

DOI: 10.25237/revchilanestv53n4-12

Espacio peridural en paciente obesa gestante

Peridural space in obese pregnant patient

Pablo Santillán Roldán^{1,*} , Andrés Cepeda Mora¹, Pablo Armas Cruz¹, Dayana Arellano², Grace Palacios², Paola Morejon²¹ Anestesiólogo Clínica Atlas. Quito, Ecuador.² Posgradista de Anestesiología. Quito, Ecuador.

Fecha de recepción: 12 de mayo de 2024 / Fecha de aceptación: 18 de junio de 2024

ABSTRACT

Neuraxial techniques for analgesia and/or anesthesia remain valid for the daily practice of the anesthesiologist in countless surgical procedures and even continuous analgesic management during the postoperative period. Among the complications that can occur in epidural anesthesia is puncture of the dura mater or failed puncture, due to this instrument have been created that reduce the risks mentioned above. In relation to pregnant women, remember the accentuation of lumbar lordosis due to the gravid uterus, a lower epidural is associated with greater instrumental delivery, it is difficult to synchronize the passage of the needle with the contractions and pain management, the approach can be medium or paramedian with greater considerations. The loss of resistance technique (LORT) to identify the epidural space was described by Dogliotti in 1933, with the use of saline solution and the different tissue densities found when the tip of the needle passed through the ligamentum flavum into the epidural space. Loss of resistance syringes such as Episure and Epi-Faith are part of the new instruments for locating the epidural space and are made up of the syringe itself, the plunger, an internal spring, which retracts when it passes through the yellow ligament and is located in the epidural space. Likewise, equipment such as ACCURO is a portable ultrasound device that allows you to guide the location, angle and depth of needle insertion during epidural or spinal anesthesia. The CompuFlo[®] instrument allows the pressure of human tissues to be measured in real time at the hole of a needle. Pressure is a feedback loop and system controller, regulating the electromechanical motor that controls the flow rate and fluid dispensed by the system. And based on these parameters it provides an audible and visual graph of the outlet pressure, it can also differentiate false and true loss of resistance.

Key words: Epidural, loss of resistance, obese pregnant woman.

RESUMEN

Las técnicas neuroaxiales para analgesia y/o anestesia permanecen vigentes para la práctica diaria del anestesiólogo en un sinnúmero de procedimientos quirúrgicos e incluso el manejo a analgésico continuo durante el posoperatorio. Dentro de las complicaciones que puede presentarse en la anestesia peridural está la punción de la duramadre o punción fallida, debido a esto, se han creado instrumentos que disminuyan los riesgos mencionados con anterioridad. Con relación a mujeres embarazadas recordar el acentuamiento de la lordosis lumbar por el útero grávido, una epidural más baja se asocia con mayor parto instrumental, es difícil sincronizar el paso de la aguja con las contracciones y el manejo del dolor, el abordaje puede ser medio o paramediano con mayores consideraciones. La técnica de pérdida de resistencia (LORT) para identificar el espacio epidural fue descrita por Dogliotti en 1933, con el uso de solución salina y las diferentes densidades de tejidos encontrados cuando la punta de la aguja pasaba a través del ligamento amarillo hacia el espacio epidural. Las jeringuillas de pérdida de resistencia como Episure y Epi-Faith son parte los nuevos instrumentos para la localización del espacio epidural y están conformadas por la jeringa propiamente dicha, el émbolo, un resorte interior, el cual se retrae cuando atraviesa el ligamento amarillo y se encuentra en el espacio epidural. De igual manera, equipo como ACCURO es un dispositivo de ultrasonido portátil que permite guiar la ubicación, ángulo y profundidad de la inserción de la aguja durante anestesia epidural o espinal. El instrumento CompuFlo[®] permite medir la presión de los tejidos humanos, en tiempo real, en el orificio de una aguja. La presión es un circuito de retroalimentación y un controlador del sistema, regulando el motor electromecánico que controla el caudal y el fluido dispensado por el sistema. Y en base a estos parámetros proporciona un gráfico audible y visual de la presión de salida, además puede diferenciar la falsa y la verdadera pérdida de resistencia.

