



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DR. IGNACIO MORONES PRIETO

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de Anestesiología

Eficacia analgésica de la anestesia periarticular con isquemia química + anestesia neuroaxial vs anestesia neuroaxial + analgesia convencional en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla durante las primeras 24 horas.

DRA. CYNTHIA DENISSE MÉNDEZ CERVANTES

DIRECTOR CLÍNICO
Dra. Eldeli Molina Niño
Médico especialista en Anestesiología
CVU: 679548

DIRECTOR METODOLÓGICO
Dra. Úrsula Fabiola Medina Moreno
Profesor Investigador del Departamento de Farmacología
de la Facultad de Medicina UASLP
CVU: 308929 ORCID: 000-0003-4906-223X

CO-DIRECTOR CLÍNICO
Dra. Mónica Astrid Rosales Jiménez
Médico especialista en Anestesiología
CVU: 619310

Marzo, 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE MEDICINA
HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DR. IGNACIO MORONES PRIETO

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de
Anestesiología

**Eficacia analgésica de la anestesia periarticular con isquemia química +
anestesia neuroaxial vs anestesia neuroaxial + analgesia convencional en
pacientes sometidos a artroplastia de rodilla durante las primeras 24 horas.**

DRA. CYNTHIA DENISSE MÉNDEZ CERVANTES
CVU: 1290289

DIRECTOR CLÍNICO
Dra. Eldeli Molina Niño
Médico especialista en Anestesiología
CVU: 679548

DIRECTOR METODOLÓGICO
Dra. Úrsula Fabiola Medina Moreno
Profesor Investigador del Departamento de Farmacología
de la Facultad de Medicina UASLP
CVU: 308929 ORCID: 000-0003-4906-223X

CO-DIRECTOR CLÍNICO
Dra. Mónica Astrid Rosáles Jiménez
Médico especialista en Anestesiología
CVU: 619310

Marzo, 2026

RESUMEN

La artroplastia total de rodilla (ATR) se asocia con dolor postoperatorio moderado a severo durante las primeras 24 horas, lo que puede retrasar la movilización temprana, prolongar la estancia hospitalaria y aumentar el consumo de opioides. La infiltración periarticular con anestésico local y epinefrina (isquemia química) se ha propuesto como estrategia de analgesia multimodal al prolongar el efecto del anestésico y reducir el sangrado local; sin embargo, su eficacia continúa en evaluación clínica.

Objetivo principal: Comparar la eficacia analgésica de la anestesia periarticular con isquemia química (anestésico local + epinefrina) combinada con anestesia neuroaxial versus anestesia neuroaxial más analgesia convencional en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla durante las primeras 24 horas postoperatorias.

Objetivos secundarios: Evaluar el consumo de opioides en las primeras 24 horas, el tiempo de duración de la analgesia, la intensidad del dolor en reposo y en movilización mediante la Escala Numérica Análoga (ENA), así como la incidencia de eventos adversos asociados a la técnica analgésica y la reducción del sangrado intraoperatorio.

Sujetos y métodos: Se realizó un ensayo clínico controlado y aleatorizado, en pacientes sometidos a ATR, asignados a dos grupos: intervención (anestesia periarticular con anestésico local + epinefrina asociada a anestesia neuroaxial) y control (anestesia neuroaxial con analgesia convencional). La intensidad del dolor se evaluó con escala ENA (0–10) en las primeras 24 horas postoperatorias. Se registraron consumo de opioides y eventos adversos. El tamaño muestral fue de 24 pacientes (12 por grupo), ampliable a 30 por pérdidas. El análisis estadístico se realizó con pruebas paramétricas o no paramétricas según los datos, considerando significancia estadística con $p < 0.05$.

Resultados: La infiltración periarticular asociada a isquemia química se relacionó con menor intensidad de dolor postoperatorio, menor requerimiento de rescate opioide y menor pérdida sanguínea en comparación con el manejo convencional.

Conclusiones: La infiltración periarticular con isquemia química mediante epinefrina se asoció con menor intensidad de dolor postoperatorio, menor requerimiento de analgésicos de rescate y menor incidencia de efectos adversos relacionados con opioides durante las primeras 24 horas tras la artroplastia total de rodilla. Además, se observó una reducción significativa del sangrado intraoperatorio.



Eficacia analgésica de la anestesia pero articular con isquemia química + anestesia neuroaxial vs anestesia neuroaxial + analgesia convencional en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla durante las primeras 24 horas. ©2026 por Cynthia Denisse Méndez Cervantes se distribuye bajo Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS	7
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS	8
ANTECEDENTES	10
1.1 Artroplastía total de rodilla	10
1.2 Analgesia multimodal	11
1.3 Infiltración de estructuras vasculares periarticulares (IVP) y bloqueo lpack	12
1.4 Isquemia Neumática	14
1.4 Isquemia Química	17
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	19
JUSTIFICACIÓN	20
OBJETIVOS	22
HIPÓTESIS	23
SUJETOS Y MÉTODOS	23
DISEÑO DEL ESTUDIO	23
METODOLOGÍA	24
Cuadro de variables	25
ESTRATEGIA DE BUSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	27
Pregunta PICO	27
Cuadro de descriptores	27
MÉTODO DE ALEATORIZACIÓN	35
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
ÉTICA	37
RESULTADOS	38
DISCUSIÓN	52
LIMITACIONES	54
CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de inclusión y distribución de pacientes en los grupos de estudio	39
Figura 2. Distribución de edad de los pacientes por grupo de estudio	39
Figura 3. Distribución por sexo en los grupos de estudio	40
Figura 4. Distribución del IMC por grupo de estudio	41
Figura 5. Distribución de comorbilidades por grupo de estudio	42
Figura 6. Distribución del tipo de anestesia por grupo de estudio	43
Figura 7. Aplicación de infiltración periarticular (IVP) e iPACK por grupo de estudio	43
Figura 8. Volumen total infiltrado por grupo de estudio	44
Figura 9. Volumen de sangrado intraoperatorio por grupo de estudio	45
Figura 10. Tiempo total de isquemia por grupo de estudio	45
Figura 11. Tiempo quirúrgico por grupo de estudio	46
Figura 12. Evolución del dolor (ENA) en el tiempo postoperatorio según el grupo de estudio .	47
Figura 13. Tipo de analgesia en el postoperatorio inmediato por cada grupo de estudio	48
Figura 14. Aplicación de rescates en el postoperatorio mediato por grupo de estudio	49
Figura 15. Número de dosis rescate analgésico en el postoperatorio tardío por grupo	49
Figura 16. Distribución de efectos adversos asociados a opioides por grupo de estudio	50
Figura 17. Dolor durante la deambulaci3n (ENA) por grupo de estudio	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pruebas de normalidad y homogeneidad	38
Tabla 2. Comparaci3n de variables demogr3ficas entre los grupos de estudio	40
Tabla 3. Comparaci3n del IMC entre los grupos de estudio	41
Tabla 4. Comparaci3n de las comorbilidades entre los grupos de estudio	42
Tabla 5. Comparaci3n de las variables anest3sicas por grupo de estudio	44
Tabla 6. Comparaci3n de las variables anest3sicas intraoperatorias por grupo	46
Tabla 7. Comparaci3n del dolor (ENA) en diferentes tiempos por grupos	48
Tabla 8. Comparaci3n del manejo analgésico postoperatorio por grupo	50
Tabla 9. Efectos secundarios por opioides y dolor en deambulaci3n por grupo	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ATR	Artroplastia Total de Rodilla
ENA	Escala Numérica Análoga del dolor
ERAS	Enhanced Recovery After Surgery
IVP	Infiltración de estructuras vasculares periarticulares.
iPACK	Infiltration between the Popliteal Artery and Capsule of the Knee
ASA	Clasificación de estado físico preoperatorio

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente a mis asesoras de tesis, por su guía, paciencia y apoyo durante el desarrollo de este trabajo, y especialmente por resolver mis dudas incluso en horas de madrugada (Dra. Úrsula).

Al Dr. Tapia, por su orientación y acompañamiento durante este proceso, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por ese Ferrero Rocher justo cuando quería rendirme.

A los doctores del turno vespertino, por su enseñanza enriquecedora en un ambiente divertido (Dr. Barragán), tranquilos con café (Dra. Lili) y también retadores, memorables entre lágrimas y risas (Dra. Rosales). Recordar nunca perder el estilo de la Dra. Moli y su precisión casi infalible para la anestesia neuroaxial, y sobre todo, al entusiasmo de la Dra. Margot por la anestesia en cirugía de tórax, capaz de convertir un caso pequeño en una clase magistral.

A la Dra. Loyo y a la Dra. Melina, por su comprensión y por ayudar a forjar mi carácter, especialmente en aquellos días en los que había más lágrimas que palabras; por su exigencia académica (Dra. Melina) y por las lecciones aprendidas que incluso a muchos metros de distancia podíamos escuchar (Dra. Loyo). Al Dr. Ayala, de los primeros en confiar para dejarme realizar procedimientos sola.

A la Dra. Vidaña, por su enseñanza siempre acompañada de ternura y amabilidad, recordándonos que el respeto es el primer paso para ejercer nuestra profesión con dignidad.

A la Dra. Montejano y a Lupita Vázquez, por sus enseñanzas y los momentos compartidos en la oficina entre pan, galletas y café, siempre con conversaciones divertidas.

A la Dra. Pau y a la Dra. Miri, por enseñarme que la inteligencia y la excelencia profesional pueden ir acompañadas de una gran sensibilidad hacia las personas y de un profundo amor por los perritos y cualquier mascota.

A la Dra. Adriana Vázquez, por su enseñanza disciplinada y por demostrar que el turno nocturno puede ser el más desafiante.

A la Dra. Osiris por su forma tan amable de enseñar y por tener siempre palabras de ánimo y reconocimiento para nuestro trabajo, hace que aprender sea más motivador. Dra. Cruz, por enseñarme que se puede acompañar al paciente con humanidad y llegar a la muerte con dignidad.

Al Dr. Veana, por brindarme la confianza, el apoyo y asesoramiento en la coordinación de este trabajo. Al Dr. Nieto, por ser el primero en creer que esta idea podía realizarse, impulsarla y, sobre todo, recordarme que no está mal ser la oveja negra del rebaño. Al equipo de Ortopedia, por su colaboración durante los procedimientos Quirúrgicos.

Al Dr. Saucillo, por su enseñanza y por compartir su experiencia y orientación incluso a distancia, siempre dispuesto a apoyar mediante mensajes o llamadas.

Finalmente, al querido equipo de Enfermería y CENDIS, por estar siempre pendientes de nosotros, por ser muchas veces nuestras primeras guías dentro del quirófano y por lograr sacarnos una sonrisa incluso en los momentos más demandantes.

Dedicatorias

A mi mamá, por estar siempre pendiente de que nunca me faltara algo tan esencial como comer o, cuando era posible, dormir; por su cuidado constante y por su amor incondicional en cada etapa de este camino.

A mi papá, por procurar siempre que no me faltara nada y por acompañarme incluso en los detalles más simples, como llevar mis materiales al hospital junto con mi hermana, recordándome que nunca he estado sola en este esfuerzo.

A mi sobrina, que quizá aún no lo comprende, pero que se ha convertido en el motivo más fuerte para esforzarme cada día en ser una mejor profesionalista y, sobre todo, una mejor persona, haciendo todo con amor.

A mi familia, por ser el pilar más grande que alguien puede tener y la inspiración constante que me impulsa a seguir adelante.

A mis primos y amigos, por guardar durante tanto tiempo espacios en sus agendas para verme, incluso sabiendo que muchas veces terminaría cancelando porque olvidaba que tenía exámenes o guardia, y aun así seguir estando ahí.

A AniLu, por llegar en un momento inesperado, por una amistad sincera y desinteresada, por no dudar de mí y por recordarme que está bien no estar bien.

A Grace, por brindarme ese escondite secreto que salvó mi último año, por escucharme sin juzgar y por tantas conversaciones que siempre terminaron recordándome las razones para no rendirme.

A Gastón, solo puedo decirte “gracias, amigo de luz” porque este proyecto se inició por ti.

“A todos ustedes, gracias por recordarme siempre que ningún logro es verdaderamente individual, sino el resultado del amor, el apoyo y la paciencia de quienes caminan a nuestro lado”.

ANTECEDENTES

1.1 Artroplastía total de rodilla

La artroplastia total de rodilla (ATR) es un procedimiento quirúrgico mayor que consiste en el reemplazo de las superficies articulares dañadas de la rodilla por componentes protésicos artificiales. Su objetivo es aliviar el dolor, restaurar la función motora y así mejorar la calidad de vida de los pacientes con enfermedades articulares avanzadas, como la osteoartritis terminal, artritis reumatoide o artrosis postraumática ¹. Esta cirugía está indicada principalmente en pacientes con dolor persistente, limitación funcional significativa y daño estructural que no responden a tratamientos conservadores ^{1,2}.

Dada la alta prevalencia de la osteoartritis, especialmente en adultos mayores, la demanda de artroplastias ha ido en aumento. En México, según datos del Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), se realizan en promedio entre 8,000 y 12,000 ATR anualmente en instituciones del sector público ³. Se estima que el costo promedio institucional por paciente puede oscilar entre \$70,000 y \$120,000 pesos mexicanos, dependiendo de los materiales protésicos utilizados y el tiempo de hospitalización. De ahí la importancia de optimizar estrategias anestésicas y analgésicas que permitan una rápida recuperación para un egreso temprano ³.

A pesar de sus beneficios funcionales a largo plazo, la ATR es una de las cirugías ortopédicas que más se asocia con dolor intenso y multifactorial; en la escala numérica analgésica se llega a calificar entre 7 y 8 puntos dentro de las primeras 6 hrs posoperatorias. Además, también se asocia con un sangrado significativo (1500cc sin algún tipo de isquemia, 700-1000cc con isquemia mecánica, 500-800cc con isquemia química) ^{4,5}. Esto se debe a que la cirugía implica la resección ósea, manipulación extensa de tejidos blandos, exposición del canal intramedular óseo, provocando una gran liberación de componentes inflamatorios locales.

