

Análisis estructural del espesor de la duramadre humana mediante microscopía electrónica de barrido

M.A. Reina^{1,a}, A. López-García^{1,b}, M. Dittmann^{2,c} y J.A. de Andrés^{3,d}

¹Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital General de Móstoles, Madrid. ²Departamento de Anestesiología y Cuidados Intensivos.

Hospital de Bad Säckingen, Alemania. ³Departamento de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Hospital General Universitario, Valencia.

Resumen

INTRODUCCIÓN. La única referencia que tenemos del espesor de la duramadre humana es su medida a diferentes niveles aportada hace 50 años. Nuestro objetivo ha sido estudiar su estructura desde un punto de vista tridimensional ayudados por la microscopía electrónica de barrido.

MÉTODO. Las muestras fueron obtenidas de 4 cadáveres humanos de 70 a 78 años entre 8 y 12 h después de producirse su muerte. Las muestras se observaron en 2 planos ortogonales del espacio (longitudinal radial y transversal).

RESULTADOS. Al estudiar el espesor hemos encontrado una arquitectura inédita de la membrana externa de las meninges. La duramadre está formada por fibras de colágeno y elásticas organizadas en sucesivos planos paralelos a la superficie medular. Cada plano representa una unidad que denominamos laminilla. Estas laminillas se agrupan en número de 8 a 12 para formar una unidad mayor que denominamos lámina y que tiene un espesor de 4 a 5 micrones. El espesor completo de la duramadre a nivel de la tercera vértebra lumbar está formado por 78-82 láminas que suman un espesor de 270 micrones.

CONCLUSIÓN. La duramadre está formada por la suma de muchas laminillas concéntricamente paralelas a la superficie medular. La disposición de las fibras en cada una de las laminillas es diferente y en general se dirigen en todas direcciones. La dirección de las fibras en la cara externa o epidural representa sólo la distribución de fibras de la lámina más externa de un total de 78 a 82. Una aguja al atravesar la duramadre atraviesa a un conjunto de 700 a 800 laminillas, cada una con una distribución particular de fibras.

Palabras clave:

Anatomía: meninges, duramadre. Técnicas: microscopía electrónica de barrido.

Inner layers of the human dura mater analyzed by scanning electron microscope

Summary

INTRODUCTION. The only references to the thickness of the human dura mater, reporting its size at various levels, are now 50 years old. Our aim was to study its tridimensional structure with the aid of the scanning electron microscope.

METHOD. The samples, which were taken 8-12 h after death from 4 human cadavers between 70 and 78 years old, were examined on 2 orthogonal planes (radial longitudinal and transversal).

RESULTS. The architectural structure of the external membrane of the meninges was unusual. The dura mater is made up of elastic collagen fibers organized in successive parallel planes on the surface of the medulla. Each plane constitutes a unit which we will call a sub-laminae. The sub-laminae are found in groups of 8 to 12 that form larger units called laminae, which are between 4 and 5 microns thick. The full thickness of the dura mater at the level of the third lumbar vertebrate contains from 78 to 82 laminae which together measure 270 microns.

CONCLUSION. The dura mater is made up of a large number of sublaminae that are concentrically parallel to the surface of the medulla. The fibers in general run in all directions and are oriented differently in each sub-lamina. The orientation of fibers that can be seen on the outer or epidural surface corresponds only to the fibers of the outermost lamina, which has a thickness of 78 to 82 microns. A needle that pierces the dura mater passes through some 700 to 800 sublaminae, each with its own particular distribution of fibers.

Key words:

Anatomy: meninges, dura mater. Techniques: scanning electron microscope.

Introducción

En el estudio de las características anatómicas de la duramadre el análisis de su espesor no ha recibido una especial atención por parte de los investigadores.

^aMédico adjunto. ^bJefe de Servicio. ^cJefe del Departamento. ^dProfesor Asociado de Anestesiología. Universidad de Valencia. Coordinador de la Unidad de Dolor.