Palabras clave: Epidural, pérdida de resistencia, gestante obesa.

pabloasr79@gmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6240-7461>

ISSN: 0716-4076



Introducción

Las técnicas neuroaxiales para analgesia y/o anestesia permanecen vigentes para la práctica diaria del anesthesiólogo en un sinnúmero de procedimientos quirúrgicos e incluso el manejo de analgésico continuo durante el posoperatorio. La técnica espinal-epidural combinada permite brindar anestesia con la posibilidad de extender la duración del bloqueo y manejo de dolor postoperatorio. En el manejo anestésico de la paciente obstétrica, el 90% de los anesthesiólogos optan por la técnica neuroaxial, sin embargo, la localización ideal del espacio intervertebral con palpación, solo representa 29%, siendo de 0,8 a 6% la proporción de los catéteres colocados por encima de L1-L2 con éxito. Las diferentes técnicas de Pérdida de Resistencia han reportado una tasa de fallo entre el 1,5% - 23%, por lo que se han desarrollado varios equipos para mejorar la probabilidad de éxito en esta técnica anestésica[1],[2].

La creciente tasa de obesidad es motivo de preocupación mundial. La obesidad es ahora la amenaza más frecuente para un embarazo saludable. La obesidad y la gestación se consideran factores predictores para la dificultad de un bloqueo neuroaxial; con dificultad de palpación de los espacios intervertebrales, dificultad de identificación de los puntos guía y dificultad de posicionamiento del paciente generan que exista un incremento en la probabilidad de fallo en la colocación de catéteres 2,6 veces mayor en las pacientes obesas en comparación a las no obesas[3],[4].

Jeringas para pérdida de resistencia

Dentro de las complicaciones que pueden presentarse en la anestesia peridural está la punción de la duramadre o punción fallida, debido a esto, se han creado instrumentos que disminuyan los riesgos mencionados con anterioridad.

Las jeringuillas de pérdida de resistencia como Episure y Epi-Faith están conformadas por la jeringa propiamente dicha, el émbolo, un resorte interior, el cual se retrae cuando atraviesa el ligamento amarillo y se encuentra en el sitio deseado, es decir el espacio peridural. Además, este tipo de instrumentos pueden ser usada con aire o solución salina[5],[6].

Existen simuladores robóticos en los que se visualiza y percibe la resistencia de las estructuras al paso de la aguja Touhy y la pérdida de resistencia que existe cuando lleva al espacio epidural. Es así como permite que los anesthesiólogos no entrenados puedan ejercer una curva suficiente para el momento de realizarlo en pacientes no causen daños a los mismos. La técnica es bimanual y mientras una mano va movilizand la Touhy, la otra va empujando el émbolo hasta que existe pérdida de resistencia[7].

El departamento de anestesiología de Stanford llevó a cabo un estudio piloto observacional con 4 especialistas en anestesia obstétrica, contando con 40 embarazadas, a las cuales se brindó analgesia de parto mediante la colocación de un catéter peridural. Los médicos usaron el dispositivo Epi-Faith (Figura 1), que permitía reconocer el sitio adecuado para colocación de la anestesia, anteriormente mencionada, cuando existía pérdida de resistencia del resorte que contiene la jeringa, con el apoyo de ambas manos por parte del operador, evitando así perforaciones durales. Los profesionales calificaron a este instrumento como mejor (50%), igual (27,5%) y peor (22,5%)[5].