Durante la intervención se produce daño en zonas altamente inervadas como el periostio, las membranas sinoviales, la cápsula articular y las estructuras ligamentarias, por lo que el dolor puede persistir durante días o semanas. Cabe destacar que, como consecuencia

de un control inadecuado del dolor, puede favorecerse la aparición de espasmo muscular reflejo y rigidez articular, lo que limita la movilidad de la extremidad intervenida. Esta restricción funcional prolonga el periodo de inmovilización, favoreciendo la estasis venosa y aumentando el riesgo de eventos tromboembólicos ⁶. Asimismo, el dolor persistente puede disminuir la participación del paciente en la fisioterapia postoperatoria, retrasando la recuperación funcional y prolongando la estancia hospitalaria, lo que impacta negativamente en la evolución clínica integral del paciente ⁷.

Por estas razones, la ATR representa un reto clínico tanto en el manejo del control efectivo del dolor como en el sangrado, lo cual ha motivado el desarrollo de estrategias como un manejo multimodal e innovaciones como la infiltración vasoconstrictora periarticular (IVP) y bloqueos regionales como iPACK, que buscan minimizar estos impactos de forma segura y eficiente ⁸.

1.2 Analgesia multimodal

La analgesia multimodal ha emergido como una estrategia terapéutica fundamental para el manejo del dolor postoperatorio, basada en la combinación de fármacos y técnicas analgésicas que actúan sobre diferentes mecanismos de la nocicepción. Este enfoque permite mejorar el control del dolor utilizando menores dosis de opioides, disminuyendo la incidencia de efectos adversos como náusea, vómito, sedación y retención urinaria ⁹.

A finales del siglo XX, Kehlet y Dahl introdujeron formalmente este concepto al proponer un abordaje integral del dolor postoperatorio mediante la combinación de distintas intervenciones analgésicas dirigidas a múltiples niveles del procesamiento nociceptivo, demostrando su impacto en la evolución clínica y en la reducción de complicaciones perioperatorias ¹⁰. Dentro de estas estrategias se incluyen analgésicos no opioides como paracetamol y antiinflamatorios no esteroideos, bloqueos nerviosos periféricos, técnicas de anestesia regional e infiltración local de anestésicos ¹¹.

En las últimas décadas, este modelo se ha consolidado como un componente esencial dentro de los programas de Recuperación Acelerada Después de la Cirugía (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS), particularmente en cirugía ortopédica. El consenso

ERAS para artroplastia total de cadera y rodilla señala que la optimización del manejo perioperatorio mediante estrategias combinadas mejora la recuperación funcional y contribuye a reducir la estancia hospitalaria ¹².

En este contexto, se han impulsado el desarrollo de técnicas capaces de proporcionar analgesia eficaz sin generar bloqueo motor significativo, aspecto clave para el inicio temprano de la rehabilitación postoperatoria. La preservación de la función motora permite una movilización más segura, disminuye el riesgo de caídas y reduce complicaciones de una inmovilidad prolongada, como tromboembolismo venoso y rigidez articular ¹³.

Además del control analgésico, los protocolos ERAS buscan modular la respuesta al estrés quirúrgico generada por el trauma tisular. En la artroplastia total de rodilla, la manipulación quirúrgica activa células inflamatorias locales, como macrófagos, neutrófilos y mastocitos, promoviendo la liberación de citocinas y mediadores inflamatorios que incrementan la sensibilización periférica y la transmisión nociceptiva ¹⁴.

Por ello, la infiltración periarticular actúa directamente sobre los tejidos intervenidos, contribuyendo a disminuir la activación inflamatoria local y a limitar la sensibilización nociceptiva, lo que refuerza su fundamento fisiopatológico dentro del manejo perioperatorio moderno. Entre las estrategias actualmente empleadas destacan la infiltración periarticular y el bloqueo iPACK (Infiltration between the Popliteal Artery and Capsule of the Knee), dirigidas al control del dolor sin comprometer la función motora ¹⁵.

1.3 Infiltración de estructuras vasculares periarticulares (IVP) y bloqueo iPACK

Desde el punto de vista anatómico, el dolor en la artroplastia total de rodilla se origina en múltiples estructuras periarticulares inervadas por ramas articulares de los nervios femoral, safeno, tibial y obturador. Tradicionalmente, para el manejo de la analgesia postoperatoria se han utilizado bloqueos nerviosos regionales, los cuales, aunque proporcionan adecuada analgesia, pueden generar debilidad muscular significativa y retrasar la movilización temprana ¹⁶.

Entre ellos, el bloqueo femoral se asocia con disminución de la fuerza del cuádriceps y un mayor riesgo de caídas, mientras que el bloqueo ciático-poplíteo puede afectar la flexión plantar y dorsal del pie, limitando la deambulación inicial ¹⁷. En contraste, técnicas como la infiltración periarticular y el bloqueo iPACK permiten actuar sobre estas vías nociceptivas específicas sin comprometer la función motora del cuádriceps facilitando el proceso de rehabilitación postoperatoria ¹⁸.

La IVP consiste en la administración directa de una solución analgésica y/o anestésica en los tejidos periarticulares de la rodilla, incluyendo la cápsula articular anterior, ligamentos colaterales, retináculos medial y lateral, inserciones tendinosas y diferentes planos musculares periarticulares como el cuádriceps. Asimismo, puede abarcar estructuras altamente inervadas como el periostio femoral y tibial, la membrana sinovial y los tejidos blandos circundantes. Su efecto analgésico se relaciona con la acción directa sobre las terminaciones nerviosas periféricas, reduciendo la transmisión del dolor ¹⁹.

El bloqueo iPACK es una técnica ecoguiada diseñada para bloquear las ramas articulares posteriores de la rodilla sin afectar la función motora. Mediante la infiltración en el espacio entre la arteria poplíteo y la cápsula posterior, se logra analgesia mediante bloqueo de nervios geniculados posteriores, ramos articulares del nervio tibial, ciático y obturador posterior, del compartimento posterior preservando la movilidad sin intervenir en la función motora del nervio tibial o peroneo ²⁰.

La solución infiltrada en esta técnica suele contener un anestésico local, como bupivacaína o ropivacaína, y puede complementarse con aditivos farmacológicos como epinefrina, dexametasona o clonidina. La incorporación de estos coadyuvantes permite potenciar el efecto analgésico mediante distintos mecanismos de acción ²¹:

- La **epinefrina** produce vasoconstricción local mediante la activación de receptores alfa-1 adrenérgicos en el músculo liso vascular, lo que disminuye el flujo sanguíneo; este efecto reduce la absorción sistémica del anestésico local, prolonga su permanencia en los tejidos y aumenta la duración del bloqueo sensitivo ²².
- La **dexametasona** ejerce su efecto a través de la inhibición de la fosfolipasa A2 y la consecuente disminución en la síntesis de prostaglandinas y mediadores

inflamatorios derivados del ácido araquidónico. Asimismo, reduce la liberación de citocinas proinflamatorias y la sensibilización periférica de los nociceptores, lo que disminuye la excitabilidad neuronal y prolonga la duración de la analgesia sin modificar directamente la acción del anestésico local ²³.

- La **clonidina** actúa como agonista de los receptores alfa-2 adrenérgicos, inhibe la liberación de neurotransmisores nociceptivos y disminuyendo la transmisión del dolor. Además, incrementa la conductancia de los canales de potasio, produciendo hiperpolarización y reduciendo la excitabilidad de las fibras nerviosas, lo que contribuye a potenciar y prolongar el efecto analgésico cuando se utiliza como adyuvante de anestésicos locales ²⁴.

En conjunto, estos aditivos permiten prolongar la duración del efecto analgésico, optimizar el control del dolor y ampliar las posibilidades del manejo multimodal, contribuyendo a mejores resultados clínicos postoperatorios.

La anestesia pericapsular se considera una técnica segura; sin embargo, pueden presentarse algunas complicaciones poco frecuentes. Entre ellas se describen dolor o sensación de ardor en el sitio de infiltración en un 3–5 % de los casos, equimosis o hematoma local en 1–3 %, infección local en menos del 1 %, y reacciones alérgicas extremadamente raras, menores al 0.1 % ²⁵. Asimismo, se ha reportado toxicidad sistémica por anestésicos locales en un 0.03–0.1 %, lesión nerviosa transitoria en menos del 0.5 % y aumento del sangrado en pacientes anticoagulados en un 3–5 %. En general, estas complicaciones son infrecuentes y suelen resolverse con medidas de manejo básico disponibles en el ámbito hospitalario ²⁶.

1.4 Isquemia Neumática

El control del sangrado intraoperatorio constituye un elemento fundamental en la ATR, ya que permite optimizar la visualización quirúrgica y favorecer una adecuada colocación de los componentes protésicos. Tradicionalmente, se realiza mediante el uso de isquemia neumática a través de un dispositivo de compresión neumática con el fin de reducir el flujo sanguíneo de la extremidad intervenida ²⁷.

La isquemia neumática consiste en la aplicación de un torniquete neumático en la raíz del muslo, generalmente con presiones que oscilan entre 250 y 350 mmHg, produciendo la oclusión temporal del flujo arterial, permitiendo el establecimiento de un campo quirúrgico seco aproximadamente entre 30 y 60 segundos posteriores a su insuflación²⁸.

La artroplastia total de rodilla (ATR) se asocia con una pérdida sanguínea significativa, estimándose un volumen total aproximado de 800 a 1500 mL al considerar tanto el sangrado intraoperatorio como el postoperatorio. Diversos estudios han demostrado que el uso de isquemia neumática mediante torniquete puede reducir la pérdida sanguínea intraoperatoria a aproximadamente 300–500 mL. No obstante, la pérdida sanguínea total suele mantenerse entre alto debido al incremento del denominado sangrado oculto en el periodo postoperatorio²⁹.

Si bien la isquemia neumática permite optimizar el campo quirúrgico, su uso prolongado puede asociarse con alteraciones fisiológicas locales y sistémicas que condicionan la aparición de complicaciones intraoperatorias³⁰. Si su aplicación es mayor a las dos horas se pueden presentar eventos adversos como:

- **Neuronales:** Se presentan principalmente lesión en nervio femoral o ciático, manifestándose como neuropraxia. La presión ejercida produce deformación de las fibras nerviosas y compresión de los vasos intraneurales, lo que disminuye la perfusión del nervio y genera hipoxia tisular. Cuando la isquemia se prolonga hay cambios metabólicos, edema endoneural y disfunción de la conducción nerviosa, lo que explica la aparición de parestesias o déficit sensitivo³¹.
- **Musculares:** La interrupción del flujo sanguíneo favorece el metabolismo anaerobio, con acumulación de lactato, acidosis intracelular y disminución de la producción de ATP, lo que altera la función de las fibras musculares. Tras la liberación del torniquete, el fenómeno de reperfusión puede inducir edema muscular y liberación de radicales libres, contribuyendo al daño celular. Estos cambios fisiopatológicos se manifiestan clínicamente como dolor muscular, debilidad y limitación funcional en el periodo postoperatorio inmediato³².

- **Vasculares:** El uso prolongado de isquemia neumática se ha asociado con un mayor riesgo de eventos tromboembólicos. La compresión mantenida produce disminución del retorno venoso y enlentecimiento del flujo sanguíneo, favorece la activación de la cascada de coagulación y el estado de hipercoagulabilidad. Además, la presión sostenida sobre el endotelio vascular genera alteraciones de regulación, promoviendo liberación de mediadores proinflamatorios y procoagulantes que facilitan la formación de trombos ³³.
- **Síndrome de reperfusión:** Corresponde al conjunto de alteraciones hemodinámicas, metabólicas e inflamatorias que ocurren tras la restauración súbita del flujo sanguíneo. Durante la oclusión vascular se establece metabolismo anaerobio con acumulación de lactato, hidrogeniones, dióxido de carbono y potasio; al restablecerse la circulación, estos metabolitos ingresan a la circulación sistémica, generando acidosis metabólica transitoria, hipercalemia relativa y vasodilatación periférica mediada por la liberación de óxido nítrico y mediadores inflamatorios. Como consecuencia, puede presentarse disminución aguda de la resistencia vascular sistémica con hipotensión arterial y taquicardia compensatoria
- **Sangrado postoperatorio:** Tras la reperfusión sanguínea, el aumento de la permeabilidad capilar y la restauración súbita de la microcirculación, se favorece la extravasación de líquido y componentes sanguíneos hacia los tejidos periarticulares, contribuyendo al denominado sangrado oculto. Este fenómeno puede considerarse una complicación por la pérdida sanguínea continúa durante el postoperatorio sin ser evidente, lo que puede ocasionar descenso progresivo de la hemoglobina, mayor requerimiento transfusional y retraso en la recuperación. Se ha descrito que el descenso máximo de hemoglobina ocurre entre las 24 y 72 horas posteriores a la cirugía, pudiendo observarse el nadir hasta el segundo o tercer día postquirúrgico ³⁵.

Por último, diversos estudios han demostrado que el uso del torniquete neumático puede asociarse con mayor intensidad de dolor postoperatorio en la región del muslo. Evaluaciones mediante ENA han reportado puntuaciones que pueden alcanzar valores de 6 a 7 puntos durante las primeras 24 horas posteriores a la cirugía, especialmente cuando se emplean presiones del torniquete iguales o superiores a 300 mmHg, o tiempos prolongados de isquemia mayores a 150 minutos. Incluso, se ha descrito que este dolor

muscular igual o mayor que el dolor derivado del propio trauma quirúrgico. Estos hallazgos respaldan que la lesión muscular contribuye significativamente en la recuperación funcional del paciente ³⁶.

