



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
SALVADOR ZUBIRÁN

**TESIS: LOCALIZACIÓN DEL CATÉTER EPIDURAL Y EFICACIA
ANALGÉSICA
MEDIANTE EL USO DE ULTRASONIDO EN PACIENTES PROGRAMADOS
PARA CIRUGÍA EN EL INCMNSZ**

Tesis de posgrado para obtener el grado de Especialista en :
Anestesiología

PRESENTA:

Dra. Nabila Cruz Yedra

Tutor principal:

Dra. Ana Lilia Garduño López

Asesor metodológico:

Dr. Ricardo Ulises Macías Rodríguez

Ciudad Universitaria, CD.MX.

2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. José Alberto Ávila Funes
Director de Enseñanza, INCMNSZ

Dr. Rafael Paulino Leal Villalpando
Jefe del Departamento de Anestesiología, INCMNSZ

Dr. Victor Manuel Acosta Nava
Profesor titular del curso de anestesiología, INCMNSZ

Dra. Ana Lilia Garduño López
Profesora adjunta del curso de anestesiología, INCMNSZ

Dr. Ricardo Ulises Macías Rodríguez
Asesor metodológico, INCMNSZ

Nabila Cruz Yedra
Residente de Anestesiología, INCMNSZ.

Dedicatoria

A mi motor: mis hermanas.

A mis padres, que me han hecho pensar que todo lo puedo lograr.

A mi tía Luly, por ser para mí un lugar seguro.

A mi familia y amigos porque cuando necesite un abrazo, un empujón o un regaño estuvieron incondicionalmente para mí.

Esto es un esfuerzo conjunto.

Gracias a Dios por ponerme en el lugar y con las personas correctas para poder vivir este sueño que ha sido mejor de lo que imaginé.

Gracias a los pacientes que nos permiten aprender cada uno de nuestros días, esto es por y para ustedes.

Bosco, mi ángel, gracias.

Un especial agradecimiento a la Dra. Ana Garduño por haberme apoyado e impulsado en este camino, sobre todo por la paciencia que implica enseñar y por haberlo hecho conmigo hasta el cansancio.

índice

Resumen.....	5
Introducción.....	6
Justificación.....	14
Planteamiento del problema.....	15
Hipótesis.....	15
Objetivos.....	16
Materiales y métodos.....	17
Variables demográficas.....	30
Variables ultrasonográficas.....	33
Variables de cuestionario internacional	35
Análisis estadístico:	40
Resultados	41
Discusión.....	50
Conclusiones	53
Limitaciones.....	53
Consideraciones éticas.....	53
Anexos	54
Bibliografía	56

Resumen

En cirugía, la analgesia epidural en el postoperatorio continúa siendo un estándar de oro que tiene ventajas sobre la analgesia intravenosa con opioides. Sin embargo, el éxito de la analgesia radica en la localización del catéter en el espacio epidural. Al ser un procedimiento anestésico a ciegas, operador dependiente y en pacientes con diversas características anatómicas, tiene una alta incidencia de falla en la colocación del 12 al 30%. En el postoperatorio inmediato con efectos residuales anestésicos, puede ser difícil detectar de forma temprana la ineficacia del catéter epidural por encontrarse fuera del espacio epidural, lo cual puede favorecer el descontrol del dolor postoperatorio horas más tarde. Múltiples métodos diagnósticos han sido propuestos para la localización de este catéter, sin embargo muchos de ellos implican dispositivos especiales, que son costosos, son invasivos o son métodos poco prácticos en el contexto quirúrgico. **Objetivo:** Determinar con ultrasonido doppler color y modo M la localización del catéter epidural mediante la observación de la distribución de flujo a través del catéter y evaluar la concordancia del bloqueo sensitivo y analgésico en pacientes programados para cirugía. **Métodos:** Como parte del proyecto Pain Out que busca la optimización del dolor agudo postquirúrgico, los pacientes que otorgaron su consentimiento programados para cirugía y una vez colocado el catéter epidural, se les realizó un escaneo tóracolumbar por el mismo equipo mediante pasos secuenciales y se comparó con las pruebas sensitivas. **Resultados:** El desenlace primario fue que el uso de ultrasonido comparado con la clínica con una sensibilidad del 97.9% y especificidad del 80%, con un valor predictivo positivo de 96.9%, negativo de 85.7% y de falsos positivos y negativos de 20% y 2%, respectivamente. **Conclusiones:** El ultrasonido es una herramienta diagnóstica que ha sido utilizada de forma reciente para la localización del catéter epidural mediante el Modo M y el modo doppler color. Se requiere un estudio a futuro que compruebe estos resultados comparado con el estándar de oro que es la epidurografía, requiere validación interna y externa.

Introducción

La cirugía mayor abierta es un procedimiento que ocasiona en las primeras 72 horas dolor moderado a severo en el 60% de los casos. La analgesia epidural (CE) durante el postoperatorio inmediato proporciona un excelente alivio del dolor en cirugías abdominal y torácica abierta, actualmente en los protocolos de rehabilitación acelerada, esta estrategia es considerada el estándar de oro.(1) Sin embargo el éxito de este tipo de analgesia radica en la localización del catéter en el espacio epidural, sin embargo la tasa de falla se encuentra entre el 12 al 40%(2) los métodos propuestos hasta el momento para evaluar y localizar el catéter epidural son poco accesibles y muchos de ellos son poco prácticos.

BENEFICIOS DEL CATÉTER EPIDURAL

La importancia de evaluar que un catéter epidural funcione radica en lograr beneficios a corto, mediano y largo plazo. En el postoperatorio inmediato, siempre y cuando funcione, puede proporcionar un buen control del dolor perioperatorio, que le permita al paciente respirar profundo, moverse, levantarse y hasta deambular con poco o nulo dolor, ya que actualmente se sabe que uno de los beneficios de esta estrategia analgésica es el alivio del dolor de tipo dinámico a diferencia de la analgesia intravenosa con opioide donde el efecto analgésico es únicamente cuando el paciente permanece sin moverse (estático) (3). Además, en algunas revisiones sistemáticas, aumenta el tránsito gastrointestinal y la perfusión, promoviendo la recuperación gastrointestinal, por otro lado mejora la función pulmonar, disminuye la reacción al estrés por catecolaminas y disminuye efectos adversos de opioides, ya que puede haber un ahorro opioide de hasta del 50 al 80% reduciendo los efectos adversos, como las náuseas, el vómito, la sedación, la depresión respiratoria e íleo (3,4).

A mediano plazo se han descrito que mejora la movilidad del paciente, la satisfacción, la función cardiovascular y arritmias, disminuye el íleo y fuga de anastomosis, mejora la función pulmonar, reduce las atelectasias y el riesgo de complicaciones infecciosas. Como consecuencia se disminuye la estancia

intrahospitalaria. Es importante señalar que el uso de catéter epidural puede reducir el delirium postoperatorio sobre todo en personas adultas mayores (3-5). A largo plazo se ha visto reducción de costos de estancia intrahospitalaria, disminuye incidencia de dolor crónico y la mortalidad (5-7).

La colocación del catéter epidural se prefiere a nivel torácico, debido a que es más selectivo con respecto al bloqueo sensitivo de los dermatomas de la pared abdominal, además de que reduce la posibilidad de bloqueo motor, el cual se incrementa cuando el catéter epidural se coloca a nivel lumbar (7,8). Por otro lado, la analgesia epidural a este nivel, ha demostrado que promueve la simpatectomía torácica de forma selectiva y bilateral. La activación simpática de una cirugía y el dolor postoperatorio se manifiesta como taquicardia, hipertensión y mayor contractilidad, conduciendo a un mayor consumo de oxígeno que puede incluso ser de riesgo en pacientes con reserva miocárdica limitada. El catéter epidural torácico, ha demostrado dentro de los principales beneficios que puede mejorar la función cardíaca, al disminuir la precarga y poscarga, y de esta forma, optimiza el aporte de oxígeno al miocárdio. Otro de los beneficios es que se bloquea la liberación de catecolaminas manteniendo un balance circulatorio. Otra ventaja es que promueve el flujo sanguíneo a nivel gastrointestinal, con lo cual, previene la disminución del pH gástrico y reduce el íleo postoperatorio (7,8) Recientemente en un estudio en adultos mayores, se demostró una reducción del riesgo de delirium comparado con analgesia intravenosa con opioides, sin embargo se resaltaron algunos efectos adversos como la hipotensión y uso de vasopresores.

COLOCACIÓN Y FALLA DEL CATÉTER EPIDURAL

Al ser un procedimiento a ciegas, operador dependiente y por las características anatómicas de las vértebras torácicas, la colocación del catéter epidural a nivel torácico, puede resultar más difícil. Puede existir un mayor consumo de tiempo al momento de la colocación, desde la identificación del espacio intermedio torácico objetivo, por la inadecuada percepción de las estructuras anatómicas durante la palpación de la superficie, ocasionando múltiples punciones con la redirección de la aguja, lo cual ocasiona incomodidad para el paciente y un

bloqueo neuroaxial fallido, siendo un problema más frecuente de lo que se estima (9). Se ha descrito una incidencia de falla de 32% para catéteres torácicos y de 27% para catéteres lumbares (2,10). Las tasas de fracaso de la analgesia epidural, pone de manifiesto que este método no es del todo fiable.

La falla de un catéter epidural es considerada un fracaso en proporcionar una analgesia adecuada en el postoperatorio inmediato, esto es comúnmente causada por una mala posición del catéter epidural (10). Los catéteres insertados a través de una aguja Tuohy con una orientación cefálica del bisel, pueden localizarse de manera central o lateral, en dirección cefálica, o en dirección caudal o bien, seguir un patrón sinuoso dentro del espacio epidural, esto puede ocasionar, una analgesia parchada, por otro lado, también el catéter pueden introducirse hacia las raíces ocasionando una analgesia asimétrica y lateralizada (7). Entre otros problemas se encuentra la oclusión del catéter por algún mecanismo interno relacionado con estructuras óseas o externo relacionadas con el filtro y el retiro accidental. La falla en la colocación, también puede implicar, más de tres intentos en la inserción del catéter, la pérdida de resistencia atípica por el operador, y por último, que la introducción del catéter se realice con dificultad (2).