Correspondencia: Dr. M.A. Reina.
Valmojado, 95, 1.º B. 28047 Madrid.

Aceptado para su publicación en febrero de 1996.

Desde que Cheng¹, en 1963, midiera el espesor de esta membrana por microscopía óptica desde T₁ hasta L₅, sólo Fink² en 1989 estudió cortes del espesor de la duramadre humana por microscopía electrónica de transmisión, describiendo la presencia de fibras con diferentes direcciones sin un orden establecido.

Nosotros, después de haber estudiado previamente la duramadre humana en su superficie externa e interna por una técnica microscópica tridimensional³, nos hemos propuesto como objetivo de este trabajo averiguar si las fibras cruzan indistintamente el espesor o bien siguen un patrón de distribución determinado que no se haya podido determinar con otras técnicas de investigación hasta la fecha.

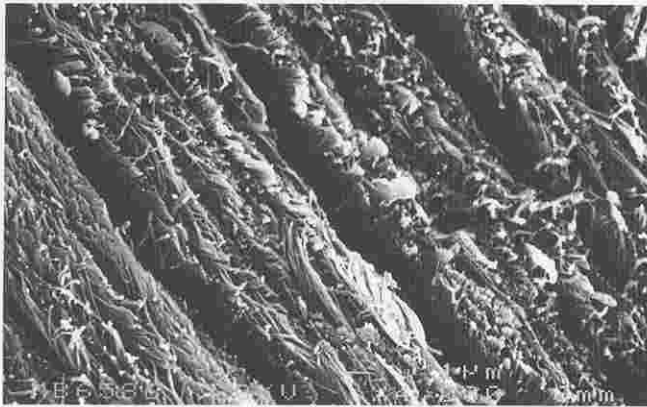


Fig. 1. Duramadre humana. Espesor. Corte longitudinal radial. Microscopía electrónica de barrido ($\times 4.000$). Barra: 1 micrón. En la fotografía se observa el corte de 4 láminas. Cada lámina está formada por aproximadamente 12 laminillas. Obsérvese que la dirección de las fibras de colágeno en cada una de las laminillas es diferente.

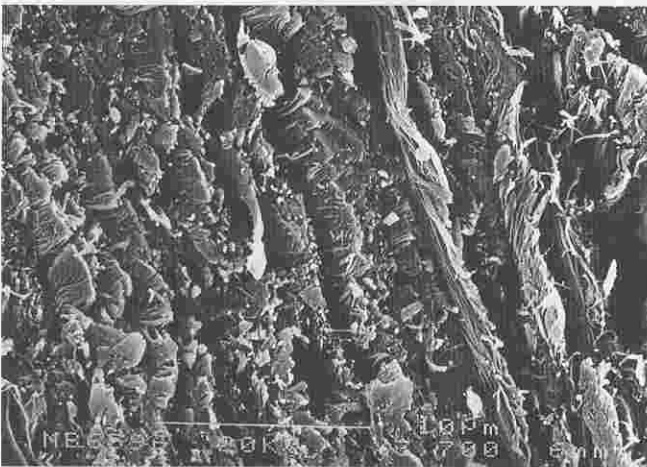


Fig. 2. Duramadre humana. Espesor. Corte longitudinal radial. Microscopía electrónica de barrido ($\times 3.700$). Barra: 10 micrones. En esta imagen es más difícil establecer el límite exacto de cada lámina. Se observan haces de fibras de colágeno que salen de cada laminilla con diferentes direcciones.

Método

Utilizamos duramadre dorsolumbar obtenida de 4 cadáveres humanos, varones, de 70, 72, 77 y 78 años, a la altura de la onceava vértebra torácica hasta la cuarta vértebra lumbar, que se habían mantenido conservados en cámara frigorífica entre 8 y 12 h después de su muerte. Las causas de fallecimiento de los pacientes fueron complicaciones asociadas a un infarto agudo de miocardio, sin presentar ninguno de ellos enfermedades asociadas endocrinas, neurológicas ni infecciosas.

