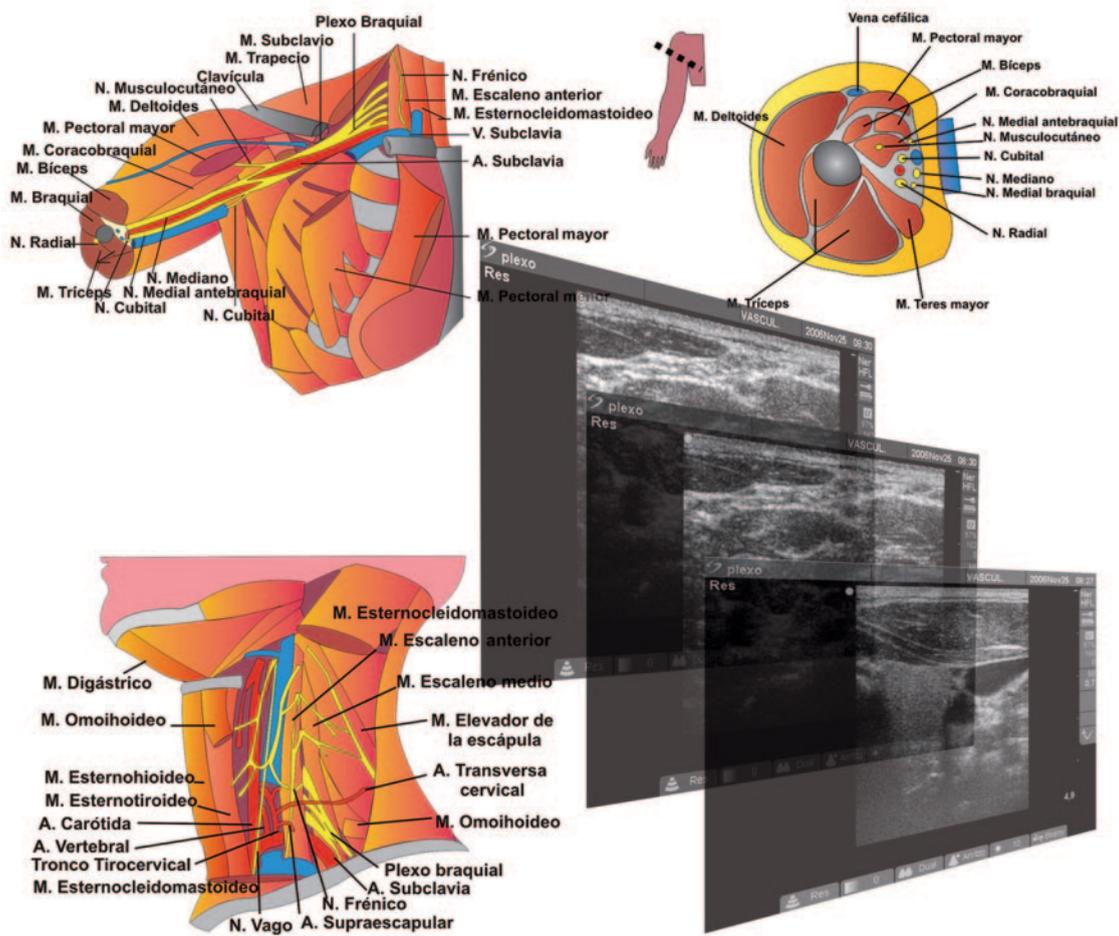


anestesia regional con ecografía

Manuel J. Muñoz Martínez - Gabino Mozo Herrera
Alejandro Ortega Romero - Pablo Alonso Hernández



anestesia regional con ecografía

Manuel J. Muñoz Martínez - Gabino Mozo Herrera
Alejandro Ortega Romero - Pablo Alonso Hernández

Esta obra se presenta como un servicio a la profesión médica. El contenido de la misma refleja las opiniones, criterios, conclusiones y/o hallazgos propios de sus autores, los cuales pueden no coincidir necesariamente con los del Grupo Bristol-Myers Squibb. Algunas de las referencias que, en su caso se realicen sobre el uso y/o dispensación de los productos farmacéuticos, pueden no ser acordes en su totalidad con la correspondiente Ficha Técnica aprobada por las autoridades sanitarias competentes, por lo que aconsejamos su consulta.

Con la colaboración de:



Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro pueden reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

© 2007 ERGON
C/ Arboleda, 1. 28220 Majadahonda (Madrid)

ISBN: 978-84-8473-553-3
Depósito Legal: M-10356-2007

*A mis padres, ambos me enseñaron la importancia del trabajo bien hecho.
A mi Jefe, el Dr. Cortés, siempre me permitió llevarlo a cabo*

M.J.Muñoz Martínez

EDITORES

Manuel José Muñoz Martínez (coordinador)

Anestesiólogo. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Pablo Alonso Hernández

Anestesiólogo. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Universitario de Salamanca. Salamanca.

Gabino Mozo Herrera

Anestesiólogo. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Alejandro Ortega Romero

Anestesiólogo. Hospital Monográfico de Traumatología de ASEPEYO. Coslada (Madrid).

COLABORADORES

Juan Foncuberta García

Cirujano Vascular. Servicio Cirugía Vascular. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Ángel Flores Herrero

Cirujano Vascular. Servicio Cirugía Vascular. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Antonio Orgaz Pérez Grueso

Cirujano Vascular. Servicio Cirugía Vascular. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Manuel Doblás Domínguez

Jefe del Servicio de Cirugía Vascular. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Luis Díaz Jara. Anestesiólogo

Unidad del Dolor Crónico. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Javier de Andrés Ares

Anestesiólogo. Unidad del Dolor Crónico. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Clemente Muriel Villoria

Anestesiólogo. Jefe del Servicio de Anestesiología, Reanimación y Unidad del Dolor. Hospital Universitario de Salamanca.

Mar Parra Pérez

Anestesióloga. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Beatriz Romerosa Martínez

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Paloma Herrador Iradier

Anestesióloga. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Sara Resuela Jiménez

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Nagore Echeverría Rodríguez

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Laura Moreno Ortega

Anestesióloga. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Lorena Calvo Frutos

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Pilar Adán Valero

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Raúl Álvarez Aguilera

Anestesiólogo. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Amparo Paniagua Montes

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

María López Gómez

Residente de Anestesiología y Reanimación. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Alberto Cortés Uribe

Jefe del Servicio de Anestesiología, Reanimación y Unidad del Dolor Crónico. Hospital Virgen de la Salud. Toledo.

Alejandro Ortega Romero

Anestesiólogo. Hospital Monográfico de Traumatología de ASEPEYO. Coslada (Madrid).

Pilar de Diego Isasa

Anestesióloga. Hospital Monográfico de Traumatología de ASEPEYO. Coslada (Madrid).

- 1** **Introducción. Cómo leer este libro**
M.J. Muñoz Martínez
- Capítulo 1
- 5** **Principios físicos de la ecografía**
M.J. Muñoz Martínez, Á. Flores Herrero, J. Foncuberta García
- Capítulo 2
- 21** **Bloqueos nerviosos con control ecográfico. Consideraciones prácticas**
G. Mozo Herrera, A. Orgaz Pérez Grueso, M. Doblás Domínguez
- Capítulo 3
- 29** **Farmacología aplicada de los anestésicos locales**
P. Alonso Hernández, L. Díaz Jara, C. Muriel Villoria
- Capítulo 4
- 35** **Plexo braquial**
M.J. Muñoz Martínez, M. Parra Pérez, B. Romerosa Martínez
- Capítulo 5
- 45** **Bloqueo interescalénico**
G. Mozo Herrera, P. Herrador Iradier, S. Resuela Jiménez
- Capítulo 6
- 55** **Bloqueo supraclavicular**
P. Alonso Hernández, J. De Andrés Ares, N. Echeverría Rodríguez
- Capítulo 7
- 61** **Bloqueo infraclavicular**
M.J. Muñoz Martínez, L. Moreno Ortega, L. Calvo Frutos
- Capítulo 8
- 67** **Bloqueo axilar**
P. Alonso Hernández, C. Muriel Villoria, P. Adán Valero

- Capítulo 9
- 71 Bloqueo individualizado de nervios mediano, cubital y radial**
G. Mozo Herrera, R. Álvarez Aguilera, A. Paniagua Montes
- Capítulo 10
- 79 Plexo lumbar**
M.J. Muñoz Martínez, G. Mozo Herrera, M. López Gómez
- Capítulo 11
- 85 Bloqueo del compartimento del psoas**
P. Alonso Hernández, M. Parra Pérez, B. Romerosa Martínez
- Capítulo 12
- 89 Bloqueo femoral**
G. Mozo Herrera, P. Herrador Iradier, S. Resuela Jiménez
- Capítulo 13
- 95 Bloqueo del nervio safeno interno**
M.J. Muñoz Martínez, L. Díaz Jara, N. Echeverría Rodríguez
- Capítulo 14
- 99 Plexo sacro**
P. Alonso Hernández, C. Muriel Villoria, L. Calvo Frutos
- Capítulo 15
- 105 Bloqueo ciático**
G. Mozo Herrera, J. De Andrés Ares, B. Romerosa Martínez
- Capítulo 16
- 113 Bloqueo ciático a nivel poplíteo (nervios tibial y peroneo)**
G. Mozo Herrera, L. Moreno Ortega, A. Cortés Uribe
- Capítulo 17
- 117 Bloqueos para el tratamiento del dolor**
A. Ortega Romero, P. De Diego Isasa
- Capítulo 18
- 123 Accesos vasculares bajo control ecográfico**
P. De Diego Isasa, A. Ortega Romero

Introducción. Cómo leer este libro

Manuel José Muñoz Martínez

La historia de la anestesia regional tal y como la conocemos hoy en día es tan antigua como la propia historia de la anestesia. En 1884, Halsted realiza la primera anestesia troncular descrita inyectando una solución de cocaína al 4%.

Sin embargo, la popularización de su uso ha sido limitada, debido a varios factores tales como el índice de fracasos, la presión sobre los tiempos de quirófano o los conocimientos requeridos para su práctica. La realización de estas técnicas permanece aún en nuestros días más como un recurso alternativo que como una opción anestésica de primera línea. Corroborando este hecho, en algunas series publicadas, los resultados satisfactorios de las técnicas regionales muestran resultados tan dispares como éxitos del 50-95%.

Hasta hace 20 años, las técnicas regionales se basaban en métodos “ciegos” para la localización de las estructuras nerviosas, apoyándose en la aparición de *clicks*, parestesias, respuestas motoras, etc. El uso de los ultrasonidos para la realización de bloqueos regionales ha cambiado drásticamente esta situación. Ahora no sólo es posible visualizar bajo visión directa la estructura nerviosa a bloquear, sino que también es posible localizar las estructuras adyacentes para evitar complicaciones tales

como punciones vasculares o neumotórax y, lo que es más importante, puede observarse en tiempo real la distribución del anestésico local alrededor de estas estructuras nerviosas y modificar dicha distribución con reposicionamientos de la aguja para conseguir un mejor bloqueo.

Debido a la juventud de la anestesia regional guiada con ultrasonidos, existen pocos estudios controlados que comparen los abordajes tradicionales con neuroestimulación con los abordajes guiados por ultrasonidos; sin embargo, estos estudios comienzan a encontrar grandes ventajas con respecto a la estimulación, tales como mayor incidencia de éxito en el bloqueo, menor cantidad de anestésico local precisada para su realización o menor tiempo de latencia del bloqueo.

La verdadera revolución en la anestesia regional guiada por ultrasonidos ha llegado de la mano del desarrollo tecnológico, la aparición de sistemas más portables y sobre todo con una gran capacidad de resolución en la imagen, ha dado lugar a una creciente popularización en este tipo de técnicas. Como contrapartida, al anestesiólogo se le plantean una nueva serie de retos, entre ellos la familiarización con los sistemas de ultrasonidos y la necesidad de un conocimiento más exhaustivo de

la anatomía profunda de las regiones en las que se va a intervenir.

Este libro intenta dar respuesta a estos dos retos, el conocimiento de las bases físicas en la formación de ultrasonidos y en la representación de las imágenes que de ellos se derivan pueden ser muy útiles en determinadas ocasiones en las que es necesario un ajuste “fino” del ecógrafo para obtener una buena imagen o incluso a la hora de interpretar los posibles artefactos que aparecen en la imagen, que en no pocas ocasiones nos serán de gran ayuda. Por otra parte, el conocimiento de la anatomía profunda va a permitir no sólo una mejor realización del bloqueo, sino que, sobre todo, va a ayudar a evitar complicaciones derivadas de dicho bloqueo.

Con estos dos objetivos en mente y tras años de experiencia en estas técnicas, los autores decidimos plasmar esta experiencia en el libro que usted tiene ahora entre sus manos. Para conseguir un objetivo didáctico, el libro se ha dividido en varias secciones con una estructura similar. A una primera sección en la que se exponen los principios físicos y aspectos prácticos aplicables a estas técnicas, le siguen las secciones miembro superior y miembro inferior. Cada una de estas secciones comienza con un capítulo que muestra la anatomía nerviosa de dicho miembro, para posteriormente describir en los siguientes capítulos cada uno de los bloqueos.

Tras estas secciones, el lector podrá encontrar una dedicada a bloqueos guiados por ultrasonidos en el tratamiento del dolor y un capítulo más con las aplicaciones de la ecografía en la canalización vascular.

Se ha intentado, siempre que ha sido posible, seguir el mismo esquema expositivo en cada capítulo: cada uno de ellos comienza con un breve recuerdo anatómico, siguiendo con la sonoanatomía de la zona a

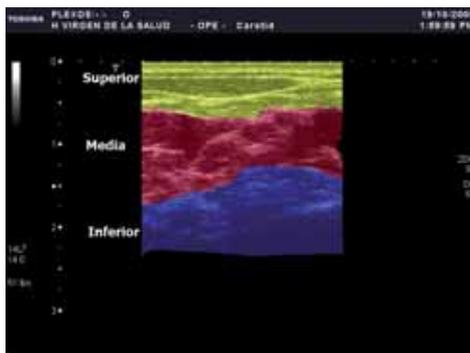


Figura 1. Sistematización en zonas utilizada en este texto.

bloquear, para posteriormente describir la técnica y exponer sus indicaciones, contraindicaciones y complicaciones. Para facilitar el aprendizaje se ha añadido un apartado de respuesta a la neuroestimulación y, por último, al final de cada capítulo, encontrará una pequeña información bibliográfica sobre los artículos más importantes que se refieren al bloqueo expuesto.

De la misma forma, la descripción de las imágenes ecográficas dentro de cada capítulo se ha intentado sistematizar dividiendo cada imagen en tres zonas delimitadas con distintos colores. Dichas zonas, superior (o superficial), media e inferior (o profunda) se describen en su totalidad, no ciñéndose únicamente al plexo “objetivo”.

El libro que está leyendo ha sido el producto de años de trabajo, en ocasiones algo frustrante, en la mayor parte de ellas apasionante. Sin embargo, creemos que ha merecido la pena. Los autores deseamos que usted sienta la misma sensación que cualquiera de nosotros experimentó al realizar su primer bloqueo guiado con ecografía y que, tras comprobar las bondades de la técnica, contribuya a la expansión en nuestro quehacer diario de las técnicas de anestesia regional.

BIBLIOGRAFÍA

- Bartussek E, Fatehi S, Motsch J, Grau T. Summary on practice of regional anesthesia in Germany, Austria, and Switzerland. Part I. Quality assurance and training concepts. *Anaesthesist* 2004; 53(9): 836-846.
- Bartussek E, Fatehi S, Motsch J, Grau T. Summary on practice of regional anesthesia in Germany, Austria, and Switzerland. Part II. Use, success rates and techniques. *Anaesthesist* 2004; 53(9): 847-855.
- Marhofer P, Schrogendorfer K, Koinig H, et al. Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg* 1997; 85: 854-7.
- Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T, et al. Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for three-in-one blocks. *Reg Anesth Pain Med* 1998; 23: 584-8.
- Williams SR, Chouinard P, Arcand G, et al. Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg* 2003; 97: 1518-23.

Capítulo 1

Principios físicos de la ecografía

Manuel José Muñoz Martínez, Ángel Flores Herrero, Juan Foncuberta García

INTRODUCCIÓN

La ecografía se basa en la generación y formación de imágenes del interior del cuerpo humano con la utilización de ultrasonidos. Un ultrasonido no es más que un tipo especial de sonido, concretamente es un sonido cuya frecuencia está por encima del rango de frecuencias audibles para el ser humano.

Para comprender estos términos es necesario avanzar un poco más dentro del fenómeno ondulatorio. Los sonidos, y por lo tanto los ultrasonidos, son fenómenos ondulatorios. Estos fenómenos ondulatorios se producen cuando se induce una vibración a una molécula. La molécula, al vibrar, se desplaza de su posición de reposo, bien en sentido longitudinal (vibración longitudinal) o bien en sentido transversal (vibración transversal). Cuando una molécula en su movimiento se encuentra con otra molécula adyacente, le transfiere a esta última parte de su energía cinética; esta transferencia de energía hace que la segunda molécula comience a vibrar, de esta forma el fenómeno vibratorio va propagándose por el medio, generando lo que se denomina un fenómeno ondulatorio. Parece fácil, por lo tanto, pensar que cuanto más próximas se encuentren las moléculas de un medio, más fácil y más rápidamente interactuarán en su desplazamiento

Tabla I. Distintos valores de densidad y velocidad de propagación del sonido en los tejidos

Tejido	Velocidad (m/s)	Densidad (g/cm ³)
Grasa	1.470	0,97
Músculo	1.568	1,04
Hígado	1.540	1,055
Cerebro	1.530	1,02
Huesos	3.600	1,7
Agua (20°C)	1.492	0,9982
Aire	331	0,0013

unas con otras. La proximidad de unas moléculas a otras en un determinado medio es lo que se denomina densidad de ese medio; por lo tanto, cuanto más denso sea un medio, más rápido se propaga el fenómeno ondulatorio, en nuestro caso el sonido. (Tabla I).

Como ya se ha visto, el sonido no es más que un fenómeno ondulatorio, y como tal puede definirse como cualquier onda. Una onda se caracteriza por los siguientes parámetros (Fig. 1):

- **Amplitud (A).** Hace referencia a la intensidad del sonido; es la altura máxima que alcanza una onda. La amplitud de una onda sonora se mide en decibelios (dB).
- **Longitud de onda (λ).** Es la distancia entre dos fases consecutivas del ciclo de una

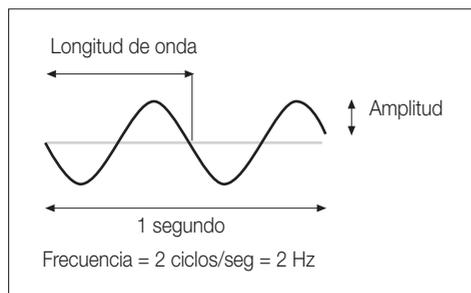


Figura 1. Frecuencia, longitud de onda y amplitud caracterizan a cualquier tipo de onda.

onda (por ejemplo, entre dos picos). Se mide con las mismas unidades de la longitud. En el caso de la ecografía, las longitudes de onda son tan pequeñas que se suelen medir en milímetros.

- **Frecuencia (f).** Es el número de longitudes de onda por unidad de tiempo. Generalmente se expresa en hercios (Hz) y sus múltiplos (kilohercio, megahercio), que son el número de longitudes de onda que acontecen en un segundo.

INTERACCIÓN DE ULTRASONIDOS CON TEJIDOS

La **velocidad de propagación** de una onda en un medio (c) es la relación entre el espacio recorrido por la onda por unidad de tiempo. En el caso de las ondas, el espacio recorrido viene dado por la longitud de onda. Como hemos definido la frecuencia como el número de longitudes de onda por unidad de tiempo, el producto de la frecuencia por la longitud de onda nos dará la velocidad de propagación de una onda en un determinado medio.

$$C = \lambda \times f$$

Dado que la velocidad de propagación del sonido en un medio permanece constante, existe una relación inversamente proporcional

entre longitud de onda y frecuencia; así, para ondas con alta frecuencia, la longitud de onda es pequeña, y viceversa. Se acepta que la velocidad de propagación del sonido en los tejidos orgánicos se sitúa en **1.540 metros\seg.**

Además de la velocidad de propagación del sonido en los distintos medios hay otra serie de efectos físicos importantes que nos ayudan a comprender las bases de la ecografía; el primero de ellos es la **absorción**. Como se ha visto previamente, las moléculas, cuando oscilan al vibrar, contactan con moléculas adyacentes; en este contacto se transfiere una parte de la energía cinética de la molécula que está vibrando a la que está en reposo, provocando en esta última el inicio de la vibración. Sin embargo, esta transferencia de energía no es completa; parte de esta energía cinética se transforma en calor, de forma que el recorrido oscilatorio de la segunda molécula va a ser menor que el de la primera. Este hecho se refleja en el movimiento ondulatorio como una pérdida de amplitud de la onda sonora; la onda se “atenúa” debido a la absorción de la energía. El parámetro físico que más influencia tiene en la absorción de una onda sonora es la propia frecuencia de la onda, siendo mayor la absorción en ondas de mayor frecuencia, y viceversa. Además de la frecuencia de la onda, la absorción depende de las características del medio por el que viaja la onda, siendo distinta para cada tipo de tejido, aunque en general se acepta que la absorción del sonido en los tejidos orgánicos se sitúa en torno a **1 dB\Mhz cm.**

Como se puede apreciar en la tabla II, la absorción de las ondas sonoras es distinta para cada tipo de tejido. Supongamos el caso de una onda de 10 MHz viajando por el cerebro; la absorción en este caso sería de 10 dB por cada cm, es decir por cada centímetro en su viaje por el cerebro, la onda sonora perderá en su amplitud 10 dB.

