos

- Base: Margen inferior del pedículo vertebral
- Altura: Una línea sagital que se extiende del extremo posterior y lateral del pedículo a la raíz nerviosa saliente.
- Hipotenusa: La raíz nerviosa superior o saliente.

Figura 2

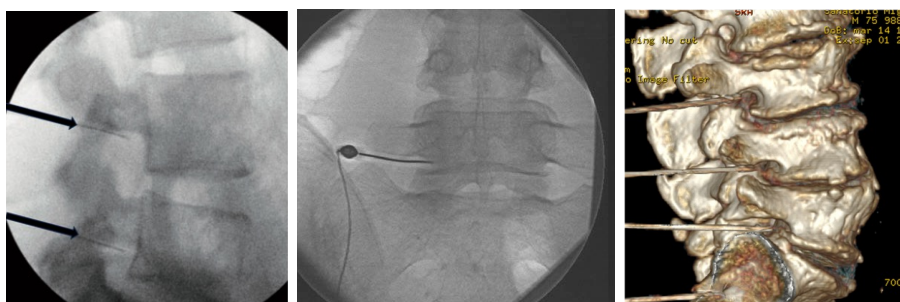


Figura 2. Imágenes que muestran la posición correcta del extremo distal de la aguja o cánula al realizar el abordaje Subpedicular o de Bogduk. . A la izquierda la posición correcta es a nivel del cuadrante postero superior del foramen. En la imagen del centro, en una radiografía anteroposterior, la posición correcta es a nivel de la línea medio pedicular del foramen intervertebral. A la derecha se observa una imagen en tomografía 3D con la posición correcta del extremo de las cánulas a nivel de los forámenes L2-L3, L3-L4 Y L4-L5 derecho.

• Importancia y seguridad:

Era considerado una zona segura para acceder al GRD a nivel del foramen intervertebral, razón por la que es la técnica de elección principalmente para los anestesiólogos que se especializan en tratamiento del dolor. En la última década, una serie de informes de casos procedentes de Estados Unidos, Inglaterra y Francia, en los que se describía pacientes que tuvieron como complicación infarto de médula espinal relacionado con el procedimiento. Aunque se desconoce la incidencia exacta de esta complicación, es probable que el riesgo de infarto de médula espinal siempre exista.

Esta incertidumbre no ha impedido la publicación de opiniones contundentes sobre el valor del «triángulo seguro». ¹¹

La arteria de Adamkiewicz (ARM) puede ingresar en cualquier foramen torácico medio, torácico inferior o lumbar; el nivel exacto, en un paciente específico, será desconocido para el médico que realiza el procedimiento, a causa de esto el enfoque del «triángulo seguro» para las inyecciones epidurales transforaminales, para muchos especialistas en la actualidad no es seguro.

Una lesión en la ARM puede provocar paraplejia, independientemente de la habilidad del operador o de las iniciativas de seguridad complementarias (angiografía por sustracción digital, dosis de prueba de anestésico local). En este abordaje se debe evitar el cuadrante antero superior. ¹²

Un infarto de la médula espinal por una inyección en el TS, solo puede producirse con el compromiso de una arteria radiculomedular en la columna lumbar, con la consiguiente oclusión del flujo a la arteria espinal anterior que irriga los dos tercios anteriores de la médula espinal. Se desconoce cómo se produce esto, pero se ha atribuido ampliamente al uso de esteroides particulados, presumiblemente por una inyección inadvertida en una rama radiculomedular del foramen neural con la consiguiente oclusión embólica de la arteria espinal anterior. En este escenario, el médico debe canular inadvertidamente una arteria radiculomedular sin obtener ningún retorno de sangre en la aspiración y permanecer exactamente en el mismo lugar mientras inyecta partículas en la luz. El esteroide inyectado debe tener partículas o agregados lo suficientemente pequeños como para viajar a través de la luz de la arteria radiculomedular, pero lo suficientemente grandes como para ocluir la arteria donde se anastomosa con la arteria espinal anterior. Otras explicaciones igualmente probables y mucho más simples sugeridas por Gharibo et al. incluyen la compresión sostenida de las inyecciones, la compresión mecánica de la aguja y el vasoespasmo. ¹³