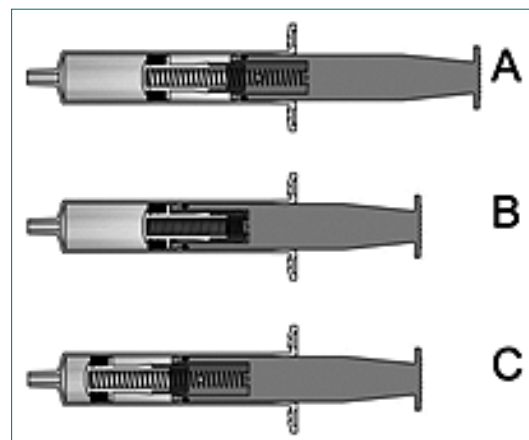


Figura 1. Tomado de: Athar MW, Guo N, Ortner C, Carvalho B, Abir G, Riley ET. An observational pilot study of a novel loss of resistance syringe for locating the epidural space. *Int J Obstet Anesth.* 2021 Aug 1;47. Dibujo esquemático de la jeringa EpiFaith®. R. Cuando el operador conecta la jeringa a la aguja Tuohy, el resorte se mantiene en su lugar mediante el mecanismo de bloqueo; B. Luego, el operador empuja el émbolo de la jeringa hacia adelante para enganchar el resorte (tenga en cuenta que el anillo amarillo ahora está dentro del émbolo y no es visible). El operador ahora puede hacer avanzar la aguja con las dos manos apoyadas contra la espalda; C. Cuando la punta de la aguja de Tuohy entra en el espacio epidural y hay una pérdida de resistencia, el pistón avanza y se ve el color amarillo. El movimiento del pistón y la aparición del color amarillo son indicadores de una pérdida de resistencia. Dibujo proporcionado por Flat Medical Inc. (ciudad de Taipei, Taiwán) (Para la interpretación de las referencias al color en la leyenda de esta figura, se remite al lector a la versión web de este artículo).

En el 2017, Brendan Carvalho publicó un artículo en el que un anesthesiólogo obstétrico experto usó la jeringa experimental Episure en un modelo de laboratorio, animal y clínico, siendo los resultados los siguientes: en el experimento 1, las aplicaciones con Episure no tuvieron movimiento del resorte hasta que la Touhy no pasara el ligamento amarillo, la distancia entre piel y la aguja fue de $1,2 \pm 0,1$ mm vs $1,6 \pm 0,3$ mm con la LOR convencional. En el experimento 2, la jeringa con resorte y LOR fueron llenadas, con solución salina y, en la punción con ambas, no hubo pérdida de resistencia falsa. Finalmente, en el experimento clínico no hubo punción dural, se valoró esto clínicamente, ninguna paciente presentó cefalea postpunción y la escala de valoración análoga fue menor a 1 en los 30 minutos siguientes a la colocación del catéter[6].

Con respecto a las prácticas para acceder al espacio epidural, dentro de los puntos clave se describe: optimizar posición, abordaje en la línea media o paramediana, aire o solución salina con presión continua o intermitente hasta la pérdida de resistencia, las epidurales de punción dural pueden mejorar la detección del espacio epidural y identificar dificultades comunes y solucionables, o realizar un nuevo intento[8].

En el manejo anestesiológico y para el control efectivo del dolor, el dominio de la técnica para acceder al espacio epidural es esencial. Su identificación se basa en la pérdida de resistencia (LOR) tras inyectar solución salina o aire, a través de la pérdida de resistencia a la solución salina (LORS) con presión continua o de la pérdida de resistencia al aire (LORA) con presión intermitente[8].

La técnica de punción dural epidural (DPE) es el estándar para la epidural en parto. Anatómicamente, en base a referencia anatómicas se usa el espacio L4-L5 y C7. Para el posicionamiento se prefiere la sedestación, evitando la rotación, sobre una superficie nivelada y las rodillas flexionadas. La línea media se identifica con las apófisis espinosas. El uso de eso ayuda a posicionar los espacios con mayor detalle, profundidad y angulación.

Reduciendo el tiempo del procedimiento y el éxito de la técnica[8].

Con relación a mujeres embarazadas recordar el acentuamiento de la lordosis lumbar por el útero grávido, una epidural más baja se asocia con mayor parto instrumental, es difícil sincronizar el paso de la aguja con las contracciones y el manejo del dolor, el abordaje puede ser medio o paramediano con mayores consideraciones[8].

Un metaanálisis de 2011, confirmó que LORA resultó en un aumento de segmentos desbloqueados sin diferencias para el reemplazo del catéter o intervenciones adicionales. Mientras un estudio de 2018, no mostró diferencias en las puntuaciones de dolor ni en la eficacia del bloqueo a los 30 minutos en LORA frente a LORS, por lo que no existe evidencia de superioridad, éxito, eficacia o complicaciones, razón por la cual se debe priorizar la experiencia del operador[8].

No hay estudios de comparación entre aplicación de técnicas de presión continua versus intermitente, se ha descrito preferencia de LORS con presión continua y LORA con presión intermitente, en otro estudio no hubo diferencias[8].