Tabla II. Absorción de ultrasonidos por distintos medios.

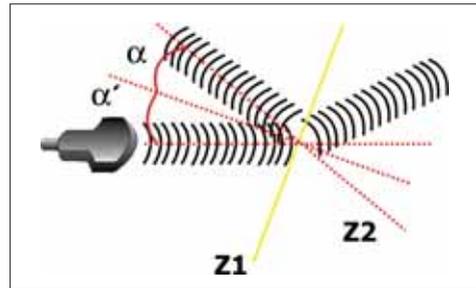
Tejido	Absorción (dB/MHz cm)
Grasa	0,5
Músculo	2
Hígado	0,7
Cerebro	1
Huesos	4-10
Agua (20°C)	0,002

Aun siendo importante el fenómeno de la absorción en ecografía (ya se verá más adelante cómo es el principal determinante de la profundidad de exploración), sin duda los efectos físicos que permiten que los ultrasonidos puedan ser utilizados como medio diagnóstico son la **reflexión** y la **refracción** (Fig. 2).

Como se ha visto anteriormente, a medida que una onda viaja por un determinado medio su amplitud disminuye y la onda se atenúa en virtud de la absorción. Pero ¿qué ocurre si una onda sonora pasa de un medio a otro de distinta densidad? Cuando esto ocurre, se produce un cambio en la impedancia a la transmisión de la onda; esta impedancia (Z) se define como el producto de la velocidad de la onda por la densidad del tejido y representa la “resistencia” al paso de la onda. Justo en el límite donde se produce este cambio de impedancia, parte de la onda va a reflejarse (fenómeno de reflexión), mientras que otra parte de la onda sigue su transmisión por el nuevo tejido donde sufrirá dos nuevos fenómenos: una parte se absorbe y otra se refracta (cambia su ángulo de dirección).

a) Reflexión

En los fenómenos de reflexión podemos observar varias situaciones completamente distintas. En primer lugar, si la longitud de onda

**Figura 2.** Reflexión y refracción.

del ultrasonido incidente es inferior a las dimensiones del objeto reflectante, podemos encontrar dos escenarios distintos:

1. La superficie del reflectante es suave y homogénea. En este escenario se produce una reflexión parcial del ultrasonido hacia el transductor junto con una refracción parcial del ultrasonido, que cambia de dirección y viaja al interior del paciente. La suma de la intensidad de ambas porciones (reflejada y refractada) es prácticamente igual a la intensidad del ultrasonido incidente. Es lo que se denomina “**reflexión especular**”. Cuando la incidencia de la onda es perpendicular al plano donde se produce el cambio de impedancia puede calcularse el **coeficiente de reflexión (R)**, este nos expresa el porcentaje de la onda que va a sufrir la reflexión y se calcula como:

$$R = \left[\frac{Z1 - Z2}{Z1 + Z2} \right]^2$$

Para aclarar algo más este punto será mejor ilustrarlo con un ejemplo. Ayudándonos de la tabla I vamos a calcular el índice de reflexión entre distintos tejidos. Supongamos que la onda sonora que emitimos pasa del tejido graso al aire; $Z2$ es la impedancia en el aire que, como se ha visto, es el producto de la velocidad por la

densidad; sería por lo tanto 33.100 (velocidad expresada en cm) por 0,0013, $Z_2=43$. Aplicando el mismo cálculo se halla la impedancia en el tejido graso Z_1 , $Z_1=142.000$. Por tanto, aplicando la fórmula para calcular el índice de reflexión, nos da que $R=0,9987$; es decir, el 99% de la onda se refleja. Es por este motivo por el que órganos con aire en su interior (intestino, pulmones) no pueden ser bien estudiados con ecografía; también éste es el motivo por el que el transductor ha de cubrirse con gel, para evitar la reflexión total de las ondas ultrasónicas, lo que nos impediría realizar el estudio ecográfico.

Sin embargo, cuando el ángulo de incidencia del ultrasonido sobre la superficie especular es distinto de 90° (no perpendicular), la onda reflejada no vuelve hacia el transductor (y, como consecuencia, no es detectada por él), sino que se refleja en un ángulo igual al ángulo incidente (Fig. 2. $\alpha=\alpha'$).

- Si, por el contrario, la superficie del objeto reflectante es rugosa y heterogénea, en lugar de sufrir una reflexión especular, el ultrasonido incidente se refleja en una gran variedad de ángulos, es lo que se denomina **reflexión difusa** (Fig. 3b). En este caso la intensidad del ultrasonido incidente es igual a la suma de todos los ecos reflejados más el ultrasonido refractado; como no todos los ultrasonidos reflejados llegan al transductor, éste detectará una pérdida de intensidad en la onda reflejada con respecto a la emitida. Como contrapartida, existe una mayor probabilidad de que alguno de los ecos reflejados llegue al transductor y pueda contribuir a la formación de la imagen.

Estos dos tipos de reflexión (especular y difusa) tienen lugar siempre que la longitud de onda del ultrasonido incidente sea inferior a las

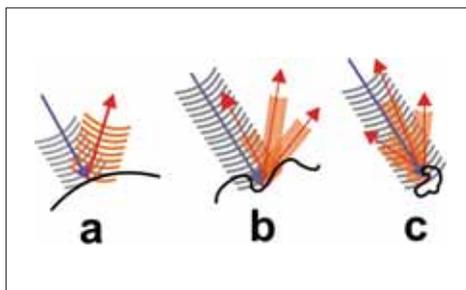


Figura 3. Distintos modelos de reflexión. a) Especular, b) Difusa, c) *Scattering*.

dimensiones del objeto reflectante. Pero ¿qué ocurre si la longitud de onda incidente es superior a las dimensiones del reflectante? En este caso se da un nuevo fenómeno, el denominado **scattering** (Fig. 3c). En esta situación los ecos resultantes van a reflejarse en multitud de ángulos distintos y, como en el caso de la reflexión difusa, la intensidad del eco detectado por el transductor va a ser inferior a la del ultrasonido emitido.

El *scattering* tiene una gran importancia en las aplicaciones de los ultrasonidos a la visualización de tejidos. La mayor parte de la señal visible en las imágenes formadas por ultrasonidos es resultante de la interacción de los distintos fenómenos de *scattering* que ocurren a medida que el pulso de ultrasonidos viaja dentro del organismo, actuando los tejidos del organismo como auténticas agrupaciones de estructuras productoras de *scattering*.

b) Refracción

Siempre que un pulso de ultrasonidos cambia de un medio a otro con distinta impedancia acústica se produce, no sólo la reflexión del ultrasonido, sino que también una parte de la onda se refracta, cambia de dirección y sigue viajando dentro del organismo hasta que se encuentra con un nuevo cambio de impedancia acústica y se repite el proceso. Este proce-

so se repite hasta que la intensidad de la onda se hace cero. La refracción de la onda en el nuevo medio sigue la **Ley de Snell**:

$$\text{sen } (qt) = (Z2/Z1) \times \text{sen } (qi)$$

Donde: **sen (qt)** es el ángulo de la onda refractada; **sen (qi)** es el ángulo de la onda incidente; y **Z2/Z1** es la relación de impedancia entre los dos medios.

¿Por qué son tan importantes los fenómenos de la reflexión y refracción? La ecografía se basa en el estudio de las ondas reflejadas ("ecos"). En la ecografía nosotros emitimos pulsos de ultrasonidos dirigidos al interior del cuerpo humano; en su camino estos ultrasonidos pasan por distintos medios con distintas impedancias (piel, grasa, hígado, vasos sanguíneos, etc.) y en cada cambio de medio se produce un cambio de impedancia que da lugar a ecos. Sin embargo, estos ecos no tienen las mismas características que la onda original, al reflejarse cambian su amplitud, frecuencia y velocidad. En el estudio de estos cambios con respecto a la onda inicial se basa la ecografía.

FORMACIÓN DEL HAZ DE PULSOS

Las secuencias de pulsos utilizadas en ecografía son producidas por dispositivos denominados transductores. Un transductor es cualquier dispositivo capaz de convertir una forma de energía en otra de otro tipo. Una bombilla, por ejemplo, es un tipo de transductor comúnmente empleado, es capaz de transformar energía eléctrica en energía luminosa y calor. En el caso de los ultrasonidos, los transductores están compuestos por una matriz de cristales piezoeléctricos; estos cristales cuentan con la capacidad de transformar energía eléctrica en mecánica (ultrasonidos = ondas de presión), y viceversa. En su

composición, los más frecuentemente empleados son los cristales de titanato de circonita encajados en una matriz epóxica o de un material similar.

Cuando una onda eléctrica llega a un cristal piezoeléctrico, induce un movimiento de vibración en éste, siendo capaz de generar una onda de presión (ultrasonido). Si esta onda eléctrica se emite en forma de pulsos, se generarán pulsos de ultrasonidos. Cada uno de los cristales piezoeléctricos así estimulados emitirá un pulso de iguales características en amplitud, dirección y frecuencia. El pulso resultante final que se transmite al interior del cuerpo del paciente es el resultante del patrón de interferencia de los distintos pulsos aislados de la matriz piezoeléctrica. Para comprender este concepto es mejor verlo con un ejemplo más cotidiano:

Imagine una piedra cayendo en un estanque; al chocar con el agua se forma un tren de ondas concéntricas que se propagarán a lo largo de todo el estanque; estas ondas están formadas por una sucesión de crestas y valles. Imagine ahora que lanza dos piedras simultáneamente a puntos separados del estanque; cada una de las piedras va a producir un tren de ondas con sus picos y valles; ¿qué ocurre cuando ambas ondas se encuentran? Cuando dos ondas iguales interfieren, forman una resultante que es la suma de las dos (patrón de interferencia). La suma puede variar entre los siguientes valores:

- Si las ondas que interfieren están en fase (picos y valles sincronizados), la onda resultante tendrá la misma dirección, la misma frecuencia y su amplitud será el doble.
- Si su desfase es de 180° (los picos coinciden con los valles y los valles con los picos), se anulan.
- Si su desfase se encuentra entre los dos valores anteriores, la onda resultante ten-

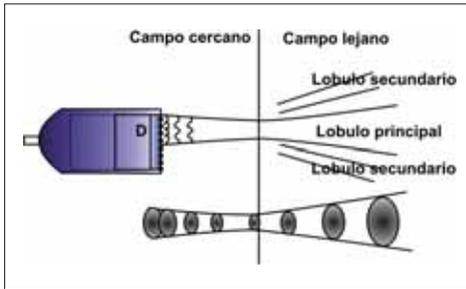


Figura 4. Distribución espacial del haz de ultrasonidos.

drá la suma/resta de las amplitudes en cada instante de las dos ondas que interfieren.

El pulso resultante de la activación de varios cristales piezoeléctricos será, pues, la suma de los distintos pulsos generados por cada cristal individualmente de la forma explicada en el ejemplo. El pulso resultante tendrá la misma frecuencia que el pulso emitido, la misma dirección de propagación, pero distinta amplitud dependiendo de la suma de los pulsos individuales. Ésta es la base física de lo que constituye el **principio de Huygens**, según el cual cada una de los cristales piezoeléctricos genera una onda esférica, la sumación y anulación de las ondas generadas da lugar al haz de ultrasonidos que sigue una distribución espacial típica (Fig. 4).

Cada haz de ultrasonidos generado se compone de varias zonas diferenciadas:

- Una zona lejana o zona de Fraunhofer. Es una zona expansiva compuesta, a su vez, por un lóbulo principal central y lóbulos laterales; estos últimos son un efecto indeseado de la expansión radial y contracción de los elementos piezoeléctricos y dan lugar a artefactos en la imagen. El ángulo de dispersión de la zona lejana es directamente proporcional a la relación entre la longitud de onda del pulso generado y las dimensiones del transductor (diámetro) en la for-



Figura 5a. Transductor mecánico.

ma λ/D , de forma que transductores más pequeños o longitudes de onda grandes producirán una gran dispersión en esta zona, y viceversa.

- Una zona cercana o zona de Fresnel. Es una zona cilíndrica donde encontramos grandes variaciones de amplitud. La longitud de esta onda también está en relación con la longitud de onda del pulso generado y el diámetro del transductor en la forma $(D^2 - \lambda^2)/\lambda^4$.

Las implicaciones en la práctica clínica de los conceptos anteriormente expuestos son importantes, puesto que son responsables de gran parte de los artefactos que se pueden observar en la práctica clínica y de la resolución final de la imagen obtenida (véase más adelante).

Para la formación de una imagen ecográfica son necesarios múltiples haces de ultrasonidos, dichos haces se sitúan coplanarmente unos juntos a otros, dando como resultado la exploración de un sector bidimensional. Dependiendo de la forma en que los transductores realizan esta operación, tenemos distintos tipos de transductores:

- Transductores mecánicos con escaneo sectorial (Fig. 5a). En estos transductores el conjunto de cristales piezoeléctricos que forman el haz de ultrasonidos es rotado a

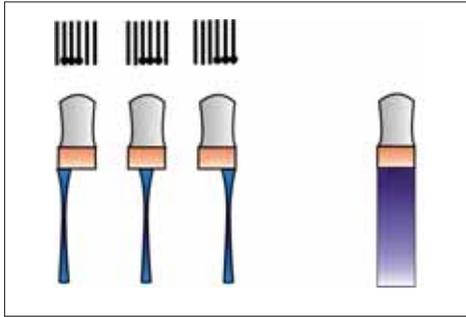


Figura 5b. Transductor electrónico "Linear Array".

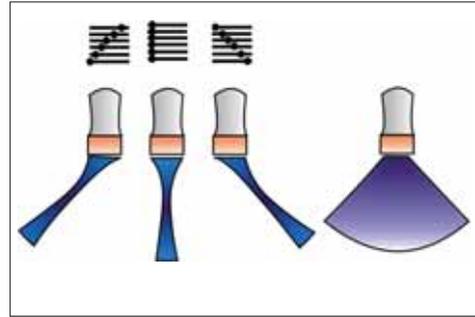


Figura 5c. Transductor electrónico vectorial "Phased Array".

lo largo de un arco, dando lugar posteriormente a una imagen sectorial de la zona explorada. El proceso se completa en aproximadamente una décima de segundo.

- Transductores con escaneo electrónico. Representan un avance tecnológico frente a los anteriores, no sólo permiten una mayor rapidez en completar el escaneo completo del sector, sino que aportan ventajas como la posibilidad de enfocar el haz de ultrasonidos y generar imágenes compuestas (ver más adelante). Pueden ser de dos tipos:
 - . Transductores de matriz lineal (Fig. 5b). En ellos, los cristales piezoeléctricos se estimulan en subgrupos de una forma secuencial y todos los cristales del mismo subgrupo se estimulan al mismo tiempo. Constan de 256 a 512 elementos piezoeléctricos.
 - . Transductores vectoriales ("phased array") (Fig. 5c). En estos transductores los subgrupos de cristales piezoeléctricos no se estimulan al mismo tiempo, sino que existe un retardo entre un cristal y otro del mismo subgrupo que hace que el haz de ultrasonidos adopte una angulación con respecto al eje axial del transductor. Están compuestos generalmente por 64, 128 ó 256 elementos piezoeléctricos.

FORMACIÓN DE LA IMAGEN

Como se ha visto, la ecografía utiliza los ultrasonidos, y concretamente sus ecos, para el estudio de los tejidos del organismo. Un ultrasonido es sólo un tipo especial de onda sonora. Su principal característica es que posee una alta frecuencia, tan alta que no es audible para el ser humano. El límite superior de audición del ser humano se sitúa en torno a los 20.000 Hz (20 KHz), mientras que los ultrasonidos se caracterizan por presentar frecuencias miles de veces superiores a éstas. En el caso de la ecografía, las frecuencias empleadas varían entre 2,5 y 10 MHz, pero ¿por qué son necesarias estas frecuencias tan altas?. La respuesta a esta pregunta está en la **resolución de la imagen**. La resolución de una imagen se define como la capacidad para discriminar dos puntos muy próximos como independientes.

Al ser tridimensional el haz de pulsos emitido, se pueden describir resoluciones en los tres planos ortogonales (Fig. 6):

- Resolución axial. Es la capacidad de distinguir dos objetos como independientes en el eje axial, está determinado por la **longitud espacial del pulso (SPL)**. Ésta, a su vez, puede expresarse como la longitud de onda (λ) de cada uno de los ciclos del pulso multiplicada por el número de ciclos de

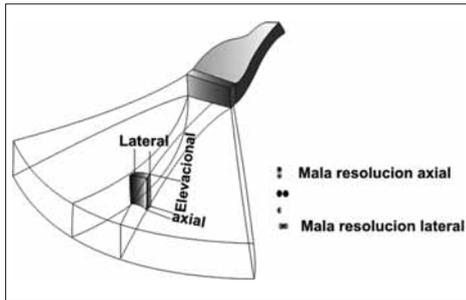


Figura 6. Resolución del haz de ultrasonidos.

que se compone cada pulso. A mayor SPL, menor resolución axial, y viceversa. Dos objetos separados por una distancia D se percibirán como separados si $D > SPL/2$ (Fig. 7a). Las frecuencias altas mejoran la resolución axial y ésta permanece constante a lo largo del eje axial de todo el haz de ultrasonidos. Resoluciones axiales típicas se sitúan en el rango de 0,5 mm.

- Resolución lateral. Es la capacidad para distinguir dos objetos como independientes en el plano perpendicular al eje axial del haz de ultrasonidos. La resolución axial es mayor en la zona más estrecha del haz de ultrasonidos. Con los equipos actuales es posible enfocar el haz de ultrasonidos dentro de la zona de Fresnel. Esto se consigue con lentes acústicas (curvatura de la superficie en la que están dispuestos los crist-

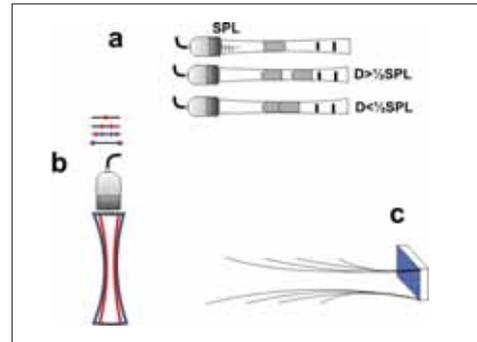


Figura 7. a) Resolución axial. b) Resolución lateral. c) Resolución elevacional.

les piezoeléctricos) o de forma electrónica, introduciendo un retardo temporal en la estimulación de los distintos cristales piezoeléctricos de cada subgrupo estimulado (Fig. 7b). Al contrario que en la resolución axial, la resolución lateral varía con la profundidad de exploración (a medida que varía la divergencia del haz de ultrasonidos). Resoluciones laterales típicas en transductores no enfocados se sitúan en torno a 2-5 mm.

- Resolución elevacional (Fig. 7c). Es la capacidad para distinguir dos objetos como independientes en el plano elevacional. Depende fundamentalmente del diseño del transductor (altura). El uso de transductores con curvatura fija en el plano elevacional mejora este tipo de resolución; sin

Tabla III. Resolución y penetración de ultrasonidos con distintas longitudes de onda

Frecuencia del ultrasonido (MHz)	Longitud de onda (mm)	Profundidad de penetración (cm)	Resolución lateral (mm)	Resolución axial
2	0,78	25	3	0,8
3,5	0,44	14	1,7	0,5
5	0,31	10	1,2	0,35
7,5	0,21	6,7	0,8	0,25
10	0,16	5	0,6	0,2
15	0,1	3,3	0,4	0,15

embargo, se producen artefactos llamados "efecto del volumen parcial" antes y después de la zona focal.

Por lo tanto, los principales determinantes de la resolución del haz de ultrasonidos son la frecuencia y la distancia focal. Sin embargo, existe un problema: cuanto mayor es la frecuencia del ultrasonido (y por tanto menor longitud de onda), menor es la capacidad de penetración en los tejidos. Esto se debe, como ya hemos visto, al fenómeno de absorción: cuanto mayor es la frecuencia del ultrasonido mayor es la absorción. De modo que si tomamos como valor medio una absorción de 1 dB/MHz cm, para ultrasonidos de 2 MHz la absorción sería de 2 dB por cada cm; si tenemos en cuenta que la amplitud de las ondas empleadas en ecografía se sitúa en torno a los 100 dB, la máxima distancia que puede viajar nuestro haz de ultrasonidos dentro de un determinado tejido es de 50 cm. Ahora bien, el que un ultrasonido pueda viajar 50 cm dentro de un tejido no quiere decir que podamos estudiar con ultrasonidos estructuras situadas a 50 cm. Para estudiar una estructura con ultrasonidos lo que se utiliza es el reflejo de las ondas emitidas (los ecos), por lo que la profundidad máxima a la que podremos estudiar una estructura con la ecografía será la mitad, en el caso anterior 25 cm.

