

# La Angulación Cefálica de la Inserción de la Aguja Epidural Puede ser un Factor Importante para el Abordaje Seguro del Espacio Epidural: un Modelo Matemático

Satoki Inoue <sup>1</sup>, Masahiko Kawaguchi <sup>2</sup>, Hitoshi Furuya <sup>3</sup>

**Resumen:** Inoue S, Kawaguchi M, Furuya H – La Angulación Cefálica de la Inserción de la Aguja Epidural Puede ser un Factor Importante para el Abordaje Seguro del Espacio Epidural: un Modelo Matemático.

**Justificativa y objetivos:** El ángulo de abordaje epidural es uno de los factores determinantes de la profundidad de inserción de la aguja para alcanzar el espacio epidural. El margen de seguridad contra la punción accidental de la duramadre debe ser afectado por el ángulo de abordaje, porque el espacio disponible para el movimiento de la punta de la aguja en el espacio epidural depende del ángulo de inserción. El objetivo de este estudio, fue investigar los efectos del ángulo formado entre la piel y una aguja epidural en el margen de seguridad contra la punción accidental de la duramadre, usando un modelo matemático.

**Relato del caso:** Supongamos que la profundidad del espacio epidural sea A mm, que la fuerza del catéter que avanza sea C kgf y el diámetro del catéter, D mm. En esa situación, y presumiendo que el ángulo cefálico formado en la línea media entre la piel y la aguja sea  $\theta$ , los siguientes parámetros pueden ser determinados: la distancia disponible para la punta de la aguja en el espacio epidural =  $A/\sin\theta$  mm; la fuerza cefálica del catéter que avanza =  $C \cdot \cos\theta$  kgf; y la presión en la región de la duramadre donde el catéter epidural está ejerciendo su presión =  $400 \cdot C \cdot \sin\theta \cdot \pi \cdot D^2$  kgf.  $\text{cm}^{-2}$ . Mientras mayor sea la distancia disponible para la punta de la aguja, mayor será el margen de seguridad para la lesión de la duramadre por la aguja epidural. Supongamos que  $\theta$  debe ser el menor posible para que el margen de seguridad sea mayor. De la misma manera,  $\theta$  puede reducir la presión de empuje y crear una fuerza cefálica de avance más eficaz.

**Conclusiones:** Debemos considerar el ángulo cefálico agudo para aumentar el margen de seguridad en la cateterización del espacio epidural.

**Descriptor:** ANESTESIOLOGIA, Seguridad; TÉCNICAS ANESTÉSICAS, Regional, Epidural.

©2011 Elsevier Editora Ltda. Reservados todos los derechos.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que la tasa de punción accidental de la duramadre durante la punción epidural varía de 0,19% a 3,6% <sup>1-4</sup>. Se ha sugerido que la cefalea postpunción ocurra en más del 50% de los pacientes cuando hay una punción accidental de la duramadre, lo que causa una morbilidad significativa <sup>5</sup>. Se han propuesto diversos métodos de prevención de la cefalea postpunción, y algunos de ellos son opciones promisorias en la prevención de esa complicación <sup>6</sup>. Sin embargo, la reducción de la tasa de punción accidental de la duramadre es una opción más promisorias que cualquier método de prevención.

Es evidente que el ángulo de abordaje es uno de los factores determinantes de la distancia que la aguja recorre hasta llegar al espacio epidural. A su vez, el margen de seguridad contra la punción accidental debe ser afectado por el ángulo de abordaje del espacio epidural, porque el espacio disponible para el movimiento de la punta de la aguja en el espacio epidural depende del ángulo de inserción. El objetivo de este estudio, fue investigar el efecto del ángulo formado entre la piel y la aguja epidural en el margen de seguridad contra la punción accidental de la duramadre, usando un modelo matemático.