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL CATÉTER EPIDURAL MEDIANTE EL BLOQUEO SENSITIVO

Una vez colocado el catéter epidural, debe evaluarse el bloqueo sensitivo en la pared abdominal. A pesar de que hay muchos métodos de evaluación, los que más se utilizan son el prinprick (pinchazo o piquete) y la presión fría, ambos evalúan el bloqueo de las fibras que transmiten el dolor, como son las fibras A delta y las fibras C. La evaluación sensitiva en el abdomen, debe ser comparativa y bilateral, iniciando por los dermatomas superiores desde T5 y de forma descendente hasta L1 (11). De forma inicial, se recomienda usar presión fría, la cual se realiza con el empleo de un spray de cloruro de etilo, pack frío con hielo o bien algodón con alcohol, seguido de pinprick (piquete suave con aguja roma) para evaluar la pérdida de la sensibilidad al pinchazo. Estas pruebas demandan un paciente consciente y cooperador, así como, un

tiempo de inicio de acción del anestésico local; sin embargo hay que recordar, que la percepción de estos estímulos pueden ser subjetivo a la percepción del paciente haciéndolo un método poco certero. La sensibilidad por pinprick y presión fría puede llegar a tener falla, ya que la valoración sensorial puede verse modificada por efectos residuales de la anestesia, o bien, porque a los pacientes les resulta difícil expresar pequeñas modificaciones de sensibilidad y de la temperatura (11). En nuestra experiencia, un 12% de los pacientes les es muy difícil la interpretación sensorial y muchas veces ocasiona dudas en el equipo de manejo de dolor, con respecto a la función del catéter epidural, requiriendo en ocasiones evaluación por epidurografía, cuando las estrategias analgésicas con opioides se encuentran limitadas.

En cirugías abdominales mayores bajo anestesia general, las técnicas combinadas con epidural no permiten una evaluación temprana de la eficacia en el bloqueo sensitivo y analgésico del catéter, ya que, puede verse modificado al término de la cirugía, por efectos farmacológicos y anestésicos residuales. El retraso en la evaluación sensitiva temprana de la analgesia epidural puede traer serias consecuencias en la evolución del paciente, relacionadas principalmente con la vida media sensible a contexto de los anestésicos y opioides, lo cual ocasiona dolor descontrolado horas más tarde (7,9,10).

MÉTODOS PARA LOCALIZAR EL CATÉTER EPIDURAL

Se han utilizado dos pruebas para verificar la posición de un catéter epidural: la prueba de estimulación eléctrica epidural (prueba de Tsui) y el análisis de forma de onda de presión epidural (EPWA) (12-14).

En la prueba de Tsui, un estímulo eléctrico a través del puente de solución salina en un el catéter epidural reforzado con alambre provoca una respuesta motora a una corriente típica del compartimento epidural (p. ej., 1 a 15 mA), por lo que cuando se observa el movimiento de los músculos podemos observar el nivel analgésico del epidural. Se ha demostrado que la sensibilidad y especificidad de esta prueba en la población obstétrica es del 80 % al 100 % y del 91 % al 100 %, respectivamente (12,13)

La EPWA se basa en la presión pulsátil en el espacio epidural, en sincronía con las pulsaciones de la presión arterial y la frecuencia cardíaca. Se ha demostrado que la sensibilidad y la especificidad de la EPWA a través del catéter epidural son del 81 % y del 100 %, respectivamente (12-14,22).

Es importante destacar que los valores predictivos negativos para la prueba de Tsui y la EPWA son bajos; 16% y 17%, respectivamente. Hasta el momento ninguna de estas pruebas han demostrado ser practicas y efectivas (12-14).

ULTRASONIDO PARA LOCALIZACIÓN DEL CATÉTER: MODO COLOR DOPPLER Y MODO M

El ultrasonido Doppler de flujo en color proporciona información sobre la velocidad y la dirección del flujo de un fluido mediante la creación de una imagen en la que el flujo hacia el transductor se representa en color rojo y el flujo que se aleja del transductor en color azul. Debemos saber que a mayor frecuencia menor penetración y a menor frecuencia menos atenuación (21).

Es el fenómeno que se produce en los cambios en la recepción de sonido, el objeto emisor y la fuente receptora se mueven uno con respecto a otro.

Cuando se inyecta líquido en un área estrecha, como el espacio epidural, esperaríamos ver turbulencia a medida que se expande el espacio, representada en la imagen Doppler por un estallido de color, porque el flujo libre de fluido está obstruido por el pequeño diámetro dentro del espacio epidural. (22)

Se debe saber, que, en algunos estudios, la inclinación de la sonda aproximadamente 45° con respecto al plano perpendicular en un intento de detectar el flujo y evitar resultados falsos negativos. Dado que el Doppler de flujo en color puede no detectar el flujo cuando la sonda de ultrasonido es perpendicular a la dirección del flujo. Es importante resaltar que el uso del ultrasonido en la exploración de la columna vertebral, requiere una capacitación teórica y práctica para el desarrollo de habilidades en la evaluación, sin embargo una vez sistematizado el protocolo, se facilita la exploración. (21,22)

Es necesario optimizar la configuración del ultrasonido Doppler color para el uso exitoso de la técnica. En primer lugar, se debe utilizar una región de interés de tamaño adecuado, que incluya tanto el complejo anterior como el posterior en la región interlaminar, ya que una caja inapropiadamente pequeña puede perder el flujo Doppler color. En segundo lugar, la ganancia aumenta la sensibilidad al flujo al amplificar la señal de retorno, por lo tanto, una ganancia insuficiente también puede conducir a la pérdida del flujo real del fluido inyectado, mientras que la sobreamplificación producirá ruido. En tercer lugar, la frecuencia Doppler determina la resolución del haz con frecuencias más bajas que penetran más profundamente y frecuencias más altas que producen una mejor resolución a expensas de la penetración (22,23).

El escaneo neuroaxial asistido por ultrasonido generalmente involucra un transductor de baja frecuencia, pero estos transductores pueden programarse además en un rango de frecuencia específico para optimizar la imagen. Por último, la PRF, que es la cantidad de pulsos de ultrasonido emitidos por el transductor durante un período de tiempo designado, debe mantenerse relativamente alta (~1000 Hz), ya que la velocidad de inyección suele ser alta debido al principio de Bernoulli y al diámetro estrecho de el catéter epidural (22). Una mezcla de aire/solución salina puede permitir una mejor visualización del flujo en el espacio epidural, ya que la interfase aire/solución salina refleja más fácilmente los haces de ultrasonido (22,23).

Otros estudios han sugerido una excelente confiabilidad de la ecografía Doppler color en la inyección a través de una aguja en el espacio caudal en la población adulta o pediátrica. Sin embargo, esto no puede extrapolarse directamente a la evaluación de un catéter en el espacio epidural lumbar. Los resultados difieren de series de casos previas con respecto al Doppler color de flujo en catéteres epidurales lumbares, en los que Riveros-Perez et al (23) y Elsharkawy et al (24) visualizaron la punta del catéter epidural en el complejo posterior en el 37% y el 68%, respectivamente.

El Modo M por su parte es una emisión de un haz de ultrasonido único que atraviesa distintas estructuras generando ecos reflejados, obtiene características

de movilidad de las diferentes zonas atravesadas. Se ve la imagen con escala de grises, se observa el movimiento. (24)

Específicamente, el uso de la evaluación anatómica indirecta y la confianza en señales sensoriales a menudo sutiles pueden, en ciertas situaciones, hacer que la inserción del catéter epidural sea un desafío incluso para los médicos experimentados. Además, las pruebas sensoriales y las puntuaciones de dolor informadas por el paciente, aunque son útiles para determinar la percepción sensorial, no brindan evidencia objetiva consistente de la colocación correcta del catéter epidural. En reconocimiento de estos desafíos, las tasas de "fracaso" informadas de la analgesia epidural varían en el rango del 12 % al 43 % (22,24).

La epidurografía con contraste se considera el estándar de oro para confirmar la colocación del catéter epidural. Sin embargo no ha logrado un uso generalizado en el entorno quirúrgico, Debido a las barreras percibidas para la implementación y la incertidumbre con respecto a su valor clínico en pacientes perioperatorios, la epidurografía no ha logrado un uso generalizado en este entorno. La ventaja de este enfoque es que se puede realizar fácilmente como una prueba en el punto de atención dentro del quirófano, la unidad de recuperación anestésica posoperatoria (PACU) o la sala del hospital (14).

EXPERIENCIA EN EL INCMNSZ

En el INCMNSZ se colocan de 35-50 catéteres epidurales por mes, lo que representa 420 a 600 catéteres al año aproximadamente, debido al gran número de cirugías que requieren su uso y por el número de cirugías abdominales abiertas que se llevan a cabo, recordando que la intensidad del dolor en el 60% de los pacientes es de moderado a severo, por lo tanto la importancia de optimizar el uso de un catéter epidural en esta cirugía es de suma importancia para la evolución de los pacientes. Al ser un hospital escuela, donde los residentes de primer año son el grupo que lo coloca, la falla del catéter de acuerdo a la curva de aprendizaje va del 40% al 12% conforme transcurre el año. La demora en reconocer que un catéter no funciona y que requiere movilización o reemplazo resulta en la presencia dolor descontrolado e insatisfacción del

paciente y a largo plazo complicaciones postoperatorias resultado de una analgesia deficiente.