En el caso de la ecografía, las frecuencias más comúnmente empleadas se sitúan entre 2 y 10 MHz, lo que nos permitiría estudiar estructuras que se sitúen hasta 2-25 cm de profundidad en el cuerpo del paciente.

Avancemos un poco más en la formación de la imagen. En la ecografía nosotros emitimos ultrasonidos en forma de pulsos con unas características que conocemos (frecuencia, amplitud y longitud de onda), y analizamos las ondas reflejadas (ecos) que se producen al cambiar de medio la onda que emitimos; pien-

se que en el caso de la ecografía las ondas emitidas atraviesan distintos medios: piel, tejido subcutáneo, pared costal pericardio, miocardio, vasos, etc. Cada uno de estos cambios da lugar a un eco, y el análisis de estos ecos es el que nos va a permitir construir nuestra imagen ecográfica, pero vayamos por partes...

En párrafos anteriores se ha insinuado que la velocidad de propagación del sonido en un medio es constante y que en el caso de los tejidos se sitúa en torno a 1.540 m/seg. Imaginemos que al enviar nuestra onda ultrasónica ponemos en marcha un cronómetro y que vamos tomando tiempos a medida que nos llegan los ecos generados cuando la onda emitida pasa por medios de distinta impedancia, un tiempo para cada eco, obteniendo una serie con los siguientes tiempos 0,00012 seg para el primer eco, 0,00019 seg para el segundo y 0,00020 seg para el tercero. Sabemos de física básica que velocidad = espacio/tiempo, por lo que despejando el espacio tendremos que espacio = velocidad x tiempo. Sabemos la velocidad (1.540 metros/seg), sabemos el tiempo (0,00012 seg, 0,00019 seg y 0,00020 seg), por lo tanto podemos calcular la distancia a la que se encuentran las estructuras que han reflejado nuestra onda, aplicando los datos que hemos obtenido a la fórmula obtendremos 0,2 metros, 0,3 metros y 0,4 metros. Fíjese, sin embargo, que ésta no es la distancia a la que se encuentra del emisor el objeto que refleja la onda. Al medir el tiempo pusimos en marcha el cronómetro al emitir la onda, parándolo por cada eco recibido, por lo tanto el tiempo que hemos medido es el que la onda ha tardado en llegar al objeto más el que ha tardado en regresar, es decir la profundidad a la que están los objetos que han reflejado nuestra onda es la mitad de la que hemos calculado, en este caso 0,1 metros, 0,15 metros y 0,2 metros (Fig. 8).

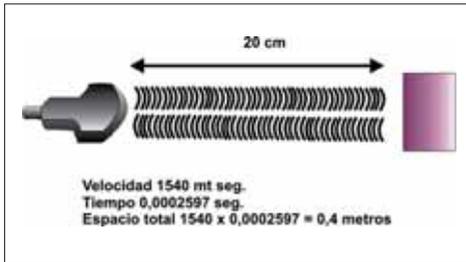


Figura 8. El tiempo que medimos desde que emitimos la onda hasta que recibimos una onda reflejada es el tiempo que tarda la onda en ir hasta el objeto que la refleja y volver, por lo tanto, la distancia que se recorre en ese tiempo es el doble de la distancia a la que se encuentra el objeto que refleja nuestra onda.

Además de la distancia a la que se encuentran las estructuras que reflejan nuestra onda, podemos saber más de estas estructuras analizando las características de los ecos que producen. En efecto, la onda reflejada no es exactamente igual a la onda emitida, sino que se producen cambios en su frecuencia y amplitud, los cambios en la frecuencia están relacionados con la dirección y velocidad del objeto que refleja la onda y los cambios en la amplitud con las características ecoacústicas de dicho objeto, los objetos o estructuras más ecodensos darán ondas reflejadas de mayor amplitud que los menos ecodensos.

Con estos datos vamos a construir nuestro primer análisis ecográfico. Para ello representaremos en una línea vertical la distancia de la onda reflejada al receptor, y en esta línea representaremos la amplitud de la onda reflejada, de forma que nos quedará un gráfico como el de la figura 9. Éste es el modo más sencillo de ecografía, lo que hemos hecho es tomar una instantánea en un lugar determinado del cuerpo humano, en este caso el corazón (el lugar por el que atraviesa la onda ultra-

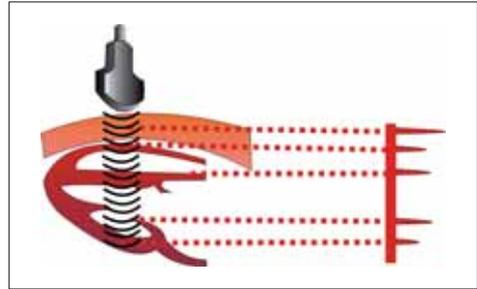


Figura 9. En el modo A representamos la amplitud de cada onda reflejada a la profundidad determinada por la mitad del tiempo que tarda en recibirse la onda reflejada desde que se emitió.

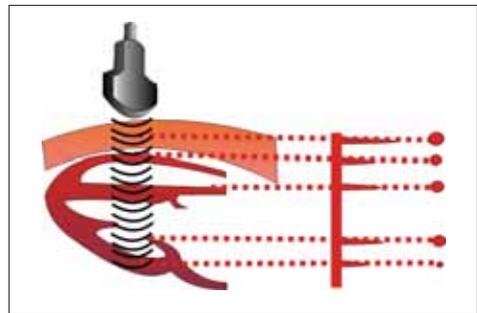


Figura 10. Al sustituir la amplitud por el brillo obtenemos el modo B, al prolongar la exploración a lo largo del tiempo obtenemos resolución temporal, es el modo M.

sónica que hemos emitido). Como representamos las amplitudes de las ondas reflejadas, este modo de exploración se denomina **modo A** ("Amplitude").

Sin embargo, este modo no parece muy práctico. El siguiente paso es representar cada onda reflejada no como una amplitud a lo largo de la línea, sino como un punto con una intensidad de brillo proporcional a la amplitud, como en la figura 10. Esto es lo que se conoce como ecografía **modo B** ("Brightness"); el modo B es la base de la representación de la ecografía en modo M y ecografía 2D.

Tanto el modo A como el modo B nos dan todavía poca información, ambos nos reflejan lo que ocurre en un lugar de un tejido (en este caso, el corazón) en un instante en el tiempo, a lo sumo podríamos conocer con estos modos las características ecodensas de las distintas estructuras cardiacas y calcular dimensiones de cavidades, septo, pared ventricular, etc. Sin embargo, lo que tenemos en ambos casos es una imagen estática, una instantánea de un lugar del corazón.

Imaginemos ahora que en lugar de una onda emitimos 100 ondas ultrasónicas por segundo durante 10 segundos, que por cada una de las ondas emitidas analizamos y representamos las ondas reflejadas en una línea vertical en modo B, y que cada línea resultante (100 líneas en un segundo) la vamos colocando una junto a otra. Lo que obtenemos al final es un registro de lo que pasa en una misma zona de la zona explorada, en este caso el corazón (emitimos nuestras ondas ultrasónicas siempre al mismo sitio) a lo largo del tiempo (en este caso 10 segundos); éste es el denominado modo M o modo TM ("Time Motion"), figura 11.

El ejercicio inverso consiste en representar en el mismo instante de tiempo localizaciones contiguas. Para ello, en lugar de dirigir el haz de ultrasonidos a la misma localización, el transductor enviará haces de ultrasonidos a localizaciones contiguas y analizará los ecos reflejados de cada línea de exploración (cada línea B). Al juntar las distintas líneas de exploración en un registro (pantalla o papel) se formará la imagen bidimensional de la zona explorada.

Antes de que los ecos detectados lleguen a representar la imagen en pantalla sufren varias modificaciones en pasos sucesivos. El primero de estos pasos es la **compensación de ganancia**, también llamada "Time-Gain-Compensation (TGC)", "Swept Gain" o "Depth-Gain-Compensation" (DGC). Al llegar los ecos al

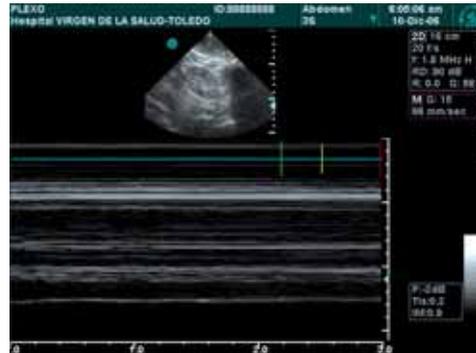


Figura 11. En el modo M observamos los cambios a lo largo del tiempo que ocurren en una zona determinada del corazón.

transductor, son amplificados inmediatamente. Después se amplifica de nuevo la señal recibida en función de la profundidad de procedencia de dicha señal, amplificando más las señales de procedencia profunda (son las que más amplitud han perdido en su viaje de vuelta al transductor), el objetivo es tener una imagen uniforme en brillo.

El siguiente de los pasos es la denominada **compresión de rango dinámico**. El rango dinámico es la proporción existente entre la señal de mayor intensidad y la de menor intensidad registradas. Tras la compensación de ganancia pueden encontrarse rangos de en torno a los 50-60 dB, esto constituye un rango demasiado amplio para ser representado por lo que se aplica una escala de transformación logarítmica que amplía las señales de menor intensidad y disminuye las de mayor intensidad, reduciendo así el rango.

El siguiente de los pasos es la **demodulación de la señal**, el objetivo de este proceso es el rechazo de señales muy poco intensas que podrían representar ruido.

Otros procesos que se pueden llevar a cabo antes de la representación son la optimización del contraste, el aumento de la definición, etc.

Como se ha visto en el modo M, lo que obtenemos es resolución temporal. En nuestro ejemplo vemos lo que ocurre en una línea de exploración del corazón durante 10 segundos, mientras que en el modo 2D obtenemos resolución espacial, es como si obtuviésemos una fotografía de ese área explorada. ¿Hay alguna forma de tener resolución espacial y temporal al mismo tiempo?

Imagine que la exploración anterior (varias líneas B contiguas) que formaba una “fotografía” estática de la zona explorada, es sustituida continuamente por nuevas “fotografías”. Si la sustitución es lo suficientemente rápida, dará la sensación de movimiento, de esta forma podremos localizar por su pulsatilidad estructuras vasculares, identificar la pleura por sus movimientos, etc. A la velocidad de sustitución de estas “fotografías” es a lo que en los sistemas ecográficos se denomina “**framerate**”. Típicamente el *framerate* se sitúa en torno a 15-40 imágenes/segundo. Para el mismo sector de exploración pueden conseguirse *frame rates* más altos, disminuyendo la densidad de líneas (nº de líneas de exploración por ángulo de exploración), o disminuyendo la profundidad de exploración.

INNOVACIONES EN ECOGRAFÍA 2D

Formación de la imagen a partir de armónicos tisulares

A lo largo de este capítulo se ha visto cómo en la formación de imágenes por ultrasonidos el transductor emite pulsos de ondas con una determinada frecuencia; estas ondas al llegar a zonas donde existe un cambio de impedancia sufren los fenómenos de reflexión, refracción y absorción; el eco generado de esta forma vuelve hacia el transductor y en su camino de vuelta sufre de nuevo los mismos procesos anteriormente descritos. El resultado neto es que cuando la onda reflejada ha llega-

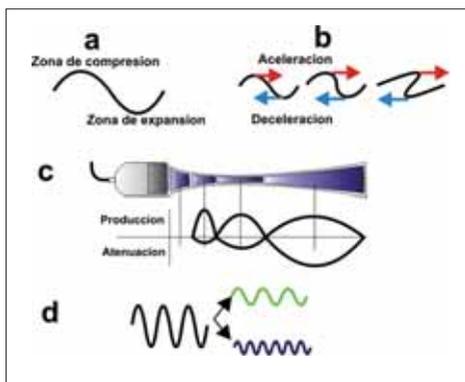


Figura 12. a) Cada onda del pulso genera zonas de compresión y expansión. b) La onda sufre fenómenos de aceleración en las zonas de compresión y deceleración en las de expansión, cambiando su frecuencia. c) En el balance neto producción/absorción de armónicos en las zonas medias del haz de ultrasonidos es donde se encuentran la mayor parte de armónicos. d) La onda que llega al transductor se descompone en onda principal + 2º armónico.

do al transductor, ha perdido gran parte de su amplitud y se ha dispersado debido a la refracción en múltiples direcciones, generando en cada una de estas dispersiones nuevas ondas reflejadas y refractadas, dando lugar a lo que se denomina “clutter” o imagen “sucia” con pérdida de contraste. Imagine ahora que los pulsos de ultrasonidos se originasen en el propio organismo y que con el transductor fuésemos capaces de detectarlos; todas estas modificaciones solo ocurrirían en el camino de vuelta al transductor, mejorando la imagen al reducirse el clutter. Esto es lo que intenta la formación de imágenes con el 2º armónico tisular.

Cuando el pulso de ultrasonidos viaja dentro de los tejidos del paciente, induce cambios dentro de dichos tejidos; al ser una onda de presión, el ultrasonido induce compresiones y expansiones en el tejido a medida que incide sobre él (Fig. 12a). Estas modificacio-

nes en los tejidos influyen a su vez en la propia onda de ultrasonidos, de forma que cuando el tejido sufre una compresión la onda acelera su velocidad (viaja por un medio más denso) y cuando se expande, se decelera (medio menos denso). El resultado final es que la onda original con forma sinusoidal ha sido modificada en otra con bordes más agudos (Fig. 12b), cuya frecuencia es en realidad la suma de distintas frecuencias. Esta onda distorsionada contiene componentes de frecuencia que son múltiplos enteros de la frecuencia original (la frecuencia emitida por el transductor); a estos múltiplos de frecuencia es a lo que se conoce como frecuencias armónicas.

Como se ha visto, las frecuencias armónicas generadas son múltiplos enteros de la frecuencia original; sin embargo, la amplitud de estas ondas decrece exponencialmente con el número de armónico. De esta forma, sólo es útil para la formación de la imagen el segundo armónico, ya que el tercero y sucesivos, al tener una amplitud muy baja, desaparecen rápidamente en su viaje al transductor debido al fenómeno de absorción. Esta es también la razón de que los armónicos detectados se correspondan fundamentalmente con las zonas medias del haz de ultrasonidos (Fig. 12c); en el haz las zonas más próximas aún no son capaces de generar armónicos; en las zonas medias se producen la mayor parte de los armónicos que formarán la imagen, mientras que en las zonas lejanas la producción permanece constante, pero debido a la absorción no llegan al transductor.

Una vez la onda llega al transductor es descompuesta como una suma de dos ondas, una con la frecuencia de emisión del ultrasonido y la otra con el doble de frecuencia (2º armónico), representándose esta última (Fig. 2d).

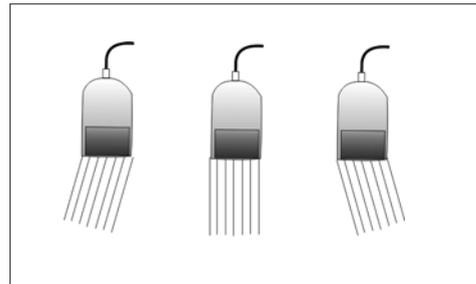


Figura 13. "Spatial Compound Imaging"

Formación de la imagen a partir de la composición espacial

En este tipo de formación de imagen 2D, la imagen final es el resultado del procesamiento informático de distintas imágenes tomadas de la misma región anatómica con diferentes angulaciones (Fig. 13), esto se realiza mediante la angulación electrónica de los haces de ultrasonidos. Como contrapartida, al requerir tiempo para el procesamiento informático de imágenes el *framerate* se ve reducido.

Este modo de representar imágenes tiene grandes ventajas con respecto al modo clásico: las imágenes así obtenidas muestran menos granulado (*speckle*), ruido y sombras, se mejora el contraste y la definición de bordes; el resultado es una imagen más "limpia".

Formación de la imagen a partir de la excitación del pulso codificada

El principal inconveniente de la formación de imágenes por ultrasonidos lo constituye el hecho de que para obtener una buena resolución sea necesario una alta frecuencia en los pulsos emitidos, pero que simultáneamente no sea posible una gran profundidad de exploración debido a la gran atenuación que sufren estas altas frecuencias. La formación de la imagen por excitación de pulso intenta paliar este problema.

En la formación de imágenes por utilización de pulsos codificados, los pulsos empleados son pulsos de alta frecuencia pero de mayor longitud (SPL alto) que los empleados en el método clásico; esto implicaría una disminución en la resolución axial. Para evitar este fenómeno se codifican las ondas en cada pulso, generándose ondas con perfiles distintos al sinusoidal. Los ecos generados a partir de estas ondas mantienen la misma forma que la onda original y una vez llegados al transductor sufren un proceso denominado “**compresión del pulso**”, mediante el cual es posible determinar con precisión la profundidad del objeto que ha generado el eco, formando de esta forma la imagen.

ARTEFACTOS

A pesar de los avances tecnológicos en los equipos de ultrasonidos, los artefactos siguen siendo un reto para el ecografista. Los artefactos se definen como ecos que aparecen en la imagen pero que no se corresponden, bien en localización, bien en intensidad, con las estructuras exploradas del paciente. Algunos de los artefactos que se estudiarán ayudan a la interpretación de la imagen; sin embargo, en la mayor parte de los casos pueden dar lugar a interpretaciones erróneas de la imagen.

Cuando el ecógrafo construye una imagen basándose en los ultrasonidos recibidos lo hace basándose en una serie de presunciones:

Un pulso de ultrasonidos viaja a través del cuerpo en una línea recta y el eco reflejado por cada una de las estructuras que atraviesa vuelve al transductor en la misma dirección pero contrario sentido.

El tiempo total empleado por el pulso desde que sale del transductor hasta que regresa se usa como base para calcular la profundidad de la estructura que ha reflejado el pulso según la siguiente ecuación: Distancia = Velocidad x

Tiempo, por lo tanto, profundidad = distancia/2. Además se asume que la velocidad del pulso en los tejidos es constante y de 1.540 m/seg.

Todos los ecos que llegan al transductor se suponen que proceden del centro del haz de ultrasonidos.

La intensidad del eco representado depende de las propiedades acústicas del tejido que lo ha reflejado y de su tamaño, modificado solamente por el proceso de “compensación de ganancia por el tiempo (TGC)”.

Si hay alguna desviación de estas presunciones, el ecógrafo no tiene modo de “saberlo” y por lo tanto representará una imagen que no se corresponde en posición o intensidad con la estructura que la ha provocado.

De acuerdo con la clasificación de Kremkau et al, los artefactos más comúnmente generados por ultrasonidos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Artefactos de resolución:
 - Resolución axial.
 - Resolución lateral.
- Artefactos de atenuación:
 - Sombra acústica:
 - . Sombra por refracción (sombra por límite).
 - Realce acústico.
- Artefactos de propagación:
 - Reverberación:
 - . Cola de cometa (*comet tail*).
 - Refracción:
 - . Imagen en espejo.

Artefactos de resolución

Resolución axial

La resolución axial se refiere a la mínima distancia a la que dos objetos, situados en el plano axial, han de encontrarse para ser identificados como independientes.

Los actuales equipos de ultrasonidos trabajan en el rango de resoluciones axiales de 0,5-

2 mm, esto indica que si dos objetos se sitúan en el plano axial a una distancia inferior a ésta, van a ser representados en la pantalla como un objeto único. De la misma forma, un objeto con dimensiones inferiores a esta resolución mínima será representado con un tamaño igual a dicha resolución, produciéndose un error en la interpretación del tamaño del objeto.

La resolución axial depende fundamentalmente de la longitud del pulso emitido, dicha longitud disminuye con frecuencias de repetición de pulso altas y por lo tanto mejora la resolución axial. Para distinguir dos objetos como independientes en el plano axial es necesario que la distancia que los separa a ambos sea como mínimo la mitad de la longitud del pulso

Resolución lateral

La resolución lateral se define como la capacidad para identificar dos objetos adyacentes como independientes cuando están situados perpendicularmente al haz de pulsos. Depende fundamentalmente de la anchura del haz de ultrasonidos, siendo mayor la resolución a menor anchura del haz. Puede mejorarse la resolución lateral con haces de ultrasonidos focalizados, esto se consigue con lentes acústicas o variando el tiempo de estimulación de los cristales piezoeléctricos del transductor en aquellos con capacidad para enfoque electrónico.