## MODELO MATEMÁTICO

En primer lugar, supongamos que la profundidad del espacio epidural sea A mm y que la distancia de la piel hasta el espacio epidural sea B cm. Además, supongamos que la fuerza del catéter epidural avanzando sea C kgf y el diámetro del catéter, D mm. En esa situación, y asumiendo que el ángulo cefálico en la línea media formado entre la piel y la aguja epidural es  $\theta$ , los siguientes parámetros pueden ser determinados (Figura 1). Aquí no se supone que el ángulo caudal se use como una opción.

Recibido del Department of Anesthesiology, Nara Medical University (NMU), Japón

1. Médico; Profesor Asistente

2. Médico; Profesor Asociado, Nara Medical University, Japón

3. Médico; Profesor, Nara Medical University, Japón

Artículo sometido el 16 de marzo de 2011.

Aprobado para su publicación el 4 de abril de 2011.

Dirección para correspondencia:

Dr. Satoki Inoue

Department of Anesthesiology

奈良県立医科大学 (Nara Medical University)

840 Shijo-cho Kashihara,

6348522 – Nara, Japón

E-mail: seninoue@naramed-u.ac.jp

1. Distancia disponible para la punta de la aguja en el espacio epidural =  $A/\sin\theta$  mm
2. Distancia del punto de inserción hasta llegar al espacio epidural =  $B/\sin\theta$  cm.
3. Fuerza de avance cefálico del catéter =  $C*\cos\theta$  kgf
4. Presión en el local de la duramadre donde el catéter epidural está ejerciendo presión =  $400*C*\sin\theta.\pi D^{-2}$  kgf.cm<sup>-2</sup>

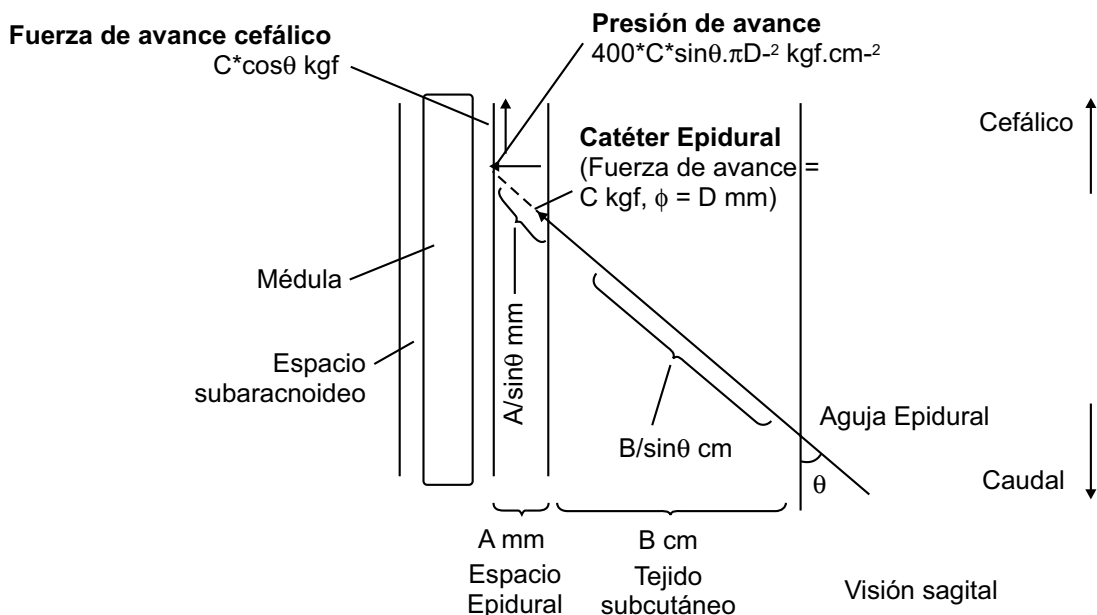
## COMENTARIOS

Incluso en el momento en que la punta de la aguja epidural alcanza el espacio epidural, ella puede ser introducida un poco más, mientras se monitorea para prevenir la lesión de la duramadre. Por tanto, mientras mayor sea la distancia disponible para la punta de la aguja, mayor será el margen de seguridad para la lesión de la duramadre por la aguja (Figura 1). Supongamos que deba ser el menor posible para aumentar el margen de seguridad.