La sistematización de una evaluación del catéter en el espacio epidural con un método diagnóstico confiable no ha sido muy bien establecida en la literatura por métodos objetivos, es por ello que actualmente se está estudiando si el ultrasonido con Doppler color y modo M, las cuales podrían ser una herramienta objetiva en la verificación de la correcta localización del catéter. A pesar que existen otras técnicas como por ejemplo la epidurografía con tomografía, ésta, no ha ganado popularidad debido a que requiere un dispositivo voluminoso, expone al paciente a radiación ionizante, es por eso que el uso de ultrasonido sería un método no invasivo y seguro para el paciente, de igual manera tiene la ventaja de ser fácil de aprender y de realizar así como de ser reproducible con alta sensibilidad y especificidad; la prueba de Tsui que es estimulación eléctrica para evocar una contracción, sin embargo pocos la usan debido a la falta de equipo para realizarla. Por lo tanto, consideramos que se justifica la validación del ultrasonido método no invasivo para verificar la posición del catéter en el espacio epidural y verificar la eficacia en términos de analgesia.

Justificación

El éxito de la analgesia epidural en cirugía abdominal abierta radica en que el catéter debe localizarse en el espacio epidural. El dolor en cirugía abdominal abierta, condiciona alteraciones en la mecánica respiratoria que puede favorecer complicaciones pulmonares, por lo tanto una analgesia epidural óptima es la meta. La demora en reconocer que un catéter no funciona y que requiere movilización o reemplazo resulta en la presencia de dolor descontrolado e insatisfacción del paciente y a largo plazo complicaciones postoperatorias resultado de una analgesia deficiente. Debido a que la colocación del catéter es un procedimiento anestésico a ciegas, es operador dependiente y en pacientes con diversas características anatómicas vertebrales, tiene una alta incidencia de falla en la colocación (12-30%). La evaluación sensorial abdominal mediante pin-prick y presión fría y las puntuaciones de dolor informadas por el paciente, aunque son útiles para determinar la percepción sensorial, no brindan evidencia objetiva consistente de la colocación correcta del catéter epidural.

Múltiples métodos diagnósticos han sido propuestos para la localización de este catéter, sin embargo muchos de ellos implican dispositivos especiales, que son costosos, son invasivos o son métodos poco prácticos en el contexto quirúrgico. El ultrasonido es una herramienta diagnóstica que ha sido evaluada de forma reciente para la localización del catéter epidural, es una estrategia no invasiva, fácilmente portable, que no emite radiación, sin embargo hasta el momento, se desconoce la precisión de esta prueba.

Planteamiento del problema

El catéter epidural cuando funciona correctamente, provee una analgesia superior a otras técnicas principalmente en el dolor de tipo dinámico útil para la mecánica respiratoria y recuperación rápida, sin embargo, su deficiencia en el efecto deseado por dificultades técnicas es alto principalmente en hospitales escuela.

La valoración sensorial temprana, se puede ver modificada por efectos residuales de la anestesia, por otro lado, algunos pacientes les resulta difícil expresar las modificaciones de sensibilidad con pinprick o cold pressure. La epidurografía y el Tsui Test con neuroestimulación eléctrica pueden no ser accesibles para todos, por el equipo y costo. El principio Doppler color con líquido es una estrategia ultrasonográfica accesible y fácil de reproducir. Se ha utilizado para la localización adecuada de catéter en técnicas regionales y en catéteres vasculares. Elsharkawy et. Al, en un estudio retrospectivo, describieron 37 pacientes con el uso de doppler color y el modo M para determinar la posición del catéter epidural.

Hipótesis

¿Será útil la ecografía Doppler color y el modo M para detectar la localización del catéter, mediante la salida del flujo de solución salina, y predecir la colocación exitosa del catéter epidural en pacientes programados para cirugía?

Hipótesis nula (H0): En pacientes candidatos a analgesia epidural postoperatoria por cirugía, la ecografía con doppler color y el modo M, podría ser una prueba diagnóstica útil para detectar la localización del catéter en el espacio epidural.

Hipótesis alternativa (H1): En pacientes candidatos a analgesia epidural postoperatoria por cirugía, la ecografía con doppler color y el modo M, es una

prueba diagnóstica útil para detectar la localización del catéter en el espacio epidural.

Objetivos

Principal:

- Determinar con ecografía doppler color y modo M la localización del catéter epidural mediante la observación de la distribución del flujo a través del catéter y evaluar la concordancia del bloqueo sensitivo y analgésico en pacientes programados para cirugía.

Específicos:

- Describir las variables demográficas de la población de estudio.
- Se registrará el nivel intervertebral y los centímetros a los que quedó el catéter epidural de la piel al espacio epidural, al momento de la colocación por el anestesiólogo.
- Calcular sensibilidad y especificidad de la localización del catéter epidural con color doppler y modo M.
- Determinar los valores predictivos de la localización del catéter con doppler color y modo M.
- Valorar con pruebas sensoriales presión fría y/o prinprick para determinar el nivel de bloqueo sensitivo de los pacientes programados para cirugía.
- Evaluar la eficacia analgésica del catéter epidural en reposo, al respirar profundo y movilizarse en cama con la escala verbal numérica (0-10) a las 24 hrs del postoperatorio mediante el cuestionario internacional de PAIN OUT.
- Evaluar la presencia de bloqueo asimétrico con pruebas sensoriales (≥ 2 segmentos de diferencia) y correlacionar con la distribución del flujo a través del catéter epidural y el modo M.

- Se registrará la satisfacción del paciente en una escala del 0-10 "nada satisfecho (0 = sin satisfacción)" y el extremo derecho etiquetado como "extremadamente satisfecho" (100 = extremadamente satisfecho).

Materiales y métodos

Este trabajo fue sometido y aprobado por el comité de ética en investigación, así como por el comité de investigación del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán con la referencia 4596 y primera versión del protocolo Junio 2023.

Diseño: estudio observacional, transversal, prospectivo ciego.

Lugar de trabajo: INCMNSZ.

Universo: Se 113 que ingresan a cirugía que requieran colocación de catéter epidural y otorguen consentimiento informado del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Los pacientes deberán cumplir con criterios de inclusión del INCMNSZ.

Previa autorización del consentimiento informado del paciente, se llevará a cabo el escaneo de espacios intervertebrales para localizar el catéter epidural mediante guía ultrasonográfica con sonda curva de baja frecuencia, con modo M y doppler color, esto se realizará en el área de recuperación o en el área de hospitalización durante las primeras 24 horas del postoperatorio de los pacientes a los que se les realiza cirugía en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán.

Metodología:

El estudio actual se deriva de un proyecto internacional para la optimización del dolor postoperatorio con la finalidad de mejorar la eficacia del catéter epidural al evaluar un método diagnóstico como el ultrasonido.

Recursos para el estudio:

Recursos humanos

- Personal que conforma el equipo de la unidad de dolor agudo del “Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán”.
- Pacientes que se involucren en el estudio.
- Investigador.
- Asesor de Tesis.
- Asesor Metodológico

Recursos técnicos

- Ultrasonido con transductor curvo de baja frecuencia.
- Gasas estériles.
- Gel estéril.
- Tegaderm.
- Guantes estériles.
- Solución salina
- Jeringa de 5 ml.

Colocación del catéter epidural

El catéter epidural será colocado por un residente de primer año quienes, ya cumplieron una curva de aprendizaje de colocación de por lo menos 21 catéteres epidurales (como está descrito en la literatura).

Todos los pacientes en quirófano serán monitorizados con electrocardiograma, oximetría de pulso, monitor de presión arterial. Previa asepsia y antisepsia se localizará un espacio epidural accesible a nivel torácico de T8-T12. Se colocará aguja de 18 tuohy, con el bisel de la aguja mirando hacia la arriba y usando la pérdida de resistencia al aire en la posición decúbito lateral. Un asistente ayudará a obtener la flexión máxima de la columna. Se colocará un catéter epidural multi-orificio, fijando el catéter de 9-12 cm de la piel. Se utilizará la dosis de prueba con anestésico local lidocaína al 1% con epinefrina (3 ml) para

descartar la ubicación intravascular del catéter epidural y se evaluará el bloqueo sensitivo abdominal por el residente.

Posteriormente se iniciará la intubación endotraqueal y subsecuentemente la anestesia general balanceada, a través del catéter, se administrarán de 0.25 a 1.5 mg de morfina de acuerdo con las características individuales de cada paciente.

La analgesia será multimodal morfina epidural cada 24 horas, analgesia intravenosa con paracetamol, AINE por horario y rescates de tramadol. Se registrará la dosis total de tramadol en 24 horas.

En caso de falla del catéter se recolocará o se iniciará analgesia intravenosa con AINE, paracetamol, infusión de tramadol o buprenorfina y lidocaína intravenosa a 1 mg/kg/día.

Evaluación ultrasonográfica del catéter epidural

Durante el postoperatorio inmediato se realizará un escaneo con un ultrasonido sonosite Nanomaxx, sonda curva de baja frecuencia, con el paciente en posición lateral o sentado, se realizarán dos abordajes uno parasagital oblicuo y otro transversal, en el abordaje transversal se colocará la sonda curva perpendicular a la columna vertebral, en el espacio interlaminar, en el momento de observar el complejo posterior y anterior, en este sitio se medirá la distancia del complejo posterior a la piel. En el modo doppler color, la sonda deberá estar a 45 grados, para localizar la punta del catéter, este debe estar 2 espacios intervertebrales por arriba del sitio de inserción del catéter epidural, detectamos que si se crea vacío mediante aspiración, esto genera turbulencia, útil para identificar la punta del catéter. Posteriormente una vez localizada la punta, se utilizarán dos abordajes parasagital oblicuo y transversal, éste localiza el espacio interlaminar, donde se aprecian el complejo posterior y anterior, una vez logrando esta imagen, se administrarán 3 ml de solución salina para evaluar la turbulencia ocasionada por el flujo con doppler color el cual será positivo cuando emita una señal de mosaico de color rojo y azul, se

registrará su distribución lateral o central. En el modo M después de administrar 3 ml de solución salina a través del catéter epidural con mismos abordajes previamente mencionados, un resultado positivo será apreciar un patrón granular en este modo.