De manera análoga a la resolución axial, si la resolución lateral es pobre, dos objetos adyacentes se presentarán en la imagen como uno solo, produciendo un error de interpretación.

Artefactos de atenuación

Sombra acústica

Se produce cuando el haz de ultrasonidos se encuentra una superficie altamente reflectante, tanto que prácticamente todo el haz de ultrasonidos es reflejado hacia el transductor. En esta situación, se produce una zona libre

de ecos distal a dicha superficie; esta zona se aprecia en la pantalla como un área negra distal a una superficie de alta ecodensidad (muy brillante). A este fenómeno se le denomina sombra acústica y es típicamente producido por superficies altamente reflectantes, como el hueso, aire, objetos extraños, tales como clips o prótesis y superficies calcificadas.

En la práctica clínica puede ser interesante distinguir el origen de este artefacto, o diferenciar cuándo es producido por aire o cuándo por superficies óseas. En el primer caso, prácticamente el 99% de los ultrasonidos son reflejados; sin embargo, a este efecto se le añade el de la reverberación producida por el aire, de forma que la sombra acústica aparece con un aspecto "sucio". Por el contrario, en el caso de superficies óseas sólo se refleja un 30% de los ultrasonidos, pero el resto sufre una rápida atenuación; es por esto por lo que en este caso la sombra acústica aparece como un área totalmente negra.

No sólo el fenómeno de reflexión puede causar una sombra acústica. Si se producen fenómenos de refracción en el borde de una superficie oblicua y los haces refractados lo hacen a un ángulo tal que no penetren a través de dicha superficie, se produce también una sombra acústica.

Por último, es posible encontrar superficies altamente reflectantes que no provocan sombra acústica. Esto ocurre cuando el objeto reflectante tiene unas dimensiones inferiores al haz de ultrasonidos; en este caso y debido a la expansión distal al punto focal del haz, pueden encontrarse ecos bajo dichas superficies.

Realce acústico

A medida que un haz de ultrasonidos atraviesa distintos tejidos sufre el proceso de atenuación. Como se ha visto anteriormente, esta atenuación depende fundamentalmente de la

frecuencia y de las características del tejido. En ocasiones el haz de ultrasonidos atraviesa en su recorrido estructuras con baja o prácticamente nula atenuación, en el límite situado entre esta estructura de baja atenuación y otra bajo ella con mayor atenuación se produce una banda que en la imagen aparece más brillante y que se conoce como realce acústico.

La explicación a este fenómeno viene dada por la compensación en ganancia que el ecógrafo aplica a los ecos recibidos, dependiendo del tiempo transcurrido desde que éstos se emitieron, el ecógrafo aplica esta compensación de ganancia por igual a todos los ecos procedentes de una misma profundidad. Por lo tanto, al existir ecos que han sufrido una menor atenuación, al ser procesados por el ecógrafo se está produciendo una sobreganancia y se muestran en pantalla como más brillantes.

Este fenómeno aparece típicamente cuando el ultrasonido atraviesa quistes llenos de fluido o incluso estructuras vasculares, produciéndose el realce en la superficie situada inmediatamente distal a la colección de fluido.

Artefactos de reverberación

Los artefactos de reverberación comprenden un grupo de artefactos que comparten un mismo principio, la reflexión múltiple. Cuando el haz de ultrasonidos en el viaje por el interior de los tejidos se encuentra con una superficie que provoca un gran cambio de impedancia acústica, la onda reflejada por esta superficie contiene una elevada energía, tanta que dicha onda no sólo es captada por el transductor sino que es de nuevo reflejada por éste al interior del tejido, sufriendo así múltiples reflexiones entre el transductor y la superficie que la refleja en el organismo. Este ciclo ocurre hasta que se agota la energía de la onda. Como

el ecógrafo representa las imágenes en función del tiempo transcurrido en el viaje de los ultrasonidos a través de los tejidos la reflexión inicial estará situada en la imagen a una profundidad correcta. Sin embargo, las reflexiones siguientes lo harán a distancias que son múltiplos enteros de la reflexión inicial (reverberaciones).

Artefacto de cola de cometa

El artefacto de cola de cometa es un tipo de reverberación en la cual la reflexión múltiple se produce dentro de los tejidos por dos superficies altamente reflectantes y muy próximas. El caso típico es el de una aguja introducida en el tejido, las superficies de la aguja crean reverberaciones muy próximas que se prolongan hacia la zona inferior de la imagen, originándose en la propia aguja.

Artefacto de espejo

El artefacto de espejo ocurre cuando el haz de ultrasonidos se encuentra con una superficie altamente refractante, esto hace que una porción del ultrasonido desvíe su dirección, mientras que otra parte sigue su curso en línea recta. La parte del haz de ultrasonidos no refractada formará imágenes reales; sin embargo, la parte refractada, al incidir con distinto ángulo, dará lugar a ecos que se transmiten al transductor en un ángulo distinto, dando lugar así a una imagen virtual en distinta localización de la real.

BIBLIOGRAFÍA

- Szabo TL. Diagnostic Ultrasound Imaging inside out. Elsevier Academic Press; 2004.
- Hangiandreou NJ. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in US B-mode US: Basic Concepts and New Technology. RadioGraphics 2003; 23: 1019-1033.

Bloqueos nerviosos con control ecográfico. Consideraciones prácticas

Gabino Mozo Herrera, Antonio Orgaz Pérez Grueso, Manuel Doblaz Domínguez

EQUIPO DE ULTRASONIDOS. CONFIGURACIÓN

En 1978, Grange et al describen por primera vez el uso de los ultrasonidos para facilitar el bloqueo del plexo supraclavicular. Para ello se ayudaron de la localización Doppler de la arteria subclavia. Sin embargo, hay que esperar hasta 1994 para encontrar el primer estudio sobre anestesia regional utilizando visualización directa con ecografía 2D. En esta publicación Kapral et al se ayudan de la ecografía para la realización de un bloqueo supraclavicular.

El desarrollo tecnológico, con la aparición de equipos con mayor resolución de imagen y sobre todo más portátiles, ha hecho que la realización de la anestesia regional bajo control ecográfico haya experimentado un gran auge en estos últimos años. La realización de estas técnicas requiere del anestesiólogo no sólo un conocimiento anatómico profundo, sino que también le obliga a una comprensión tanto de los principios físicos que rigen la formación de imágenes con ultrasonidos, como de la configuración y mantenimiento del material empleado para obtener los mejores resultados.

Sonda

La principal característica que debe cumplir un equipo de ultrasonidos para poder utili-

zarlo en bloqueos regionales está en el rango de frecuencias que puede emplear la sonda. Como ya se ha visto, existe un compromiso entre resolución y capacidad de penetración. Para lograr la visualización de estructuras tan pequeñas como los troncos nerviosos es necesario emplear frecuencias de exploración altas. Sin embargo, estas frecuencias son las que sufren una mayor atenuación, y por lo tanto menor penetración. En general suele ser suficiente con sondas que trabajen en rangos de frecuencias de 5-10 Mhz o 8-14 MHz, utilizando las frecuencias altas para el miembro superior donde prima una mayor resolución y frecuencias bajas en miembro inferior donde lo que prima es la profundidad.

En cuanto al tipo de sonda, las más utilizadas son las sondas con configuración de los cristales en *Linear array*. En estas sondas la formación del pulso de ultrasonidos se realiza activando todos los cristales al mismo tiempo, dando lugar a un barrido lineal de la región a explorar. Las sondas *Phased array*, por el contrario, forman el pulso de ultrasonidos con el “disparo” en una secuencia temporal determinada de sus cristales. La principal ventaja de este sistema es la capacidad para definir zonas focales donde aumenta la resolución lateral, y su inconveniente es que el barrido que pro-



Figura 1. Equipo portátil de ultrasonidos.



Figura 2. Ajustes de ganancia global, campo cercano, lejano y profundidad de exploración.

vocan es sectorial, dando lugar a una imagen más difícil de interpretar.

Parámetros ajustables del equipo de ultrasonidos

- a) **Profundidad de la imagen.** Generalmente, los sistemas portátiles utilizados en anestesia regional no permiten la selección de la frecuencia de trabajo, sino que se realiza un ajuste en función de la profundidad de imagen que queramos explorar. Una mayor profundidad de imagen dará lugar a una visión más “panorámica” de la región a bloquear, permitiendo la visualización de estructuras adyacentes. Por el contrario, una profundidad menor obtendrá una mejor resolución de la estructura nerviosa a bloquear a expensas de perder la imagen de conjunto. Se aconseja comenzar con una profundidad que intente armonizar estos dos aspectos (visión panorámica-visión de detalle), para luego reducir la profundidad de exploración y obtener una mejor resolución sobre la estructura nerviosa.
- b) **Ganancia.** El control ajustable de ganancia nos permite modificar el balance de grises de la pantalla, permitiendo una imagen más clara o más oscura. Por lo general es

posible modificar tanto la ganancia global, como la ganancia en zonas independientes de la pantalla, (generalmente zona superior e inferior). Cuando la estructura nerviosa a explorar se encuentra rodeada de tejido muscular, una buena práctica suele consistir en bajar la ganancia global para obtener una imagen algo “oscura”, puesto que el perineuro será, de esta forma, más fácilmente visualizable. Por el contrario, cuando se encuentra rodeada de tejido adiposo, es mejor aumentar la ganancia para obtener una imagen más “brillante”.

SONDAS. CUIDADOS Y MANTENIMIENTO DE LA ESTERILIDAD

Como en cualquier otro procedimiento invasivo, es necesario mantener unas condiciones de esterilidad adecuadas. Para la realización del bloqueo, en general es suficiente con introducir la sonda en una funda o guante estéril. Previamente es necesario depositar una cantidad suficiente de gel dentro de la funda y evitar la formación de burbujas entre la cabeza de la sonda y la funda. Tras desinfectar y preparar un campo estéril en la zona a intervenir los mejores resultados se obtienen aplicando gel estéril sobre dicha zona, aunque hay trabajos

que muestran una aceptable visualización aplicando directamente la sonda recubierta sobre la superficie desinfectada.

Un aspecto importante y frecuentemente olvidado es la limpieza de la sonda. Existen varios estudios que muestran cómo la cabeza de la sonda es capaz de servir como un auténtico vector de microorganismos, siendo necesario una correcta limpieza de ésta. La técnica ideal para su limpieza será aquella que reúna las siguientes condiciones:

- Adecuada capacidad bactericida, viricida y fungicida.
- Tiempo requerido corto.
- No existencia de contaminación ambiental.
- No dañina para la sonda ecográfica.

Con respecto a la capacidad microbicida, las soluciones alcohólicas, tales como el alcohol y el isopropil, cumplen varias de las características: son necesarios 10 min para lograr la esterilidad de la sonda; la exposición a las cantidades y concentraciones utilizadas no supone un riesgo para la salud del personal; y tiene una buena capacidad microbicida. Sin embargo, el uso de dichas soluciones es desaconsejado por producir degradación en la cubierta de goma de la sonda.

Los derivados del amonio cuaternario (p. ej. T-spray) no tienen poder viricida y el tiempo requerido para la esterilización con dichos productos llega a los 30 min; sin embargo, los riesgos de la exposición ambiental son escasos y no son dañinos para la mayoría de las sondas.

Aquellas soluciones que contienen glutaraldehído son adecuadas para la esterilización de sondas ecográficas, no dañando sus componentes, el tiempo requerido se sitúa en torno a los 20 minutos y presentan una adecuada capacidad microbicida; sin embargo, la exposición a estos productos se ha asociado con riesgos para el personal sanitario que los maneja.

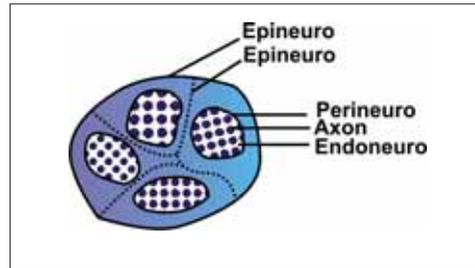


Figura 3. Sección transversal de un tronco nervioso.

Otros productos, como el ácido peracético, ácido acético, peróxido de hidrógeno y ortoptalaldehído, son adecuados para la esterilización de la mayor parte de las sondas; sin embargo, no existen datos sobre los efectos de su exposición al personal sanitario.

Recientemente se ha estudiado el uso del dióxido de clorina, que parece cumplir todas las condiciones expuestas; sin embargo, su comercialización y uso no está extendido.

Como recomendación final, ante la imposibilidad de disponer de un método que cumpla todas las condiciones, parece sensato utilizar cualquier medio que, no dañando la sonda, posea una adecuada capacidad microbicida frente a los agentes esperados, reservando el uso de alcohol para pacientes en alto riesgo (inmunosuprimidos, trasplantados, neonatos, enfermos ingresados en cuidados críticos, etc.).

VISUALIZACIÓN DE NERVIOS CON ECOGRAFÍA

Cuando se analiza un corte transversal de un tronco nervioso puede apreciarse cómo las fibras nerviosas se agrupan en fascículos; cada fascículo está rodeado por el perineuro, mientras que el tejido conectivo que se sitúa entre los axones es lo que se denomina endoneuro. Todos los fascículos se encuentran rodeados por el epineuro, y éste a su vez separa a unos fascículos de otros (Fig. 3).



Figura 4. Aspecto ovalado con límite hiperecoico del nervio ciático en un corte transversal.



Figura 5. Corte longitudinal del nervio ciático, imagen "fascicular".

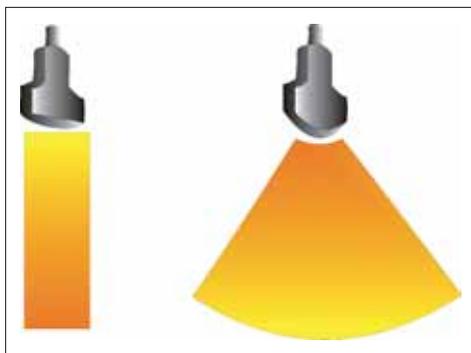


Figura 6. Transductor lineal (izquierda), las líneas de exploración parten paralelas. Transductor sectorial (derecha), las líneas de exploración conforman un ángulo con la zona a explorar.

Al estudiar una sección transversal de un nervio con ultrasonidos éste aparece como una estructura redondeada u ovalada de carácter hipoeico, rodeada de un límite hiperecoico y en ocasiones pueden apreciarse pequeños ecos en su interior (Fig. 4). Las zonas hiperecoicas se corresponden con los fascículos nerviosos, mientras que las hipoeicas corresponden al tejido conectivo del nervio. En un examen longitudinal (Fig. 5) adquieren un aspecto "fascicular", caracterizado por múltiples líneas continuas hiperecoicas en contraposición al

aspecto "fibrilar" de los tendones; estos últimos muestran líneas discontinuas hiperecoicas en su interior.

Otra de las características interesantes de la visualización de nervios con ecografía hace referencia al anisotropismo. Éste, básicamente, consiste en que el ángulo e intensidad del ultrasonido reflejado por un nervio dependerá del ángulo relativo entre el ultrasonido emitido y el eje largo del nervio explorado. Por esta razón los transductores idóneos para la realización de bloqueos nerviosos son aquellos en los que la emisión de ultrasonidos es lineal (varias líneas de exploración paralelas), siendo, por el contrario, poco adecuados los transductores sectoriales (exploración angular de un sector), tal y como puede apreciarse en la figura 6.



PERLAS CLÍNICAS

- Los nervios, por lo general, se sitúan entre músculos adyacentes. Observe bien los límites entre grupos musculares.
- Realice pequeñas angulaciones del transductor ("cabeceo"), dependiendo del ángulo de incidencia del haz de ultrasonidos sobre el nervio, la calidad de la imagen es distinta ("anisotropismo").

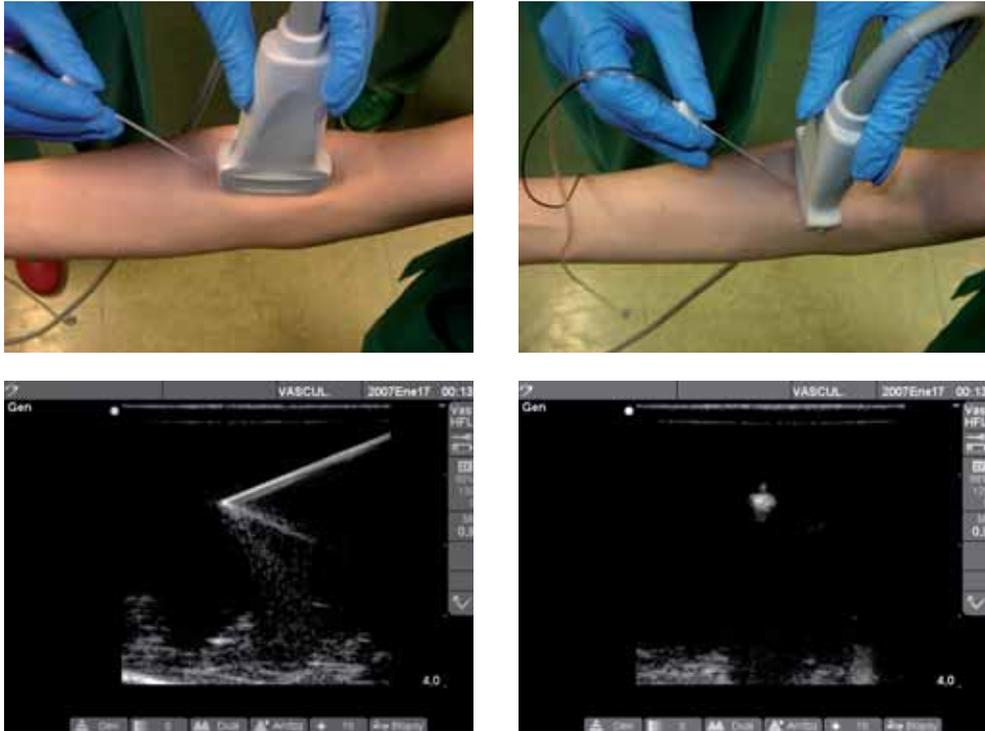


Figura 7. Distintos tipos de abordaje. Izquierda: abordaje longitudinal o en plano. Derecha: abordaje transversal o fuera de plano.

- Cuando tenga dificultad a la hora de diferenciar un nervio de otras estructuras semejantes, siga los siguientes pasos:
 - Comprima con el transductor la zona explorada, las venas se colapsarán.
 - Recuerde que por lo general tendones y ligamentos suelen encontrarse por debajo de los nervios, más próximos a la superficie ósea.
 - Mover la extremidad donde estamos realizando el bloqueo puede ayudar a identificar los tendones y diferenciarlos de estructuras nerviosas.
 - En ocasiones los ganglios linfáticos pueden confundirse también con nervios a los que estamos explorando transversalmente; si desplaza el transductor y la ima-

gen sospechosa desaparece, con mucha probabilidad será un ganglio linfático (estructura esférica) y no un nervio (estructura cilíndrica).

VISUALIZACIÓN DE LAS AGUJAS

El primer aspecto a considerar antes de hacer un bloqueo nervioso guiado con ecografía consiste en decidir cuál va a ser el método de abordaje. Bajo control ecográfico cabe la posibilidad de realizar un abordaje en el “eje largo” o en el “eje corto” del transductor (Fig. 7).

Ningún estudio ha demostrado la superioridad de un abordaje frente al otro, y cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. La principal ventaja del abordaje en el eje largo es la visualización del trayecto de toda la



Figura 8. La imagen obtenida corresponderá a una sección transversal de la aguja y no a la punta de la misma.

aguja; sin embargo, el recorrido de la aguja para realizar el bloqueo es tres veces mayor al realizado cuando se utiliza el eje corto. Por otra parte, el eje corto es similar al abordaje utilizado en el bloqueo con estimulación, siendo su principal inconveniente la dificultad para observar la aguja. Ésta generalmente aparece como una sombra acústica y puede verse por la deformación que provoca su paso por los tejidos. Al usar el abordaje con el eje corto, uno de los principales errores que conducen al fracaso del bloqueo es la excesiva angulación de la aguja con respecto al plano de exploración sonográfica. Si la aguja se encuentra muy inclinada con respecto a este plano, es posible que la imagen de la punta de la aguja que se observa en la pantalla en realidad corresponda con una sección transversal de la aguja, resultando en la inyección del anestésico local en un punto alejado del objetivo (Fig. 8). Por ello, en el abordaje con el eje corto es fundamental el mantener una orientación de la aguja prácticamente paralela al plano de exploración ecográfica.

El siguiente punto a considerar es el tipo de aguja a emplear. Algunos autores han

empleado distintas técnicas para mejorar la visualización de la aguja, tales como “rayar” la punta de la aguja, cubrir la aguja con teflón o introducir guías dentro de la aguja. Recientemente han aparecido en el mercado agujas recubiertas de polímeros ecogénicos; estos polímeros sirven de matriz donde se introducen pequeñas esferas de cristal o incluso burbujas, con el objetivo de crear una gran diferencia entre la impedancia de la aguja y la de los tejidos circundantes. Aunque los estudios realizados sobre la visibilidad de los distintos tipos de agujas no han podido encontrar diferencias estadísticamente significativas, sí parece que existe una mejor visibilidad de este último tipo de agujas, seguidas por las recubiertas con teflón y, en último lugar, las no tratadas.