Con respecto a la posición dural epidural DPE, abordaje a nivel de L1, similar a espinal y epidural, excepto que no se administran fármacos, directamente, en el espacio intratecal, son útiles en pacientes en quienes los puntos de referencia son difíciles de identificar o con LOR indeterminado[8].

Las soluciones frente a problemas de inserción epidural, dificultad para localizar el espacio, dificultad anatómica, incapacidad de flexionar la columna, la probabilidad de lesiones neurológicas con múltiples intentos[8].

Mientras que la dificultad para obtener o confirmar el acceso, el catéter puede introducirse en una vena epidural, para lo cual debemos aplicar enjuague, retirar el catéter, realizar dosis de pruebas, con catéter multiorificio, no retirar menos de 3 cm[8].

En conclusión, no existe superioridad entre LORA o LORS, presión continua o intermitente, la técnica se debe elegir en base a la experiencia del operador. Se proponen DPE como una herramienta adicional para proporcionar una colocación epidural más eficaz y segura[8].

En 2019, en base al estudio de diferenciar la pérdida falsa de resistencia de la pérdida verdadera de resistencia al realizar el bloqueo epidural con el instrumento epidural CompuFlo, describe como la aparición de falsas pérdidas de resistencia se considera como una de las razones del bloqueo epidural inadecuado o fallido[9].

La técnica de pérdida de resistencia (LORT) para identificar el espacio epidural fue descrita por Dogliotti en 1933, con el uso de solución salina y las diferentes densidades de tejidos encontrados cuando la punta de la aguja pasaba a través del ligamento amarillo hacia el espacio epidural. La falsa pérdida de resistencia puede ocurrir por desvío de la línea media a los músculos paravertebrales, degeneración del ligamento interes-

pinoso y formación de cavidades, entre otros[9].

Es así como la colocación de un catéter peridural es una las herramientas y técnicas de mayor dificultad dentro de la curva de aprendizaje de los anestesiólogos, estudios indican que se requiere entre 60 y 90 colocaciones antes de alcanzar una habilidad básica adecuada.

Para Vaira P. et al. (2019), "Una identificación más fácil de pérdidas dudosas de resistencia durante el procedimiento epidural es esencial para reducir el número de intentos epidurales y/o reinsertaciones de agujas con el potencial de reducir el riesgo de punción dural accidental, especialmente, en casos difíciles o cuando el procedimiento es realizado por aprendices"[9].

Para Carassiti M. (2020), "el desarrollo de una nueva herramienta de gestión guiada por presión para la detección del espacio epidural" (p1). La detección del espacio epidural se realiza mediante la técnica de pérdida de resistencia (LOR) sin soporte tecnológico. Este estudio nos permite evaluar la viabilidad de un nuevo sistema mecatrónico no invasivo para la correcta detección de LOR en entornos clínicos.

El sistema permite monitorizar la presión ejercida sobre el émbolo de la jeringa por el médico durante la punción. El LOR está relacionado con la presión mencionada. El uso de un algoritmo personalizado permite la detección procesando la tendencia de presión.

Este dispositivo ESMT tiene varias ventajas: 1) es seguro y no invasivo, no es necesario que el elemento sensor esté en contacto con el líquido o el aire de la jeringa; 2) no requiere modificaciones, el sensor es muy delgado; 3) permite registrar la tendencia de la presión en todo el procedimiento; 4) es útil en los modelos educativos y de simulación de curva de aprendizaje; 5) es rentable económicamente. Es así como, este dispositivo puede ser considerado como el primer paso para proporcionar un apoyo tecnológico al anestesiólogo para la detección en base a presión ejercida sobre el émbolo de la jeringa sin ningún cambio en el procedimiento tradicional e incluso mejora en precisión y seguridad; y, podría ser extrapolable a bloqueo de nervios periféricos guiado por eco, pacientes obesos y pacientes con deformidad de la columna, entre otros[10].

El estudio estableció que la detección de LOR está, fuertemente, relacionada con la configuración del sistema, entre 93,3% y 27,7%, mientras que 3 configuraciones nunca lo detectaron. Por otro lado, el tiempo del procedimiento mostró un aumento no significativo ($p = 0,56$), utilizando el sistema propuesto (tiempo promedio 71 s vs. 62 s)[10].