1.4 Isquemia Química

Los primeros estudios sobre isquemia química en ATR surgieron a mediados de la década del 2000 con el desarrollo de la técnica de infiltración periarticular que incorporó un vasoconstrictor en la solución anestésica. Su principio consiste en generar una reducción localizada del flujo sanguíneo mediante el uso de epinefrina como coadyuvante ³⁷. Este enfoque comparte fundamentos con la estrategia *Wide-Awake Local Anesthesia No Tourniquet* (WALANT), que utiliza anestésico local con epinefrina para bloquear nervios periféricos terminales en la zona quirúrgica y producir un efecto hemostático suficiente sin necesidad de torniquete ³⁸.

La epinefrina produce vasoconstricción local mediante la activación de receptores α_1 adrenérgicos en el músculo liso vascular, disminuyendo el flujo sanguíneo y la perfusión tisular en el sitio de aplicación. Administrada junto con un anestésico local, limita su difusión sistémica, favorece mayor permanencia tisular y prolonga la duración del bloqueo sensitivo ³⁹. Desde el punto de vista farmacodinámico, la vasoconstricción reduce la presión hidrostática capilar y la extravasación de fluidos y mediadores inflamatorios al espacio intersticial, contribuyendo a menor edema y menor activación nociceptiva periférica. Asimismo, al disminuir la absorción vascular del anestésico local, se mantienen concentraciones tisulares más estables alrededor de las terminaciones nerviosas, prolongando el bloqueo de los canales de sodio y la inhibición de la transmisión nociceptiva ⁴⁰.

En la ATR se ha reportado una reducción clínicamente significativa de la pérdida hemática intraoperatoria, con volúmenes estimados entre 500 y 800cc, dependiendo de las características quirúrgicas, el abordaje y el perfil del paciente ⁴¹. La duración del efecto vasoconstrictor depende de la concentración empleada, el volumen infiltrado y el grado de vascularización del tejido, siendo menor en músculo por su alta perfusión y mayor en planos capsulares o subcutáneos por su menor riego sanguíneo ⁴².

Respecto al volumen infiltrado, se describen aplicaciones amplias entre 100 y 200 mL distribuidos en cápsula posterior, retináculos, grasa infrapatelar y planos musculares. Estos volúmenes generan un efecto de “reservorio tisular” que permite la liberación progresiva del anestésico y del vasoconstrictor, manteniendo concentraciones locales efectivas durante aproximadamente 6 horas ⁴³.

En anestesia regional y en infiltración periarticular se emplean concentraciones de epinefrina de 1:200,000 (5 µg/mL) a 1:400,000 (2.5 µg/mL), suficientes para producir vasoconstricción α_1 -mediada y disminuir la absorción sistémica del anestésico. Desde el punto de vista farmacocinético, la adición de epinefrina puede reducir los picos plasmáticos del anestésico local entre 20–30 %, dependiendo del lecho vascular infiltrado, como se ha demostrado en estudios de infiltración periarticular en artroplastia total de rodilla ⁴⁴.

En México, la evidencia publicada es limitada. Un estudio realizado en el Hospital General de Querétaro comparó isquemia mecánica y química en 40 artroplastias de rodilla, encontrando que la infiltración con epinefrina redujo significativamente el sangrado intraoperatorio (296 ml vs 435 ml), así como los niveles de creatinina, fosfoquinasa y las complicaciones quirúrgicas. Esta evidencia nacional respalda el uso de epinefrina como vasoconstrictor en la técnica pericapsular en México.

En el ámbito de la anestesiología mexicana, el Dr. José Ramón Saucillo Osuna, presidente de la Federación Mexicana de Colegios de Anestesiología, ha promovido la técnica denominada “torniquete químico”, basada en la infiltración periarticular de anestésico local con epinefrina para disminuir el sangrado intra y postoperatorio en la artroplastia total de rodilla. Aunque no cuenta con publicaciones recientes, en conferencia en el Colegio de Anestesiólogos de Puebla señaló que esta técnica ofrece ventajas como menor sangrado, reducción del dolor postquirúrgico y evita complicaciones asociadas al torniquete mecánico, sin requerir insumos adicionales costosos. Actualmente, esta técnica ya es empleada en sectores privados ⁴⁵.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La combinación de anestesia periarticular con epinefrina más anestesia neuroaxial proporciona mayor eficacia analgésica que la anestesia neuroaxial y manejo analgésico convencional durante las primeras 24 horas postoperatorias en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla?

JUSTIFICACIÓN

El control del dolor postoperatorio en la artroplastia total de rodilla constituye una prioridad en la práctica anestésica actual, no solo por su impacto en el confort del paciente, sino por su influencia directa en la movilización precoz, la recuperación funcional y la reducción de la estancia hospitalaria. La evidencia reporta que más del 50 % de los pacientes experimentan dolor moderado a severo durante las primeras 24 horas posteriores al procedimiento, periodo crítico para la rehabilitación temprana.³⁰

Si bien, la anestesia neuroaxial ha demostrado ser efectiva en el control del dolor intra y postoperatorio inmediato, su efecto es limitado en el tiempo. Por ello se han incorporado bloqueos regionales como el femoral (efectividad del 80% para reducir dolor), y canal de los abductores (efectividad del 70% para reducir dolor), los cuales ofrecen adecuada analgesia pero pueden asociarse a compromiso motor, limitando la movilización temprana.

Es por ello que, la combinación de bloqueo iPACK con infiltración vasoconstrictora periarticular (IVP) surge como una alternativa que permite proporcionar analgesia dirigida a las estructuras periarticulares sin afectar significativamente la función motora, ya que conserva la función del nervio tibial y peroneo. El bloqueo iPACK tiene una efectividad analgésica se estima entre 70 y 90%. Por otro lado, la infiltración periarticular (IVP) proporciona analgesia en las regiones anterior, medial y lateral de la rodilla, con una efectividad estimada entre 75 y 90%³², por lo que, la sinergia de estas dos técnicas permite una analgesia casi completa del área quirúrgica.

La efectividad de ambas técnicas proporciona una significativa reducción en el consumo de opioides, disminuyendo sus efectos adversos y se promueve una movilización del paciente incluso antes de las primeras 8 horas postoperatorias; esta estrategia se alinea con los principios de los protocolos ERAS.³³

Al incorporar epinefrina en la solución infiltrada se aporta un beneficio hemostático al inducir vasoconstricción local, contribuyendo al control del sangrado intraoperatorio y

potencialmente reduciendo la necesidad de isquemia mecánica prolongada. Este doble efecto, analgésico y hemostático, optimiza el perfil integral del procedimiento quirúrgico.

No obstante, dado que la epinefrina puede asociarse a efectos adversos dependientes de la dosis, resulta indispensable establecer medidas de seguridad claras y prever posibles escenarios clínicos de complicación; su clasificación y manejo recomendado se describen en los Anexos 4 y 5. En este sentido, la evaluación de su uso debe considerar no solo su eficacia, sino también su perfil de seguridad.

A pesar de los beneficios descritos, la evidencia comparativa entre anestesia neuroaxial asociada a infiltración con isquemia química frente a esquemas convencionales durante las primeras horas postoperatorias continúa siendo limitada, particularmente en población mexicana. Por ello, resulta pertinente evaluar de manera sistemática su eficacia analgésica, su impacto en el consumo de opioides, su efecto hemostático y su seguridad clínica.

OBJETIVOS

- **Objetivo general:** Comparar la eficacia analgésica de la combinación de anestesia periarticular con isquemia química (epinefrina) más anestesia neuroaxial versus anestesia neuroaxial con analgesia convencional en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla, durante las primeras 24 horas postoperatorias.
- **Objetivos específicos:**
 1. Determinar las características sociodemográficas y clínicas de los pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla.
 2. Cuantificar la intensidad del dolor postoperatorio en el grupo de tratamiento de anestesia periarticular con isquemia química [epinefrina] + anestesia neuroaxial mediante la escala ENA a las 2, 6, 12 y 24 horas posteriores a la cirugía.
 3. Cuantificar la intensidad del dolor postoperatorio en el grupo de tratamiento de anestesia neuroaxial + analgesia convencional, mediante la escala ENA a las 2, 6, 12 y 24 horas posteriores a la cirugía.
 4. Comparar la intensidad del dolor postoperatorio en ambos grupos mediante la escala ENA a las 2, 6, 12 y 24 horas.
- **Objetivos secundarios:**
 1. Comparar el consumo de analgésicos de rescate (tipo, dosis y frecuencia) durante las primeras 24 horas posteriores a la cirugía entre ambos grupos.
 2. Evaluar la incidencia de eventos adversos relacionados con la analgesia (como náusea, vómito, hipotensión o retención urinaria) en los dos esquemas de tratamiento.
 3. Evaluar la incidencia de efectos adversos asociados al uso de isquemia química con epinefrina, como palidez local, cambios de coloración, necrosis tisular, taquicardia, hipertensión transitoria o síntomas sistémicos.
 4. Comparar la duración de la estancia hospitalaria postoperatoria, con la expectativa de egreso en las primeras 24 horas, entre ambos grupos.
 5. Cuantificar la movilidad postoperatoria de la extremidad intervenida, definida como la capacidad de movilizar la rodilla sin dolor tras el cese del efecto motor de la anestesia neuroaxial, lo cual se espera entre la 1.^a y 3.^a hora del posoperatorio.

6. Cuantificar el tiempo transcurrido hasta lograr bipedestación, esperada durante las primeras 12 horas postoperatorias, en ambos grupos.

HIPÓTESIS

La combinación de anestesia periarticular con isquemia química (epinefrina) más anestesia neuroaxial proporciona una mayor eficacia analgésica durante las primeras 24 horas postoperatorias, en comparación con el esquema de anestesia neuroaxial más analgesia convencional, en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla.

SUJETOS Y MÉTODOS

Diseño del estudio.

- Tipo de estudio:

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, controlado, de tipo piloto, cuyo objetivo fue evaluar la eficacia analgésica de una estrategia basada en infiltración periarticular asociada a epinefrina en combinación con anestesia neuroaxial, en comparación con anestesia neuroaxial asociada a analgesia convencional, en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla.

La selección de participantes se efectuó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyendo a los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión durante el periodo de estudio. Posteriormente, la asignación a los grupos se realizó mediante un esquema de aleatorización por bloques, con la finalidad de asegurar una distribución balanceada entre los grupos.

Los pacientes **fueron asignados aleatoriamente** en los siguientes grupos de estudio:

- **Grupo intervención:** anestesia subaracnoidea asociada a infiltración periarticular con ropivacaína o bupivacaína más epinefrina.
- **Grupo control:** anestesia subaracnoidea con manejo analgésico convencional mediante analgésicos intravenosos u orales.

METODOLOGÍA

Universo de estudio: El universo de estudio estuvo constituido por pacientes mayores de 18 años programados para cirugía electiva de artroplastia total de rodilla unilateral durante el periodo noviembre 2025 - enero 2026, sin contraindicaciones para anestesia neuroaxial ni antecedentes de alergia a anestésicos locales o epinefrina.

Lugar de realización: Unidad quirúrgica y sala de recuperación del Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto.

Universo de estudio: Pacientes mayores de 18 años programados para cirugía electiva de artroplastia total de rodilla durante el 2025

Criterios de selección:

- **Inclusión:**
 - Hombres y mujeres que aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado.
 - Pacientes mayores de 18 años de edad
 - Pacientes con criterios ASA I-III.
 - Pacientes programados para cirugía electiva de artroplastia de rodilla.
 - Disponibilidad para evaluación clínica continua durante al menos 24 horas postoperatorias.
- **Exclusión:**
 - Pacientes con alergia a anestésicos locales, pacientes con alergia a epinefrina.
 - Pacientes con diagnóstico de trastornos de coagulación o uso de anticoagulantes no suspendidos adecuadamente antes de la cirugía.
 - Pacientes con infección activa en miembro inferior al operar o sepsis.
 - Pacientes con enfermedades neurológicas, psiquiátricas o cognitivas que dificulten la evaluación del dolor.
- **Eliminación:**
 - Retiro voluntario del consentimiento durante el estudio.
 - Complicaciones intraoperatorias mayores que alteren el protocolo anestésico o el curso postoperatorio (hemorragia, necesidad de reintervención).
 - Falla en la administración de la técnica asignada.

Variables en el estudio:

- Variable Dependientes:

- Intensidad del dolor (ENA) a las 2, 6, 12 y 24 horas post operatorias.
Valor numérico en la ENA (0-10). También se categoriza: leve (1-3), moderado (4-6), severo (7-10). Puntaje ≥ 4 clínicamente relevante.
- Consumo acumulado de opioides en las primeras 24 horas

- Variable Independiente:

El grupo intervención recibirá anestesia subaracnoidea más infiltración periarticular con Ropivacaína o Bupivacaina y epinefrina, mientras que el grupo control recibirá únicamente anestesia subaracnoidea y para manejo de dolor analgésicos intravenosos u orales.

- Variables de Control (confusoras):

Son variables que puedan influir en la percepción del dolor o en la necesidad de analgesia. Edad, IMC, comorbilidades, uso crónico de analgésicos.