Independientemente del tratamiento aplicado a las agujas, existen algunos puntos clave que ayudan a mejorar la visibilidad de éstas:

- Las agujas de una mayor sección transversal se visualizan mejor que las de pequeña sección.
- Cuanto más perpendicular se encuentre el trayecto de la aguja al haz de ultrasonidos, mejor es la visualización. Por ejemplo, en el caso del bloqueo supraclavicular en el que la aguja sigue un trayecto cercano a los 90° con respecto al haz, la visualización es mejor que en abordajes de nervios localizados más profundamente, tal es el caso del nervio ciático, cuyo abordaje por vía anterior nos obliga a utilizar ángulos inferiores.
- La porción más fácilmente visualizable de la aguja es el bisel de la punta, esto es debido a que en su creación se forman pequeñas muescas irregulares por el corte de la máquina. Estas irregularidades dan lugar a artefactos de reverberación que indirectamente nos indican la punta de la aguja.

- Este mismo efecto, la capacidad de generar artefactos que nos ayuden en la localización de la aguja, puede ser utilizado para mejorar la visibilidad del cuerpo de la aguja. Esto se consigue creando una superficie irregular en la aguja (p.ej., rayar el cuerpo de la aguja) o introduciendo guías metálicas en el interior de la misma.
- La aplicación de pequeños movimientos de entrada-salida o movimientos laterales en la aguja al tiempo que la avanzamos hace que los tejidos circundantes se deformen indicándonos la posición de la aguja.
- La aparición de un artefacto de sombra acústica ayuda a la localización del cuerpo de la aguja.
- La inyección de pequeñas cantidades de aire o incluso anestésico local agitado con microburbujas ayuda a la localización de la punta de la aguja; sin embargo, los artefactos creados por estas burbujas pueden

imposibilitar la visualización correcta de la estructura a bloquear por lo que actualmente esta práctica no se recomienda.

BIBLIOGRAFÍA

- La Grange P, Foster PA, Pretorius LK. Application of the Doppler ultrasound bloodflow detector in supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 1978; 50: 965-967.
- Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, et al. Ultrasound guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 1994; 78: 507-513.
- Backhouse S. Establishing a protocol for the cleaning and sterilisation/disinfection of ultrasound transducers. *BMUS Bulletin* 2003; 11(1): 37-39.
- Fowler Ch, McCracken D. US probes: Risk of cross infection and ways to reduce it-comparison of cleaning methods. *Radiology* 1999; 213: 299-300.
- Chapman G, Johnson D, Bodenham A. Visualization of needle position using ultrasonography. *Anaesthesia* 2006; 61: 148-158.

Capítulo 3

Farmacología aplicada de los anestésicos locales

Pablo Alonso Hernández, Luis Díaz Jara, Clemente Muriel Villoria

CONSIDERACIONES GENERALES

- Los anestésicos locales producen pérdida transitoria de la función sensorial, motora y autonómica.
- Actúan bloqueando la generación y la propagación del potencial de acción, mediante la fijación a canales de Na^+ .
- Son bases débiles y se dividen en ésteres y amidas.
- Se denomina **concentración mínima inhibitoria (Cm)** a la concentración mínima de anestésico que es necesaria para bloquear un impulso nervioso.
- La Cm depende de:
 - . El tipo de anestésico local.
 - . El tamaño de las fibras a bloquear: a mayor grosor de la fibra nerviosa, mayor concentración se necesitará para bloquearla.
 - . El pH: a mayor pH (alcalosis) en la zona a bloquear, menor Cm. El pH ácido antagoniza el bloqueo.
 - . El Ca^{++} : a mayor concentración de Ca^{++} , mayor es la Cm. La hipercalcemia, por tanto, antagoniza el bloqueo.
 - . El K^+ : a menor K^+ mayor Cm. La hipopotasemia antagoniza el bloqueo.
 - . La frecuencia de estimulación del nervio: a mayor frecuencia, menor Cm. La apertura repetida del canal de Na^+ que se produce con la estimulación facilita el acceso del anestésico local.
- Teniendo en cuenta los distintos tipos de fibras nerviosas, **los anestésicos locales producen bloqueo sensorial diferencial**: primero se bloquearán las fibras orto y parasimpáticas (vasodilatación) y las de conducción térmica y nociceptiva (analgesia y pérdida de sensibilidad térmica), luego las propioceptivas, las de sensibilidad táctil y de presión (anestesia) y por último las fibras motoras (bloqueo motor).
- Se denomina **PKa al pH al cual la concentración de anestésico local en forma no ionizada (liposoluble) y la concentración ionizada (hidrosoluble) son iguales**. La forma liposoluble es la que atraviesa las estructuras perineuronales y la membrana axonal y, una vez dentro, es la forma ionizada la que se une a los receptores. Cuanto mayor sea la proporción de forma no ionizada, el inicio de acción será más rápido (difunde mejor en los tejidos).
 - . Los anestésicos locales son bases débiles, tienen un $\text{PKa} > 7,4$. Cuando el anestésico se inyecta en un tejido, con un determinado pH existirá una proporción de anestésico local en forma ionizada y otra en forma no ionizada. El pH corporal es

menor que el PKa, es decir, es más ácido, lo que implica que existen más hidrogeniones libres. Cuando el anestésico local entra en contacto con el tejido, que es más ácido, hace que aumente la proporción en forma ionizada y, por tanto, tendrá menor capacidad para atravesar el perineuro. Cuanto más próximo sea el PKa del anestésico al pH tisular (es decir, cuanto menor sea el PKa) implicará que, al contacto con el tejido, habrá mayor proporción de la forma liposoluble, y por tanto el inicio de acción será más rápido. Por otro lado, la disminución del pH tisular (medio más ácido) alarga el inicio de acción al impedir la formación de anestésico liposoluble no ionizado. Esto explica que zonas isquémicas o infectadas (con pH ácido) no respondan a anestésicos locales.

- Las soluciones anestésicas comerciales están en medio ácido (pH 6 a 7) lo que hace que el inicio de acción sea más tardío. Esto es más importante con las soluciones que contienen epinefrina, que precisan de medios más ácidos (pH 4 a 5) para ser estables. La adicción a estas soluciones de bicarbonato facilita un inicio de acción más rápido y una mayor duración del bloqueo (p.ej.: a 10 ml de mepivacaína o lidocaína se les puede añadir 1 mes de bicarbonato y a 10 ml de bupivacaína, 0,1 mEq).
- **Con la utilización repetida de anestésico local se produce taquifilaxia**, que se podría explicar por una acidificación progresiva del lugar de inyección que impide la formación de forma no ionizada.
- El inicio de acción de un anestésico local: depende, como se ha dicho, del PKa pero también de la dosis y de la concentración.
- La duración de acción depende de la liposolubilidad, la fijación a proteínas y el meta-

bolismo del fármaco. También de la adición de adrenalina y del lugar de inyección.

FARMACOCINÉTICA

Absorción

Depende de:

- La dosis: la concentración plasmática es dosis dependiente.
- La vascularización del sitio de inyección: a mayor vascularización, mayor absorción. IV > traqueal > intercostal > caudal > paracervical > epidural > plexo braquial > ciático > subcutáneo.
- La adicción de vasoconstrictores disminuye la absorción y prolongan la acción de los anestésicos locales.
- Las características físico-químicas del anestésico.

Distribución

Depende de:

- La perfusión tisular: en insuficiencia cardíaca se puede potenciar el efecto de los anestésicos así como el riesgo de toxicidad.
- El coeficiente de partición sangre/gas.
- La masa de tejido.

Metabolismo

- Ésteres: se metabolizan por la pseudocolinesterasa (colinesterasa plasmática). La duración de acción estará prolongada en lactantes, mujeres embarazadas y personas con colinesterasa atípica.
- Amidas: metabolismo hepático. En cirrosis se altera su eliminación.

TOXICIDAD Y EFECTOS INDESEABLES

- Las mezclas de anestésicos locales tienen efectos aditivos.
- Reacciones alérgicas: excepcionales con las amidas y raras pero más frecuentes con los ésteres (por su metabolito ácido para-

aminobenzoico). Los ésteres presentan sensibilidad cruzada con betún, tintes de pelo y algunas tintas. Algunas soluciones de amidas tienen metilparabeno como aditivo antibacteriano que puede dar alergia.

- Las intoxicaciones sistémicas suelen ocurrir bien por inyección intravascular inadvertida (realizar siempre test de aspiración), o por sobredosificación (no sobrepasar dosis máxima).

Cardiovascular

Por efecto directo producen vasodilatación y bradicardia y por bloqueo de los canales de Na^+ disminuyen la contractilidad, alargan el periodo refractario y aumentan el umbral de excitación ventricular, el tiempo de conducción intracardiaco y la amplitud del QRS.

- Los síntomas iniciales son hipertensión y taquicardia por excitación del SNCn pasando posteriormente a hipotensión y depresión miocárdica y, finalmente, hipotensión profunda con bradicardia o alteraciones en la conducción y colapso cardiovascular.
- Tratamiento: suspender infusión de anestésico. Oxigenoterapia, apoyo circulatorio con volumen y vasopresores tipo efedrina e inotropos si es necesario.
- Las arritmias pueden ser difíciles de tratar pero mejoran si el paciente está hemodinámicamente estable. En algunos textos se sugiere el bretilio como mejor antiarrítmico que la lidocaína.
- El tratamiento de la parada cardiorrespiratoria por anestésicos locales es similar a cualquier otra pero puede ser prolongada y requerir dosis elevadas de adrenalina.

Neurológico

- SNC: los AL cruzan con facilidad la barrera hematoencefálica. Se facilita la intoxicación por la acidosis, la hipercapnia, la hipo-

xia, la circulación hiperdinámica y la baja fijación a proteínas del anestésico. La incidencia estimada es de 3/10.000 epidurales y 11/10.000 bloqueos periféricos.

- . Signos y síntomas por orden de aparición:
 - 1° Acorchamiento lingual y peribucal, sabor metálico, tinnitus, mareo, confusión.
 - 2° Fasciculaciones o espasmos. Convulsiones.
 - 3° Inconsciencia, coma y paro respiratorio.
- . Tratamiento: al primer síntoma, iniciar oxigenoterapia e indicar al paciente que hiperventile para disminuir el umbral convulsivo. Si convulsiona, emplear benzodiazepinas (midazolam 2-3 mg IV o diazepam 5-10 mg IV, repetir dosis si precisa), tiopental (50-200 mg IV) o propofol. En intoxicaciones graves, soporte ventilatorio y cardiovascular si precisa.
- Nervios periféricos: síntomas neurológicos transitorios tras anestesia raquídea (más frecuentes con lidocaína a diferentes concentraciones, fundamentalmente 5%). Síndrome de cauda equina en anestesia raquídea (descrito con lidocaína y tetracaína utilizando pequeños catéteres). Posibilidad de neurotoxicidad periférica rara.

Interacciones

El bloqueo del relajante muscular no despolarizante es potenciado por anestésicos locales. La administración concomitante de succinilcolina y anestésicos tipo éster potencian ambos (mismo metabolismo por pseudocolinesterasa). Propanolol y cimetidina reducen el metabolismo hepático y pueden aumentar concentraciones de anestésico local.

CONTRAINDICACIONES

Fundamentalmente, cuando exista alergia al anestésico o a estructuras químicas relacio-

nadas. No se añadirá adrenalina cuando se realicen bloqueos periféricos en zonas sin flujo sanguíneo colateral como dedos o pene. Tampoco en la anestesia regional intravenosa ni en arritmias o cardiopatía isquémica u otras cardiopatías donde la adicción de adrenalina sea potencialmente peligrosa.

AMIDAS

Bupivacaína

Presentación

Braun® 0,25%, 0,5%, 0,75%. Hiperbárica Braun® 0,5%. Svedocaín con vasoconstrictor® (0,25% y 0,5% con 5 µg de epinefrina).

Consideraciones clínicas

PKa: 8,1. **Comienzo de acción** en 4-10 min o hasta 20-30 min por vía epidural y **duración** 90-360 min. Se utiliza tanto para bloqueos nerviosos periféricos, como para anestesia y analgesia intradural y epidural. Produce bloqueo motor diferencial. Es cardiotóxica con un índice terapéutico pequeño. Al contrario que ocurre con la lidocaína, la diferencia de concentraciones neurotóxicas y cardiotóxicas es escasa por lo que puede aparecer un evento cardíaco sin afectación neurológica previa. Evitar en lo posible la concentración del 0,75% (contraindicado en cesáreas).

Dosis

Máxima única 2 mg/kg sin adrenalina y 2,5 mg/kg con adrenalina.

Levobupivacaína

Presentación

Chirocane® 0,25%, 0,5%, 0,75%.

Consideraciones clínicas

PKa: 8,1. **Comienzo de acción** en 4-10 min, 20-30 minutos por vía epidural y **duración** 90-360 min. Se utiliza tanto para bloqueos ner-

viosos periféricos como para anestesia y analgesia intradural y epidural. Es mucho menos cardiotóxica que la bupivacaína y también produce bloqueo motor diferencial.

Dosis

Igual que bupivacaína, aunque por su menor toxicidad podrían emplearse dosis mayores (3 mg/kg sin adrenalina y 4 mg/kg con adrenalina).

Lidocaína

Presentación

Lidocaína Braun® (1%, 2%, 5%), lidocaína epinefrina Normon® (2%, en 1 ml 20 mg de lidocaína y 12,5 µg de epinefrina).

Consideraciones clínicas

PKa: 7,9. **Comienzo de acción** en 2-5 min. **Duración:** 65-100 minutos según el lugar de inyección. Se utiliza tanto para bloqueos nerviosos periféricos, como para anestesia y analgesia intradural y epidural. También en anestesia regional intravenosa. Su uso en anestesia intradural es controvertido por posibilidad de lesión neurológica que puede ocurrir sobre todo con concentraciones del 5%. Débil toxicidad sistémica con índice terapéutico elevado. También indicada para prevenir reacción hemodinámica o respiratoria en la intubación o extubación (1,5 mg/kg IV). Puede producir vasodilatación.

Dosis

Máxima única 4 mg/kg sin adrenalina y 7 mg/kg con adrenalina.

Mepivacaína

Presentación

Mepivacaína Braun® (1%, 2%). Scandinitb-sa C/ epinefrina® (1% con 10 µg/ml de epinefrina y 2% con 5 ó 10 µg/ml de epinefrina).

Consideraciones clínicas

PKa: 7,6. **Comienzo de acción** en 2-5 min.

Duración: 90-180. Perfil similar a lidocaína con menor efecto vasodilatador que ésta. Utilizada fundamentalmente en bloqueos periféricos y para cirugía local. No se debe utilizar en obstetricia por su metabolismo lento en feto y recién nacido.

Dosis

Máxima única 5 mg/kg sin adrenalina y 7 mg/kg con adrenalina.

Prilocaina

Presentación

Citanest® (0,5%, 1%, 2%, 4%)

Consideraciones clínicas

PKa: 7,9. **Comienzo de acción** en 2-5 min.

Duración: 65-120 minutos según el lugar de inyección. Similar a lidocaína pero 40 veces menos tóxica, lo cual la hace de elección en anestesia regional intravenosa. Riesgo de metahemoglobinemia (atribuida a su metabolito la ortotoluidina) que contraindica su utilización en lactantes y en obstetricia.

Dosis

Máxima única 6 mg/kg sin adrenalina y 8 mg/kg con adrenalina.

Ropivacaína

Presentación

Naropin® (0,2%, 0,75%, 1%) Polybag® (0,2% 100 y 200 ml).

Consideraciones clínicas

PKa: 8,1. **Comienzo de acción** en 3-10 min. **Duración:** 90-400 minutos. Poco cardiotoxica. Empleada al igual que bupivacaína y levobupivacaína en bloqueos nerviosos peri-

féricos, analgesia y anestesia intradural y epidural fundamentalmente. Posee también bloqueo diferencial. Tiene acción vasoconstrictora intrínseca por lo que no es utilizada con adrenalina.

Dosis

Máxima única 2,3 mg/kg.

ÉSTERES

Los anestésicos locales tipo éster están en desuso. Su indicación en la actualidad podría estar limitada a infiltraciones y ocasionalmente a bloqueos nerviosos periféricos. Se podrían utilizar en caso de alergia conocida a amidas.

Procaína

Presentación

Presentaciones al 1% y 2%.

Consideraciones clínicas

PKa 8,9. **Comienzo de acción** en 2-5 minutos y **duración** 30-90 min.

Dosis

Máximo de 7 mg/kg en dosis única.

Tetracaína

Presentación

Anestesia Topi Braun S/A® (1%), C/A® (1ml con 0,1 mg de adrenalina y 10 mg de tetracaína). Lubricante urol Organón®.

Consideraciones clínicas

PKa: 8,2. **Comienzo de acción** en 3-8 minutos y **duración** 60-90 min. Utilización fundamentalmente tópica en procesos ORL, para sondaje vesical, broncoscopios... Se absorbe rápidamente por esta vía, sobre todo en mucosas. En EEUU ha sido referencia en anestesia raquídea utilizándose al 1%.

Dosis

Máxima tónica de 1-1,5 mg/kg. En anestesia raquídea, dosis de 3-20 mg según localización y procedimiento.

Nota: la duración del efecto de los anestésicos es orientativa. El efecto analgésico de algunos bloqueos puede durar hasta más de 8 horas.

ELECCIÓN DEL ANESTÉSICO Y DOSIS

La elección de anestésico se hará en función de las características de cada uno de ellos arriba descritas. Por ejemplo, si se quiere un inicio rápido y duración corta podríamos elegir la mepivacaína. Si se quiere analgesia residual durante un largo periodo de tiempo se podría optar por la levobupivacaína...

Las concentraciones a elegir estarán también en función tanto del volumen de anestésico que utilizaremos, como de la intención del bloqueo. Por lo general, concentraciones más altas son empleadas para cirugía y concentraciones más bajas para analgesia. Nunca se deben sobrepasar las dosis máximas indicadas para cada fármaco con el fin de evitar toxicidad.

Tabla I. Volúmenes sugeridos para distintos bloqueos.

Tipo de bloqueo	Volumen recomendado
Interescalénico	20-40 ml
Supraclavicular	20-40 ml
Infraclavicular	30-40 ml
Axilar	40 ml
Nervio periférico miembro superior	± 5 ml proximal y 1-2 ml si es distal
Femoral	10-15 ml
3 en 1	25-30 ml
Ciático	10-20 ml
Ciático poplíteo externo	5 ml
Tibial	5-10ml
Safeno	5-10 ml

Volúmenes sugeridos para distintos bloqueos: Tabla I.

Estos volúmenes son recomendaciones para bloqueos mediante neuroestimulación. Con la utilización de la ecografía pueden ser reducidos de manera importante al ver de forma directa el depósito de anestésico junto al nervio. Así, por ejemplo, el bloqueo interescalénico y el supraclavicular están descritos hasta con 10 ml de anestésico local y el 3 en 1 con 20 ml.

Capítulo 4

Plexo braquial

Manuel José Muñoz Martínez, Mar Parra Pérez, Beatriz Romerosa Martínez

El plexo braquial está formado por la unión de las divisiones anteriores de los nervios cervicales C5, C6, C7 y C8 junto con la división anterior de T1.

Tras su salida de los agujeros intervertebrales, las divisiones de C5 y C6 forman inmediatamente un tronco, C8 y T1 forman otro tronco, mientras que la división anterior de C7 se constituye por sí sola en el tercer tronco nervioso. Estos tres troncos, superior (C5-C6), medio (C7) e inferior (C8-T1), a su paso bajo la clavícula se bifurcan en una división anterior y otra

posterior. Las divisiones anteriores correspondientes al tronco superior y medio se unen para formar el cordón lateral, situado lateralmente a la arteria axilar. La división anterior del tronco inferior forma por sí solo el cordón medial, y se sitúa en el borde medial de la arteria axilar. Las divisiones posteriores de los tres troncos, superior, medio e inferior, forman el cordón posterior que se sitúa tras la arteria axilar.

En el cuello, el plexo braquial se sitúa en el triángulo cervical posterior, está cubierto por la piel, el músculo platisma y la fascia profunda;

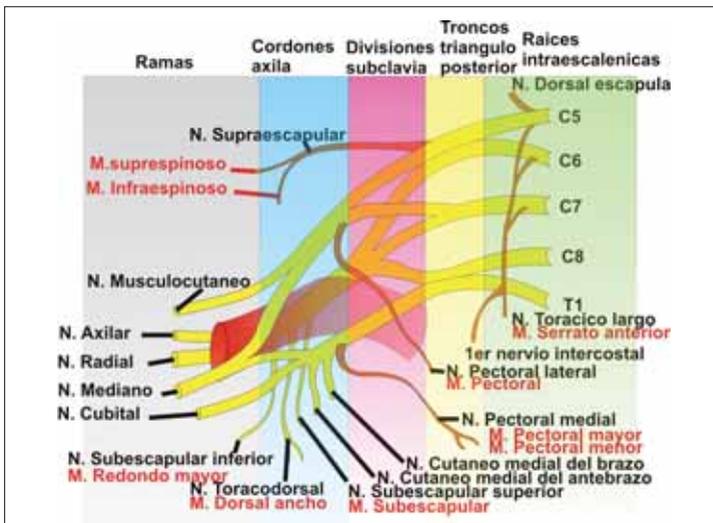


Figura 1. Plexo braquial.