En conclusión, el sistema mecatrónico propuesto tiene la capacidad de detectar con éxito el LOR en la mayoría de los casos, en base a configuraciones caracterizadas por el mejor equilibrio entre la sensibilidad del sistema y el rango de mediciones, con un incremento no significativo del tiempo del procedimiento[10].

Otro estudio describe que la estimulación nerviosa (NS) es un método objetivo para confirmar la colocación de un catéter epidural, y sugiere que la adición de NS a LOR mejoraría el éxito de la colocación del catéter epidural. La técnica consiste en colocar los catéteres epidurales utilizando LOR seguido del uso de NS para evaluar las contracciones del músculo troncal, hasta alcanzar una estimulación miotomal adecuada[11].

En base al análisis, por intención de tratar, no hubo diferencias en las tasas de éxito (90% frente a 82% [LOR + NS frente a LOR solo]; $P = 0,39$). El tiempo del procedimiento se incremen-

tó en el grupo LOR + NS ($33,9 \pm 12,8$ vs $24,0 \pm 8,0$ min; $P < 0,001$). El análisis encontró una tasa de éxito, estadísticamente, mayor para el grupo de LOR + NS en comparación con el grupo de LOR solo (98% frente a 82%; $P = 0,017$) cuando solo se incluyeron los pacientes en los que se logró la estimulación.

En conclusión, añadir NS no mejoró, estadísticamente, la tasa de éxito de la colocación epidural cuando se analizó en un formato de intención de tratar y se asoció con un tiempo de procedimiento más largo. Pero en base al análisis por protocolo, se halló una tasa de éxito, estadísticamente, mayor para los pacientes en los que se obtuvo estimulación resalta el beneficio potencial de agregar NS a LOR.

Ultrasonido para la identificación del espacio

Accuro (Rivanna Medical, Charlottesville, VA, USA) es un dispositivo de ultrasonido portátil que permite guiar la ubicación, ángulo y profundidad de la inserción de la aguja durante anestesia epidural o espinal (Figura 2). El dispositivo utiliza un transductor de ultrasonido de alta frecuencia, que refleja las estructuras anatómicas en una pantalla de visualización. Funciona interpretando las exploraciones 2D de la columna lumbar, automatizando la detección de los puntos de referencia del hueso espinal con una evaluación en tiempo real de la orientación del plano de exploración en 3D, así, al libera la guía de aguja de localización del dispositivo queda marcado el lugar de inserción de la aguja neuroaxial[12].

El Instituto Nacional de Salud y Cuidados de Excelencia (NICE) ha reconocido el potencial de Accuro para mejorar la seguridad y eficacia de los procedimientos de anestesia espinal y epidural. Accuro permite guiar la aguja durante los procedimientos de punción epidural y espinal, facilitando alcanzar la correcta colocación de la aguja con mejoramiento de la técnica neuroaxial, disminución de los intentos de punción y aumentando la seguridad del paciente[13].

Se ha evidenciado beneficio de utilización de esta tecnología en pacientes obesos y embarazadas, con mayor tasa de éxito para identificación del espacio epidural en comparación con las técnicas tradicionales; con una reducción del número de punciones y de incomodidad del paciente. Además, se vio una reducción de la curva de aprendizaje del personal médico con mayor seguridad en la técnica.

Kimizuka et al., realizaron un estudio con sesenta pacientes



Figura 2. Tomado Manual de usuario ACCURO; Rivanna Medical, Charlottesville, VA, USA.

sometidos a anestesia epidural, comparando el uso de Accuro y la técnica conveccional. Se encontró entre cero a tres redirecciones de aguja Tuohy ($P = 0,012$) en el grupo guiado por Accuro en comparación de cero a siete redirecciones en el segundo grupo, además de mejor estimación de la profundidad de la aguja (IC del 95%-1,10 a - 0,62); no se evidenció diferencias significativas en el tiempo necesario para localizar el espacio epidural.

Por otro lado, Ni et al., presenta la comparación de uso de Accuro y técnica de identificación por palpación en pacientes embarazadas con un índice de masa corporal $> 30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ programadas para cesárea, demostrando una alta tasa de éxito de la primera inserción (72,5% vs. 40,0%; $P = 0,003$), con menor tiempo de identificación del sitio de punción (30 [26-36] vs. 39 [32-49] segundos; $P = 0,001$) y menor redirecciones de aguja (40,0% frente al 72,5%; $P = 0,003$) en el grupo de ultrasonido. En este estudio se evidenció correlación entre la profundidad del espacio epidural medido y la profundidad de inserción de la aguja epidural ($r = 0,9$), con una media de $-0,29 \text{ cm}$ [14].