CUADRO DE VARIABLES

Dependiente				
Variable	Definición operacional	Valores posibles	Unidades	Tipo de variable
Dolor postoperatorio	Medición mediante escala ENA a las 6, 12 y 24 horas del PO	0-10 pts.	Puntos	Cuantitativa discreta
Independiente				
Grupo de tratamiento	Tipo de intervención anestésica recibida	1 = PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial 2 = Neuroaxial + convencional	N/A	Categórica nominal
Variables de Control (confusoras)				
Variable	Definición operacional	Valores posibles	Unidades	Tipo de variable
Edad	Edad del paciente en años cumplidos	>18 años	años	Cuantitativa continua
Sexo	Sexo biológico	Masculino/Femenino	N/A	Categórica nominal

Índice de masa corporal (IMC)	Relación entre peso y talla del paciente (peso[kg]/talla ² [m ²])	Valores continuos ≥ 15	kg/m ²	Cuantitativa continua
Comorbilidades	Presencia de enfermedades crónicas registradas	0 = No 1 = Sí	N/A	Categórica dicotómica
Duración de la cirugía	Tiempo transcurrido desde la incisión hasta el cierre quirúrgico	En minutos	Minutos	Cuantitativa continua
Sangrado intraoperatorio	Estimación del volumen de pérdida hemática registrada durante la cirugía	Valores continuos	mL	Cuantitativa continua
Consumo de analgésicos de rescate	Número total de dosis administradas de analgésicos no opioides durante las primeras 24 h	0, 1, 2, etc.	Dosis	Cuantitativa discreta
Tipo de analgésico de rescate	Tipo principal de analgésico no opioide utilizado	Paracetamol, Metamizol, Ketorolaco, Otros	N/A	Categórica nominal
Consumo de opioides	Dosis requeridas de cualquier opioide como rescate.	>0 mcg	Mcg / mg	Cuantitativa continua
Variables de seguridad				
Efectos adversos	Presencia de eventos secundarios atribuidos al esquema de analgesia	0 = No / 1 = Sí	N/A	Categórica dicotómica
Tipo de efecto adverso	Clasificación del evento adverso registrado	Náusea, vómito, hipotensión, retención urinaria, otros	N/A	Categórica nominal

Tipo de muestreo:

Muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyendo a los pacientes que cumplan con los criterios de selección y acepten participar en el estudio durante el periodo de reclutamiento.

Cálculo del tamaño de la muestra

Dado que se trata de un estudio piloto con fines exploratorios, el tamaño de la muestra se estimó siguiendo la recomendación metodológica de Julious (2005), quien sugiere que un tamaño mínimo de 12 sujetos por grupo es adecuado para obtener estimaciones preliminares de desviación estándar y evaluar la viabilidad del diseño experimental. Por tanto, se consideró una muestra total de 24 pacientes (12 por grupo), con posibilidad de ampliación hasta 30 participantes para compensar posibles pérdidas o deserciones.

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA BIBLIOGRAFICA

PREGUNTA PICO

Paciente	Intervención	Comparación	Resultado
Pacientes programados para artroplastia total de rodilla.	Bloqueo iPACK + IVP con epinefrina	Intensidad de dolor durante el postoperatorio inmediato (24 horas)	Disminución de dolor postoperatorio y movilización temprana de la extremidad en menor de 24 horas.

CUADRO DE DESCRIPTORES

Palabra clave	DECS	Sinónimos	Mesh	Sinónimos	Definición
1. Artroplastia total de rodilla	Artroplastia de Reemplazo de Rodilla / Arthroplasty, Replacement, Knee	Prótesis de la Rodilla	Arthroplasty, Replacement, Knee	<ul style="list-style-type: none"> • Arthroplasties, Replacement, Knee • Arthroplasty, Knee Replacement • Knee Replacement Arthroplasties 	<p>Replacement of the knee joint.</p> <p>Sustitución de la articulación de la rodilla.</p>

				<ul style="list-style-type: none"> • Knee Replacement Arthroplasty • Replacement Arthroplasties , Knee • Replacement Arthroplasty, Knee • Replacement, Total Knee • Total Knee Replacement • Knee Replacement, Total • Knee Arthroplasty • Arthroplasty, Knee • Arthroplasties , Knee Replacement • Knee Arthroplasty, Total • Arthroplasty, Total Knee • Total Knee Arthroplasty • Arthroplasty, Replacement, Partial Knee • Unicompartmental Knee Arthroplasty • Arthroplasty, Unicompartmental Knee • Knee Arthroplasty, Unicompartmental 	
--	--	--	--	--	--

				<ul style="list-style-type: none"> • Unicompartmental Knee Replacement • Knee Replacement, Unicompartmental • Partial Knee Replacement • Knee Replacement, Partial • Unicompartmental Knee Replacement • Knee Replacement, Unicompartmental • Unicompartmental Knee Arthroplasty • Arthroplasty, Unicompartmental Knee • Knee Arthroplasty, Unicompartmental • Partial Knee Arthroplasty • Arthroplasty, Partial Knee • Knee Arthroplasty, Partial 	
2. Infiltracion periarticular	Infiltracion periarticular		Periarticular, Infiltration		
3. Anestesia neuroaxial	Anestesia Epidural / Anestesia, Epidural / Anestesia Epidural	Anestesia Extradural Anestesia Peridural	Anestesia, Epidural	<ul style="list-style-type: none"> • Epidural Anesthesia • Anesthetics, Epidural • Epidural Anesthetics 	Procedimiento en el que se inyecta un anestésico en el

				<ul style="list-style-type: none"> • Anesthesia, Extradural • Anesthesias, Extradural • Extradural Anesthesia • Extradural Anesthesias • Anesthesia, Peridural • Anesthesias, Peridural • Peridural Anesthesia • Peridural Anesthesias 	espacio epidural.
4. Dolor Postoperatorio	Dolor Postoperatorio / Pain, Postoperative	Dolor Posoperatorio Dolor Posquirúrgico Dolor, Posoperatorio Dolor Posoperatorio Agudo Dolor Agudo Posoperatorio Dolor Posoperatorio Crónico Dolor Postoperatorio Crónico Dolor Posquirúrgico Crónico Dolor Crónico	Pain, Postoperative	<ul style="list-style-type: none"> • Postsurgical Pain • Pain, Postsurgical • Post-surgical Pain • Pain, Post-surgical • Post surgical Pain • Post-operative Pain • Post operative Pain • Post-operative Pains • Postoperative Pain • Pain, Post-operative • Pain, Post operative • Postoperative Pain, Acute • Pain, Acute Postoperative 	Dolor durante el período posterior a la cirugía.

		Posquirúrgico Dolor Posquirúrgico Persistente		<ul style="list-style-type: none"> • Post-operative Pain, Acute • Pain, Acute Post-operative • Post operative Pain, Acute • Acute Postoperative Pain • Acute Post-operative Pain • Acute Post operative Pain • Postoperative Pain, Chronic • Pain, Chronic Postoperative • Chronic Postsurgical Pain • Chronic Postsurgical Pains • Pain, Chronic Postsurgical • Postsurgical Pain, Chronic • Persistent Postsurgical Pain • Pain, Persistent Postsurgical • Postsurgical Pain, Persistent • Chronic Post-operative Pain • Chronic Post operative Pain 	
--	--	--	--	---	--

				<ul style="list-style-type: none"> • Post-operative Pain, Chronic • Pain, Chronic Post-operative • Post operative Pain, Chronic • Chronic Postoperative Pain • Chronic Post-surgical Pain • Chronic Post surgical Pain • Pain, Chronic Post-surgical • Post-surgical Pain, Chronic 	
--	--	--	--	--	--

Fuente de información	Estrategia de búsqueda	Limites	Filtros (título, resumen, criterios de selección)	Total
PubMed	((((((((((Arthroplasty, Replacement, Knee[MeSH Terms]) AND (Arthroplasty, Replacement, Knee[Title/Abstract])) OR (Arthroplasties, Replacement, Knee[Title/Abstract] OR Arthroplasty, Knee Replacement[Title/Abstract] OR Knee Replacement Arthroplasties[Title/Abstract] OR Knee Replacement Arthroplasty[Title/Abstract] OR Replacement Arthroplasties, Knee[Title/Abstract] OR Replacement Arthroplasty, Knee[Title/Abstract] OR Replacement, Total	10 years	Free full text English Humans	7

<p> Knee[Title/Abstract] OR Total Knee Replacement[Title/Abstract] OR Knee Replacement, Total[Title/Abstract] OR Knee Arthroplasty[Title/Abstract] OR Arthroplasty, Knee[Title/Abstract] OR Arthroplasties, Knee Replacement[Title/Abstract])) AND (local, infiltration[Title/Abstract])) AND (local, infiltration[MeSH Terms])) AND (Anesthesia, Epidural[MeSH Terms])) AND (Anesthesia, Epidural[Title/Abstract])) OR (Epidural Anesthesia[Title/Abstract] OR Anesthesias, Epidural[Title/Abstract] OR Epidural Anesthesias[Title/Abstract] OR Anesthesia, Extradural[Title/Abstract] OR Anesthesias, Extradural[Title/Abstract] OR Extradural Anesthesia[Title/Abstract] OR Extradural Anesthesias[Title/Abstract] OR Anesthesia, Peridural[Title/Abstract] OR Anesthesias, Peridural[Title/Abstract] OR Peridural Anesthesia[Title/Abstract] OR Peridural Anesthesias[Title/Abstract])) AND (Pain, Postoperative[MeSH Terms])) AND (Pain, Postoperative[Title/Abstract])) OR (Postsurgical Pain[Title/Abstract] OR Pain, Postsurgical[Title/Abstract] </p>			
---	--	--	--

	OR Post-surgical Pain[Title/Abstract] OR Pain, Post-surgical[Title/Abstract] OR Post surgical Pain[Title/Abstract] OR Post-operative Pain[Title/Abstract] OR Post operative Pain[Title/Abstract] OR pain management[Title/Abstract])			
BVS	(Arthroplasty, Replacement, Knee) AND (Ischemia) AND (Anesthesia, Epidural) AND (Pain, Postoperative) OR (Arthroplasties, Replacement, Knee) OR (Ischemias) OR (Post-surgical Pain)	10 years	Full text	2
Otras				

Fuente de información	Estrategia de búsqueda	Limites	Filtros (título, resumen, criterios de selección)	Total
PubMed	((("pain, postoperative"[MeSH Terms] OR "pain, postoperative"[MeSH Terms] OR "pain, postoperative"[MeSH Terms] OR "pain, postoperative"[MeSH Terms] OR ("post operative pain acute"[Title/Abstract] OR "pain acute postoperative"[Title/Abstract] OR "postoperative pain acute"[Title/Abstract] OR "pain postoperative"[Title/Abstract])) AND ("spine"[MeSH Terms] OR "spine"[MeSH Terms] OR "spine"[Title/Abstract] OR "spinal column"[Title/Abstract] OR "column spinal"[Title/Abstract])) AND ("lidocaine"[MeSH Terms] OR	10 years,	English, Spanish, Humans, Adult: 19+ years	15

	"lidocaine"[MeSH Terms] OR "lidocaine"[MeSH Terms] OR ("lidocaine"[Title/Abstract] OR "lignocaine"[Title/Abstract] OR "xylocaine"[Title/Abstract])) AND ((y_10[Filter]) AND (humans[Filter]) AND (english[Filter] OR spanish[Filter]) AND (alladult[Filter]))			
BVS	(spine surgery) AND (lidocaine) AND (pain, postoperative) AND mj:("Dolor Postoperatorio" OR "Lidocaína" OR "Manejo del Dolor" OR "Columna Vertebral" OR "Fusión Vertebral") AND la:("en" OR "es") AND (year_cluster: [2015 TO 2025]) AND instance:"regional"	10 years,	English, Spanish, Humans, Adult: 19+ years	21
Otras				

MÉTODO DE ALEATORIZACIÓN

La asignación de los participantes a los grupos de tratamiento se realizó mediante aleatorización por bloques con proporción 1:1, empleando el paquete randomblock en RStudio. Se utilizaron bloques de tamaño fijo para asegurar un equilibrio progresivo entre los grupos durante el reclutamiento. La secuencia aleatoria fue generada por un investigador independiente, no involucrado en la atención clínica ni en la recolección de datos. La asignación individual se mantuvo oculta mediante sobres opacos, sellados y numerados consecutivamente. Este procedimiento buscó minimizar el sesgo de selección y asegurar la validez interna del estudio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis y procesamiento de datos se realizó con el software estadístico RStudio en su última versión. Se consideró un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo. La **evaluación de la distribución** se realizó analizando la normalidad de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de las varianzas de Levene.

En cuanto a la **estadística descriptiva**, las variables cuantitativas se describen con medias y desviaciones estándar en caso de distribución normal, o con medianas y rangos intercuartílicos en caso contrario. Las variables categóricas se resumieron en frecuencias absolutas y porcentajes.

Respecto al **análisis inferencial** del estudio, la comparación de grupos se realizó mediante la evaluación de la intensidad del dolor en cada tiempo (6, 12 y 24 horas). Se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes o la prueba de Mann-Whitney U según la distribución. Para variables categóricas como efectos adversos o tipo de analgésico, se aplicó la prueba de chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher.

ÉTICA

El presente estudio se apega a la Ley General de Salud, al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (Título Segundo, Capítulo I, artículos 13, 14, 16 y 17), a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012 que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos, así como a los principios de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y a la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados. De acuerdo con el Artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, el presente proyecto se clasificó como investigación con riesgo mayor al mínimo, debido a que implica la aplicación de una intervención anestésica adicional “infiltración periarticular con epinefrina” como parte del esquema analgésico comparativo en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla.

Los riesgos potenciales incluyen dolor en el sitio de infiltración, efectos hemodinámicos secundarios al uso de epinefrina y complicaciones locales relacionadas con la técnica regional. No obstante, estos riesgos se consideran controlados mediante la aplicación de técnica estéril, dosis seguras, monitoreo continuo y la participación de personal capacitado.

Todos los participantes recibieron información clara, suficiente y comprensible acerca de los objetivos del estudio, los procedimientos, beneficios y los riesgos asociados. Se recibieron consentimientos informados por escrito previo a cualquier intervención relacionada con el protocolo (ver anexos).

La información obtenida fue tratada con estricta confidencialidad y utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos, se garantizó el anonimato de los participantes conforme a la legislación vigente en materia de protección de datos personales.