Las muestras de duramadre que se estudiaron correspondían a la altura L₂-L₄, para cuya extracción y preparación se utilizó la misma técnica y equipos que para el estudio de la superficie externa e interna de la duramadre realizado previamente³. El espesor fue evaluado en 2 planos ortogonales del espacio, longitudinal radial y transversal, sobre muestras de 10 mm de longitud y 3 mm de profundidad.

Resultados

El espesor de la duramadre se evalúa a la altura de la tercera vértebra lumbar que medía de 270 a 280 micrones (aproximadamente 0,3 mm).

El estudio en el plano longitudinal radial aportó datos inéditos, ya que se observó que las fibras no cruzan desde la cara externa a la cara interna, sino que hay una sistematización en la distribución de las mismas. El espesor de la duramadre está formado por la suma de muchas láminas (de 78 a 82) concéntricas y paralelas a la médula espinal, que miden un promedio de 4 a 5 micrones y están unidas por puentes de colágeno (figs. 1 y 2). Cada una de esas láminas está formada por la suma de 8 a 12 delgadas subunidades que denominamos laminillas cuya superficie está formada por centenares de fibras, mientras que su espesor sólo está formado por apenas unas pocas fibras, habiendo observado en algunas láminas fragmentación y rotación de las laminillas en un eje transversal.

En el plano transversal de corte se confirmó la dirección y organización de fibras observado previamente en el plano de corte longitudinal radial y además se observaron vasos seccionados con eritrocitos en su interior.

Discusión

La principal aportación de este trabajo son las imágenes tridimensionales que permiten observar un patrón arquitectónico no descrito hasta ahora en la bibliografía y poder llevar a cabo una mejor interpretación de los trabajos realizados por Fink² por microscopía electrónica de transmisión y lo que hemos observado al describir la superficie externa e interna de la duramadre en trabajos anteriores³.

Las fibras están organizadas en planos paralelos a la superficie medular que recuerdan la imagen de sucesivas cortinas que hemos denominado laminillas y que se agrupan para formar láminas que se ven como gruesas líneas paralelas al observar el espesor a poco aumento. El espesor total de la duramadre no está formado simplemente por fibras sino que está formado por un promedio de 80 láminas, con un espesor cercano a los 0,3 mm a la altura de la tercera vértebra lumbar, pudiendo afirmar ahora que la descripción de la cara externa realizada por nosotros en estudios previos³ sólo correspondía a la distribución de fibras de la lámina más externa de las 80 mencionadas.

Los estudios por microscopía óptica estereoscópica de otros autores^{4,5} describen la dirección de las fibras de esta primera lámina externa e interpretan esta imagen como la duramadre en su totalidad ya que no ven las sucesivas láminas que están ubicadas por debajo con direcciones completamente distintas e ignoradas en dichos estudios. De la misma forma, Patin⁶ publicó la observación por microscopía óptica de muestras de duramadre humana y una evaluación de sus propiedades biomecánicas y viscoelásticas, afirmando en sus conclusiones que la duramadre está formada por fibras de colágeno y elastina con una dirección longitudinal y paralela al eje medular. La fotografía a 200 aumentos publicada por este autor se corresponde con un plano de corte tangencial y que coincide, de acuerdo a nuestros resultados, con la distribución de fibras de una laminilla ubicada dentro del espesor. Basados en sus observaciones, y debido a la limitación óptica de dicha técnica, estos autores interpretaron que la dirección de las fibras corresponde a la duramadre en su conjunto y no sólo a ese plano de corte como en las fotografías de nuestro trabajo se puede apreciar. En estudios previos que hemos realizado sobre la superficie interna de la duramadre³ pudimos observar una superficie lisa y brillante que se diferenciaba de la superficie externa. En ese estudio, nosotros no pudimos determinar si la imagen que observábamos correspondía a la duramadre propiamente dicha o a las prolongaciones trabeculares de la aracnoides que se fijan sobre la duramadre.