Carvalho et al., compararon el grado de profundidad del espacio epidural a nivel de los espacios intervertebrales L2/3, L3/4 y L5/6 de 47 pacientes gestantes no obesas, medida por dispositivos de ultrasonido versus abordaje con técnica de pérdida de resistencia, obteniendo una diferencia media de $-0,33 \text{ cm}$ oara el ultrasonido[IC del 95 % $-0,49$ a $-0,16$], frete a la profundidad de la aguja de $-0,61 \text{ cm}$ [IC del 95 % $-0,79$ a $-0,44$], por lo que concluye que los dispositivos de ultrasonido representan una buena alternativa para determinar el espacio y profundidad epidural en esta población[15]

CompuFlo, bomba de inyección para medición de presión

El instrumento CompuFlo® permite medir la presión de los tejidos humanos en tiempo real en el orificio de una aguja. La presión es un circuito de retroalimentación y un controlador del sistema, regulando el motor electromecánico que controla el caudal y el fluido dispensado por el sistema. Y en base a estos parámetros proporciona un gráfico audible y visual de la presión de salida, además puede diferenciar la falsa y la verdadera pérdida de resistencia debido a la penetración de la aguja en el espacio epidural, pero se desconoce la sensibilidad de esta característica. El estudio de Vaira, P, et all. (2019), confirma la caída de presión asociada con la identificación del espacio epidural fue, significativamente, mayor que la registrada después de la falsa pérdida de resistencia (73% vs 33%) ($P = 0,000001$). La sensibilidad fue de 0,83 y el AUC fue de 0,82[9].

Desde 1989 Rocco y colaboradores, describieron la manometría como herramienta para identificar el espacio peridural, a raíz de lo cual se ha venido estudiando la forma de ejecutar una medición manométrica continua de los tejidos al paso de la aguja peridural hasta la obtención de pérdida de resistencia/diminución de presión que nos permite identificar el espacio peridural de una manera precisa y segura. Lechner y colaboradores, detallaron el uso de una infusión continua de solución salina mediante una bomba de infusión que genere un señal acústica y por separado un lector de presión continua para el mismo fin. En 2008, se ha equipado una bomba de inyección computarizada con un algoritmo patentado y una pantalla de presión digital y analógica continua (CompuFlo, Milestone



Figura 3. Equipo COMPUflo tomado: Capogna G, Camorcia M, Bertrita C, Hochman M, Velardo M. Confirmation of Epidural Catheter Location by Epidural Pressure Waveform Recordings by the CompuFlo® Cath-Checker System. *Open J Anesthesiol.* 2020;10(05):171-8.

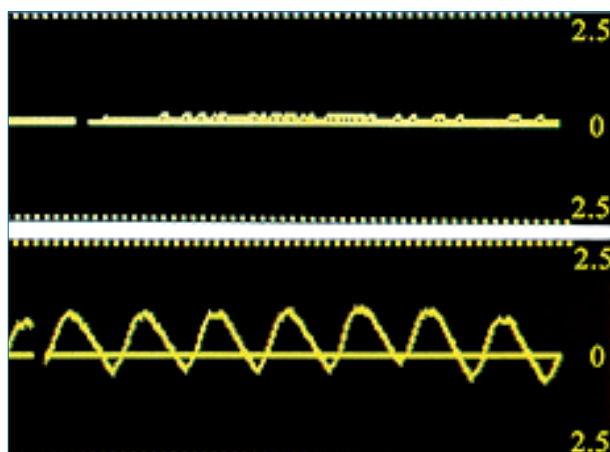


Figura 4. Tomado de Confirmation of Epidural Catheter Location by Epidural Pressure Waveform Recordings by the CompuFlo® Cath-Checker System; Capogna et al. 2020. Imagen inferior: Onda pulsátil típica de una correcta colocación de catéter epidural y en la parte superior la ausencia de la misma al momento de retirar el catéter.