Primum non nocere: Lo primero es no hacer daño. Autores sostienen que, al evitar el triángulo «seguro» al realizar una inyección transforaminal se deben utilizar métodos alternativos, como el abordaje del triángulo de Kambin, este procedimiento puede realizarse de manera eficaz y más segura, sobre todo considerando la posibilidad catastrófica de un infarto medular en un paciente que solamente presenta dolor. Se promueve en los libros de texto que el abordaje subpedicular al GRD se debe realizar por el triángulo de seguridad a nivel del cuadrante postero superior del foramen, siendo por ello el método más utilizado por los especialistas en dolor. No obstante, aunque la posición final de la aguja en la parte craneal del neuroforamen puede

evitar el traumatismo accidental de la raíz nerviosa, tiene la desventaja de que existe una mayor posibilidad de encontrar una arteria radicular. Este abordaje se ha asociado con infartos de la médula espinal que se han producido como resultado de lesiones neurovasculares. Aunque se trata de una complicación poco frecuente, pero potencialmente mortal, se ha informado de su aparición en varios trabajos.¹⁴

Esta presencia de arterias radiculo-medulares, que van a irrigar la médula espinal, en la parte superior del foramen intervertebral sobre todo craneal a la vértebra L3, ha hecho variar la posición final de la aguja en la parte craneal del neuroforamen propuesta como método estándar en los libros de texto (esta posición evita el traumatismo accidental de la raíz nerviosa) ya que tiene la inconveniente de una mayor posibilidad de encontrar una arteria medular radicular. En el 97% de los casos, la arteria de Adamkiewicz se encuentra en la mitad superior del neuroforamen. (15) En el 85% de las veces la arteria de Adamkiewicz aparece a la altura de T9-L2 y en el 65% en el lado izquierdo. Es de gran importancia recordar este aspecto anatómico vascular, para evitar las complicaciones derivadas de su punción. A fines prácticos es importante evitar el cuadrante anterosuperior foraminal y el uso de corticoides particulados en los niveles igual o superior de L3.¹⁶

Finalmente, es de gran importancia que el especialista tenga parámetros anatómicos bien definidos para realizar con la mayor seguridad posible esta técnica. En una visión lateral ya sea por radiología o por tomografía, la punta de la aguja debe estar situada en el cuadrante postero superior. En una proyección anteroposterior la aguja no debe avanzar más allá de la línea medio pedicular, para evitar la punción del nervio raquídeo o del manguito de la duramadre espinal.¹⁷

2- Triángulo de Kambin – TK . También llamado infraneural, pre-ganglionar, retrodiscal o abordaje de Kambin.

En 1972, Kambin introdujo la discectomía intervertebral endoscópica por abordaje posterolateral, definiendo el triángulo de Kambin como el lugar de acceso al disco intervertebral. El triángulo de Kambin es un corredor anatómico de acceso seguro a estructuras lumbares. Este abordaje pretende evitar lesionar vasos sanguíneos, ya que las arterias y venas radicales se encuentran generalmente en la mitad superior del foramen. El objetivo es abordar en el ángulo entre el proceso articular superior y el patillo superior de la vértebra inferior. Así es bastante seguro no encontrarse con el nervio raquídeo.¹⁸

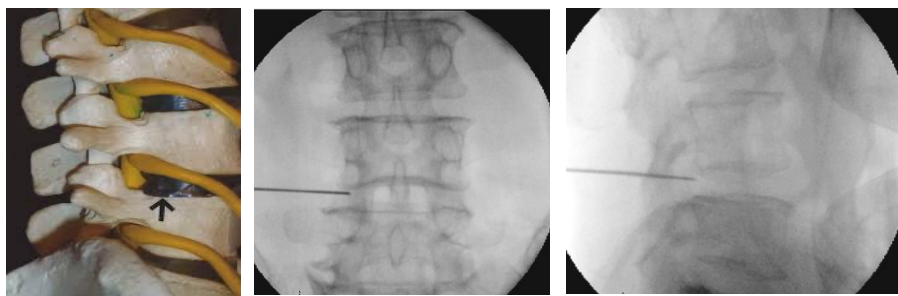
Figura 3

Figura 3. Imágenes que muestran la anatomía lumbar a nivel del Triángulo de Kambin -TK. Se observa que el platillo superior del cuerpo vertebral inferior es su base, la hipotenusa es la raíz saliente y la altura esta dada por el lado foraminal del proceso articular superior. En la imagen del centro, en una radiografía anteroposterior la posición correcta es a nivel de la línea discal y superior al platillo vertebral de la vertebra subyacente. A la derecha se observa una imagen en posición lateral con la aguja en la región retrodiscal.