El presente trabajo nos ha permitido estudiar las características del espesor en toda su extensión y dar respuesta al interrogante de nuestro trabajo anterior. En todo el espesor se pudieron identificar

las fibras de colágeno seccionadas que forman parte de las láminas y laminillas. Sólo en los últimos 4 micrones más internos del espesor no se repitió la misma estructura laxa de fibras que se entrecruzan. La lámina más interna del espesor de la duramadre que coincidentemente formaba parte de la superficie interna de la duramadre tenía una estructura más compacta, donde era más difícil identificar fibras de colágeno. Consideramos que esta última lámina no formaba parte de la duramadre propiamente dicha sino que es parte de las trabéculas de aracnoides que se unen firmemente a su superficie interna. La sección de las trabéculas de la aracnoides durante la disección de las meninges permitió que sólo la porción de aracnoides que tapiza a la superficie interna de la duramadre fuera encontrada en nuestras muestras.

La aparición de vasos en el espesor de la duramadre únicamente en los planos de corte transversal nos hace suponer que su distribución tiene un predominio longitudinal.

En términos prácticos para el anesestesiólogo, el estudio de la orientación de las fibras en cada laminilla nos permite crear la hipótesis de que cuando una aguja atraviesa la duramadre está atravesando sucesivas laminillas en un promedio de 700 a 800, cada una con una dirección de fibras diferentes comparable a las múltiples capas de fibras de una manguera de riego, de cuya sucesiva y simultánea lesión dependerán la extensión de la lesión y el tiempo de cierre de esta fístula transitoria. Esta lesión está influida por el diámetro de la aguja, el diseño de su punta y los procesos de reparación que se pongan en marcha sobre esa estructura anatómica lesionada.

Este trabajo, además de proporcionar una descripción inédita de la arquitectura de la duramadre, permite una mejor interpretación de las imágenes obtenidas usando la microscopia electrónica de transmisión y presenta una metodología diferente de estudio para

evaluar en el futuro las lesiones dures producidas por diferentes agujas y comprender cómo se pueden cerrar las diferentes laminillas en el espesor de la duramadre al retirar una aguja.

Estudios futuros deberán analizar las características internas de las lesiones producidas en la duramadre con diferentes agujas y qué papel desempeña en el cierre de la lesión la orientación diferente de fibras de cada una de las 700 a 800 laminillas lesionadas, debiendo evaluarse, también, si las lesiones de cada laminilla se cierran o no simultáneamente y qué implicación tiene esto en la cinética de pérdida de líquido cefalorraquídeo a través del tiempo.

Agradecimiento

Al Prof. Dr. C. Barba y a sus colaboradores del Departamento de Microscopia Electrónica de la Universidad Complutense de Madrid, al Dr. F. Manzarbeitia, del Servicio de Patología del Hospital General de Móstoles, Madrid y al Prof. Dr. W. Zenker, del Instituto de Anatomía de la Universidad de Zurich, Suiza.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cheng PA. The anatomical and clinical aspects of epidural anesthesia, Part I. *Anesth Analg* 1963; 42: 398-406.
2. Fink BR, Walker S. Orientation of fibers in human dorsal lumbar dura mater in relation to lumbar puncture. *Anesth Analg* 1989; 69: 768-772.
3. Reina MA, López A, Dittmann M, De Andrés JA. Análisis de la superficie externa e interna de la duramadre humana mediante microscopia electrónica de barrido. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 1996; 43: 130-134.
4. Dittmann M, Schäfer HG, Ulrich J, Taylor WB. Anatomical re-evaluation of lumbar dura mater with regard to postspinal headache. Effect of dural puncture. *Anaesthesia* 1988; 43: 635-637.
5. Celleno D, Capogna G, Constantino P, Catalano P. Anatomic study of the effects of dural puncture with different spinal needles. *Reg Anesth* 1993; 18: 218-221.
6. Patin DJ, Eckstein EC, Harum K, Pallares V. Anatomic and biomechanical properties of human lumbar dura mater. *Anesth Analg* 1993; 76: 535-540.