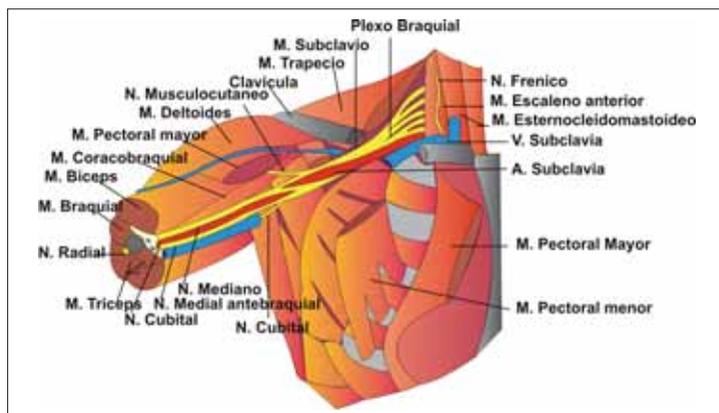


Figura 2. Ramas supraclaviculares.

es cruzado anteriormente por el vientre inferior del músculo omohioideo, los nervios supraclaviculares, la vena yugular y la arteria cervical transversa.

El plexo sale entre los músculos escalenos anterior y medio; en su tercio superior, el plexo se encuentra por delante de la arteria, mientras que el tronco inferior (C8-T1) se sitúa por detrás de la arteria, clavícula y vasos transversos escapulares.

En la axila, el plexo se sitúa lateralmente a la primera porción de la arteria axilar, para en la segunda porción rodearla, situándose un cordón medial a la arteria, otro lateral y otro posterior, en la zona inferior de la axila da las ramas terminales para el miembro superior.

NERVIOS ORIGINADOS EN EL PLEXO BRAQUIAL

Las ramas originadas del plexo braquial pueden clasificarse en:

- **Ramas supraclaviculares.** Nacen por encima de la clavícula:
 - Nervio dorsal escapular.
 - Nervio supraescapular.
 - Nervio subclavio.
 - Nervio torácico largo.
 - Nervio para el músculo escaleno.

- **Rama infraclaviculares.** Nacen por debajo de la clavícula:
 - Nervios torácicos anteriores.
 - Nervios subescapulares.
 - Nervio toraco-dorsal.
 - Nervio axilar.
 - Nervio musculocutáneo y su continuación como nervio cutáneo lateral antebraquial.
 - Nervio cutáneo medial antebraquial.
 - Nervio cutáneo medial braquial.
 - Nervio mediano.
 - Nervio cubital.
 - Nervio radial.

RAMAS SUPRACLAVICULARES (Fig. 2)

Nervio dorsal escapular

Nace de la división anterior de C5, atraviesa el músculo escaleno medio, pasa por debajo del músculo elevador de la escápula, al que inerva para posteriormente llegar hasta el músculo romboide.

Nervio supraescapular

Nace del tronco formado por la unión de C5 y C6, discurre lateralmente bajo el músculo trapecio y el omohioideo, posteriormente entra en la fosa supraespinosa a través de la

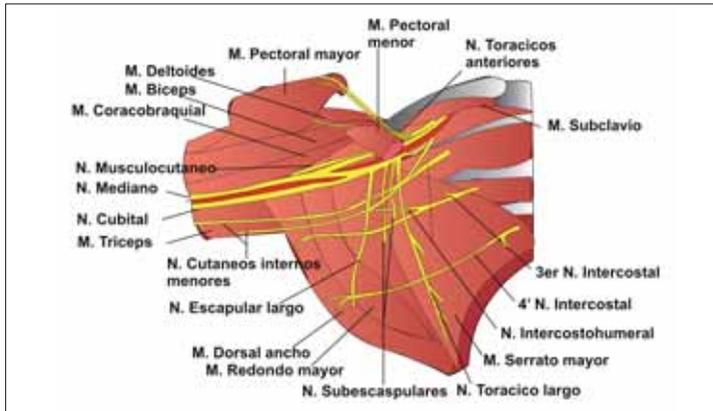


Figura 3. Ramas infraclaviculares.

escotadura supraescapular bajo el ligamento transverso escapular superior, en este punto da dos ramas para el músculo supraespinoso y para la articulación del hombro; tras este recorrido pasa bajo el músculo supraespinoso para llegar a la fosa infraespinosa de la escápula donde de nuevo da dos ramas, una para el músculo infraespinoso y otra para la articulación del hombro.

Nervio subclavio

Nace en el punto de unión entre los nervios cervicales C5 y C6, desciende hacia el músculo subclavio por delante de la arteria subclavia y del tronco inferior del plexo, frecuentemente da una rama anastomótica hacia el nervio frénico.

Nervio torácico largo

Se encarga de la inervación del músculo serrato anterior. Nace de las raíces de C5 y C6, con participación ocasional de C7. La porción dependiente de las raíces de C5 y C6 atraviesan el músculo escaleno medio, mientras que la porción dependiente de C7 pasa por delante de él. El nervio pasa por detrás del plexo braquial y los vasos axilares, descansando sobre la cara externa del músculo serrato anterior.

Nervios para el músculo escaleno

Son pequeñas ramas que nacen de las raíces de C5, C6, C7 y C8, justo en su salida de los orificios intervertebrales.

RAMAS INFRACLAVICULARES (Fig. 3)

Nervios torácicos anteriores

Son dos:

- Nervio torácico anterior lateral. Nace en el cordón lateral del plexo braquial, cruza la arteria axilar para pasar entre arteria y vena axilar, tras lo cual entra en cara profunda del músculo pectoral mayor. El nervio da una rama anastomótica para el nervio torácico anterior medial.
- Nervio torácico anterior medial. Nace del cordón medial del plexo braquial, pasa tras la arteria y vena axilar, atraviesa la fascia coracoclavicular y se distribuye por la cara profunda del pectoral menor; algunas de las ramas terminales lo atraviesan para inervar el músculo pectoral mayor.

Nervios subescapulares

Nacen del cordón posterior del plexo braquial y son dos en número:

- Nervio subescapular superior. Entra en el músculo subescapular por su zona superior.

- Nervio subescapular inferior. Es responsable de la inervación de la zona inferior del músculo subescapular; tras inervarlo, algunas ramas lo atraviesan para llegar también al músculo redondo mayor.

Nervio toracodorsal

Nace del cordón posterior del plexo braquial, sigue el curso de la arteria subescapular a lo largo de la pared posterior de la axila hacia el músculo dorsal ancho, donde continúa un trayecto descendente hasta llegar al borde inferior de dicho músculo.

Nervio axilar (nervio circunflejo)

Nace del cordón posterior del plexo braquial, se sitúa por detrás de la arteria axilar y por delante del músculo subescapular, discurre caudalmente hacia el borde inferior de este músculo, donde realiza un giro para ascender cranealmente en compañía de la arteria circunfleja humeral posterior. Pasa por un espacio cuadrangular comprendido entre el músculo subescapular por encima, el redondo mayor por debajo, la cabeza larga del tríceps medialmente y la cabeza del húmero lateralmente; en este espacio se divide en sus dos ramas: rama anterior y rama posterior.

- Rama anterior. Rodea el cuello del húmero, pasa bajo el músculo deltoides y acompaña a los vasos humerales circunflejos posteriores. Inerva al músculo deltoides y a parte de la piel que lo recubre.
- Rama posterior. Inerva al músculo redondo menor y a parte del deltoides; tras inervarlos, atraviesa la fascia profunda y los músculos mencionados para pasar a llamarse **nervio cutáneo lateral braquial**. Este último inerva la piel que recubre los 2/3 inferiores y posteriores del deltoides y la piel que cubre la cabeza larga del tríceps.

Nervio musculocutáneo

Nace del cordón lateral del plexo braquial, opuesto al borde inferior del músculo pectoral menor. Atraviesa el músculo coracobraquial y se sitúa oblicuamente entre los músculos bíceps y braquial, discurrendo hacia el borde lateral del brazo; por encima del codo atraviesa la fascia, situándose lateralmente al tendón del bíceps y discurre caudalmente por el antebrazo, pasándose a llamar **nervio cutáneo lateral antebraquial**.

El nervio musculocutáneo inerva los músculos coracobraquial, bíceps braquial y gran parte del músculo braquial anterior. La rama del coracobraquial se deriva de la raíz de C7, y se origina justo en el origen del nervio; las ramas del bíceps y músculo braquial se originan una vez que el musculocutáneo ha atravesado el músculo coracobraquial y también contribuyen a la inervación del húmero y de la articulación del codo.

El nervio cutáneo lateral antebraquial constituye la prolongación del nervio musculocutáneo en el antebrazo, pasa por detrás de la vena cefálica y en el codo se divide en dos ramas: rama anterior y rama posterior.

- Rama anterior. Desciende por la cara lateral del antebrazo hacia la muñeca, en la muñeca se sitúa por delante de la arteria radial, desde aquí algunos filamentos atraviesan la fascia profunda y acompañan a la arteria hasta la cara dorsal del carpo, desde el carpo se dirige hacia la base del primer dedo, donde acaba en varios filamentos. La rama anterior es responsable de la inervación de la piel situada en la cara anterior y lateral de antebrazo y muñeca. Presenta ramas anastomóticas con la rama superficial del nervio radial y con las ramas cutáneas palmares del nervio mediano.
- Rama posterior. Desciende por el borde radial del antebrazo hacia la muñeca. Iner-

va la piel de los 2/3 inferiores de la cara postero-lateral del antebrazo

Nervio cutáneo medial antebraquial

Nace del cordón medial del plexo braquial. En su origen se sitúa medialmente a la arteria axilar, cerca de la axila da una rama que atraviesa la fascia para inervar al tegumento que cubre el bíceps braquial hasta el codo. El nervio, tras abandonar esta rama, desciende por el borde cubital del brazo situándose en una posición medial a la arteria braquial; en la zona media del brazo atraviesa la fascia profunda junto a la vena basilica y se divide en dos ramas: rama anterior y rama cubital.

- Rama anterior. Pasa por delante de la vena basilica media y desciende por la parte anterior del borde cubital del antebrazo; inerva la piel que cubre esta zona hasta la muñeca.
- Rama cubital. Pasa oblicuamente por el borde medial de la vena basilica, en el epicóndilo medial del húmero el nervio pasa a la zona posterior del antebrazo, descendiendo por el borde cubital hacia la muñeca, inervando la piel de esta zona.

Nervio cutáneo medial braquial

Es responsable de la inervación del lado cubital del brazo. Nace del cordón medial, pasa a través de la axila inicialmente detrás y posteriormente medial a la vena axilar, comunicándose con el nervio intercostobraquial. Desciende a lo largo del borde medial de la arteria braquial hasta la zona media del brazo, donde atraviesa la fascia profunda y se distribuye por la piel del tercio inferior y posterior del brazo hasta el codo, aquí deja ramas para la inervación del epicóndilo medial y olécranon.

Nervio mediano

Se extiende por el centro del brazo y antebrazo hacia la mano. Se origina con ramas pro-

cedentes de dos cordones, el cordón medial y el lateral, ambos abrazan la arteria axilar y se unen por delante o lateralmente a dicha arteria. En su trayecto por el brazo se sitúa al principio lateralmente a la arteria braquial, a nivel del punto de inserción del músculo coracobraquial cruza a la arteria por delante y se sitúa en una posición medial en el codo, quedando así localizado tras la fascia bicipital y separado de la articulación del codo por el músculo braquial. En el antebrazo discurre entre las dos cabezas del músculo pronador redondo y cruza a la arteria cubital, quedando separado de dicha arteria por la cabeza profunda del pronador redondo; continúa su trayecto descendente por detrás del flexor profundo de los dedos hasta llegar al ligamento transversal del carpo, unos 5 cm por encima de dicho ligamento el nervio se sitúa en una localización más superficial, colocándose entre los tendones de los músculos flexor de los dedos y flexor del carpo radial. En esta situación descansa por detrás del tendón del palmar largo, y sólo está cubierto por piel y fascia. Posteriormente atraviesa el ligamento transversal del carpo hacia la mano.

El nervio mediano tan sólo da una rama en el brazo, la destinada al pronador redondo. A nivel del codo deja dos ramas destinadas a la articulación. En el antebrazo da lugar a tres tipos de ramas: ramas musculares, ramas interóseas anteriores y ramas palmares.

- Ramas musculares. Se originan en el nervio mediano a la altura del codo e inervan todos los músculos superficiales de la cara anterior del antebrazo excepto al flexor del carpo cubital.
- Ramas interóseas anteriores. Inervan la musculatura profunda de la cara anterior del antebrazo excepto la porción cubital del músculo flexor profundo de los dedos. Acompaña a la arteria interósea anterior por delante de la membrana interósea, se sitúa

entre los músculos flexor largo del 1^{er} dedo, al que inerva en su totalidad y el músculo flexor profundo de los dedos, al que inerva sólo en su porción radial. Las ramas interóseas acaban por detrás del músculo pronador cuadrado en la articulación de la muñeca.

- Rama palmar. Nace en la parte inferior del antebrazo, atraviesa el ligamento anterior del carpo y se divide en una rama medial y otra lateral; la rama lateral inerva la piel situada sobre la base del 1^{er} dedo y se comunica con la rama anterior del nervio cutáneo lateral antebraquial; la rama medial inerva la piel de la palma de la mano y se comunica con la rama cutánea palmar del nervio cubital.

En la palma de la mano el nervio está cubierto por la piel y la aponeurosis palmar, situándose inmediatamente por delante de los tendones de los músculos flexores. Tras su salida por debajo del ligamento transversal del carpo, el nervio se divide en dos porciones, una lateral y otra medial.

- . Porción lateral. Da una rama para la inervación de músculos del 1^{er} dedo, los músculos abductor corto, oponente y la cabeza superficial del flexor corto; posteriormente se divide en tres nervios digitales propios, dos de ellos inervan ambas caras del 1^{er} dedo, mientras que la tercera se encarga del borde radial del 2^o dedo.
- . Porción medial. Da lugar a dos nervios digitales comunes; el primero de ellos se divide posteriormente en otros dos nervios digitales propios que inervan el borde cubital del 2^o dedo y radial del 3^o; el segundo nervio digital común se divide posteriormente en dos nervios digitales propios que inervan los bordes cubital del 3^{er} dedo y radial del 4^o.

Cada uno de los nervios digitales propios dan una rama posterior a la altura de la base de las primeras falanges, dichas ramas se anastomosan con ramas superficiales del nervio radial e inervan los espacios interdigitales. En la punta de los dedos los nervios digitales propios se dividen en una rama para el pulpejo del dedo y otra posterior para la base de la uña.

Nervio cubital

El nervio cubital se sitúa a lo largo del borde medial de la extremidad superior, se distribuye a los músculos y piel del antebrazo y mano. Nace del cordón medial del plexo braquial. Inicialmente se sitúa junto al nervio mediano, medial a la arteria axilar, continuando en la misma posición junto a la arteria braquial hasta la mitad del brazo, en este punto atraviesa el septo intermuscular medial y se dirige oblicuamente cruzando la cabeza medial del tríceps, tras esto desciende hacia el surco entre el epicóndilo medial y el olécranon acompañado de la arteria colateral cubital superior. En el codo el nervio descansa en la zona posterior del epicóndilo medial y entra en el antebrazo entre las dos cabezas del músculo flexor cubital del carpo. Ya situado en el antebrazo, desciende por el borde cubital y se coloca sobre el flexor profundo de los dedos; en su tercio superior está cubierto por el flexor del carpo cubital, mientras que en su mitad inferior se sitúa lateralmente a dicho músculo, quedando cubierto por la fascia. Aproximadamente a 5 cm de la muñeca se divide en una rama posterior y otra anterior.

En su recorrido el nervio deja una serie de ramas, que pueden sistematizarse en:

- Ramas articulares. Destinadas a la articulación del codo, nacen en el surco entre epicóndilo medial y olécranon.

- Ramas musculares. Son dos, una para el flexor cubital del carpo y la otra para el borde cubital del músculo flexor profundo de los dedos.
 - Rama cutánea palmar. Nace en la mitad del antebrazo, desciende junto a la arteria cubital, perfora el ligamento anterior del carpo y acaba en la piel de la palma.
 - Rama posterior. Se origina 5 cm por encima de la muñeca, pasa tras el flexor del carpo cubital, perfora la fascia profunda y, pasando por la cara cubital del dorso de la muñeca y de la mano, se divide en dos ramas digitales dorsales; la primera inerva el lado cubital del 5º dedo, la otra inerva la cara radial del 5º dedo y la cubital del 4º.
 - Rama anterior. Se origina 5 cm por encima de la muñeca, cruza el ligamento transversal del carpo por el borde lateral del hueso pisiforme, medial y posterior a la arteria cubital, acaba dividiéndose en una rama superficial y otra profunda.
 - Rama superficial. Inerva el músculo palmar corto y la piel del borde cubital de la mano. Termina dividiéndose en un nervio digital propio del 5º dedo, destinado a la inervación del borde cubital del 5º dedo; y un nervio digital común que posteriormente se subdivide en dos nervios digitales propios para el borde radial del 5º dedo y cubital del 4º.
 - Rama profunda. Acompaña a la rama profunda de la arteria cubital, pasa entre el músculo abductor del 5º dedo y el flexor corto del 5º dedo, posteriormente perfora al oponente del 5º dedo. Inerva los músculos propios del 5º dedo, el músculo aductor del 1º y el flexor corto del 1º.
- superior de la arteria braquial, del tendón dorsal ancho y del redondo mayor, en este punto gira del borde medial al lateral del húmero, discuriendo por un surco con la arteria braquiorradial hacia la parte anterior del epicóndilo lateral, donde se divide en una rama superficial y otra profunda. Además de estas ramas, el nervio radial en su recorrido deja ramas musculares y cutáneas.
- Ramas musculares. Inervan los músculos tríceps, acóneo, braquiorradial, extensor largo del carpo radial y braquial.
 - Ramas cutáneas. Son dos ramas: el nervio cutáneo braquial posterior y el nervio cutáneo antebraquial posterior.
 - . Nervio cutáneo braquial posterior. Se origina en la axila y cruza hacia el borde medial, inervando la piel de la cara posterior del brazo hasta el olécranon.
 - . Nervio cutáneo antebraquial posterior. Perfora la cabeza lateral del tríceps en su unión al húmero. El nervio se subdivide en dos nuevas ramas; la rama más superior pasa por delante del codo, junto a la vena cefálica e inerva la piel de la mitad inferior del brazo; la rama más inferior atraviesa la fascia profunda por debajo de la inserción del deltoides y desciende por el borde lateral del brazo y codo, para pasar al dorso del antebrazo y la muñeca. Inerva la piel que sigue su trayecto.
 - Rama superficial. Discurre por el borde radial del antebrazo en su cara anterior, inicialmente se sitúa lateralmente a la arteria radial, bajo el músculo braquiorradial. Por encima de la muñeca el nervio abandona su trayecto junto a la arteria para pasar bajo el tendón del braquiorradial y, atravesando la fascia profunda, se divide en dos ramas:
 - . Rama lateral. Inerva la piel del borde radial de la base del primer dedo, uniéndose a la rama anterior del nervio cutáneo antebraquial lateral.

Nervio radial

El nervio radial es la continuación del cordón posterior del plexo. Desciende detrás de la primera porción de la arteria axilar de la porción

- . Rama medial. Se anastomosa en la cara anterior de la muñeca con la rama posterior del nervio cutáneo antebraquial lateral y en la cara posterior de la muñeca con la rama posterior del nervio cubital. Tras las anastomosis se divide en cuatro nervios digitales que se distribuyen de la siguiente manera: el primero para el lado cubital del 1^{er} dedo; el segundo para el lado radial del 2^o; el tercero para el borde cubital del 2^o dedo y el radial del 3^o; y el 4^o para el borde cubital del 3^{er} dedo y radial del 4^o.
- Rama profunda. Se dirige hacia la zona posterior del antebrazo alrededor del borde lateral del radio entre los dos planos de fibras del músculo supinador, desciende sobre la membrana interósea, pasándose a llamar nervio interóseo posterior, llegando hasta la zona posterior del carpo. En este punto inerva a las articulaciones y ligamentos del carpo. Inerva todos los músculos del borde radial y cara posterior del antebrazo excepto al acóneo, braquiorradial y extensor largo del carpo radial.

Tabla I.