El protocolo fue sometido a revisión y aprobación por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto y se desarrolló bajo supervisión ética continua (ver anexos).

RESULTADOS

Análisis de normalidad de las variables

Se evaluó la normalidad de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro–Wilk, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los resultados evidenciaron distribución no normal para IMC, VLLI, ENAD, ENADO, ENAV, DORES y VOLSIO ($p < 0.05$). En contraste, ENAS, DOLD, TIMEISQ y TMQX mostraron compatibilidad con normalidad ($p > 0.05$). Con base en ello, las variables sin normalidad se analizaron con métodos no paramétricos, mientras que las variables con normalidad permitieron el uso de pruebas paramétricas

Variable	P_Shapiro	P_Levene	Prueba Estadística
IMC	<0.001*	0.40768	Wilcoxon Test
VLLI (Vol Tot Infilt)	<0.001*	0.01189	Wilcoxon Test
ENAD (ENA 2h)	<0.001*	<0.001*	Wilcoxon Test
ENAS (ENA 6h)	0.10466	0.12589	T Test
ENADO (ENA 12h)	0.00777	0.00426	Wilcoxon Test
ENAV (ENA 24h)	<0.001*	0.13339	Wilcoxon Test
DORES (Dosis rescate)	<0.001*	0.06779	Wilcoxon Test
DOLD (Dolor Deamb)	0.07838	0.01753	T Test
VOLSIO (V. sang IO)	<0.001*	0.0273	Wilcoxon Test
TIMEISQ (Tiemp Isq)	0.74068	0.24228	T Test
TMQX (Tiemp Qx)	0.56312	0.56409	T Test

Tabla 1. Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables analizadas.

Reclutamiento de pacientes

Durante el periodo comprendido del mes de noviembre del 2025, se realizó la inclusión de 30 pacientes que cumplieron los criterios de selección. Posterior a ello, se realizó la división en grupos de estudio G1, a quienes se aplicó Anestesia neuroaxial con manejo convencional del dolor y G2, a quienes se aplicó Anestesia subaracnoidea + infiltración periarticular con Ropivacaína o Bupivacaina y epinefrina como a continuación se presenta:

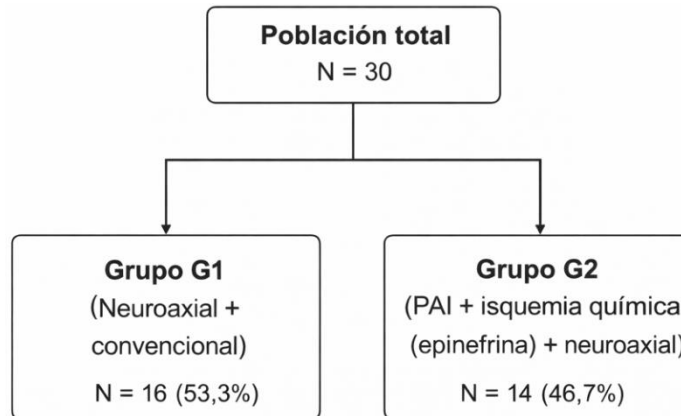


Figura 1. Flujograma de inclusión y distribución de pacientes en los grupos de estudio.

A continuación, se presentan los resultados más representativos del estudio:

Variables demográficas:

- **Edad (años):** En el total, la edad promedio fue 66 ± 9 (mediana 66). No se observaron diferencias entre grupos (G1: 65 ± 10 vs G2: 67 ± 7 ; $p=0.65$).

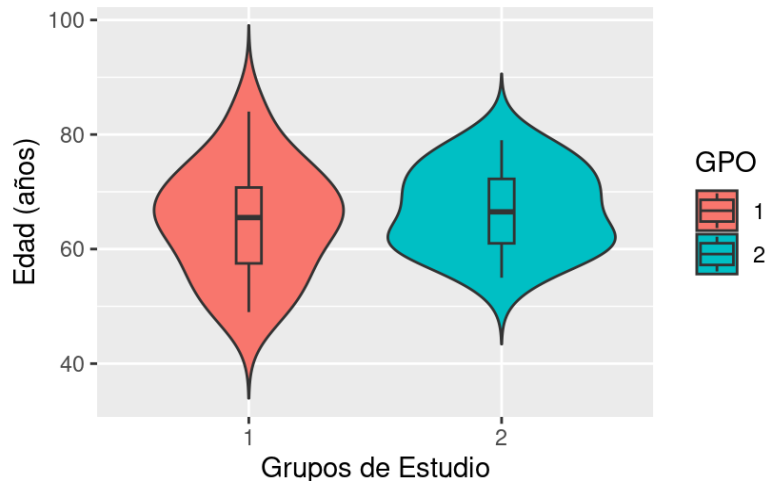


Figura 1. Distribución de edad de los pacientes por grupo de estudio.
1 = Grupo control, 2 = Grupo intervención

- **Sexo.** En la muestra completa predominó el sexo masculino (26/30; 87%). La distribución fue comparable entre grupos, sin diferencias estadísticas (masculino: G1 81% vs G2 93%; $p=0.60$).

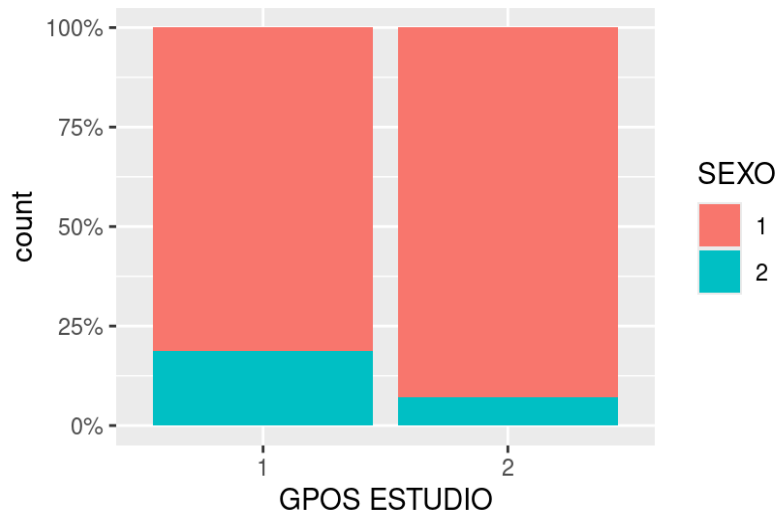


Figura 3. Distribución por sexo en los grupos de estudio.

1 = Masculino, 2 = Femenino

Variables	Total	G1 (Neuroaxial + convencional)	G2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
Edad				0.65
Median (Min, Max)	66 (49, 84)	66 (49, 84)	67 (55, 79)	
Sexo				0.6
1 (Masc)	26 (87%)	13 (81%)	13 (93%)	
2 (Fem)	4 (13%)	3 (19%)	1 (7.1%)	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 2. Comparación de variables demográficas entre los grupos de estudio.

Variables clínicas:

- **IMC:** El IMC promedio global fue 28.5 ± 7.8 , lo que clasifica a la población en rango de sobrepeso. Se observó una tendencia a mayor IMC en G1 vs G2 (30.4 ± 9.6 vs 26.3 ± 4.1 ; $p=0.076$)

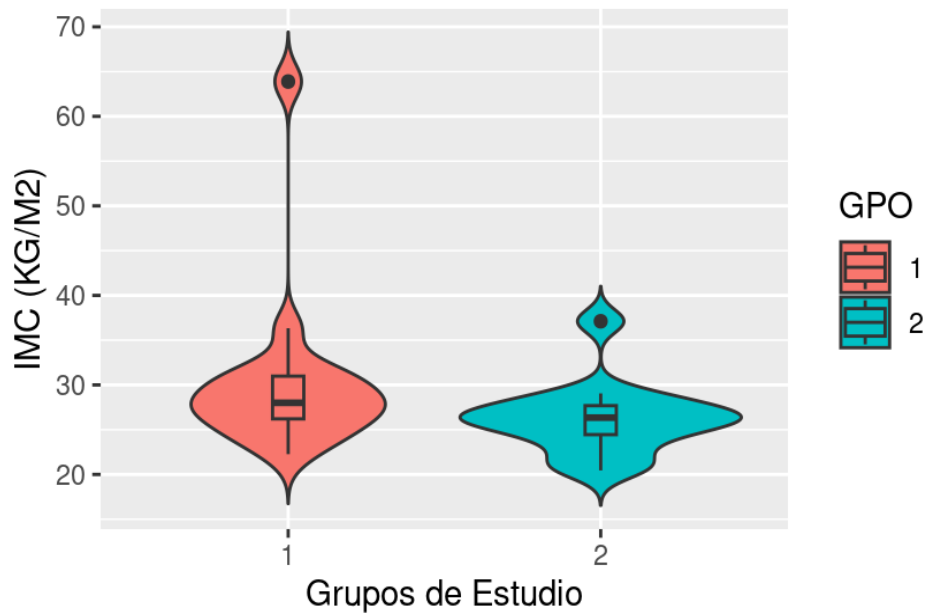


Figura 4. Distribución del IMC por grupo de estudio.
1 = Grupo control, 2 = Grupo intervención

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
IMC				0.076
Median (Min, Max)	26.9 (20.4, 63.9)	28.0 (22.3, 63.9)	26.3 (20.4, 37.1)	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 3. Comparación del IMC entre los grupos de estudio.

- **Comorbilidades:** En el total, 34% se clasificó como “0” o sin antecedente de comorbilidades, seguido de 21% con patología hipertensiva (2). No hubo diferencias entre grupos en la distribución de comorbilidades (p=0.70).

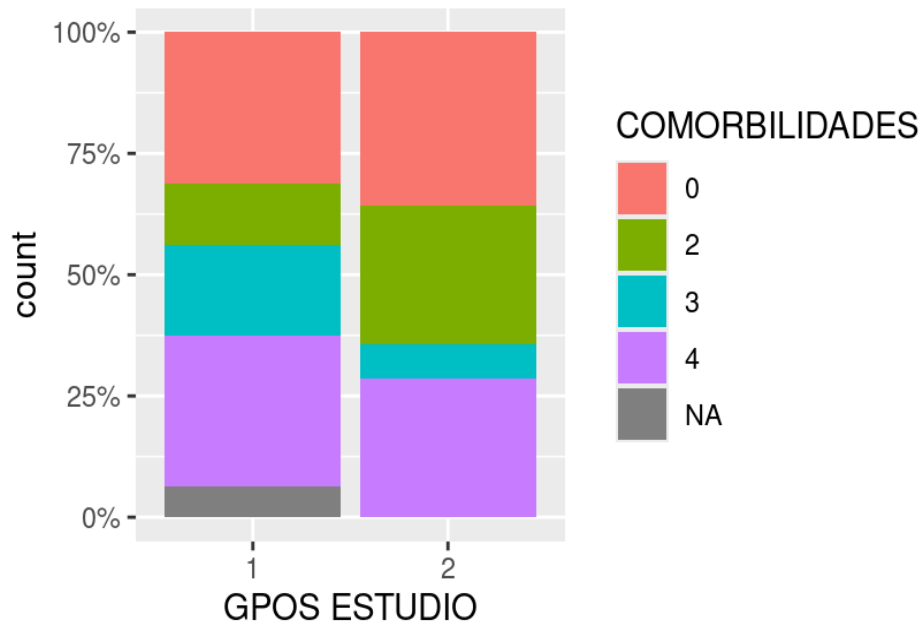


Figura 2. Distribución de comorbilidades por grupo de estudio.

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
CMOR				0.7
0	10 (34%)	5 (33%)	5 (36%)	
2	6 (21%)	2 (13%)	4 (29%)	
3	4 (14%)	3 (20%)	1 (7.1%)	
4	9 (31%)	5 (33%)	4 (29%)	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test (0=NO, 1=DM2,2=HAS,3=DM2,4=2 O MÁS)				

Tabla 4. Comparación de las comorbilidades entre los grupos de estudio.

Variables anestésicas:

- **Tipo de anestesia:** (1=BSA, 2=BSA/BPD). Globalmente predominó la categoría 1 (25/30; 83%). Se identificó diferencia entre grupos ya que el G2 presentó 100% en categoría 1, mientras que G1 tuvo mayor proporción de categoría 2 (31%) (p=0.045).



Figura 6. Distribución del tipo de anestesia por grupo de estudio.

- **Anestesia regional:** Aplicación de IVP e iPACK (1=Sí, 2=No). En el total, 47% recibió IVP+iPACK. Existió una diferencia marcada: G2 recibió IVP+iPACK en 100% y G1 en 0% ($p < 0.001$).

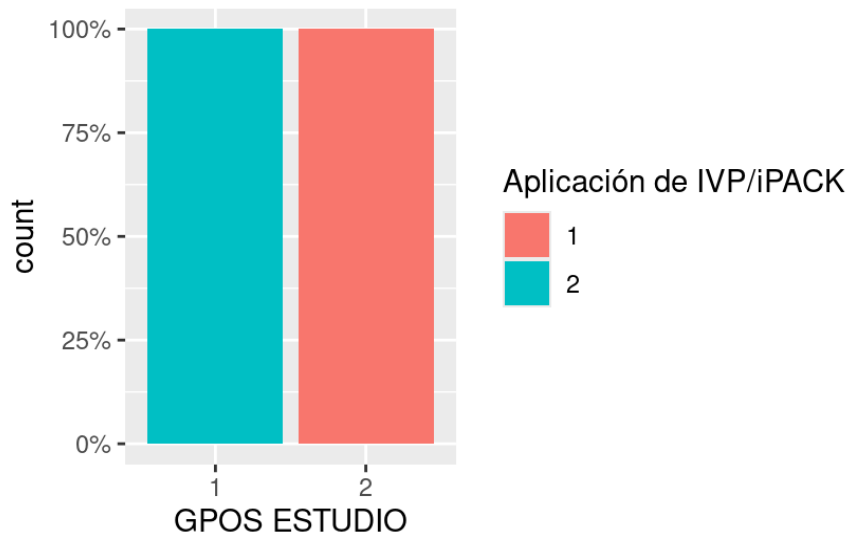


Figura 7. Aplicación de infiltración periarticular (IVP) e iPACK por grupo de estudio.