PROTOCOLO PARA ESCANEAR CATÉTER PERIDURAL CON USG DOPPLER COLOR Y MODO M



DÍAZ-ARIZMENDI DIANA ELIZABETH, GARDUÑO-LÓPEZ ANA LILIA
DEPARTAMENTO DE ANESTESIOLOGÍA CLÍNICA DE DOLOR POSOPERATORIO

<p>01 POSICIÓN</p>	<p>Posicionar al paciente (decúbito lateral o sentado; si es obeso de preferencia sentado). Seleccionar sonda curva. Escanear a nivel de la inserción del catéter, 1 y 2 niveles abajo y arriba.</p>	
<p>02 SONOANATOMÍA</p>	<p>Deslizar la sonda en dirección cefálica o caudal desde la vista transversal de la apófisis espinosa. Se podrá visualizar los procesos articulares, las apofisis transversas y al centro el complejo posterior.</p>	
<p>03 MEDICIÓN AL COMPLEJO POSTERIOR</p>	<p>Medir el espacio peridural: piel al complejo posterior en una vista transversal.</p>	
<p>04 DOPPLER COLOR</p>	<p>Escanear y obtener una vista para mediana sagital oblicua, al tener una vista óptima del complejo posterior, con Doppler color y ganancia a -5, inyectar 5cc de solución. Repetir para modo transversal para lograr la adecuada visualización del sitio de distribución del catéter peridural.</p>	
<p>05 MODO M</p>	<p>La ecografía en modo M muestra cambios característicos (patrón granular transitorio a 5 cm) con inyección de solución salina a través del catéter epidural.</p>	
<p>06 CORRELACIÓN POR PINPRICK O COLD PRESSURE</p>	<p>Después de realizar el escaneo del catéter peridural correlacionar los resultados con la clínica.</p>	

Imagen 1: Protocolo para el escaneo con ultrasonido y evaluación de la localización del catéter por Doppler color y Modo M.

EN Modo 2 D (básico)

1. Posicionamiento del paciente:

- Colocar al paciente en posición lateral, según sea necesario.
- Asegurarse de que el paciente esté cómodo y relajado durante el procedimiento.

2. Abordaje con la sonda posición parasagital oblicuo:

- Realizar un abordaje sagital oblicuo utilizando la sonda de ultrasonido.
- Ajustar la sonda para obtener una vista longitudinal de la columna vertebral.
- Observar cuidadosamente el complejo posterior y anterior en la imagen obtenida.

3. Abordaje con la sonda en posición transversal:

- Realizar un abordaje transversal perpendicular a la columna vertebral.
- Colocar la sonda curva en el espacio interlaminar deseado.
- Ajustar la posición de la sonda para visualizar claramente el complejo posterior

4. Medición de la distancia del complejo posterior a la piel:

- En el sitio donde se observe claramente el complejo posterior y anterior, medir la distancia desde el complejo posterior hasta la superficie de la piel.
- Registrar la medida para ser comparada con el Modo M en posición parasagital oblicua

Doppler color

1. Posicionamiento de la sonda en posición transversal:

- Ubicar la sonda dos espacios intervertebrales por encima del sitio de inserción del catéter epidural.
- Colocar la sonda en un ángulo de 45 grados en posición transversal con respecto a la superficie de la piel para permitir una mejor visualización de los tejidos.

2. Detección de turbulencia (mosaico de color) mediante aspiración:

- Escanear dos espacios por arriba de la inserción del catéter epidural
- Aplicar una aspiración suave para crear un vacío en el área.
- Observar la presencia de turbulencia generada por el flujo de aspiración (mosaico de color).
- La presencia de turbulencia indicará la localización de la punta del catéter epidural, en caso de no ubicarlo deslizar la sonda hacia arriba o hacia abajo.

3. Evaluación de la turbulencia con Doppler Color:

- Administrar 1 ml de solución salina en el espacio interlaminar previamente localizado por aspiración.
- Utilizar el modo Doppler Color para evaluar el flujo sanguíneo en el área.
- Buscar una señal de mosaico de color rojo y azul, en caso de no detectarla, el catéter epidural se considerará fuera de sitio.
- Registrar la distribución de la turbulencia, ya sea lateral o central, en el área evaluada.

Seleccionar en el USG el modo M

1. Administración solución salina por el epidural

- Después de la inserción del catéter epidural utilizando los abordajes mencionados anteriormente, se administrará 1 ml de solución salina a través del catéter.
- Utilizando el Modo M en el equipo de ultrasonido, se realizará una evaluación visual para detectar un patrón granular en la imagen obtenida.

TEST para evaluar el bloqueo sensitivo en la pared abdominal:

- Durante las primeras 24 horas posteriores al procedimiento, en la habitación del paciente, el equipo de dolor agudo llevará a cabo la evaluación de la sensibilidad de los dermatomas correspondientes a la herida quirúrgica en la pared abdominal.
- Se utilizarán dos técnicas para evaluar la sensibilidad: pinprick (estímulo puntual con un aguja con punta roma) y presión por frío (aplicación de algodón con alcohol).
- Estas técnicas se aplicarán de forma simétrica comenzando por el dermatoma T5 y en dirección caudal del área de la pared abdominal para delimitar la zona de menor sensibilidad.

Se aplicará el cuestionario internacional de PAIN OUT a las 24 horas para evaluar las características del dolor y la satisfacción del paciente.

Catéter epidural en sitio

Modo doppler con la sonda en posición transversa a 45° se indentificará la presencia de una señal de color al momento de la administración de 1 ml de solución salina (ilustrado por un mosaico de color azul y rojo) se considerará ubicación correcta. (Observar foto 1a y foto 1b)

Modo M: se considerará *cateter en sitio* con la sonda en posición parasagital oblicua con la presencia de una señal en patron granular en movimiento que corresponda con la distancia de piel a complejo posterior. (Observar foto 2^a y 2b)

Catéter epidural fuera de sitio:

Se considerará cuando no se detecte ninguna señal en modo M y con doppler color.

Foto 1a. Doppler color, mosaico de flujo color en posición transversa *catéter en sitio central*



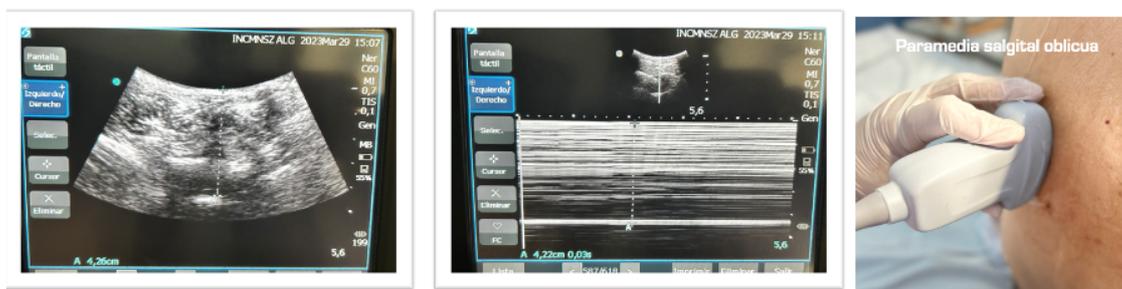
Foto 1b. Doppler color, mosaico de flujo color en posición transversa *catéter en sitio lateralizado*



Foto 1b. Doppler color: Mosaico de flujo color en *posición parasagital oblicua*



Foto 2a y b. Modo 2D Distancia de piel a complejo posterior (4.26 cm) y distancia de localización del catéter en modo M en posición parasagital oblicua (**catéter en sitio por patrón granular a 4.22 cm**)



Se obtendrá el desempeño diagnóstico con el cálculo de:

1. **Sensibilidad:** La proporción de casos positivos (*catéter epidural en el sitio*) que son correctamente identificados como positivos por el ultrasonido tanto con el modo M, como con el doppler color.
2. **Especificidad:** La proporción de casos negativos (*catéter fuera de sitio*) que son correctamente identificados como negativos por el ultrasonido modo M y doppler color.
3. **Valor predictivo positivo:** La probabilidad de que un resultado positivo en la prueba diagnóstica del ultrasonido indique realmente la presencia del catéter en el sitio.
4. **Valor predictivo negativo:** La probabilidad de que un resultado negativo en la prueba diagnóstica del ultrasonido indique realmente el catéter epidural fuera del sitio.

5. **Tasa de falsos positivos:** La proporción de casos negativos (catéter fuera de sitio) que son incorrectamente identificados como positivos por el ultrasonido.
6. **Tasa de falsos negativos:** La proporción de casos positivos (catéter epidural en sitio) que son incorrectamente identificados como negativos por el ultrasonido.

Falla del catéter epidural

La falla del catéter epidural, será reportada y registrada por el **equipo de dolor agudo**, ellos estarán encargados reconocerla en el seguimiento por parte de este grupo.

1. **Por falta de señal con ultrasonido** en modo doppler color y/o modo M durante la evaluación reconocida en quirófano o en recuperación, por uno o los dos de los operadores, quienes reportarán a un equipo independiente de dolor agudo.
2. **Por reporte de dolor del paciente (EVN >3):** La intensidad del dolor se evaluará con escala verbal numérica (EVN 0-10), antes de considerar falla, se administrará por el catéter epidural una dosis con anestésico local (3 ml de lidocaína al 1%), a los 10 minutos, se evaluará nuevamente el EVN y si este disminuye 2 puntos en la escala de EVN se considerará la eficacia adecuada del catéter, esta eficacia será comprobada un test de nivel de bloqueo sensitivo abdominal.
3. **Por un test negativo o lateralizado de bloqueo sensitivo abdominal,** previa administración con 3 ml de lidocaína al 1%, después de 10 minutos se evaluará la sensibilidad abdominal.

En cualquiera de los casos de falla del epidural se recolocará el catéter epidural con guía ultrasonográfica o se cambiará la estrategia analgésica a una formulación intravenosa, con antiinflamatorios, opioides y lidocaína.

Pacientes:

Muestreo no probabilístico, estratificado de los pacientes programados para cirugía abdominal abierta candidatos a recibir analgesia por catéter epidural.

Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años de edad, ambos sexos.
- Pacientes sometidos a cirugía abdominal abierta con incisiones quirúrgicas hasta T7.
- Pacientes que acepten participar en el estudio y den su consentimiento por escrito para el escaneo de los espacios intervertebrales con ultrasonido.
- Pacientes que acepten responder el cuestionario internacional Pain Out.

Criterios de exclusión

- Pacientes a los que se les realice una cirugía abdominal y tengan contraindicaciones para analgesia epidural (infección en el sitio de inyección, rechazo del paciente, coagulopatía, hipovolemia severa, enfermedad cardíaca estenótica severa).
- Pacientes con incapacidad para comunicarse.
- Pacientes con déficit cognitivo.
- Pacientes con deterioro neurológico.
- Pacientes críticamente enfermos.
- Uso de anticoagulantes o discrasias sanguíneas.
- Cirrosis hepática avanzada (Child Pugh C).

Criterios de eliminación

- Pacientes que no contesten el cuestionario de evaluación.
- Pacientes que desarrollen déficit cognitivo o delirium en el postoperatorio.
- Pacientes que a pesar de haber aceptado participar no entienden las escalas.
- Pacientes que en cualquier momento decidan ya no participar más en el proyecto.
- Pacientes hemodinámicamente inestables en los que no se pueda utilizar el epidural.

Cálculo de la muestra

El cálculo de la muestra para pruebas diagnósticas se obtuvo mediante la fórmula

Donde:

Maxima de verosimilitud:

LR=Sensibilidad/(1-Especificidad)= Px/(1-PY)

$$n_{por\ grupo} \geq \frac{\left(z_{\alpha} \sqrt{P_X(1-P_X)} + z_{1-\beta} \sqrt{P_Y(1-P_Y)} \right)^2}{(P_X - P_Y)^2}$$

Sensibilidad del modo M: 91%

Especificidad del Modo M 83%

Z_α=2.57

Z_{1-β}=0.845

Muestra: 56 pacientes

Calculando una pérdida del 10% de los pacientes la muestra sería

M1=62 pacientes

El resultado primario es si la presencia o ausencia de una señal con Doppler de flujo en color y/o el modo M puede predecir con precisión la colocación exitosa del catéter epidural.

Un resultado positivo con el doppler color se define por la presencia de una señal de color al momento de administrar solución salina a través del catéter epidural durante la posición transversa, parasagital oblicua con la sonda curva (ilustrado por un mosaico de color), mientras que una imagen con un resultado negativo no emite ninguna señal.

La falta de dicha señal puede sugerir la ocurrencia una inyección en el tejido subcutáneo o en un sitio fuera del espacio epidural.

Variables demográficas

Variable/categoría	Tipo	Definición operacional	Escala de medición	Medición
Sexo (variable independiente)	Cualitativa	Estratificación de individuos respecto al sexo.	Nominal	1: Hombre 2: Mujer
Edad	Cuantitativa	Valorar en que pacientes hubo más incidencia de falla del epidural.	Discreta	Edad en años
Peso	Cuantitativa	Peso en Kg	Continua	En kg
Talla	Cuantitativa	Talla en cm	Continua	En cm
ASA (variable independiente)	Cualitativa	Clasificación del estado de salud física del paciente (American Society of Anesthesiology)	Ordinal	ASA I: Paciente sano ASA II: Paciente con enfermedad sistémica leve. ASA III: Paciente con enfermedad sistémica severa. ASA IV: Paciente con enfermedad sistémica severa que en constante riesgo su vida ASA V: Paciente moribundo que no es expectativa que sobreviva sin cirugía. ASA VI: Paciente con

				muerte cerebral donante de órgano
Procedimiento quirúrgico	Cualitativa	Se incluirán únicamente cirugías abdominales mayores abiertas.	Nominal	Código ICD9 y tipo de procedimiento.
Tipo de anestesia	Cualitativa	Técnica anestésica para el procedimiento	Nominal	Anestesia general combinada Anestesia neuroaxial mixta Anestesia epidural.

Variables ultrasonográficas

Variable/categoría	Tipo	Definición operacional	Escala de medición	Medición
Nivel intervertebral donde se colocó el cateter epidural	Cualitativa	Sitio donde el anestesioologo introdujo la aguja para	Nominal	L1-T12 T12-T11 T10-T11 T9-T10 T8-T9 T7-T8 T6-T7 T5-T6
Distancia de la piel al complejo posterior	Cuantitativa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Con el USG en posición transversa 2. Con USG en posición parasagital 	Continua	En centímetros
Visualización del flujo a través del espacio epidural con ultrasonido: Doppler color y modo M.	Cualitativa	Método no invasivo y de fácil reproducción, accesible. Visualización del flujo a través del espacio epidural	Nominal	Si: Presencia de señal No:Ausencia de señal

Distribución lateral del flujo a través del espacio epidural con ultrasonido: Doppler color y modo M.	Cualitativa	Método no invasivo y de fácil reproducción, accesible. Visualización del flujo a través del espacio epidural y modo doppler	Nominal	1. Señal con distribución central 2. Señal en zona lateral 3. No se aprecia señal
Visualización de patrón granular	Cualitativa	Método no invasivo y de fácil reproducción, accesible. Visualización del flujo a través del espacio epidural y modo M	Nominal	Si: se observa patrón granular No: no se observa
Medición complejo posterior	Cuantitativa	Medición de la piel al espacio epidural.	Discreta	Distancia a la que se espera que el catéter está posicionado

Variables de cuestionario internacional

Variable/categoría	Tipo	Definición operacional	Escala de medición	calificación
Pregunta 1 y 2: máxima y mínima intensidad del dolor después de la cirugía	cuantitativa	En una escala del 0 al 10 el paciente debe expresar el máximo dolor experimentado (PREGUNTA 1) y el mínimo dolor experimentado (PREGUNTA 2) después de cirugía en las primeras 24 horas.	discreta	0 Nada de dolor 10 Máxima intensidad de dolor- peor sensación experimentada de dolor
Pregunta 3: ¿En qué porcentaje experimentó dolor severo después de su cirugía?	cuantitativa	El paciente expresa dolor severo en porcentaje en una escala del 0% donde significa nunca experimentó dolor severo y 100% donde siempre	discreta	0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

<p>Pregunta 4: Interferencia del dolor</p>	<p>cualitativa</p>	<p>El paciente evalúa la interferencia del dolor con el movimiento en la cama, la deambulaci3n y el suefio en una escala numérica del 0 al 10. Donde 0 es nada de interferencia y 10 completamente interferencias. Interferencia se refiere a que si la intensidad del dolor le impedía A) caminar, B) toser o respirar profundo o C) dormir</p>	<p>Ordinal</p>	<p>0 nada de interferencia 10 completamente interferencia</p>
<p>Pregunta 5: A-B Afecci3n del dolor en las emociones y en el car3cter</p>	<p>cualitativa</p>	<p>Evalúa si el dolor le causa A) ansiedad o B) sentirse indefenso. En donde 0 es no y 10 significa extremadamente.</p>	<p>ordinal</p>	<p>0: nada 10: extremadamente</p>

<p>Pregunta 6: A-D</p> <p>Evaluación de los efectos adversos después de su cirugía y su severidad</p>	<p>cualitativa</p>	<p>El paciente evalúa la presencia y su severidad de los siguientes efectos adversos: a) náusea, b) mareo, c) prurito D) somnolencia en una escala del 0 al 10 donde 0 es nada y 10 es intensidad severa. En caso de no presentar ningún efecto adversos debe responder 0</p>	<p>ordinal</p>	<p>0: nada 10: intensidad severo</p>
<p>Pregunta 7:</p> <p>Porcentaje de alivio del dolor después de su cirugía</p>	<p>cuantitativa</p>	<p>El paciente evalúa el porcentaje de alivio de dolor con el tratamiento proporcionado por el médico a cargo en una escala de 0 a 100%</p>	<p>discreta</p>	<p>0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%</p>
<p>Pregunta 8 a 11:</p>	<p>cualitativa</p>	<p>El paciente evalúa P 8- si el</p>	<p>nominal</p>	<p>Si/No</p>

Evaluación de la percepción del cuidado		tratamiento otorgado fue suficiente y P9- si le hubiera gustado recibir más información acerca del tratamiento, P10 si le hubiera gustado participar en las decisiones del tratamiento. P11-Mide la satisfacción con respecto al tratamiento después de cirugía.		
Pregunta 12: Métodos no farmacológicos y alivio del dolor	cualitativa	El paciente refiere si realizó o recibió algún tratamiento no farmacológico y esto le ayudó a aliviar el dolor, ejemplo: crioterapia, calor local, platicar con el staff médico, platicar con amigos, estimulación	nominal	Si/no

		<p>eléctrica transcutánea, meditación, caminar, acupuntura, distracción (TV, Música, películas, lectura), respirar profundo, rezar, masaje, visualización, relajación.</p>		
<p>Pregunta 13: A-B Presencia de dolor crónico por más de 3 meses, antes de su cirugía, evalúa su intensidad en el momento de la encuesta y donde está localizado.</p>	<p>cualitativa</p>	<p>El paciente refiere si tiene o no tiene dolor crónico (más de 3 meses) antes de su cirugía. A) Evalúa la intensidad del dolor en una escala del 0 al 10 y B) Evalúa la localización actual del dolor ya sea en la herida quirúrgica, en cualquier otro sitio.</p>	<p>nominal</p>	<p>Si/no 0: nada 10: máxima intensidad de dolor experimentado</p>

Análisis estadístico:

El análisis de la distribución de los datos se realizó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para describir las variables continuas con distribución normal se utilizaron media \pm desviación estándar, y para las no normales mediana (p25-p75). Se utilizaron además frecuencias y porcentajes para las variables categóricas.

Se realizó un análisis de rendimiento diagnóstico y se calcularon sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo, así como razones de verosimilitud (LR) positivas y negativas.