Scientific, Livingston, Nueva Jersey) (Figura 3). La bomba es capaz de medir y mostrar las presiones obtenidas en el lugar de la inyección de manera continua, mientras inyecta a velocidades entre 0 y 2 ml/seg[16],[17].

A partir del estudio de Ghelber et al en 2008, con 49 pacientes obstétricas se determinó las presiones promedio encontradas al atravesar el ligamento supraespinal (79 mmHg), ligamento Amarillo (92 mmHg) y al llegar al espacio peridural (8 mmHg)[16], mismas que se corroboraron en estudios subsiguientes como en los desarrollados por Capogna en 2018, con 30 pacientes en labor de parto. Hidalgo y colaboradores en 2020, describen una serie de 600 casos en colocación de catéteres peridurales lumbares y torácicos con resultados similares y validando el uso del CompuFlo, incluso en casos difíciles en los que mejora la tasa de éxito de la colocación del catéter peridural, hasta 91% en el primer intento, sin modificaciones significativas en el tiempo de la ejecución de la técnica[2],[9],[17]-[19].

A raíz de los estudios previamente mencionados, CompuFlo desarrolla un dispositivo adicional que nos permite no solo medir las presiones en los tejidos sino que también registrar la

morfología de la onda de presión del espacio Epidural como un parámetro para determinar la correcta colocación y funcionamiento del catéter peridural[18]. Estas ondas que se muestran en el monitor son un reflejo de la pulsación de la médula espinal. El latido de los vasos espinales se transmite como onda mecánica a través de las meninges hasta el espacio epidural y que es captada por un transductor en el extremo del catéter peridural (Figura 4). Ante la ausencia de la onda pulsátil del catéter peridural se supone una migración del mismo o un mal posicionamiento que condicione una falla en la analgesia o anestesia para el paciente[20]-[23].

Referencias

1. Thangamuthu A, Russell IF, Purva M. Epidural failure rate using a standardised definition. *Int J Obstet Anesth.* 2013 Nov;22(4):310–5. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2013.04.013> PMID:23932551
2. Babazade R, Lin YL, Valles GH, Capogna G, Micaglio M, Vadhera RB, et al. Cost-minimization analysis of the continuous real-time pressure sensing technology in parturients requesting labor epidural analgesia. *Braz J Anesthesiol.* 2023;73(3):358–60. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2022.06.004> PMID:35798209
3. Ghisi D, Tomasi M, Giannone S, Luppi A, Aurini L, Toccaceli L, et al. A randomized comparison between Accuro and palpation-guided spinal anesthesia for obese patients undergoing orthopedic surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 2019 Oct;45(1):63–6. <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-100538> PMID:31653795
4. Uyl N, de Jonge E, Uyl-de Groot C, van der Marel C, Duvekot J. Difficult epidural placement in obese and non-obese pregnant women: a systematic review and meta-analysis. *Int J Obstet Anesth.* 2019 Nov;40:52–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2019.05.011> PMID:31235212
5. Athar MW, Guo N, Ortner C, Carvalho B, Abir G, Riley ET. An observational pilot study of a novel loss of resistance syringe for locating the epidural space. *Int J Obstet Anesth.* 2021 Aug;47:102984. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2021.102984> PMID:33994273
6. Riley ET, Carvalho B. The Episure Syringe: A Novel Loss of Resistance Syringe for Locating the Epidural Space. *Obstet Anesth Dig.* 2008 Jun;28(2):99. <https://doi.org/10.1097/01.aoa.0000319814.97447.2c>
7. Davidor N, Binyamin Y, Hayuni T, Nisky I. Using LOR Syringe Probes as a Method to Reduce Errors in Epidural Analgesia - a Robotic Simulation Study. 2023 May 7; Available from: <http://arxiv.org/abs/2305.04187> <https://doi.org/10.31256/HSMR2023.42>
8. Fok K. Practical Considerations to Access the Epidural Space [Internet]. 2023. Available from: <https://resources.wfsahq.org/anaesthesia-tutorial-of-the-week/>
9. Vaira P, Camorcia M, Palladino T, Velardo M, Capogna G. Differentiating False Loss of Resistance from True Loss of Resistance while Performing the Epidural Block with the CompuFlo® Epidural Instrument. *Anesthesiol Res Pract.* 2019;2019.
10. Carassiti M, Cataldo R, Formica D, Massaroni C, De Filippis A, Palermo P, et al. A new pressure guided management tool for epidural space detection: feasibility assessment in a clinical scenario. *Minerva Anesthesiol.* 2020 Jul;86(7):736–41. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.20.14031-8> PMID:32154680