- **Volumen total infiltrado (mL).** En la muestra total, se observó una media 44.7 ml. Se observaron diferencias sustanciales: G1 registró 0 ± 0 , mientras que el G2 se observó 95.7 ± 9.38 ml en promedio.

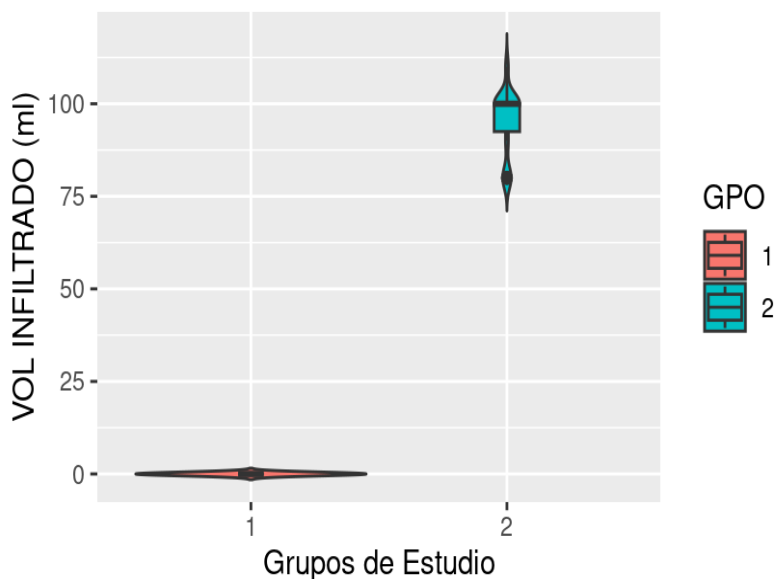


Figura 8. Volumen total infiltrado por grupo de estudio.

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
TANES (Tipo de anestesia)				0.045
1 (BSA)	25 (83%)	11 (69%)	14 (100%)	
2 (BSA/BPD)	5 (17%)	5 (31%)	0 (0%)	
TIII (Aplicación de IVP y iPACK)				<0.001
1=SI	14 (47%)	0 (0%)	14 (100%)	
2=NO	16 (53%)	16 (100%)	0 (0%)	
ANL (anestésico local)				<0.001
0 = NO	16 (53%)	16 (100%)	0 (0%)	
1 = Ropivacaina al 2% + Epinefrina	14 (47%)	0 (0%)	14 (100%)	
VLLI (Volumen total infiltrado (mL))				<0.001
Median [Min, Max]	0 [0, 110]	0 [0, 0]	100 [80.0, 110]	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 5. Comparación de las variables anestésicas por grupo de estudio.

VARIABLES QUIRÚRGICAS:

- **Sangrado intraoperatorio:** El Volumen de sangrado intraoperatorio mostró una mediana global de 228 ml. El grupo 1 mostró una mediana mayor respecto al grupo 2 (327 ± 327 vs 107 ± 66 ; $p=0.025$).

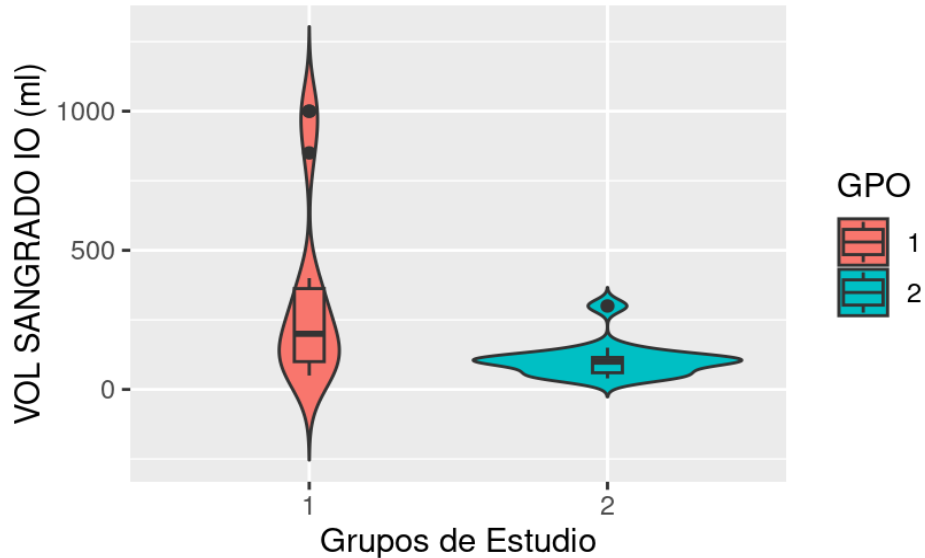


Figura 9. Volumen de sangrado intraoperatorio por grupo de estudio.
1 = Grupo control, 2 = Grupo intervención

- **Tiempo total de isquemia.** En el total, se observó una mediana de 64 minutos. El G1 tuvo mayor tiempo de isquemia que G2 (91 vs 48 minutos; $p=0.00286$).

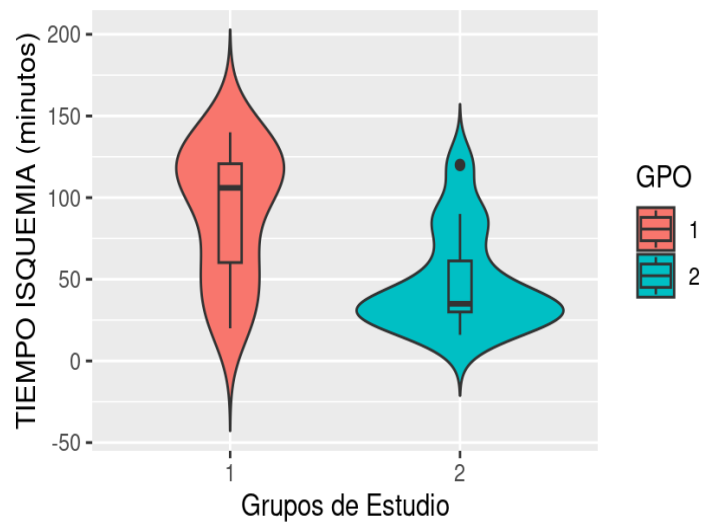


Figura 10. Tiempo total de isquemia por grupo de estudio.
1 = Grupo control, 2 = Grupo intervención

- **Tiempo quirúrgico.** Globalmente, la media observada fue de 156 min. No se evidenciaron diferencias entre grupos ($p=0.46952$).

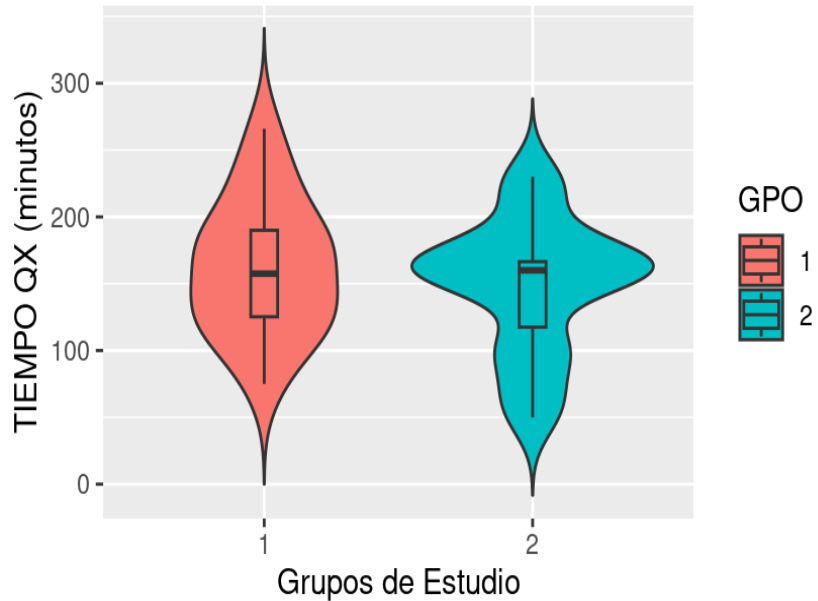


Figura 3. Tiempo quirúrgico por grupo de estudio.
1 = Grupo Control, 2 = Grupo intervención.

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
VOLSIO (VOLUMEN SANGRADO IO, ML)				0.025
Median (Min, Max)	110 (40, 1,000)	200 (50, 1,000)	100 (40, 300)	
TIMEISQ (TIEMPO TOTAL ISQUEMIA)				0.00286
Mean (SD)	71 (42)	91 (40)	48 (31)	
TMQX (TIEMPO QX)				0.46952
Mean (SD)	156 (51)	162 (51)	149 (51)	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 6. . Comparación de las variables anestésicas e intraoperatorias entre los grupos de estudio.

Resultados analgésicos

Para responder el objetivo de “Comparar la intensidad del dolor postoperatorio en ambos grupos mediante la escala ENA a las 6, 12 y 24 horas”, observamos que en la evaluación del dolor posoperatorio mediante la escala ENA se observó una diferencia consistente y clínicamente relevante entre los grupos a lo largo del seguimiento (2, 6, 12 y 24 horas). En el análisis global, las puntuaciones aumentaron progresivamente desde 0 hasta 5 puntos en las 24 horas de seguimiento, lo que sugiere una intensificación del dolor conforme avanza el periodo posoperatorio temprano. Sin embargo, al comparar por grupos, G1 presentó valores sistemáticamente superiores a G2 en todos los puntos, con diferencias estadísticamente significativas en cada medición ($p < 0.01$ en todas). Este patrón indica que el grupo G2 mantuvo un mejor control analgésico temprano, destacando particularmente el contraste a las 2 h (ausencia de dolor reportada en G2), y que la separación entre grupos se preservó durante todo el primer día posoperatorio.

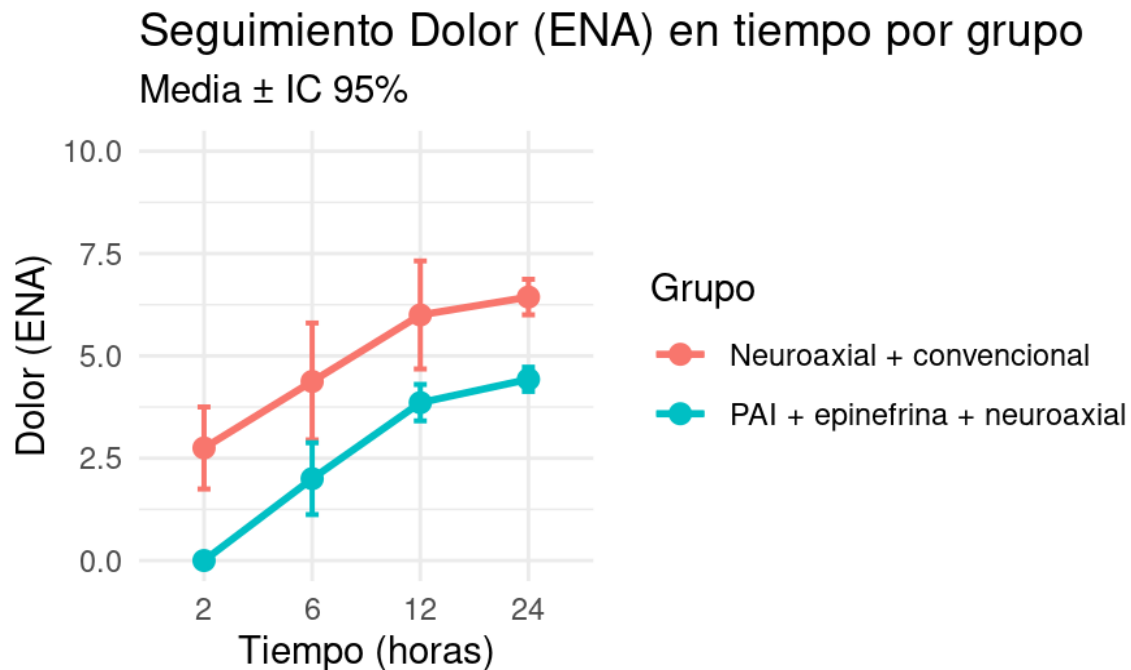


Figura 12. Evolución del dolor (ENA) en el tiempo postoperatorio según el grupo de estudio.

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
ENAD (2H)				<0.001*
Median [Min, Max]	0 [0, 5.00]	3.00 [0, 5.00]	0 [0, 0]	
ENAS (6H)				0.00674
Median [Min, Max]	3.00 [0, 8.00]	5.00 [0, 8.00]	2.00 [0, 4.00]	
ENADO (12H)				0.00504
Median [Min, Max]	4.00 [0, 9.00]	6.50 [0, 9.00]	4.00 [2.00, 5.00]	
ENAV (24H)				<0.001*
Median [Min, Max]	5.00 [4.00, 8.00]	6.50 [5.00, 8.00]	4.00 [4.00, 5.00]	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 7. Comparación del dolor postoperatorio (ENA) en diferentes tiempos entre los grupos de estudio.

- **Postoperatorio inmediato.** En lo que respecta a la analgesia PO, destaca que el 100% del G2 no requirió analgesia y del G1, 27% se empleó anestésicos locales y en menor proporción opioides o combinación de AINES con anestésicos locales.