Se consideró una $p < 0.05$ como estadísticamente significativa. Los paquetes estadísticos utilizados fueron SPSS versión 25.0 y MedCalc versión 15.

Resultados

Dentro del proyecto Pain Out como parte de la optimización del manejo de dolor agudo postquirúrgico decidimos analizar los catéteres epidurales y los pacientes que se incluyeron fueron parte de esta cohorte, dando autorización mediante el consentimiento informado.

Se incluyeron un total de 113 pacientes en el estudio. La media de edad de los pacientes fue de 55.8 ± 15.2 años, de los cuáles 50 (44.2%) fueron hombres y 63 (55.8%) fueron mujeres. Las características demográficas de los pacientes se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Características demográficas de los pacientes.

Variable	
Género	
Hombre	50 (44.2%)
Mujer	63 (55.8%)
Edad (años)	55.8 ± 15.2
Peso (kg)	67.4 ± 12.9
Talla (m)	1.61 ± 0.09
IMC (kg/m ²)	31 ± 6.3

El nivel de colocación de catéter fue a nivel torácico en 62% de los pacientes, y a nivel lumbar en 38%. Las especificaciones de las frecuencias de los niveles se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Nivel de colocación de catéter epidural.

Variable	
Nivel	
T7-T8	1 (0.9%)
T8-T9	19 (16.8%)
T9-T10	14 (12.4%)
T10-T11	20 (17.7%)
T11-12	16 (14.2%)
T12-L1	13 (11.5%)
L1-L2	25 (22.1%)
L3-L4	5 (4.4%)

Se visualizó por vista parasagital oblicua Doppler en 90 (79.6%) casos, vista parasagital modo M en 99 (87.6%) y vista transversal color en 98 (86.7%) (tabla 3).

Tabla 3. Visualización del catéter epidural por ultrasonido.

Variable	
Catéter	
Vista parasagital oblicua Doppler	-
Sí	90 (79.6%)
No	23 (20.4%)
Vista parasagital modo M	-
Sí	99 (87.6%)
No	14 (12.4%)
Vista transversal Doppler color	-
Sí	98 (86.7%)
No	15 (13.3%)

Por ultrasonido, se distribuye el mosaico de color en ambas posiciones en 51 (45.1%) y en posición transversa en 17 (15%), mientras que en un caso (0.9%) se visualiza en posición parasagital oblicua. En 9 (8%) y 7 (6.2%) el catéter no se observa o permanece inerte y no se observa, respectivamente. Se observa patrón granular con modo M en 103 (91.2%) y se observa lateralizado en 10 (8.8%). La distancia de colocación fue de 4.8 ± 0.9 cm. El catéter funciona en la mayoría de los casos (88.5%), con una distancia catéter patrón granular de 4.2 ± 0.9 , similar a lo antes mencionado. Se administró un total de 1 ml de analgésico a la mayoría de los pacientes (70.8%). A 10.6% de los pacientes se tuvo que administrar entre 3-4 ml (tabla 4).

Tabla 4. Localización del catéter epidural y funcionalidad.

Variable	
Distribución del mosaico de color	-
Sí, en ambas posiciones	51 (45.1%)
Sí, en posición transversa	17 (15%)
No se observa	9 (8%)
El catéter está inerte y no se observa	7 (6.2%)
Sí, en posición parasagital oblicua	1 (0.9%)
No dato	28 (24.8%)
Se observa patrón granular con modo M	-
Sí	103 (91.2%)
No	10 (8.8%)
Lateralizado	10 (8.8%)
Distancia	4.8 ± 0.9
Funciona	
Sí	100 (88.5%)
No	13 (11.5%)
Distancia cateter patrón granular	4.2 ± 0.9
Volumen administrado en total (ml)	-
1 ml	80 (70.8%)
2 ml	21 (18.6%)
3 ml	11 (9.7%)
4 ml	1 (0.9%)

Se realizaron las pruebas de sensibilidad con presión fría y las de sensibilidad con pinprick (aguja roma). Se documenta una prueba positiva bilateral con nivel adecuado para la herida quirúrgica en 63.7% y 61.1%, respectivamente, y con un nivel inadecuado en 1.8% y 0.9%, respectivamente. El catéter se encuentra lateralizado en 15.3% por presión fría y 16% por pinprick (tabla 5).

Tabla 5. Valoración con pruebas de sensibilidad.

Variable	
Sensibilidad con presión fría (algodón con alcohol)	-
Bilateral con nivel adecuado para herida quirúrgica	72 (63.7%)
Bilateral con nivel inadecuado para herida quirúrgica	2 (1.8%)
Lateralizado derecho	7 (6.2%)
Lateralizado izquierdo	8 (7.1%)
El paciente no distingue o no sabe expresar el nivel	13 (11.5%)
Catéter inerte, inestabilidad hemodinámica	9 (8%)
No tiene nivel	2 (1.8%)
Sensibilidad con pinprick (aguja roma)	-
Bilateral con nivel adecuado para herida quirúrgica	69 (61.1%)
Bilateral con nivel inadecuado para herida quirúrgica	1 (0.9%)
Lateralizado derecho	9 (8%)
Lateralizado izquierdo	9 (8%)
Catéter inerte, inestabilidad hemodinámica	9 (8%)
El paciente no distingue o no sabe expresar el nivel	14 (12.4%)
No tiene nivel	2 (1.8%)

Se ajusta el catéter en 32.7%, con adición de morfina y anestésico local en 10.6%, con sólo adición de morfina en 12.4% y con incremento de volumen en 9.7%. El catéter no se modifica en 29.2% y se mantiene inerte con paso de morfina en 13.3%. El catéter se retira en 1.8% de los casos y en 26.5% no contamos con datos (tabla 6).

Tabla 6. Ajuste de catéter epidural.

Variable	
Se ajusta epidural	-
No se modifica	33 (29.2%)
Catéter inerte, solo se pasa morfina	15 (13.3%)
Si, se agrega morfina y AL	12 (10.6%)
Sí, se agrega morfina	14 (12.4%)
Sí, se incrementan mililitros	11 (9.7%)
Se retira catéter 1 cm	1 (0.9%)
Se retira el catéter	1 (0.9%)
No dato	30 (26.5%)

La mediana de nivel de dolor al reposo, al movimiento y a la respiración profunda a las 24 horas fue de 1, 1 y 0 puntos en escala verbal numérica. La mediana de satisfacción con la analgesia fue de 9 puntos (Tabla 7).

Tabla 7. Nivel de dolor a las 24 horas y satisfacción con la analgesia en los pacientes.

Variable	
Nivel del dolor a las 24 horas (EVN)	-
En reposo	1 (0-3)
Al movimiento	1 (0-4)
A la respiración profunda	0 (0-2)
Satisfacción con la analgesia por catéter epidural	9 (5-10)

En la tabla 8 se resume el análisis de rendimiento diagnóstico por medio de la funcionalidad clínica y por ultrasonido.

Tabla 8. Tabla tetracórica de funcionalidad clínica y por ultrasonido.

	Funcional	Por clínica		Total
		Sí	No	
Por ultrasonido	Sí	96	3	99
	No	2	12	14
	Total	98	15	113

El ultrasonido, comparado con la clínica, tuvo una sensibilidad del 97.9% y especificidad del 80%, con un valor predictivo positivo de 96.9%, negativo de 85.7% y de falsos positivos y negativos de 20% y 2%, respectivamente (tabla 9).

Tabla 9 . Rendimiento diagnóstico del ultrasonido vs. la clínica.

Rendimiento diagnóstico	%
Sensibilidad	97.90%
Especificidad	80%
Valor predictivo positivo	96.90%
Valor predictivo negativo	85.70%
Razón de verosimilitud positiva	4.90
Razón de verosimilitud negativa	0.03
Falsos positivos	20.0%
Falsos negativos	2.0%

El ultrasonido tuvo una buena concordancia con la clínica, con un coeficiente de kappa de Cohen alcanzado de 0.802 (error estándar = 0.085; $P < 0.001$).

En la tabla 10 se resume el análisis de rendimiento diagnóstico por medio de la funcionalidad clínica y por ultrasonido vista transversa Doppler.

Tabla 10. Tabla tetracórica de funcionalidad clínica y por ultrasonido vista transversal Doppler.

		Por clínica		Total
		Funcional	Sí	
Por ultrasonido	Sí	96	2	98
	No	2	13	15
	Total	98	15	113

El ultrasonido, comparado con la clínica, tuvo una sensibilidad del 97.9% y especificidad del 86.7%, con un valor predictivo positivo de 97.9%, negativo de 86.7% y de falsos positivos y negativos de 2% y 2%, respectivamente (tabla 11).

Tabla 11.

Rendimiento diagnóstico del ultrasonido vista transversa Doppler vs. la clínica.

Rendimiento diagnóstico	%
Sensibilidad	97.9%
Especificidad	86.7%
Valor predictivo positivo	97.9%
Valor predictivo negativo	86.7%
Razón de verosimilitud positiva	84.6
Razón de verosimilitud negativa	0.03
Falsos positivos	2%
Falsos negativos	2%

En la tabla 12 se resume el análisis de rendimiento diagnóstico por medio de la funcionalidad clínica y por ultrasonido vista parasagital Doppler.

Tabla 12. Tabla tetracórica de funcionalidad clínica y por ultrasonido vista parasagital Doppler.

	Funcional	Por clínica		Total
		Sí	No	
Por ultrasonido	Sí	86	4	90
	No	12	11	23
	Total	98	15	113

El ultrasonido, comparado con la clínica, tuvo una sensibilidad del 87.5% y especificidad del 73.3%, con un valor predictivo positivo de 95.5%, negativo de 47.8% y de falsos positivos y negativos de 26.6% y 12.2%, respectivamente (tabla 13).

Tabla 13.

Rendimiento diagnóstico del ultrasonido vista parasagital Doppler vs. la clínica.