Nervio	Segmento espinal	Tronco	Fascículo	Inervación motora (músculos)	Respuesta motora a la neuroestim.	Inervación sensitiva	Ramos articu.
MUSCULO-CUTÁNEO	C5 - C6	SUP	LAT	Coracobraquial, bíceps, braquial	Flexión y supinación del antebrazo	Antebrazo borde radial, cara ant. y post.	Codo
AXILAR (circunflejo)	C5 - C6	SUP	POST	Deltoides y redondo menor	Abducción del hombro	Cara ant. y post. del hombro (deltoides)	Hombro
MEDIANO	C6 - C7 - C8 - T1	SUP MED INF	LAT MED	Pronador redondo y cuadrado, flexor común superficial y profundo de los dedos, palmar mayor y menor, interóseo, flexor largo del pulgar, tenares, 1º y 2º lumbricales	Flexión de muñeca y 2º y 3º dedo, pronación del antebrazo	Cara palmar de mano con 1º, 2º, 3º y 4º dedo y cara dorsal de mitad distal de 2º, 3º y 4º dedo	Codo, muñeca y dedos
RADIAL	C6 - C7 - C8 - T1	SUP MED INF	POST	Grupo extensor-supinador del antebrazo, carpo y dedos	Extensión de antebrazo, muñeca y dedos	Borde externo del codo, cara ant. y post. de brazo, antebrazo, 1º dedo y raíz de 2º y 3º dedo (cara post.)	Codo, muñeca y dedos
CUBITAL	C8 - T1	INF	MED	Flexor profundo de los dedos, cubital anterior, hipotenares, interóseos palmares y dorsales, lumbricales 3º y 4º	Flexión cubital de muñeca, 4º y 5º dedo y a ducción del pulgar	Borde cubital de 5º dedo, cara palmar y dorsal	Codo, muñeca y dedos
CUTÁNEO MEDIAL DEL BRAZO	T1	INF	MED	No	No	Mitad interna del brazo y antebrazo por cara ant. y post.	No
CUTÁNEO MEDIAL DEL ANTEBRAZO	T1 - C8	INF	MED	No	No	Mitad interna del brazo y antebrazo por cara ant. y post.	No

Capítulo 5

Bloqueo interescalénico

Gabino Mozo Herrera, Paloma Herrador Iradier, Sara Resuela Jiménez

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA (Fig. 1)

El bloqueo del plexo braquial en el espacio interescalénico es una técnica proximal. La anestesia se aplicará sobre las raíces y/o troncos nerviosos por lo que la anestesia conseguida será de distribución metamérica.

El plexo lo forman las divisiones anteriores de los nervios C5 a T1 con contribuciones habituales de C4 y T2. Cuando las raíces nerviosas salen por los orificios intervertebrales, se dirigen hacia abajo, hacia la primera costilla, y lo hacen rodeadas de una fascia o vaina aponeurótica. Esta vaina se prolonga hasta la parte superior del brazo, siendo posible la

existencia de tabiques en la misma que dificulta la difusión del anestésico. Justo antes de llegar a la primera costilla (en el espacio interescalénico) las raíces anteriores se fusionan entre sí para dar tres troncos que, nombrados en sentido cráneo-caudal, son el superior (C5-C6), medio (C7) e inferior (C8-T1).

Los troncos discurren por el llamado espacio interescalénico que tiene forma triangular y cuyos límites son:

- **Lado interno:** apófisis transversas de C4-C8.
- **Lado externo:** surco interescalénico (recubierto por piel en la cara lateral externa del

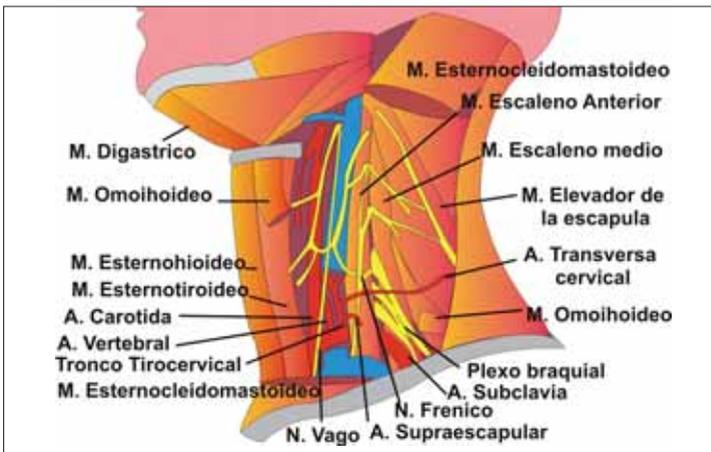


Figura 1. Representación esquemática del plexo braquial a nivel interescalénico y sus relaciones anatómicas.

cuello). Formado por los músculos escaleno anterior (originado en los tubérculos anteriores de las apófisis trasversas C2-C4 e insertado en la 1ª costilla por delante de la arteria subclavia) y escaleno medio (originado en los tubérculos posteriores de las apófisis trasversas C2-C4 y se inserta en la 1ª costilla inmediatamente posterior a los troncos).

- **Lado inferior:** línea desde la apófisis transversa C8 hasta la proyección de la clavícula sobre la 1ª costilla.

Existe otra serie de elementos que están anatómicamente relacionados con este espacio y que tienen que ser considerados puesto que se pueden afectar al realizar el bloqueo:

- **Nervio frénico:** se sitúa justo por delante del músculo escaleno anterior. Su estimulación produciría contracción del diafragma.
- **Nervio espinal o accesorio:** inerva el músculo trapecio y va posteriormente al plexo sobre el escaleno medio.
- **Nervio laríngeo recurrente:** medial y caudal al plexo.
- **Nervio dorsal de la escápula:** inerva los músculos romboides mayor y menor y el elevador de la escápula.
- **Nervio torácico largo:** inerva el serrato anterior. Éste, junto con el dorsal de la escápula, van posteriormente al plexo entre escaleno medio y posterior.
- **Nervio supraescapular:** inerva el supraespinoso y el infraespinoso y a nivel sensitivo la parte superior y posterior de las articulaciones glenohumeral y acromioclavicular. Se origina del tronco superior del plexo braquial y desciende externamente al plexo, por debajo del trapecio y del omohioideo.
- **Simpático cervical:** medial al escaleno anterior. En su parte distal se encuentra el ganglio estrellado.
- **Arteria vertebral:** situada medial y dorsalmente al plexo. Se origina en la primera por-

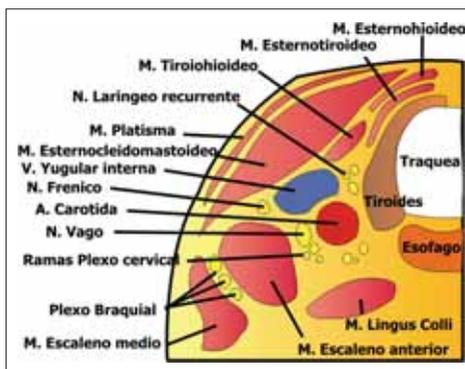


Figura 2. Diagrama de un corte transversal del cuello a la altura del cartilago cricoides.

ción de la subclavia, pasando por delante de la apófisis transversa de C7, y se introduce en el agujero vertebral de C6.

- **Arteria subclavia:** en contacto con los troncos del plexo por encima de la primera costilla. Situada en el tercio medioclavicular. Los troncos pasan posteriormente a la arteria.
- **Vena subclavia:** por dentro del escaleno anterior, por encima de la 1ª costilla.
- **Cúpula pleural.**

Tanto el plexo como los músculos escalenos se localizan dentro de un área anatómica limitada por el borde externo del músculo esternocleidomastoideo, el borde superior del tercio medio clavicular y el borde anterior del músculo trapecio. En este área superficialmente se sitúa la vena yugular externa, que debe ser considerada para evitar posibles punciones.

SONOANATOMÍA (Fig. 2)

En el surco interescalénico, las raíces que conforman el plexo braquial comienzan a unirse para dar lugar a los troncos superior, medio e inferior. En esta localización, el plexo braquial se sitúa a una distancia aproximada de piel de alrededor de 1 cm; por lo tanto, para su exploración es aconsejable utilizar sondas de alta



Figura 3. Colocación de la sonda en el plano axial oblicuo. Línea media.

frecuencia (10-15 MHz) y baja penetración (3-4 cm).

Actualmente se describen tres abordajes sonográficos para la realización del bloqueo interescalénico, dos transversales y uno longitudinal.

Abordaje transversal clásico

Para la realización del bloqueo, el paciente es colocado en decúbito supino con la cabeza rotada levemente hacia el lado contralateral al bloqueo. En el abordaje clásico utilizaremos la sonda colocándola en sentido transversal, situándola en la línea media del cuello, comenzando a la altura del cartílago cricoides y angu-

lándola caudalmente con el objetivo de obtener un corte transversal a la dirección del plexo, este plano de exploración se denomina **plano axial oblicuo** (Fig. 3.). En la imagen obtenida, y con propósitos didácticos, pueden identificarse tres zonas (Figs. 4 y 5):

- Una zona superficial (situada en el área superior de la pantalla del ecógrafo). Esta zona está ocupada principalmente por estructuras musculares, la mayor de ellas y más superficial corresponde al músculo esternocleidomastoideo; bajo éste aparecen dos grupos musculares de menor tamaño: el localizado más internamente corresponde al músculo esternotiroideo y, lateralmente a éste, el músculo esternohioideo.
- Una zona media situada inmediatamente bajo el plano muscular anteriormente descrito. En la parte más medial se sitúa la luz traqueal y cartílago cricoides; lateralmente a la luz traqueal puede observarse una estructura de ecotextura homogénea correspondiente al lóbulo tiroideo; junto a éste se encuentran dos estructuras vasculares: a) la más interna de ellas, redondeada y pulsátil corresponde a la arteria carótida, y b) la más externa triangular y fácilmente colapsable al aplicar presión con la sonda de exploración se corresponde con la vena yugular interna.



Figura 4. Ecografía en la línea media axial oblicua.

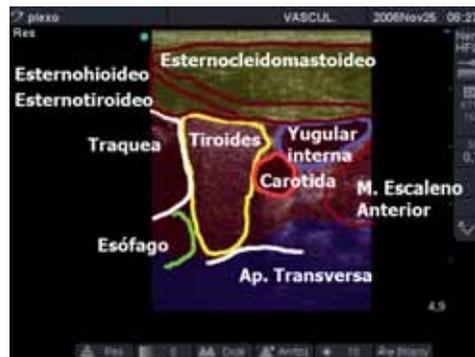


Figura 5. Ecografía anotada, línea media axial oblicua.

- Una zona profunda (situada en el área inferior de la pantalla del ecógrafo). El límite inferior de esta zona lo marca la apófisis transversa vertebral, que a este nivel se corresponde con C6; por encima de este límite y bajo la zona media anteriormente descrita puede identificarse en la zona medial de nuevo la luz traqueal, a continuación y ligeramente posterior a ella puede apreciarse la luz del esófago; esta última se visualiza con mayor facilidad si al tiempo que realizamos la exploración ecográfica le pedimos al paciente que realice movimientos de deglución; por último, lateralmente al esófago es posible encontrar el ganglio estrellado.

Una vez identificadas estas estructuras, se desplaza la sonda en sentido lateral y, manteniendo el mismo ángulo de inclinación, se obtiene la imagen correspondiente al plano de exploración interescalénico (Fig. 6); con fines didácticos, la imagen obtenida puede dividirse de nuevo en tres zonas (Figs. 7 y 8):

- Zona superficial. Ocupada casi en su totalidad por el borde externo del músculo esternocleidomastoideo, éste aparece como una estructura triangular con su vértice apuntando lateralmente.



Figura 6. Colocación de la sonda en el plano axial oblicuo. Interescalénico.

- Zona media. Situada bajo el músculo esternocleidomastoideo, en este plano pueden apreciarse los músculos escaleno anterior (situado más medialmente) y escaleno medio (situado más lateralmente); entre ambos músculos se sitúa el surco interescalénico donde localizaremos las raíces del plexo braquial. Éstas aparecen como imágenes ovaladas o redondeadas, hipocoiacas (oscuras en la imagen), con borde hiperecoico (blanco) y frecuentemente con un punteado en su interior, correspondiente a fibras nerviosas individuales. Con la sonda situada a nivel del cartílago cricoides, las



Figura 7. Ecografía del espacio interescalénico.

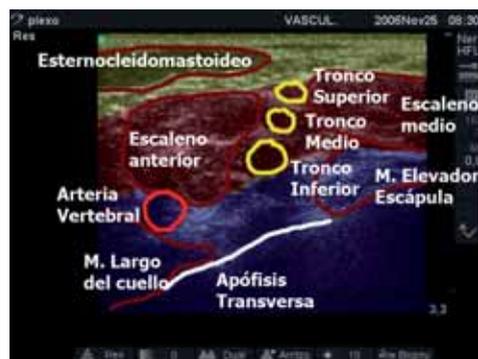


Figura 8. Ecografía anotada del espacio interescalénico.

raíces nerviosas del plexo se disponen en línea y se corresponden con: C5, la más superficial (superior en la imagen); C6 y C7, la más profunda (inferior en la imagen).

En ocasiones no es posible identificar las tres raíces anteriormente descritas, esto puede deberse a las siguientes razones:

- Anisotropismo. El anisotropismo es una característica ecográfica de la exploración de nervios y otras estructuras (p.ej., tendones) que consiste en diferencias en la visualización de la estructura explorada ocasionada por el ángulo de incidencia de los ultrasonidos sobre dicha estructura. Para solucionar este problema, “cabecee” ligeramente el transductor, angule levemente en dirección caudal y craneal hasta obtener la mejor imagen (recuerde, las raíces deben verse como oвалes o redondas anecoicas en su interior y con un borde hiperecoico).
- Exploración del surco interescalénico por encima del nivel C6 (cartilago cricoides). En esta situación generalmente sólo aparecen una o dos raíces del plexo, que rápidamente desaparecen al deslizar la sonda en sentido craneal. Para solucionarlo, desplace caudalmente la sonda ecográfica.
- Exploración del surco interescalénico por debajo del nivel C6 (cartilago cricoides). Esta situación es fácilmente identificable por aparecer en la imagen las estructuras nerviosas arracimadas en un grupo, dando un aspecto de “racimo de uvas”. Para solucionarlo, desplace cranealmente la sonda ecográfica.
- Zona inferior. Situada inmediatamente bajo los músculos escalenos, en la imagen pueden identificarse recorriendo en sentido medial hacia lateral: el vientre del músculo largo del cuello, generalmente situado bajo el músculo escaleno anterior; lateralmente



Figura 9. Colocación de la sonda en el espacio supraclavicular.

a éste la arteria vertebral, una imagen redondeada, hipoeoica y pulsátil. Es importante diferenciarla bien de las estructuras nerviosas (también redondeadas e hipoeoicas aunque no pulsátiles), ya que frecuentemente se sitúa en línea e inferior a ellas en la imagen; en caso de duda puede utilizarse el modo de exploración Doppler color que mostrará el flujo pulsátil de la arteria, no apareciendo este flujo si se exploran las raíces nerviosas. Lateralmente a la arteria, se aprecia el proceso transverso de la 6ª vértebra cervical y por último lateralmente a esta vértebra es posible encontrar en ocasiones el músculo elevador de la escápula.

Abordaje transversal “alternativo”.

Descrito por Jack Vander Beek, consiste en un barrido ecográfico en el sentido caudo-craneal, en lugar del barrido medio-lateral de la técnica “clásica”.

Con el paciente en la misma posición: decúbito supino, cabeza ligeramente rotada al lado contralateral al bloqueo, se sitúa la sonda en la fosa supraclavicular, justo posteriormente a la clavícula (Fig. 9) y se angula en sentido caudal hasta encontrar la arteria subclavia (Figs. 10 y 11).



Figura 10. Ecografía en el abordaje supraclavicular.

A este nivel, la arteria subclavia aparece como una imagen hipoeoica pulsátil en la zona inferior de la pantalla (situación anatómica profunda), "descansando" sobre la primera costilla, que aparece como una línea hiperecoica dejando una sombra acústica tras ella; bajo la 1ª costilla se localiza la cúpula pleural. Lateralmente a la arteria se encuentra la inserción en la primera costilla del músculo escaleno medio, mientras que medialmente a la arteria se encuentra el músculo escaleno anterior. Identificadas estas estructuras, el siguiente objetivo es localizar el plexo braquial a nivel supraclavicular; éste adopta una forma arracimada, rodeado de una vaina hiperecoica, manteniendo las raíces y tron-



Figura 12. Ecografía del espacio interescalénico.



Figura 11. Ecografía anotada del abordaje supraclavicular.

cos a este nivel su imagen ecográfica de estructura ovalada hipoeoica con borde hiperecoico. De nuevo es muy útil el movimiento de "cabeceo" de la sonda para optimizar la visualización. El plexo a este nivel se localiza en la imagen lateral a la arteria subclavia y un poco por encima de ella (más superficial anatómicamente).

Tras identificar el plexo braquial, se procede a realizar el barrido de la sonda en dirección craneal (Figs. 12 y 13), con rápidos movimientos de vaivén craneocaudal, fijando la atención en el plexo braquial. Estos movimientos muestran cómo cambia la disposición del plexo braquial en su recorrido por el cuello, pasan-

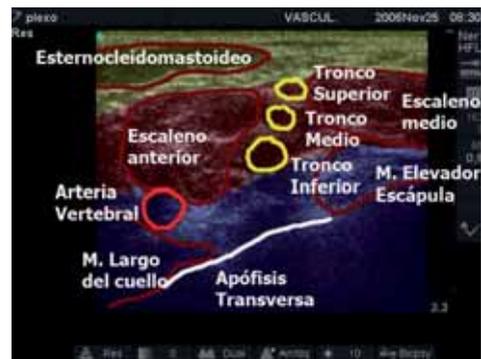


Figura 13. Ecografía anotada del espacio interescalénico.



Figura 14. Colocación de la sonda en el abordaje longitudinal.

do de ser una estructura “arracimada” a una disposición más lineal en el surco interescalénico. La exploración finaliza cuando se identifican las raíces en el surco interescalénico, generalmente esto ocurre en una posición supraclavicular “alta” o interescalénica “baja”.

Este abordaje está especialmente indicado en pacientes con alteraciones anatómicas previas en el cuello (cirugía, radioterapia, vientres musculares delgados, etc.).

Abordaje sagital

Descrito para la valoración anatómica del plexo braquial, es el más difícil de realizar y tie-

ne relativo interés desde el punto de vista del anesthesiólogo.

En la descripción inicial de este abordaje, la sonda se sitúa en sentido longitudinal, justo tras el vientre externo del músculo esternocleidomastoideo (Fig. 14). Sin embargo, la realización de este abordaje es más sencillo si, partiendo del abordaje interescalénico, se rota la sonda 90°; tras esto se “cabecea” la sonda en sentido medial-lateral sin perder de vista las raíces nerviosas, hasta que aparecen los procesos transversos de las vértebras cervicales (Figs. 15 y 16). De esta manera es posible visualizar con el ecógrafo el origen en los agujeros vertebrales de las raíces del plexo braquial. En la imagen obtenida es posible visualizar de nuevo tres zonas:

- Zona superficial. Localizada en la parte superior de la pantalla, es un plano fundamentalmente muscular, encontrándose más superficialmente el músculo esternocleidomastoideo y bajo éste el músculo escaleno anterior.
- Zona media. Ocupada por las raíces del plexo braquial justo a su salida de los orificios vertebrales y rodeadas por las apófisis transversas vertebrales.
- Zona profunda. Localizada en la parte inferior de la pantalla. En ella pueden visuali-



Figura 15. Ecografía longitudinal del cuello.



Figura 16. Ecografía anotada del abordaje longitudinal.

zarse los cuerpos de las vértebras cervicales.

La identificación de una estructura tubular pulsátil entre dos raíces nerviosas del plexo se corresponde con la arteria cervical profunda que sirve como marca anatómica entre las raíces C7 (encima de la arteria) y C8 (por debajo).

Realización del bloqueo

Una vez identificado el plexo a nivel interescalénico, se introduce la aguja lateral al transductor con una leve inclinación caudal (recuerde que la distancia de piel al plexo se sitúa en torno a 1 cm), la aguja se avanza bajo visualización directa en plano con el transductor hasta que entra en el surco interescalénico y se sitúa adyacentemente a una de las raíces nerviosas. Tras una suave aspiración, se procede a la inyección del anestésico local (10-20 ml); bajo visión directa puede confirmarse la difusión del anestésico local dentro del surco interescalénico. Signos positivos de buena difusión del anestésico local son la separación de los músculos escalenos, la adopción de una posición menos lineal de las raíces nerviosas y el realce ecográfico del borde de las raíces del plexo.