Límites Anatómicos:

- Base: El platillo superior del cuerpo vertebral inferior.
- Altura: El lado foraminal del proceso articular superior
- Hipotenusa: La raíz nerviosa saliente.
- Importancia y seguridad:

El Dr. Parviz Kambin fue quien describió la importancia del triángulo que lleva su nombre (TK) considerando como un corredor seguro para acceder principalmente al disco intervertebral, siendo ampliamente utilizado en la actualidad en las cirugías discales transforaminales endoscópicas. Es de utilidad creciente para realizar inyecciones transforaminales y discectomías mínimamente invasivas. Al usar el área inferior al 20% del foramen intervertebral, se minimiza el riesgo de inyectar en la arteria radiculomedular. También es útil para los radiólogos intervencionistas y los médicos especialistas en el tratamiento del dolor, para llegar al disco y a los elementos neurales circundantes.¹⁹ Considerando que ninguna estructura importante atraviesa el KT, los cirujanos y radiólogos han abordado de manera satisfactoria el canal espinal a través de esta zona.⁵ Además, se menciona que, gracias a diversas técnicas avanzadas, esta zona se visualiza mejor durante cualquier procedimiento quirúrgico o radiológico y es un lugar estratégico para acceder a la raíz nerviosa de interés.^{3,4} Se considera un paso preferible para corregir la hernia discal central y una vía segura hacia el espacio epidural ventral.²⁰

Con relación a una de las causas más frecuentes de dolor radicular, la hernia discal, se considera que la microdiscectomía abierta es la técnica quirúrgica de referencia. La discectomía lumbar endoscópica transforaminal, se ha desarrollado como una alternativa eficaz y mínimamente invasiva a la cirugía abierta. Gracias a los conocimientos anatómicos y a las notables evoluciones técnicas, los resultados clínicos son comparables entre ambas técnicas, siendo la cirugía endoscópica una técnica de mínima invasión y de indicación y popularidad creciente.²¹

Comparativamente desde el punto de vista anatómico, las principales ventajas del abordaje del triángulo de Kambin son una menor punción nerviosa, un acceso más seguro al espacio epidural anterior en casos de hernias de disco y estenosis espinal y su eficacia similar al abordaje subpedicular. Este método minimiza el riesgo de lesión de la raíz nerviosa y permite la colocación de la aguja en el espacio epidural anterior cuando es difícil a través de otros métodos, ofreciendo una alternativa segura y efectiva para inyecciones epidurales transforaminales de esteroides. Es especialmente ventajoso en pacientes con estenosis espinal grave, fibrosis epidural y lesiones discales intervertebrales degenerativas, donde el espacio epidural anterior está comprometido.²²

Se debe citar igualmente, que los principales peligros al abordar el triángulo de Kambin, a pesar de ser una zona de seguridad, son la lesión de raíces nerviosas y la lesión vascular por la presencia de la arteria de Adamkiewicz. Aunque se utiliza bajo guía radiológica, es fundamental mantener la precisión para evitar el daño a las estructuras adyacentes y la posible fuga de líquido cefalorraquídeo (LCR). La introducción de instrumentos no adecuados en cuanto a su diámetro, a través del foramen puede irritar o lesionar la raíz nerviosa, lo que puede causar dolor y otros síntomas neurológicos. La visión constante de rayos X es indispensable para guiar la introducción de los instrumentos y mantenerlos dentro de la zona de seguridad. La introducción de dilatadores y agujas debe ser realizada con gran precisión para evitar dañar las estructuras que se atraviesan, incluso cuando no se tiene visión directa de los tejidos y es importante remarcar