Rendimiento diagnóstico	%
Sensibilidad	87.5%
Especificidad	73.3%
Valor predictivo positivo	95.6%
Valor predictivo negativo	47.8%
Razón de verosimilitud positiva	3.2
Razón de verosimilitud negativa	0.17
Falsos positivos	26.6%
Falsos negativos	12.2%

En la tabla 14 se resume el análisis de rendimiento diagnóstico por medio de la funcionalidad clínica y por ultrasonido modo M.

Tabla 14. Tabla tetracórica de funcionalidad clínica y por ultrasonido modo M.

Funcional	Por clínica		Total
	Sí	No	

Por ultrasonido	Sí	98	5	103
	No	0	10	10
	Total	98	15	113

El ultrasonido, comparado con la clínica, tuvo una sensibilidad del 100% y especificidad del 67.7%, con un valor predictivo positivo de 95.1%, negativo de 100% y de falsos positivos y negativos de 33.3% y 0%, respectivamente (tabla 15).

Tabla 15.

Rendimiento diagnóstico del ultrasonido modo M vs. la clínica.

Rendimiento diagnóstico	%
Sensibilidad	100%
Especificidad	66.7%
Valor predictivo positivo	95.1%
Valor predictivo negativo	100%
Razón de verosimilitud positiva	3
Razón de verosimilitud negativa	0
Falsos positivos	33.3%
Falsos negativos	0%

Tabla 16.

Rendimiento diagnóstico del ultrasonido en Doppler y modo M vs. la clínica.

Rendimiento diagnóstico	Doppler transversal	Doppler parasagital	Modo M
Sensibilidad	97.9%	87.5%	100%
Especificidad	86.7%	73.3%	67.7%
Valor predictivo positivo	97.9	95.5%	95.1%
Valor predictivo negativo	86.7%	47.8%	100%
Razón de verosimilitud positiva	7.35	3.2	3
Razón de verosimilitud negativa	0.03	0.17	0
Falsos positivos	2%	26.6%	33.3%
Falsos negativos	2%	12.2%	0%

Discusión

Leonard J. Corning, un neurólogo de Nueva York en 1885 realizó la primera analgesia epidural inadvertidamente, por la inyección de cocaína entre los procesos espinosos en vértebras dorsales. En 1901, Fernand Cathelin en Paris describió la inyección de anestésico local caudal. En 1921, Pagés describió por primera vez la anestesia epidural lumbar En 1978; Philip Bromage tomó la práctica de la analgesia epidural a la era moderna con su libro Anestesia epidural publicado en 1978, jugando un papel pivote en la aceptación global y utilización de la analgesia epidural en cirugía, obstetricia y manejo del dolor.

Desde entonces la anestesia y analgesia epidural es ampliamente utilizada en distintos procedimientos quirúrgicos siendo la mejor opción para cirugías abdominales mayores abiertas, torácicas y en obstetricia, otorga una analgesia excelente y disminuye las complicaciones pulmonares.

La analgesia epidural alivia el dolor en reposo y dinámico y la simpaticólisis de esa magnitud que permite que los pacientes sean capaces de toser, respirar profundo, tomar líquidos y la deambulación temprana contribuyendo a que se mejore la función respiratoria, reducción de íleo y ahorro de proteínas. Se ha considerado superior que la analgesia intravenosa en cuanto a deambulación temprana y recuperación, de igual manera se ha demostrado que la analgesia epidural reduce la morbilidad cardiovascular y pulmonar así como la mortalidad en pacientes de alto riesgo sometidos a cirugía mayor torácica y abdominal, aunado a esto, se ha descrito en los Protocolos de recuperación acelerada (ERAS) como el estándar de oro para este tipo de cirugías.

El tener un buen funcionamiento del catéter epidural tiene beneficios en diferentes sistemas del organismo, a nivel cardiovascular hay una activación simpática que se puede manifestar con taquicardia, hipertensión y aumento de la contractilidad que conducen a un mayor consumo de oxígeno y cuando se administra un epidural torácico se dilatan los vasos coronarios reduciendo la

frecuencia cardíaca mejorando la función cardíaca al disminuir la precarga y poscarga optimizando la demanda de oxígeno (8).

En cuanto a lo metabólico se sabe que después de una cirugía hay consumo de músculo, el bloqueo simpático de la liberación de catecolaminas mejora el balance entre la síntesis y consumo de músculo y se reduce la glucosa en plasma.

Dentro de los beneficios que ofrece a nivel gastrointestinal es que mejora la función intestinal reduciendo el íleo postoperatorio.

La colocación del catéter epidural es un procedimiento a ciegas y operador dependiente, hay factores como las características anatómicas de las vértebras que pueden hacer difícil la colocación, y esto incluye la palpación de las referencias anatómicas que puede ser una percepción inadecuada ocasionando múltiples punciones con redirección de aguja ocasionando incomodidad para el paciente y la falla en la colocación del bloqueo.

Dentro de los métodos que existen para evaluar el catéter epidural, las pruebas sensoriales son las más utilizadas, pinprick y presión fría, ambas evalúan el bloqueo de las fibras A delta y las fibras C que son las fibras que conducen el dolor, las limitaciones de estas pruebas es que se requiere que el paciente identifique claramente el nivel analgésico en ese momento, y se puede alterar por múltiples factores como efectos de medicamentos o simplemente el paciente es incapaz de reconocer las modificaciones de sensibilidad y temperatura (11).

Otras pruebas disponibles para verificar la localización del catéter epidural son la prueba de Tsui que es un estímulo eléctrico que provoca una respuesta motora de los músculos por lo cual de esta manera se observa el nivel analgésico del epidural, tiene sensibilidad de 80% y especificidad del 91 al 100%; otra prueba importante es el análisis de forma de onda de presión epidural (EPWA)

Dentro de los estudios actuales sobre el uso de ultrasonido con modo Doppler color y Modo M es el realizado en 2017, en el Hospital de Cleveland en el cual se incluyeron 37 pacientes, en el cuál demostraron el flujo de solución salina en

el espacio epidural (confirmación de la punta) con Doppler color y el uso de modo M para identificar la profundidad del catéter con el patrón granular. El uso de ultrasonido para guiar la colocación del catéter epidural puede mejorar la precisión y reducir el tiempo que se necesita para colocar el catéter, mejorando los tiempos de colocación así como la comodidad del paciente, ya que disminuye el número de redirecciones de la aguja y aumenta la tasa de éxito al primer intento. Los estudios han demostrado que la colocación del catéter epidural con ultrasonido puede ser más eficaz que la colocación sin ultrasonido al disminuir lesiones nerviosas o punciones de duramadre. Además, el uso de ultrasonido para la evaluación de la correcta eficacia del catéter epidural reduce la incidencia de dolor postquirúrgico al evaluar de forma objetiva el funcionamiento y optimizando la analgesia postquirúrgica y con esto promoviendo la movilización temprana del paciente, así como disminución de íleo, todo esto con el fin de que el paciente tenga una recuperación mucho más rápida al tener alivio del dolor dinámico.

En el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, es un centro el cual realiza en su mayoría cirugía abdominal mayor abierta, el protocolo se planteó en el cuestionamiento si el ultrasonido podría ser una prueba que sea objetiva y de bajo costo para la correcta localización y eficacia del catéter epidural. Se analizaron 113 pacientes postoperados de cirugía abdominal abierta mayor en los cuáles se colocó catéter epidural, el desenlace primario fue que el uso de ultrasonido comparado con la clínica con una sensibilidad del 97.9% y especificidad del 80%, con un valor predictivo positivo de 96.9%, negativo de 85.7% y de falsos positivos y negativos de 20% y 2%, respectivamente.

No se podría asegurar que el ultrasonido podría ser el estándar de oro como lo es la epidurografía sin embargo con los resultados obtenidos podemos inferir que el uso de ultrasonido verifica de forma correcta la localización y eficacia del catéter epidural haciendolo una opción viable, de fácil acceso y en la cama del paciente y optimizando la analgesia postoperatoria.

Conclusiones

En este estudio se demostró que el desempeño diagnóstico del ultrasonido en modo M y el Doppler color resultaron ser útiles ya que son una técnica complementaria y no invasiva para la localización del catéter epidural, sin embargo una de sus limitaciones principales es que es operador dependiente. El ultrasonido puede ser de utilidad para localizar el catéter epidural en pacientes que no son capaces de reconocer el nivel analgésico por pruebas sensoriales pero en las escalas numéricas de dolor en reposo, al respirar y al movimiento refieren dolor leve o nulo debido a que el catéter se encuentra funcionando correctamente, por otro lado no es preciso en determinar problemas en la tortuosidad de la localización o cuando se encuentra parchado. A pesar de tener resultados favorables en nuestro estudio comparando la clínica con el ultrasonido estos resultados deben ser tomados con reserva, ya que es necesario realizar un estudio a futuro que compare este método con el estándar de oro la epidurografía. Se requiere validación interna y externa.

Limitaciones

La limitación principal de este estudio es que el uso de ultrasonido es operador dependiente y se requieren mínimo 20 estudios para la capacitación del operador.

La técnica Doppler color podría tener limitaciones como la necesidad de una buena ventana ecográfica, la presencia de calcificación ligamentaria podría alterar la penetración del ultrasonido y tener fallas en las señales de Doppler color.

Consideraciones éticas

De acuerdo con los lineamientos de investigación en seres humanos, se realizó carta de consentimiento informado, siguiendo los protocolos de la ley General

de la Salud en Materia de Investigación para la Salud, así como seguimiento de las pautas internacionales de la Declaración de Helsinki.

El Pain Out, Proyecto de una Red Internacional para la Optimización de dolor postoperatorio en México-PAIN OUT , aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán el 5 de Junio del 2023.

REF 4596

Anexos

Cuestionario Internacional de Pain Out

Para **evaluar la localización del catéter epidural en términos de eficacia analgésica**. Se aplicará un cuestionario las 24 horas de colocado el catéter epidural en el cuarto del paciente, que consta de 13 preguntas, encaminadas a evaluar la intensidad de dolor en reposo y dolor dinámico, la interferencia de las emociones como ansiedad y vulnerabilidad, los efectos adversos, la percepción del cuidado por el personal de salud, la satisfacción con el manejo analgésico, la presencia de dolor crónico previo. Este cuestionario lo llenara el paciente y será auxiliado en caso de que él o ella lo solicite.