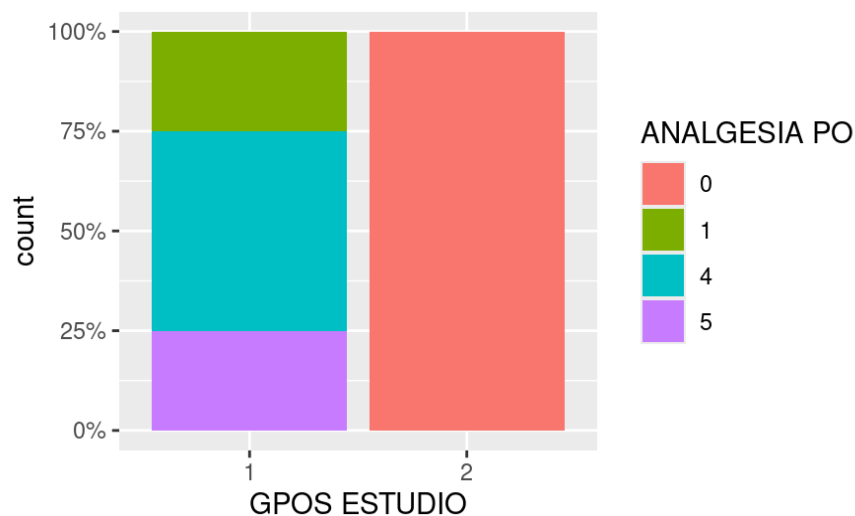


Figura 13. Tipo de analgesia empleada en el postoperatorio inmediato por cada grupo de estudio.

4 = Analgesia con opioide, 5 = Analgesia con anestésicos locales.

- **Postoperatorio mediato.** Así mismo, al analizar los medicamentos de rescate empleados en el PO, el 87% requirió combinación de Paracetamol con Tramadol. Al analizar entre grupos, se observó mayor frecuencia de esta combinación en el grupo 1.

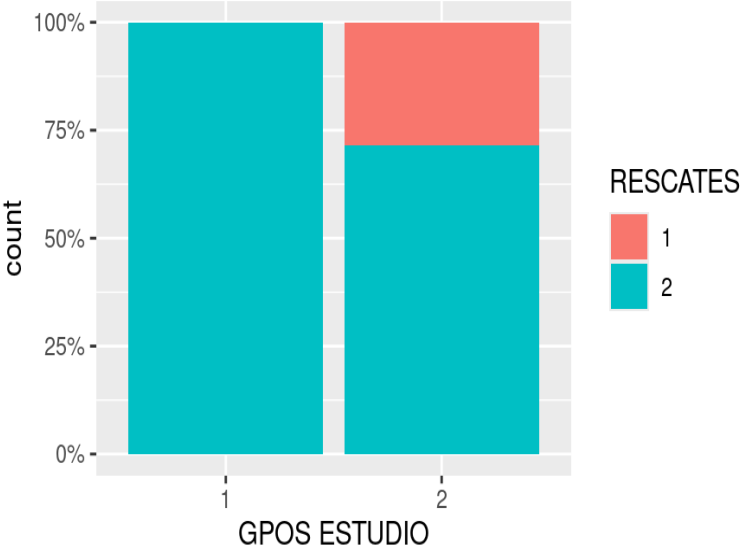


Figura 4. Aplicación de medicamentos de rescate en el postoperatorio mediato por grupo de estudio

- **Dosis de rescate.** De igual forma, el número de dosis de rescate fue mayor en el grupo 1.

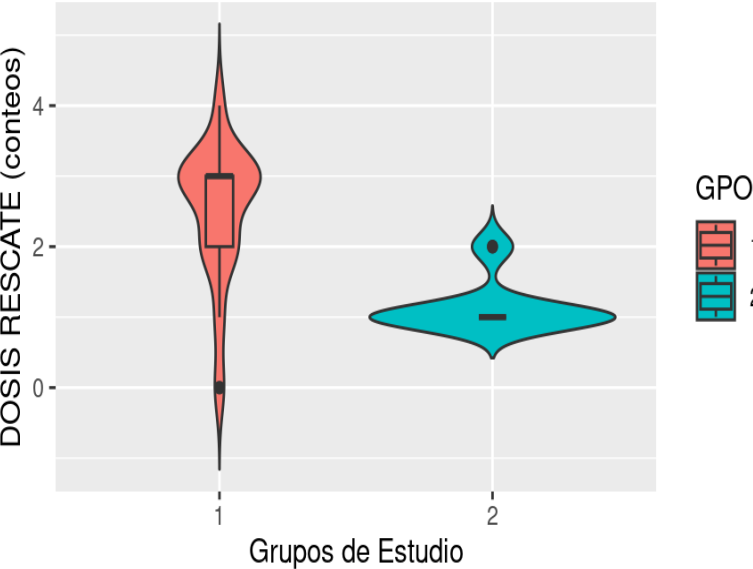


Figura 5. . Número de dosis de rescate analgésico en el postoperatorio tardío por grupo de estudio.

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
APO (ANALGESIA PO)				<0.001
0=NO	14 (47%)	0 (0%)	14 (100%)	
1=OPIOIDES	4 (13%)	4 (25%)	0 (0%)	
4= ANESTÉSICOS LOCALES	8 (27%)	8 (50%)	0 (0%)	
5 = MIX	4 (13%)	4 (25%)	0 (0%)	
RESC (MEDICAMENTOS RESCATE)				0.037
1 (Paracetamol)	4 (13%)	0 (0%)	4 (29%)	
2 (Paracetamol/Tramadol)	26 (87%)	16 (100%)	10 (71%)	
DORES (DOSIS RESCATE)				<0.001*
Median [Min, Max]	2.00 [0, 4.00]	3.00 [0, 4.00]	1.00 [1.00, 2.00]	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 8. Comparación del manejo analgésico postoperatorio entre los grupos de estudio.

- **Efectos adversos analgésicos:** Al analizar los efectos adversos derivados del uso de opioides, observamos que el 53% no presentó ningún efecto para el total de la población y un 40% presentó náusea. AL comparar entre grupos, no se observó náusea o retención urinaria en el grupo 2.

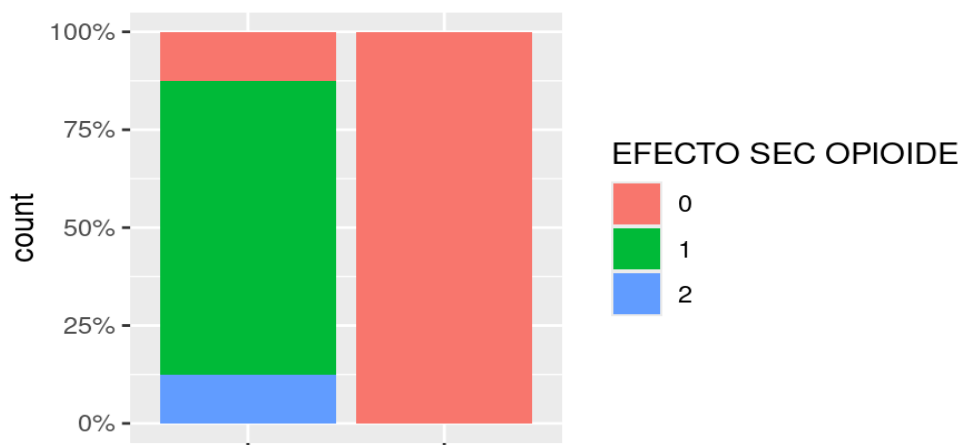


Figura 6. Distribución de efectos adversos asociados al uso de opioides por grupo de estudio.

- **Dolor al deambular.** En lo que respecta al análisis de dolor a la deambulaci3n, el ENA promedio fue de 6 puntos para el total de la poblaci3n. Sin embargo, al comparar entre grupos, observamos diferencias estadísticas y clínicas, ya que el ENA en el grupo 2, la media de dolor fue 2 puntos menor que el grupo 1.

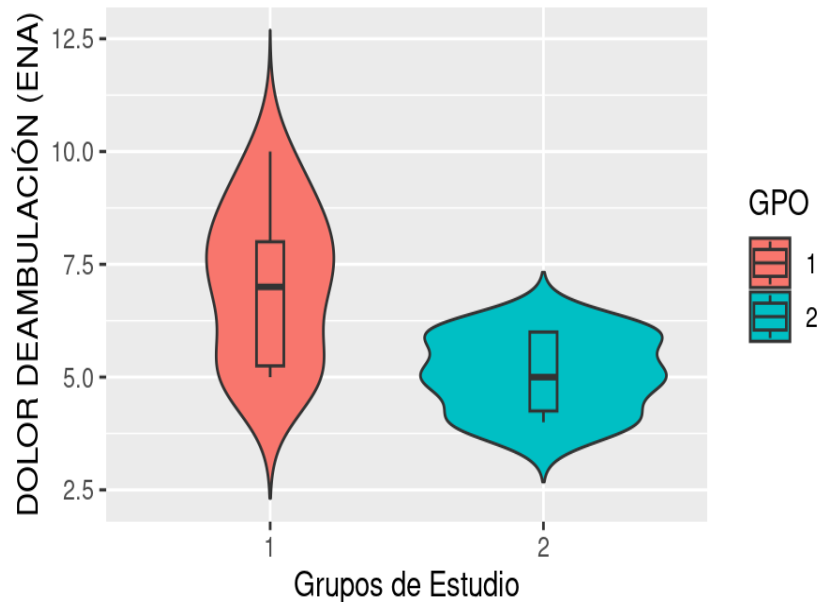


Figura 17. Dolor durante la deambulaci3n (ENA) por grupo de estudio.

Variables	Total	1 (Neuroaxial + convencional)	2 (PAI + isquemia química (epinefrina) + neuroaxial)	p-value ²
	N = 30 ¹	N = 16 ¹	N = 14 ¹	
EFSC (EFECTO SEC OPIOIDE)				<0.001
0= NO	16 (53%)	2 (13%)	14 (100%)	
1= NÁUSEA	12 (40%)	12 (75%)	0 (0%)	
2=NAUSEA/RET URINARIA	2 (6.7%)	2 (13%)	0 (0%)	
DOLD (DOLOR DEAMBULACIÓN)				<0.001*
Mean (SD)	6.07 (1.65)	7.07 (1.69)	5.07 (0.829)	
NO DEAMBULACIÓN	2 (6.7%)	2 (12.5%)	0 (0%)	
¹ n (%)				
² Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test				

Tabla 9. Efectos secundarios por opioides y dolor en deambulaci3n por grupo.

DISCUSIÓN

El presente estudio demostró que la infiltración periarticular con isquemia química se asocia con menor intensidad de dolor postoperatorio y menor requerimiento de rescate analgésico frente al manejo convencional. Dado que no hubo diferencias basales entre los grupos, los desenlaces se atribuyen a la intervención. Estos hallazgos coinciden con Kerr y Kohan (2008), quienes describieron que la infiltración periarticular mejora el control analgésico sin incrementar complicaciones sistémicas, Lo anterior refuerza que la analgesia dirigida a estructuras periarticulares constituye un componente eficaz dentro de los esquemas multimodales en ATR.

La mejoría analgésica en las primeras horas postoperatorias se explica por el efecto del vasoconstrictor añadido a la solución infiltrada. Estos resultados coinciden con Zoric y cols. (2014), quienes demostraron que la epinefrina disminuye la absorción sistémica del anestésico local y prolonga su efecto tisular. Clínicamente, esto se traduce en menor dolor inmediato y menor necesidad de rescate analgésico en el periodo inicial.

En relación con el volumen infiltrado, en nuestro estudio se utilizó un promedio de 95.7 ± 9.38 cc, priorizando la seguridad y la reducción del riesgo de toxicidad sistémica. Este volumen es menor al descrito por Kerr y Kohan (2008), quienes reportaron infiltraciones cercanas a 200 cc, y por Roques-Escolar y cols. (2022), quienes describen volúmenes aproximados de 150 cc en esquemas multimodales actuales. A pesar del menor volumen empleado, se mantuvo eficacia analgésica significativa, lo que sugiere que la optimización de la técnica puede equilibrar seguridad y efectividad clínica.

En nuestro estudio, se asoció una reducción del sangrado intraoperatorio superior al 50%, al compararse un máximo de 800 cc en el grupo control con aproximadamente 150 cc en el grupo intervención. Esta magnitud de disminución supera lo reportado por Olivecrona y cols. (2013), quienes documentaron reducciones cercanas al 39 % con infiltración periarticular asociada a epinefrina. Por tanto, además de coincidir con la evidencia que respalda el efecto hemostático del vasoconstrictor, nuestros resultados sugieren un beneficio clínicamente más relevante en la optimización del control

sanguíneo durante la artroplastia total de rodilla, sin incremento de complicaciones sistémicas.

En el grupo control se documentó un sangrado oculto aproximado de 100cc a 300cc durante las primeras horas postoperatorias, Este hallazgo coincide con lo descrito por Wu y cols. (2019) y Anderson y cols. (2019), quienes señalan que una proporción significativa de la pérdida sanguínea total en la artroplastia total de rodilla corresponde a sangrado oculto.

En nuestro estudio, el grupo intervención presentó ENA de 0 al alta de la unidad de recuperación y menor intensidad de dolor en los tiempos evaluados. Además, destaca la ausencia de dolor inmediato y que la diferencia se establece con mayor claridad posterior a las 6 horas. Estos resultados coinciden con Domagała y cols. (2023), quienes describen que la analgesia dirigida a estructuras periarticulares profundas mejora el control del dolor durante la movilización y con Campos-Flores y cols. (2022), quienes reportaron puntuaciones significativamente menores tras infiltración periarticular, manteniéndose el dolor dentro de rangos leves a moderados durante las primeras 36 horas.