La dirección cefálica de la aguja epidural puede estar limitada por la configuración ósea de la columna cuando se utiliza el abordaje en la línea media, especialmente en el caso de abordaje lumbar. El abordaje paramediano suministra una gran variedad de ángulos. El abordaje paramediano es más adecuado para obtener un ángulo menor. Si tomamos como

base los estudios que usan la epiduroscopía en cadáveres, se puede sugerir que la incidencia de la punción accidental de la duramadre es menor cuando se recurre al abordaje paramediano<sup>7</sup>. Además, un estudio clínico demostró que el abordaje paramediano estaba asociado a una frecuencia menor de problemas técnicos al compararse con el abordaje en la línea media<sup>8</sup>. Esos relatos pueden ser atribuidos al ángulo más cerrado utilizado en el abordaje paramediano. En el caso de la inserción de la aguja a 45°, ella puede aumentar el margen de seguridad contra la punción accidental de la punción en 1,4 veces, en comparación con la inserción vertical (Figura 1).

Podemos avanzar con el catéter epidural cuando el es pequeño, porque la fuerza usada para introducirlo tiene una dirección más cefálica bajo esas condiciones. Diversos artículos documentaron que la cateterización epidural con el abordaje paramediano está asociada a una inserción rápida, con un riesgo mínimo de que el catéter se enrolle<sup>9-11</sup>. Esos investigadores sugirieron que la cateterización con un abordaje paramediano con un ángulo cefálico es rápida, segura y eficaz. Recientemente, se dijo que la duramadre espinal también es sensible a la tracción y al estiramiento, y que puede ser una de las causas de parestesia durante la cateterización epidural<sup>12</sup>. La presión causada al empujar el catéter también está reducida por la angulación cefálica aguda, lo que trae como resultado una reducción en el estiramiento de la duramadre (Figura 1). El uso del abordaje paramediano



**Figura 1** – Modelo de Abordaje Epidural en la Visión Sagital.

La profundidad del espacio Epidural es A mm. La distancia de la piel hasta la superficie del espacio epidural es B cm. La fuerza del catéter epidural avanzando es C kgf. El diámetro del catéter es D mm. El ángulo formado entre la piel y la aguja epidural es  $\theta$ . La distancia disponible para la punta de la aguja en el espacio epidural =  $A/\sin\theta$  mm. La distancia del punto de inserción hasta alcanzar el espacio epidural =  $B/\sin\theta$  cm. La fuerza del avance cefálico del catéter =  $C*\cos\theta$  kgf. La presión en la región de la duramadre donde el catéter está ejerciendo presión es =  $400*C*\sin\theta.\pi D^{-2}$  kgf.cm<sup>-2</sup>.

puede explicar la reducción de la parestesia durante la cateterización paramediana <sup>12,13</sup>. Y pese a un relato reciente que niega que el paso del catéter pueda ocurrir en presencia de una duramadre intacta, una fuerte presión de avance haría con que el catéter penetrase en la duramadre si existe daño en esa membrana por la aguja epidural <sup>14</sup>. En esa situación, un ángulo cefálico más cerrado causaría una menor presión de avance contra la duramadre, reduciendo la cateterización intratecal accidental. Imitando el párrafo anterior, usemos el ejemplo de una aguja con un ángulo de 45°: ella reduciría la presión de avance en la duramadre 0,7 veces, en comparación con otra que va en dirección vertical. Bajo esa condición, sería creada una fuerza de avance cefálica distinta, que, al contrario de la dirección del avance, no puede ser determinada en la cateterización vertical (Figura 1). En la clínica, eso no ocurre completamente, porque son utilizadas las agujas Tuohy, que pueden determinar la dirección de la cateterización.