- El cuestionario internacional de Pain Out, está escrito en el idioma nativo (español) del paciente y ha sido validado y regionalizado al español mexicano.
- Al paciente le implican 5 a 10 minutos de su tiempo llenarlo.
- Los pacientes pueden recibir ayuda del encuestador para complementar la información en caso de no entender alguna pregunta del cuestionario, si así lo requiera.
- Lo cual tarda unos 5 -10 minutos en completarse.

1. Intensidad del dolor

Las siguientes preguntas hacen referencia al dolor que usted ha experimentado desde la operación.

P1. En esta escala, califique el peor dolor que ha sufrido después de la cirugía:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sin dolor					el peor dolor posible					

P2. En esta escala, califique el menor dolor que ha sufrido después de la cirugía:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sin dolor					el peor dolor posible					

P3. ¿Con qué frecuencia después de la cirugía ha experimentado dolor severo? Marque con un círculo el porcentaje de tiempo que mejor exprese el dolor intenso que ha experimentado:

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
nunca dolor intenso					siempre dolor intenso					

P4. Marque con un círculo el número que mejor describe cuánto **interfirió / impidió** el dolor que ha experimentado:

2. Interferencia con las actividades (dolor dinámico)

b. respirar profundamente o toser:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
no interfirió					interfirió completamente					

c. dormir:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
no interfirió					interfirió completamente					

d. ¿Se ha levantado de la cama desde la operación?

Sí No

En caso afirmativo, en qué medida el dolor interfirió o le impidió que realizara actividades fuera de la cama como caminar, sentarse en una silla, permanecer de pie en el lavabo:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
no interfirió					interfirió completamente					

2. Interferencia con las emociones

P5. El dolor puede afectar a su estado de ánimo y emociones. En esta escala, marque con un círculo el número que mejor muestre lo que el dolor le ha hecho sentir desde su operación ...

a. ansioso

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
en absoluto					extremadamente					

b. indefenso

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
en absoluto					extremadamente					

P6. ¿Ha tenido usted alguno de estos efectos secundarios desde la operación?

Marque con un 1 mejor exprese la intensidad del efecto secundario, indique el número que mejor describe la intensidad del efecto secundario.

a. Náuseas

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ninguna					intensa					

b. Somnolencia

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ninguna					intensa					

c. Comezón

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ninguno					intensa					

d. Mareos

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ninguno					intensa					

P7. Desde su operación, ¿cuánto alivio de dolor ha experimentado?

Marque con un círculo el porcentaje que mejor exprese cuánto alivio ha experimentado con todos los tratamientos combinados (tratamientos con medicinas o sin ellas):

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
sin alivio					alivio completo					

P8. ¿Le habría gustado recibir MÁS tratamiento del dolor del que le han dado?

Sí No

P9. ¿Ha recibido información sobre las opciones del tratamiento de su dolor?

Sí No

3. Efectos

4. Percepción del cuidado

Bibliografía

1. Beverly, A., Kaye, A. D., Ljungqvist, O., & Urman, R. D. (2017b). Essential Elements of Multimodal Analgesia in Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Guidelines. *Anesthesiology Clinics*, 35(2), e115-e143. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2017.01.018>
2. Hermanides, J., Hollmann, M. W., Stevens, M. F., & Lirk, P. (2012b). Failed epidural: causes and management. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 109(2), 144-154. <https://doi.org/10.1093/bja/aes214>
3. Garduño-López, A. L., Castro-Garcés, L. T., & Acosta-Nava, V. M. (2019). Evaluación del dolor postoperatorio, estandarización de protocolos de actuación, y mejora continua basada en resultados. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 42(3), 160-166. <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2019/cma193d.pdf>
4. Weiss, R., & Pöpping, D. M. (2018). Is epidural analgesia still a viable option for enhanced recovery after abdominal surgery. *Current Opinion in Anesthesiology*, 31(5), 622-629. <https://doi.org/10.1097/aco.0000000000000640>
5. Guay, J., Nishimori, M., & Kopp, S. L. (2016). Epidural Local Anesthetics Versus Opioid-Based Analgesic Regimens for Postoperative Gastrointestinal Paralysis, Vomiting, and Pain After Abdominal Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, 123(6), 1591-1602. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000001628>
6. Rawal, N. (2021). Epidural analgesia for postoperative pain: Improving outcomes or adding risks? *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 35(1), 53-65. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2020.12.001>
7. Manion, S. C., Brennan, T. J., & Riou, B. (2011). Thoracic Epidural Analgesia and Acute Pain Management. *Anesthesiology*, 115(1), 181-188. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318220847c>

8. McLeod, G., & Cumming, C. (2004). Thoracic epidural anaesthesia and analgesia. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, 4(1), 16-19. <https://doi.org/10.1093/bjaceaccp/mkh006>
9. Teoh, D. A., Santosham, K. L., Lydell, C. P., Smith, D. G., & Beriault, M. (2009). Surface Anatomy as a Guide to Vertebral Level for Thoracic Epidural Placement. *Anesthesia & Analgesia*, 108(5), 1705-1707. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e31819cd8a3>
10. Robson, M., & Fawcett, W. J. (2020). Identifying a correctly positioned thoracic epidural catheter for major open surgery. *BJA Education*. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2020.06.002>
11. Curatolo, M., Petersen-Felix, S., & Arendt-Nielsen, L. (2000). Sensory Assessment of Regional Analgesia in Humans. *Anesthesiology*, 93(6), 1517-1530. <https://doi.org/10.1097/00000542-200012000-00025>
12. Kwofie, M. K., Launcelott, G., & Tsui, B. C. H. (2019). Determination of thoracic epidural catheter placement: electrical epidural stimulation (Tsui test) is simple, effective, and under-utilized. *Canadian Journal Of Anesthesia/journal Canadien D'anesthésie*, 66(4), 360-364. <https://doi.org/10.1007/s12630-019-01302-1>
13. Förster, J., Niemi, T. T., Salmenperä, M., Ikonen, S., & Rosenberg, P. H. (2009). An Evaluation of the Epidural Catheter Position by Epidural Nerve Stimulation in Conjunction with Continuous Epidural Analgesia in Adult Surgical Patients. *Anesthesia & Analgesia*, 108(1), 351-358. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e31818d0392>
14. Elsharkawy, H., Sonny, A., & Chin, K. J. (2017). Localization of epidural space: A review of available technologies. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, 33(1), 16. <https://doi.org/10.4103/0970-9185.202184>
15. Coleman, J., Hartmann, P., Kona, M., Thiele, R. H., Salajegheh, R., & Hanson, N. A. (2022). Use of epidurography in the perioperative and acute pain setting. *Reg Anesth Pain Med*, 47(7), 445-448. <https://doi.org/10.1136/rapm-2021-103274>
16. Motamed, C., Farhat, F., Remerand, F., Stéphanazzi, J., Laplanche, A., & Jayr, C. (2006). An Analysis of Postoperative Epidural Analgesia Failure by Computed Tomography Epidurography. *Anesthesia &*

- Analgesia*, 103(4), 1026-1032.
<https://doi.org/10.1213/01.ane.0000237291.30499.32>
17. Johnson, B. W., Schellhas, K. P., & Pollei, S. R. (1999). Epidurography and therapeutic epidural injections: technical considerations and experience with 5334 cases. *PubMed*, 20(4), 697-705.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10319985>
18. Boshier, P. R., Woodward, C., Nikravan, S., Neal, J. M., Warren, D. E., & Low, D. E. (2019). Selective Epidurography for the Assessment of Epidural Catheter Placement After Esophagectomy. *The Annals of Thoracic Surgery*, 108(3), 905-911.
<https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.02.029>
19. Parra, M. C., Washburn, K., Brown, J. R., Beach, M. L., Yeager, M., Barr, P. A., Bonham, K., Lamb, K., & Loftus, R. W. (2017). Fluoroscopic Guidance Increases the Incidence of Thoracic Epidural Catheter Placement Within the Epidural Space. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 42(1), 17-24. <https://doi.org/10.1097/aap.0000000000000519>
20. Kim, S., Toncheva, G., Anderson-Evans, C., Huh, B. K., Gray, L., & Yoshizumi, T. T. (2009). Kerma Area Product Method for Effective Dose Estimation During Lumbar Epidural Steroid Injection Procedures: Phantom Study. *American Journal of Roentgenology*, 192(6), 1726-1730.
<https://doi.org/10.2214/ajr.08.1713>
21. Furness, G., Reilly, M. M., & Kuchi, S. (2002). An evaluation of ultrasound imaging for identification of lumbar intervertebral level. *Anaesthesia*, 57(3), 277-280. https://doi.org/10.1046/j.1365-2044.2002.2403_4.x
22. Van Den Bosch, O. F. C., Gleicher, Y., Arzola, C., Siddiqui, N., Downey, K., & Carvalho, J. C. A. (2022). Color flow Doppler in spinal ultrasound: a novel technique for assessment of catheter position in labor epidurals. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 47(12), 775-779.
<https://doi.org/10.1136/rapm-2022-103948>
23. Riveros-Perez, E., Albo, C., Jimenez, E., Cheriyan, T., & Rocuts, A. (2019). Color your epidural: color flow Doppler to confirm labor epidural needle position. *Minerva Anestesiologica*, 85(4).
<https://doi.org/10.23736/s0375-9393.18.13175-0>

24. Elsharkawy, H., Sonny, A., Govindarajan, S. R., & Chan, V. W. S. (2017). Use of colour Doppler and M-mode ultrasonography to confirm the location of an epidural catheter - a retrospective case series. *Canadian Journal Of Anesthesia/journal Canadien D'anesthésie*, 64(5), 489-496. <https://doi.org/10.1007/s12630-017-0819-y>