En el grupo control, el 80 % de los pacientes requirió hasta tres dosis de rescate opiode y aun así mantuvo ENA mayores a 6, fue el único grupo que presentó náusea (40 %), y retención urinaria aquellos con morfina peridural. Esto coincide con lo descrito por Niemeläinen y cols. (2014), quienes señalan que mayor exposición a opioides incrementa los efectos adversos sin garantizar mejor analgesia. En contraste, el grupo intervención logró mejor control del dolor con menor uso de opioides, demostrando que más opiode no implicó mejor analgesia, sino mayor tasa de eventos secundarios.

Todos estos hallazgos respaldan que la infiltración periarticular con isquemia química constituye una estrategia analgésica eficaz y segura que puede integrarse del manejo perioperatorio en la ATR, contribuyendo a optimizar el control del dolor, disminuir el sangrado, mejorar la recuperación funcional de los pacientes y potencialmente reducir la estancia hospitalaria junto con los costos asociados a la atención médica.

LIMITACIONES

- El presente estudio presenta algunas limitaciones. No fue posible realizar los procedimientos sin el uso parcial de isquemia neumática, ya que esta se empleó durante la fase de cementación, lo que puede influir en la cuantificación del sangrado.
- Variabilidad técnica derivada de la participación de múltiples ortopedistas.
- Disponibilidad institucional variable de opioides intravenosos, limitando la uniformidad en rescates analgésicos.
- Seguimiento analgésico restringido a las primeras 24 horas postoperatorias, sin evaluación a mediano plazo (48–72 h).

PROPUESTAS PARA INVESTIGACIÓN FUTURA

Se propone evaluar el impacto de la isquemia química en la estancia hospitalaria y en los costos institucionales, considerando variables como días de hospitalización, requerimiento transfusional, consumo total de opioides y necesidad de intervenciones adicionales, con el fin de determinar no solo su beneficio clínico, sino también su repercusión en la eficiencia y sostenibilidad del sistema de salud.

Asimismo, se sugiere integrar monitoreo de perfusión tisular intraoperatoria, mediante tecnologías como NIRS o parámetros indirectos de perfusión, para valorar en tiempo real el efecto hemostático local del vasoconstrictor y su seguridad a nivel microvascular, permitiendo objetivar el equilibrio entre control del sangrado y adecuada perfusión tisular.

Otra línea relevante consiste en comparar diferentes concentraciones de epinefrina con el objetivo de establecer la dosis óptima que maximice el efecto hemostático sin comprometer la seguridad cardiovascular.

Finalmente, se recomienda ampliar el seguimiento clínico hasta 30 días postoperatorios para evaluar la incidencia de complicaciones tromboembólicas o infecciosas y determinar la seguridad a mediano plazo de la técnica.

CONCLUSIONES

La infiltración periarticular asociada a isquemia química con epinefrina se relacionó con una menor intensidad de dolor postoperatorio en pacientes sometidos a ATR, evidenciado por menores puntuaciones en la escala ENA.

Con el menor requerimiento de analgésicos de rescate en el grupo intervención durante las primeras 24 horas posteriores a la cirugía, estos pacientes presentaron menor incidencia de efectos adversos relacionados con el uso de opioides, lo que sugiere que las estrategias analgésicas periféricas contribuyen a disminuir la exposición a estos fármacos en el periodo postoperatorio.

La reducción significativa del sangrado intraoperatorio en el grupo intervención en comparación con el grupo control respalda el efecto hemostático asociado a la epinefrina en la infiltración periarticular.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dayton MR, Scuderi GR. Artroplastia total de rodilla: vías de abordaje pararrotoiana medial y ampliada. En: Scuderi GR, Tria AJ Jr., eds. Atlas de artroplastia total de rodilla. 2.^a ed. Madrid: Elsevier España; 2014. p. 573–88.
2. Ortega Andreu M, Barco Laakso R, Rodríguez Merchán EC. Artroplastia total de rodilla. *Rev Ortop Traumatol*. 2002;46(7):476–84.
3. Secretaría de Salud. Sistema Nacional de Información en Salud. Egresos hospitalarios 2023 [Internet]. México: Secretaría de Salud; 2023 [citado 2025 Jul 14]. Disponible en: <https://www.sinais.salud.gob.mx>
4. Kong DY, Han OH, Choi WR, Ko YI, Choi CH. The impact of epinephrine in the periarticular injection cocktail using ropivacaine for total knee arthroplasty: A prospective, randomized, double-blind comparison study. *J Arthroplasty*. 2020;35(9):2439–43.
5. Varacallo MA, Luo TD, Mabrouk A, Johanson NA. Total Knee Arthroplasty Techniques. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 May 6.
6. Zhao C, Liao Q, Xu P. Advances in perioperative pain management for TKA: multimodal approaches. *J Orthop Surg Res*. 2024;19:843.
7. Li J, Guan T, Zhai Y, Zhang Y. Risk factors of chronic pain after TKA: a systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2024;19:320.
8. Roqués-Escolar V, Molina-Garrigós P. The periarticular vasoconstrictor infiltration technique (PVI) for total knee and hip arthroplasty: A brief description of a new technique complemented by audiovisual presentations. *J Clin Anesth*. 2024;92:111284.
9. Roques Escolar V, Oliver-Fornies P, Fajardo Perez M. Periarticular vasoconstrictor infiltration: A novel technique for chemical vasoconstriction in major orthopaedic surgery. *Br J Anaesth*. 2022. [Epub ahead of print].
10. Kehlet H, Dahl JB. The value of “multimodal” or “balanced analgesia” in postoperative pain treatment. *Anesth Analg*. 1993;77(5):1048–56.
11. Canovas F, Dagneaux L. Quality of life after TKA. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018;104(1 Suppl):S41–6.
12. Wainwright TW, Gill M, McDonald DA, Middleton RG, Reed M, Sahota O, et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations. *Acta Orthop*. 2020;91(1):3–19.

13. Wu YG, Zeng Y, Hu QS, Bao XC, Xiong HZ, Shen B. Tranexamic acid plus low-dose epinephrine reduces blood loss in total knee arthroplasty. *Orthop Surg.* 2018;10(4):287–93.
14. Campos-Flores D, Malpica-Ramírez LM, Cariño-Cepeda C, Fernández de Lara-Castilla LG, Gálvez-Romero JL. Eficacia de la infiltración periarticular con anestésico local y adyuvantes para control del dolor postquirúrgico en la artroplastía total de rodilla. *Acta Ortop Mex.* 2021;35(2):169–73.
15. King GA, Le A, Nickol M, Sarkis B, van der Merwe JM. Periarticular infiltration used in total joint replacements: an update and review article. *J Orthop Surg Res.* 2023;18:859.
16. Domagała M, Szabat K, Domagała A, Kowalczyk M. Periarticular injection, iPACK block and peripheral nerve blocks in total knee arthroplasty: A review of current analgesic techniques. *J Clin Med.* 2023;12(7):2569.
17. Fujita Y, Iwata T, Sugimura N, Nakata Y. Significantly earlier ambulation and reduced risk of near-falls with adductor canal block compared with femoral nerve block after total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23:742.
18. Hasegawa M, Yoshida K, Wakabayashi H, Sudo A. Review on nerve blocks utilized for perioperative total knee arthroplasty analgesia. *Orthop Rev (Pavia).* 2022;14(3):37405.
19. Kerr DR, Kohan L. Local infiltration analgesia: A technique for the control of acute postoperative pain following knee and hip surgery. A case study of 325 patients. *Acta Orthop.* 2008;79(2):174–83.
20. Chan E, Howle R, Onwochei D, Desai N. Infiltration between the popliteal artery and the capsule of the knee (IPACK) block in knee surgery: a narrative review. *Reg Anesth Pain Med.* 2021;46(8):719–27. doi:10.1136/rapm-2021-102681.
21. Andersen LØ, Kehlet H. Analgesic efficacy of local infiltration analgesia in hip and knee arthroplasty: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2014;113(3):360–374.
22. Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology.* 6th ed. New York: McGraw Hill; 2018.
23. Yuenyongviwat V, Wuttiworawanit B, Panichnantho N, Hongnaparak T, Iamthanaporn K. Periarticular infiltration with dexamethasone versus adductor canal block alone in total knee arthroplasty. *Adv Orthop.* 2023;2023:7356192.
24. El-Boghdadly K, Pawa A, Chin KJ. Local anesthetic systemic toxicity and adjuvants in regional anesthesia. *Anaesthesia.* 2018;73(Suppl 1):58–72.

25. Barrington MJ, Kluger R. Ultrasound guidance reduces the risk of local anesthetic systemic toxicity following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med* . 2013;38(4):289–299.
26. Chidiac EJ, Kaddoum RN, Mansour NY, Rizk MS. Local anesthetic systemic toxicity: Current perspectives. *Local Reg Anesth*. 2018;11:35–44.
27. Pavão DM, de Sousa EB, Fogagnolo F, et al. Optimized tourniquet vs no tourniquet in TKA: muscle injury and function. *J Orthop*. 2024;48:72–6.
28. Ochoa-Anaya G, Méndez-Hernández AZ. Implicaciones anestésicas mediante el uso del torniquete arterial neumático. *Rev Mex Anestesiología*. 2017;40(2):120-126.
29. Zhang W, Li N, Chen S, Tan Y, Al-Aidaros M, Chen L. Total blood loss after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2017;12:145. doi:10.1186/s13018-017-0637-6.
30. Olivecrona C, Lapidus LJ, Benson L, Blomfeldt R. Tourniquet time affects postoperative complications after knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(8):1851–1857. doi:10.1007/s00167-012-2252-4.
31. Horlocker TT, Hebl JR, Gali B, Jankowski CM, Burkle CM, Berry DJ, et al. Anesthetic, patient, and surgical risk factors for neurologic complications after prolonged tourniquet time during total knee arthroplasty. *Anesth Analg*. 2006;102:950–5.
32. Yang Y. Ischemia-reperfusion injury in total knee arthroplasty. *Chin J Tissue Eng Res*. 2024;28(14):2263-2268).
33. Hilliard I, Stead TS, Banerjee A, Hua Y, Ganti L. Mind the clot: Predictors of pulmonary embolism after total knee arthroplasty—an analysis of 150,119 cases. *Orthop Rev (Pavia)*. 2025;17:143769. doi:10.52965/001c.143769.
34. Leurcharusmee P, Sawaddiruk P, Punjasawadwong Y, Chattipakorn N, Chattipakorn SC. The possible pathophysiological outcomes and mechanisms of tourniquet-induced ischemia-reperfusion injury during total knee arthroplasty. *Oxid Med Cell Longev*. 2018;2018:8087598 .
35. Cho MR, Ha CW, Lee DH, Kim JH, Park YB. Natural course of hemoglobin level after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Surg*. 2021;13(1):77–83. doi:10.4055/cios20065.
36. Kumar N, Yadav C, Singh S, Kumar A, Vaithilingam A, Yadav S. Evaluation of pain in bilateral total knee replacement with and without tourniquet: a prospective randomized control trial. *J Clin Orthop Trauma*. 2015;6(2):85-88. doi:10.1016/j.jcot.2015.01.095. PMID:25983513.

37. Memtsoudis SG, et al. Perioperative outcomes in knee arthroplasty patients receiving local infiltration analgesia: a population-based study. *Anesthesiology*. 2013;118(6):1125–33).
38. Lalonde DH, Martin AL. Wide-awake flexor tendon repair and early tendon mobilization in zones 1 and 2. *Hand Clin*. 2013;29(2):207–213.
39. Saraga MA, Fotopoulos I, Zisis V, Pouloupoulos A, Dabarakis N, Lillis T. Pharmacological interactions of epinephrine at concentrations used in dental anesthesia: an updated narrative review. *Reports*. 2025;8(4):224.
40. Hall JE. *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. 14th ed. Philadelphia (PA): Elsevier; 2021.
41. Torres FW. Isquemia mecánica e isquemia con epinefrina en pacientes operados de artroplastia total de rodilla del Hospital General de Querétaro del 1 marzo 2016 al 1 marzo 2017 [tesis]. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro; 2019.
42. Decloux D, Ouanounou A. Local anaesthesia in dentistry: a review. *J Can Dent Assoc*. 2021;87:17.
43. Sadigursky D, Andion D, Boureau P, Ferreira MC, Carneiro RJC, Colavolpe PO. Efficacy of tranexamic acid on bleeding control in total knee arthroplasty. *Acta Ortop Bras*. 2018;26(1):63–6.
44. Zoric L, Löfgren O, Kalén A, et al. Low toxicity of local infiltration analgesia in total knee arthroplasty: A pharmacokinetic and clinical study with ropivacaine. *J Arthroplasty*. 2014;29(4):794–8.
45. Saucillo Osuna JR. Anestesia y analgesia para prótesis de rodilla con isquemia química [conferencia en línea]. Federación Mexicana de Colegios de Anestesiología (FMCA); 2024 Ago 11 [citado 2025 Jul 16].
46. Liu S, Carpenter RL, Neal JM. Epidural anesthesia and analgesia. Their role in postoperative outcome. *Anesthesiology*. 1995;82(6):1474–506.
47. Reyes F, Reyes Á, Casas-Galindo JF. Infiltración periarticular y ácido tranexámico tópico para control de pérdida sanguínea. *Rev Colomb Cir Ortop Traumatol*. 2020;34(3):252–8
48. NYSORA. Infiltración intraarticular y periarticular de anestésicos locales [Internet]. Nueva York: NYSORA; [citado 2025 jun 12]. Disponible en: <https://www.nysora.com/es/infiltracion-intraarticular-y-periarticular-de-anestésicos-locales/>

49. Zamudio-Castilla LM, González Vera JF, Rodríguez-Conde JR, Dorado-Velasco FC. Implementación de un protocolo de analgesia multimodal en el reemplazo total primario de rodilla. *Rev Soc Esp Dolor*. 2021;28(4):193–200.
50. Teng Y, Ma JX, Ma XL, Wang Y, Lu B, Guo C. Epinephrine for postoperative bleeding in joint arthroplasty: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(17):e6763.