Tabla 1. Tabla comparativa de abordajes

Aspecto	Subpedicular (Bogduk)	Infraneural (Kambin)
Blanco anatómico	Cuadrante súpero-posterior	20% inferior del foramen
Ventaja	Técnica clásica, familiar	Menor riesgo vascular, mejor acceso ventral
Riesgo principal	Infarto medular por inyección intraarterial	Lesión de raíz si aguja es muy cefálica
Mejor en	L4–S1 con foramen amplio	Superior a L3, estenosis/fibrosis.

que se debe evitar el abordaje del triángulo de Kambin en casos donde se sospechan anomalías anatómicas en el trayecto de los nervios.²³

Estudios comparativos en pacientes

En su trabajo publicado en el año 2011, Ji Woong Park²², tratando 50 pacientes con dolor radicular lumbar debido a hernia discal lumbar y estenosis espinal, fueron asignados en forma aleatoria a dos grupos: Los sometidos a inyección por el abordaje tradicional subpedicular y el otro grupo por abordaje de Kambin. Fueron comparados la frecuencia de complicaciones durante el procedimiento y los efectos del bloqueo del dolor entre los dos grupos a las 2, 4 y 12 semanas después del procedimiento. Los resultados no mostraron diferencias significativas en la VNS (escala numérica visual) inicial o el ODI (índice de discapacidad de Oswestry) entre los grupos a las 2, 4 o 12 semanas. Al analizar las complicaciones durante la inyección, la punción de la raíz nerviosa durante la inyección mostró diferencias significativas: se notificaron cinco casos en el abordaje subpedicular, mientras que no se encontró ningún caso en el abordaje del triángulo de Kambin. En cuanto a la inyección intravascular, se encontraron cuatro casos en el abordaje subpedicular convencional y tres casos en el abordaje del triángulo de Kambin, sin diferencias significativas entre ambos. Ninguno de los dos grupos presentó daño en la raíz nerviosa como complicación.

Sandesh Agarawal y col. realizaron un estudio observacional retrospectivo de cohorte hospitalario con un total de 90 pacientes²⁴ que se habían sometido a una inyección epidural percutánea de esteroides utilizando el enfoque tradicional del triángulo seguro frente al enfoque del triángulo de Kambin para pacientes con Hernia de disco lumbar. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dos abordajes, es decir, el abordaje tradicional del triángulo de seguridad y el abordaje del triángulo de Kambin, en términos de puntuación en la escala de valoración numérica (NRS) y en el índice de discapacidad de Oswestry (ODI) antes de la inyección y un mes y tres meses después de la inyección. Concluyeron que el abordaje del triángulo de Kambin es tan eficaz para el resultado como el abordaje subpedicular y ofrece ventajas significativas y que podría servir como sustituto del abordaje subpedicular para el tratamiento de la estenosis espinal grave, la fibrosis epidural y la lesión degenerativa del disco intervertebral, en los que resulta difícil insertar la aguja en la zona anterior del espacio epidural a través del triángulo seguro. La ventaja del enfoque del triángulo de Kambin es la colocación de la aguja anterior al espacio epidural, lo que es seguro y no daña ninguna estructura neurovascular. Además, menciona que el enfoque tradicional del triángulo seguro es un nombre poco apropiado, ya que puede dañar la médula espinal debido a un infarto.

Wongthawat Liawrungrueang y col. realizaron un análisis retrospectivo de 100 pacientes con dolor radicular unilateral en el miembro inferior debido a una hernia discal lumbar, de un solo nivel. Los pacientes se clasificaron en dos grupos: Abordaje subpedicular (n = 50) y abordaje del triángulo de Kambin (n = 50). La intensidad del dolor se evaluó mediante la escala de valoración numérica (NRS) y los resultados funcionales se evaluaron mediante el índice de discapacidad de Oswestry (ODI). Los datos se recopilaron al inicio del estudio, inmediatamente después de la intervención y en los seguimientos a los 1, 3, 6 y 8 meses.