En la práctica clínica, a veces es difícil verificar la validez de esa teoría con base en un modelo matemático debido a la naturaleza de su baja tasa de incidencia. Para el análisis estadístico, sería necesario que hubiese una población muy grande, para poder investigar esa hipótesis como un estudio clínico randomizado. Además, los métodos de abordaje para la inserción de la aguja epidural, dependen de la preferencia del anestesista que realiza la punción. Eso significa que es casi imposible comparar los diversos abordajes. Por esos motivos, consideramos adecuado proponer esa hipótesis con el uso de ese modelo matemático.

Como conclusión, mientras mayor es el ángulo formado entre la piel y la aguja epidural, mayor será el margen de seguridad para el abordaje del espacio epidural. Además, bajo esa condición, la cateterización epidural sería más segura y más fácil con el avance del catéter cefálicamente. Por tanto, debemos considerar el abordaje paramediano con un ángulo cefálico cerrado para aumentar el margen de seguridad en el abordaje y en la cateterización epidural.

## REFERENCIAS

1. Berger CW, Crosby ET, Grodecki W – North American survey of the management of dural puncture occurring during labour epidural analgesia. *Can J Anaesth*, 1998;45:110-114.
2. Gleeson CM, Reynolds F – Accidental dural puncture rates in UK obstetric practice. *Int J Obstet Anesth*, 1998;7:242-246.
3. Sprigge JS, Harper SJ – Accidental dural puncture and post dural puncture headache in obstetric anaesthesia: presentation and management: a 23-year survey in a district general hospital. *Anaesthesia*, 2008;63:36-43.
4. Stride PC, Cooper GM – Dural taps revisited. A 20-year survey from Birmingham Maternity Hospital. *Anaesthesia*, 1993;48:247-255.
5. Choi PT, Galinski SE, Takeuchi L et al. – PDPH is a common complication of neuraxial blockade in parturients: a meta-analysis of obstetrical studies. *Can J Anaesth*, 2003;50:460-469.
6. Apfel CC, Saxena A, Cakmakkaya OS et al. – Prevention of postdural puncture headache after accidental dural puncture: a quantitative systematic review. *Br J Anaesth*, 2010;105:255-263.
7. Blomberg RG – Technical advantages of the paramedian approach for lumbar epidural puncture and catheter introduction. A study using epiduroscopy in autopsy subjects. *Anaesthesia*, 1988;43:837-843.
8. Blomberg RG, Jaanivald A, Walther S – Advantages of the paramedian approach for lumbar epidural analgesia with catheter technique. A clinical comparison between midline and paramedian approaches. *Anaesthesia*, 1989;44:742-746.
9. Ryu HG, Bahk JH, Lee CJ et al. – The coiling length of thoracic epidural catheters: the influence of epidural approach angle. *Br J Anaesth*, 2007;98:401-404.
10. Leeda M, Stienstra R, Arbous MS et al. – Lumbar epidural catheter insertion: the midline vs. the paramedian approach. *Eur J Anaesthesiol*, 2005;22:839-842.
11. Takeyama K, Yamazaki H, Maeda M et al. – Straight advancement of epidural catheter. *Tokai J Exp Clin Med*, 2004;29:27-33.
12. van den Berg AA, Sadek M, Swanson S et al. – Epidural injection of lidocaine reduces the response to dural puncture accompanying spinal needle insertion when performing combined spinal-epidural anesthesia. *Anesth Analg*, 2005;101:882-885.
13. Jaucot J – Paramedian approach of the peridural space in obstetrics. *Acta Anaesthesiol Belg*, 1986;37:187-192.
14. Angle PJ, Kronberg JE, Thompson DE et al. – Epidural catheter penetration of human dural tissue: in vitro investigation. *Anesthesiology*, 2004;100:1491-1496.