11. Dobson SW, Weller RS, Edwards C, Turner JD, Jaffe JD, Reynolds JW, et al. A randomized comparison of loss of resistance versus loss of resistance plus electrical stimulation: effect on success of thoracic epidural placement. *BMC Anesthesiol.* 2022 Feb;22(1):43. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01584-x> PMID:35139802
12. Sharapi M, Afifi E, Mawla AM, Awwad SA. EP195 ULTRASOUND-GUIDED NEURAXIAL ANESTHESIA USING ACCURO HANDHELD DEVICE COMPARED WITH TRADITIONAL PALPATION TECHNIQUE: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF RANDOMIZED CONTROLLED TRIALS. *Reg Anesth Pain Med.* 2023;•••:48.
13. Accuro for guiding epidural or spinal anaesthesia Medtech innovation briefing [Internet]. 2021. Available from: www.nice.org.uk/guidance/mib245
14. Ni X, Li MZ, Zhou SQ, Xu ZD, Zhang YQ, Yu YB, et al. Accuro ultrasound-based system with computer-aided image interpretation compared to traditional palpation technique for neuraxial anesthesia placement in obese parturients undergoing cesarean delivery: a randomized controlled trial. *J Anesth.* 2021 Aug;35(4):475–82. <https://doi.org/10.1007/s00540-021-02922-y> PMID:34050798
15. Carvalho B, Seligman KM, Weiniger CF. The comparative accuracy of a handheld and console ultrasound device for neuraxial depth and landmark assessment. *Int J Obstet Anesth.* 2019 Aug;39:68–73. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2019.01.004> PMID:30770208
16. Ghelber O, Gebhard RE, Vora S, Hagberg CA, Szmuk P. Identification of the epidural space using pressure measurement with the compuflo injection pump—a pilot study. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33(4):346–52. PMID:18675746
17. Capogna G, Camorcia M, Coccoluto A, Micaglio M, Velardo M. Experimental validation of the CompuFlo® epidural controlled system to identify the epidural space and its clinical use in difficult obstetric cases. *Int J Obstet Anesth.* 2018 Nov;36:28–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2018.04.008> PMID:29914784
18. Capogna G, Camorcia M, Berritta C, Hochman M, Velardo M. Confirmation of Epidural Catheter Location by Epidural Pressure Waveform Recordings by the CompuFlo® Cath-Checker System. *Open J Anesthesiol.* 2020;10(05):171–8. <https://doi.org/10.4236/ojanes.2020.105015>.
19. Hidalgo G. Epidural Space Identification Using Continuous Real-Time Pressure Sensing Technology (CompuFlo®): A Report of 600 Consecutive Cases. *Open J Anesthesiol.* 2019;09(10):189–95. <https://doi.org/10.4236/ojanes.2019.910018>.
20. Chauvin C, Klar G, Hopman WM, da Silva LM, Day AG, Phelan R, et al. Sensitivity and specificity of waveform analysis for assessing postoperative epidural function. *J Clin Anesth.* 2022 May;77:110630. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110630> PMID:34922049
21. Coccoluto A, Capogna G, Camorcia M, Hochman M, Velardo M. Analysis of epidural waveform to determine correct epidural catheter placement after cse labor analgesia. *Local Reg Anesth.* 2021 Jun;14:103–8. <https://doi.org/10.2147/LRA.S312194> PMID:34168495
22. Chauvin C, Klar G, Hopman WM, da Silva LM, Day AG, Phelan R, et al. Sensitivity and specificity of waveform analysis for assessing postoperative epidural function. *J Clin Anesth.* 2022 May;77:110630. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110630> PMID:34922049
23. Hilber ND, Rijs K, Klimek M, Saenz G, Aloweidi A, Rossaint R, et al. A systematic review of the diagnostic accuracy of epidural wave form analysis to identify the epidural space in surgical and labor patients. Volume 85. *Minerva Anestesiologica.* Edizioni Minerva Medica; 2019. pp. 393–400.