También se analizaron los eventos adversos, la duración de la intervención y los costes. Ambos grupos mostraron mejoras significativas en las puntuaciones de la NRS y el ODI desde el inicio hasta el seguimiento final y no se observaron diferencias en las tasas de eventos adversos entre las dos técnicas. Concluyen que tanto la técnica subpedicular como la del triángulo de Kambin, muestran una eficacia y seguridad comparables en el tratamiento del dolor radicular lumbar.

Conclusiones

Las inyecciones epidurales transforaminales de esteroides son una opción de tratamiento no quirúrgico eficaz para los pacientes con radiculopatía en los que los tratamientos conservadores no son eficaces.

El abordaje subpedicular/supraneural (triángulo “seguro” de Bogduk) sigue siendo válido, sobre todo en L4-L5-S1 y en anatomías favorables; sin embargo, el riesgo—aunque bajo—de inyección intraarterial e infarto medular existe y está mejor mitigado con el infraneural.

El enfoque del triángulo de Kambin es el más eficaz y ofrece importantes ventajas en términos de complicaciones neurovasculares y los estudios recientes muestran que los resultados clínicos son similares al abordaje subpedicular.

Si el objetivo es impactar el GRD minimizando riesgo vascular, el abordaje infraneural/retrodiscal (Triángulo de Kambin) es preferible en la mayoría de escenarios, especialmente en niveles superiores de L3 y/o cuando hay estenosis severa, fibrosis epidural o lesión discal degenerativa, porque reduce la probabilidad de atravesar ramas radiculomédulares en el cuadrante súpero-anterior del foramen y facilita el acceso ventral epidural.

La otra ventaja es que permite el acceso al espacio epidural incluso en casos de estenosis espinal grave, fibrosis epidural y lesiones discales, donde las vías epidurales anteriores son difíciles de alcanzar.

El abordaje tradicional “seguro” puede ser un nombre inapropiado, ya que hay un riesgo de daño a la médula espinal. Sin embargo, no siempre se ha demostrado una diferencia significativa en la mejoría funcional entre ambos abordajes en todos los estudios.

Referencias bibliográficas

1. S. Abdi, S. Datta, A. Trescot. Epidural steroids in the management of chronic spinal pain: a systematic review. *Pain Physician*, 10 (2007), pp. 185-212
2. Lilly DT, Davison MA, Eldridge CM, et al. An Assessment of Nonoperative Management Strategies in a Herniated Lumbar Disc Population: Successes Versus Failures. *Global Spine Journal*. 2020;11(7):1054-1063.
3. Hashemi M, Dadkhah P, Taheri M, Ghasemi M, Hosseinpour A. Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injection in Patients with Lumbar Radicular Pain; Outcome Results of 2-Year Follow-Up. *Bull Emerg Trauma*. 2019 Apr;7(2):144-149. doi: 10.29252/beat-070209. PMID: 31198803; PMCID: PMC6555206.
4. Bogduk N. In *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*, ed 3. New York, Churchill Livingstone, 1997, pp 55-66
5. Bogduk N. *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*. New York, Churchill Livingstone, 1997, pp 127-144
6. Manchikanti L. Transforaminal lumbar epidural steroid injections. *Pain Physician*. 2000 Oct; 3(4):374-98. PMID: 16906179.
7. Selective nerve root blocks. Bogduk N, Aprill C, Derby R en In Wilson DJ, editor: *Interventional Radiology of the Musculoskeletal System*. London, Edward Arnold, 1995.121-132
8. Ignjatovic S, Omid R, Kubik-Huch RA, Anderson S, Ahlhelm FJ. The retroneural approach: an alternative technique for lumbar transforaminal epidural steroid injections. *Acta Radiol*. 2018;59:1508-1516. doi: 10.1177/0284185118762248. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
9. Anatomical Study of the Access Triangles to Intervertebral Disc. *Journal of Spine & Neurosurgery*. 9(4):4 August 2020
10. Shah M, Patel K R, Undhad R, et al. (August 10, 2025) Efficacy of Transforaminal Nerve Root Block in Lumbar Radiculopathy. *Cureus* 17(8): e89754. DOI 10.7759/cureus.89754
11. Murthy NS, Maus TP, Behrns CL. Intraforaminal location of the greater anterior radiculomedullary artery (artery of Adamkiewicz): a retrospective review. *Pain Med* 2010;11:1756e64
12. Gharibo C, Koo C, Chung J, et al. Epidural steroid injections: an update on mechanisms of injury and safety. *Tech Reg Anesth Pain Manage* 2009;13:266e71.
13. Glaser SE, Falco F. Paraplegia following a thoracolumbar transforaminal epidural steroid injection. *Pain Physician* 2005;8:309e14
14. Scott E, Glaser, Rinoo V. Shah. Perspective Review Root Cause Analysis of Paraplegia Following Transforaminal Epidural Steroid Injections: The 'Unsafe' Triangle. *Pain Physician* 2010; 13:237-244. ISSN 1533-3159
15. Naveen S. Murthy, Timothy P. Maus, Curt L. Behrns, Intraforaminal Location of the Great Anterior Radiculomedullary Artery (Artery of Adamkiewicz): A Retrospective Review, *Pain Medicine*, Volume 11, Issue 12, December 2010, Pages 1756-1764, <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2010.00948>.
16. Van Boxem K, Rijdsdijk M, Hans G, de Jong J, Kallewaard JW, Vissers K, van Kleef M, Rathmell JP, Van Zundert J. Safe Use of Epidural Corticosteroid Injections: Recommendations of the WIP Benelux Work Group. *Pain Pract*. 2019 Jan;19(1):61-92. doi: 10.1111/papr.12709. Epub 2018 Jul 2. PMID: 29756333; PMCID: PMC7379698.
17. L. Berkswits, Simon J. Shapiso, Scott J. Davidoff, Charles J. Buttaci, Michael B. Furman. Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injection – Supraneural (Traditional) Approach: Fluoroscopic Guidance. *Atlas of Image-Guided Spinal procedures*. 2018.
18. Hoshide R, Feldman E, Taylor W (February 02, 2016) Cadaveric Analysis of the Kambin's Triangle. *Cureus* 8(2): e475. DOI 10.7759/cureus.475
19. Fanous AA, Tumialán LM, Wang MY. Kambin's triangle: definition and new classification schema. *J Neurosurg Spine*. 2019 Nov 29;32(3):390-398. doi: 10.3171/2019.8.SPINE181475. PMID: 31783346.
20. Park JW, Nam HS, Cho SK, Jung HJ, Lee BJ, Park Y. Kambin's triangle approach of lumbar transforaminal epidural injection with spinal stenosis. *Ann Rehabil Med* 2011;35:833-43.
21. Sang Gu Lee, Yong Ahn. Transforaminal Endoscopic Lumbar Discectomy: Basic Concepts and Technical Keys to Clinical Success. *International Journal of Spine Surgery*. De 2021, 15 (Suppl 3) DOI: 10.14444/8162
22. Diehn FE, Murthy NS, Maus TP. Science to practice: what causes arterial infarction in transforaminal epidural steroid injections, and which steroid is safest? *Radiology* 2016; 279:657-659
23. Uchikado H, Nishimura Y, Hattori G, Ohara Y. Micro-anatomical structures of the lumbar intervertebral foramen for full-endoscopic spine surgery: review of the literatures. *J Spine Surg*. 2020 Jun;6(2):405-414. doi: 10.21037/jss.2019.10.07. PMID: 32656378; PMCID: PMC7340827.
24. Agarawal S, Ramachandraiah MK. Traditional Safe Triangle Approach Versus Kambin's Triangle Approach: Does Approach Really Matter in Transforaminal Epidural Steroid Injection (TFESI) for Lumbar Disc Herniation? *Cureus*. 2023 Nov 12;15(11):e48701. doi: 10.7759/cureus.48701. PMID: 38094530; PMCID: PMC10718166.
25. Liawrungrueang W, Cho ST, Homlakhorn J, Sarasombath P. Comparative effectiveness of transforaminal epidural steroid injection: subpedicular versus Kambin's triangle technique: a single-centre experience. *J Spine Surg*. 2025 Jun 27;11(2):296-306. doi: 10.21037/jss-24-140. Epub 2025 Jun 23. PMID: 40621387; PMCID: PMC12226192.