PERLAS CLÍNICAS

A nivel interescalénico es importante tener en consideración la aparición de dos variantes anatómicas. La primera de ellas es la localización de la raíz de C5 anterior al músculo escaleno anterior y no en el surco interescalénico, esta situación ocurre en un 3% de los casos y no suele ser causa de bloqueo fallido por la difusión del anestésico local. Sin embargo, en otras ocasiones es posible encontrar las raíces de C5 y C6 bien separadas o fusionadas, atravesando el músculo escaleno anterior. Esto ocurre hasta en un 13% de los casos y

suele ser motivo de bloqueo fallido, por lo que es importante bloquearla individualmente. La imagen producida es la de una imagen redondeada, anecoica con pequeños ecos en su interior, situada cerca del centro del músculo.

En ocasiones podemos encontrar imágenes ovaladas anecoicas en el interior del músculo escaleno medio, éstas suelen corresponderse con los nervios torácico largo y dorsal escapular.

REPUESTA A LA NEUROESTIMULACIÓN

Las contracciones que se localizarán son habitualmente respuestas del tronco superior (contracción del deltoides, del bíceps, supinador largo o extensores), aunque también del medio (contracción del tríceps). Se podrían considerar adecuadas las contracciones del peitoral mayor (C6-C8).

No deben ser consideradas como buenas respuestas producidas por estimulación de nervios que discurren fuera del plexo, como el frénico (movilización del diafragma) o el supraescapular (estímulo del supra e infraespinoso). Una estimulación en el territorio del cubital indica que la aguja está demasiado profunda y habría que retirarla.

INDICACIONES

- Fundamentalmente para analgesia y anestesia del hombro y parte proximal del brazo.
- En casos de cirugía de larga duración o intención analgésica puede ser necesaria la colocación de un catéter.

A nivel interescalénico, el plexo se encuentra organizado en raíces/troncos, siendo más frecuente en este acceso el bloqueo del tronco superior con menor extensión del bloqueo hacia el tronco medio e inferior. De esta forma, los nervios más comúnmente afectados serán aquellos que dependan del tronco superior y

del medio, ambos participan en la formación del cordón lateral (divisiones anteriores) y del cordón posterior (divisiones posteriores). Los nervios originados del cordón lateral son la porción lateral del nervio mediano y el nervio musculocutáneo, mientras que los originados del cordón posterior son el nervio axilar y el nervio radial.

Sin embargo, el tronco menos afectado es el tronco inferior, cuya división anterior forma en su totalidad el cordón medial, contribuyendo con su división posterior a la formación del cordón posterior. Los nervios originados en el cordón medial son la porción medial del nervio mediano, el nervio cubital, el nervio cutáneo anterior del brazo y el nervio cutáneo medial antebraquial.

Si se observa la distribución en dermatomas de los distintos troncos y cordones (Fig. 17), puede apreciarse cómo los nervios originados en el cordón lateral (divisiones anteriores de tronco superior y medio) inervan solo la porción lateral del antebrazo en su cara anterior (n. musculocutáneo). Los originados en el cordón posterior (divisiones posteriores del tronco superior, medio e inferior) inervan gran parte del hombro (n. axilar y radial) y gran parte de la cara posterior del antebrazo y brazo (n. radial). Por último, los originados en el cordón medial (división anterior del tronco inferior) son responsables de gran parte de la inervación del borde medial de antebrazo y brazo (nervios cubital, cutáneo anterior del brazo y cutáneo antebraquial del antebrazo), tanto en su cara anterior como en la posterior.

Esta distribución explica por qué con las técnicas clásicas de bloqueo interescalénico (parestesia, electroestimulación) la distribución del bloqueo se sitúa sobre todo en el territorio de los troncos superior y medio (los más superficiales), siendo poco adecuado el bloqueo para analgesia/anestesia de antebrazo

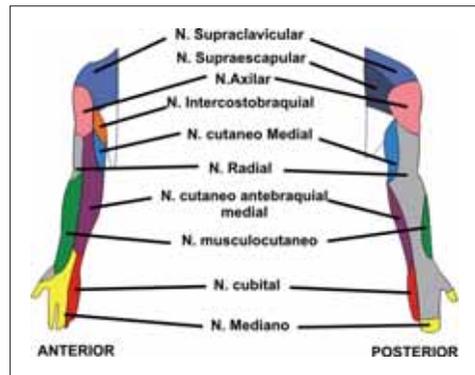


Figura 17. Dermatomas dependientes del plexo braquial.

y mano. Sin embargo, el uso de la ecografía permite una mayor precisión en el bloqueo. Es una buena práctica intentar bloquear en primer lugar el tronco del que depende la inervación de la zona objetivo a anestésiar/analgesiar mediante la recolocación de la aguja en el surco interescalénico bajo visión ecográfica directa. Así, si se desea realizar una técnica sobre el hombro, es necesario “asegurar” el bloqueo del tronco axilar y radial) y el bloqueo por extensión de la zona inferior del plexo cervical (raíces C3-C4: nervio supraclavicular, raíces C5-C6: nervio supraescapular). Por el contrario, si lo que se desea es realizar una técnica sobre el brazo o antebrazo, es necesario “asegurar” el bloqueo del tronco inferior (cordón medial: nervios cubital, cutáneo anterior y cutáneo antebraquial) y el bloqueo por extensión de los nervios originados en las primeras raíces torácicas (sobre todo el nervio intercostobraquial: T2).

COMPLICACIONES

- **Difusión perimedular:** produce bloqueo espinal y requiere soporte ventilatorio. Aspirar previamente a la inyección y comprobar la no salida de LCR.

- **Toxicidad sistémica:** bien por inyección intravascular (realizar test de aspiración previo) o por absorción del anestésico.
- **Síncope vasovagal:** por reacción de Bezold-Jarisch (hipotensión y bradicardia extrema junto con posible apnea). Ocurre por bloqueo simpático cervical y dificultad para el retorno venoso facilitado por la posición quirúrgica (sedestación). Suele aparecer a los 30-60 min del bloqueo. Se trata con efedrina, atropina si precisa y relleno vascular.
- **Parálisis frénica ipsilateral:** es constante en el bloqueo interescalénico. Traduce una difusión cefálica por encima de C6.
- **Alteraciones de la fonación:** disfonía si hay afectación del recurrente (rara), bloqueo del nervio laríngeo superior con anestesia de hemifaringe (más frecuente). Si persiste alteración fonatoria, pensar en afectación anatómica del nervio y vigilar.
- **Síndrome de Horner:** por afectación del ganglio estrellado. Si persiste, sospechar afectación anatómica del ganglio como hematoma.
- **Neumotórax:** excepcional.
- **Disfunciones neurológicas diferidas:** habitualmente transitorias.
- No realizar en alteraciones de la hemostasia.
- Puede requerir bloqueo del plexo cervical superficial (inerva sensitivamente la piel que recubre el hombro en su parte superior y anterior). Para esto se realizará una infiltración de 5-10 ml de anestésico en abanico en la zona del borde lateral posterior del músculo esternocleidomastoideo, en el punto medio de una línea imaginaria que una la mastoidees y la clavícula.

BIBLIOGRAFÍA

- Perlas A, Chan VWS, Simons M. Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation. *Anesthesiology* 2003; 99(2): 429-435.
- Perlas A, Chan VWS. Ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2004; (8): 143-148.
- Vander Beer. Finding the brachial plexus in the Interscalene Space, the Really Easy Way. http://neuraxiom.com/html/interscalene_bp.html.
- Demondion X, Herbinet P, Boutry N. Sonographic mapping of the normal brachial plexus. *Am J Neuroradiol* 2003; 24: 1303-1309.
- Neal J, Hebl J, Gerancher J, Quinn. Brachial Plexus Anesthesia: Essentials of our current understanding. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 2002; 27(4): 402-428.
- Lanz E, Theiss D, Jankovic D. The extent of blockade following various techniques of brachial plexus block. *Anesth Analg* 1983; 62: 55-8.

Nota:

Consideraciones y peculiaridades:

- No realizar bloqueos bilaterales ni a pacientes con patología respiratoria.

Capítulo 6

Bloqueo supraclavicular

Pablo Alonso Hernández, Javier De Andrés Ares, Nagore Echeverría Rodríguez

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

La fosa supraclavicular está limitada por el borde externo del músculo esternocleidomastoideo, el tercio medio clavicular y el borde anterior del trapecio.

Cuando los troncos del plexo braquial abandonan el espacio interescalénico forman 6 divisiones, 3 anteriores y 3 posteriores. Con el bloqueo supraclavicular, el anestésico se depositará bien en la parte distal de los troncos o bien en la parte proximal de las divisiones.

El plexo braquial se dirige desde el espacio interescalénico hacia la axila correspondiente. Pasa por encima de la 1ª costilla, entre las inserciones de los músculos escalenos anterior y medio y por debajo de la clavícula. Cuando el plexo discurre entre la primera costilla y la clavícula es cuando se encuentra más agrupado y continúa rodeado de una vaina aponeurótica. Mantiene íntima relación con la arteria subclavia, situándose superior y externamente a la misma. La vena subclavia se sitúa por encima de la 1ª costilla y por dentro del escaleno anterior.

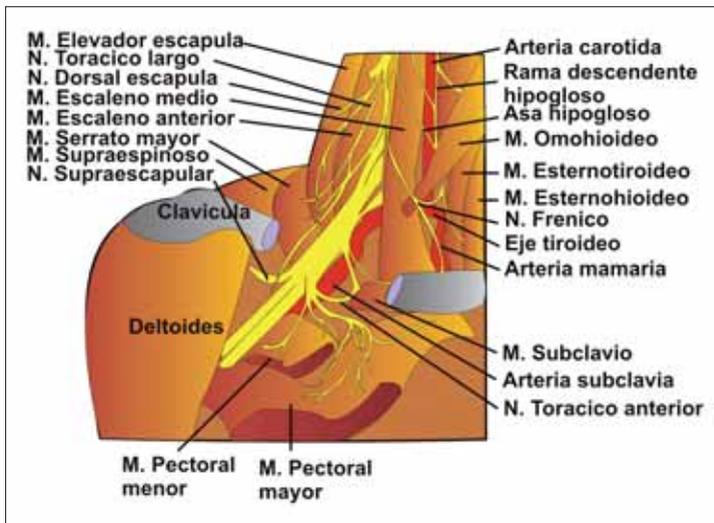


Figura 1. Representación de las ramas supraclaviculares del plexo braquial.

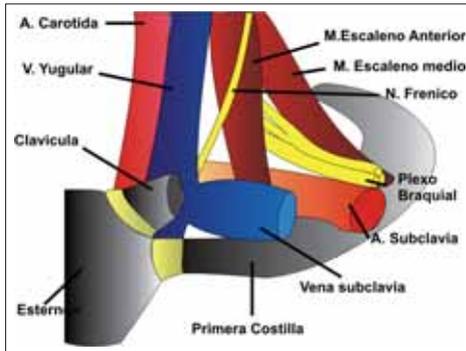


Figura 2. Relación del plexo con los elementos vasculares y musculares en el espacio supraclavicular.

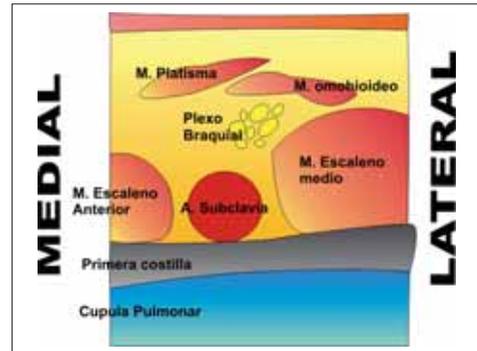


Figura 3. Representación esquemática de una sección del cuello a nivel supraclavicular.

En la parte inferior del plexo estará la primera costilla y la cúpula pleural. Esta última está recubierta por la fascia de Simplón y se sitúa inferointernamente al plexo. Mantiene íntima relación con el borde interno de la 1ª costilla. Hay que recordar que la cúpula pleural derecha está más elevada que la izquierda.

Otros elementos importantes a considerar en la realización de este bloqueo son el nervio frénico que discurre por la cara anterior del escaleno anterior, el nervio laríngeo recurrente y el simpático cervical.

SONOANATOMÍA

Para la obtención de la imagen ecográfica del plexo braquial a nivel supraclavicular coloque la sonda ecográfica en la fosa supraclavicular, paralelamente a la clavícula y con el borde tocando la cara interna de ésta y angulando hacia el interior del tórax (Fig. 4).

La “estructura guía” a localizar es la arteria subclavia. Ésta se identifica como una imagen circular pulsátil hipoeoica; una vez la haya identificado, desplace la sonda en sentido medial o lateral hasta posicionar la arteria en el centro de la imagen, de esta forma obtendrá la imagen ecográfica que incluye al plexo braquial rodeado de distintas estructuras. Tenga

en cuenta que, aunque en la imagen hablemos de una zona medial y otra lateral, en el paciente estas posiciones son anteromedial y posterolateral, de la misma forma que lo que en la imagen aparece como superficial y profundo sería superficial anterior y profundo posterior. De esta forma y de un modo didáctico, la imagen obtenida puede dividirse en tres zonas (Figs. 3, 5 y 6):

- Zona superior. En esta zona puede distinguirse una capa más superficial ocupada por la piel y el tejido celular subcutáneo, inmediatamente bajo esta capa e encuentra medialmente el músculo platisma y lateralmente el músculo omohioideo.
- Zona media. Delimitada medialmente por el músculo escaleno anterior (inserción en la primera costilla) y lateralmente por el músculo interescaleno medio (también se inserta en la primera costilla). Entre ambos músculos se encuentran las estructuras vasculonerviosas, medialmente y junto a la inserción de músculo escaleno anterior se encuentra la arteria subclavia, mientras que lateralmente a ésta (posterior en el sujeto) y algo más superficial en la imagen se encuentra el plexo braquial; éste aparece como 4-6 estructuras redondeadas



Figura 4. Colocación de la sonda en el abordaje supraclavicular.

hipoecoicas en su interior con borde hiperecoico, agrupadas dando una imagen en “racimo de uvas”. A este nivel, el plexo que en el espacio interescalénico lo formaban los troncos superior, medio e inferior, comienza a dividirse para dar lugar a 3 divisiones anteriores y 3 divisiones posteriores; esta división ocurre sobre el borde lateral de la primera costilla, por lo que en la imagen lo que estaremos viendo serán troncos/divisiones. Inmediata y lateralmente a la localización del plexo braquial se observa la inserción del músculo escaleno medio.



Figura 5. Ecografía del espacio supraclavicular.

En ocasiones es posible observar la vena subclavia en su corte transversal; ésta aparece como una estructura redondeada hipoecoica, no pulsátil y con imágenes semejantes a “pequeñas cuerdas” en su interior que se corresponden con estructuras valvulares. Su localización anatómica es anterior a la inserción del músculo escaleno anterior (y, por lo tanto, medial a dicho músculo en la imagen) y en la mayor parte de las ocasiones se encuentra ocultada por la clavícula.

- Zona inferior. Se localiza justo bajo la arteria subclavia; la forman la primera costilla que deja una sombra acústica bajo ella y la cúpula pleural, fácilmente identificable por la presencia de artefactos en “cola de cometa” y por su movilidad con la inspiración profunda del paciente.

REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

Para la realización del bloqueo supraclavicular el paciente se posiciona tumbado con la cabeza girada levemente hacia el lado contralateral al bloqueo y con el brazo paralelo y pegado al cuerpo. La sonda se sitúa justo por encima de la clavícula en una orientación paralela a ésta y en algo menos de 90° de inclina-



Figura 6. Ecografía anotada del espacio supraclavicular.

ción hacia el interior del tórax. El plano así obtenido se denomina plano coronal oblicuo, con el objetivo de obtener una sección transversa de la arteria subclavia.

En esta localización, el plexo braquial se sitúa a una distancia aproximada de piel de aproximadamente 1 cm; por lo tanto, para su exploración es aconsejable utilizar sondas de alta frecuencia (10-15 MHz) y baja penetración (3-4 cm).

Una vez identificado el plexo y el resto de estructuras circundantes, se introduce la aguja por el extremo lateral de la sonda, avanzando en una angulación aproximada de 20° con respecto a la piel y paralelamente al transductor, visualizando así la aguja en todo su recorrido. El plexo braquial se encuentra a una distancia de piel de aproximadamente 2 cm y frecuentemente puede verse rodeado por una estructura similar a una vaina que lo mantiene agrupado. Tras introducir la punta de la aguja en el interior del plexo y aspiración suave, se inyecta lentamente la solución de anestésico local. Un signo de buena distribución del anestésico local es el desplazamiento periférico de las divisiones/troncos que conforman el plexo a este nivel y el reforzamiento del borde hiperecoico de éstas, siendo aconsejable la reposición de la aguja si se observa una distribución asimétrica del anestésico local.



PERLAS CLÍNICAS

- No sobrepase en la imagen el límite inferior de la arteria, el plexo suele encontrarse lateralmente y algo anterior a ésta.
- Para identificar la pleura, indique al paciente que haga inspiraciones forzadas antes de realizar el bloqueo; el desplazamiento lateral y posterior (hacia atrás) en el cuello, así como la búsqueda de artefactos “en cola de cometa” (típicos de la pleura parietal), ayudan a identificar la pleura.

RESPUESTA AL NEUROESTIMULADOR

Las respuestas motoras que se pueden considerar como adecuadas son la abducción del brazo (n. axilar), flexión del codo con supinación (n. musculocutáneo), flexión de la muñeca, dedos o pronación del antebrazo (n. mediano) o extensión de brazo, antebrazo o muñeca (n. radial). Con una sola respuesta puede ser suficiente puesto que a este nivel el plexo va muy agrupado.

INDICACIONES

- Fundamentalmente para analgesia y anestesia por debajo del hombro.
- Útil cuando el hombro y el codo no pueden moverse.
- En casos de cirugía de larga duración o intención analgésica puede ser necesaria la colocación de un catéter.

Debido al agrupamiento del plexo a este nivel, si se produce una distribución uniforme del anestésico local, se alcanza el bloqueo en todos los territorios nerviosos dependientes del plexo braquial con una efectividad superior al 80%. Para que la distribución del anestésico sea uniforme, es fundamental la inyección lenta de la solución y observación directa ecográfica de dicha distribución.

Debido a la limitada distribución craneal del anestésico local en este abordaje, la técnica supraclavicular no es útil para la realización de técnicas analgésicas/anestésicas sobre el hombro, ya que gran parte de la inervación de éste depende de nervios procedentes del plexo cervical en sus raíces inferiores (raíces C3-C4: nervio supraclavicular, raíces C5-C6: nervio supraescapular).

El bloqueo del plexo braquial vía supraclavicular comparte las mismas indicaciones que los abordajes infraclavicular y axilar, y comparado con éstos presenta algunas ventajas reseñables:

- En el bloqueo supraclavicular, utilizando una inyección única es posible realizar un bloqueo completo de todos los territorios nerviosos del antebrazo y brazo con una distribución uniforme del anestésico local. Sin embargo, en el abordaje axilar los nervios cutáneos medial del brazo y antebrazo, musculocutáneo y axilar ya han abandonado la vaina neurovascular (por este motivo y a pesar de utilizar altos volúmenes de anestésico local, es posible encontrar bloqueo incompleto en el territorio del nervio musculocutáneo hasta en el 25% de los pacientes sometidos a bloqueo del plexo braquial vía axilar).
- Comparado con el bloqueo infraclavicular, el acceso supraclavicular presenta una mayor incidencia de bloqueos efectivos del territorio radial con la técnica de única punción (bloqueo incompleto en el 18% de los accesos infraclaviculares frente a 0% en el caso de los supraclaviculares). Esto es debido a que el cordón posterior (origen del nervio radial) es el más difícil de bloquear en el abordaje infraclavicular; sin embargo, cuando en el abordaje infraclavicular se utiliza bloqueo selectivo de los distintos cordones, estas diferencias desaparecen entre ambos abordajes (bloqueo en territorio radial 90%-95%).
- **Toxicidad sistémica:** bien por inyección intravascular (realizar test de aspiración previo) o por absorción del anestésico.
- **Punción arterial subclavia.**
- **Parálisis frénica ipsilateral.**
- **Alteraciones de la fonación:** disfonía si hay afectación del recurrente (rara).
- **Síndrome de Horner:** por afectación del ganglio estrellado.
- **Disfunciones neurológicas diferidas:** habitualmente transitorias.

Nota:

Consideraciones y peculiaridades:

- Dada la posible aparición de neumotórax en las horas posteriores al bloqueo, puede no ser una buena opción en cirugía ambulatoria.
- Contraindicada su utilización en pacientes con patología respiratoria o parálisis recurrencial contralateral y alteraciones de la hemostasia.
- Puede ser preciso el bloqueo concomitante del nervio intercostobraquial si se prevé un uso prolongado del manguito de isquemia. Este nervio surge de las raíces D2-D3 y aporta parte de la sensibilidad de la cara interna del brazo. Se bloquea en el hueco axilar por encima de la arteria en el tejido subcutáneo.

COMPLICACIONES

- **Neumotórax:** clásicamente se describe como de aparición tardía, por lo que se aconsejaba no realizar este tipo de bloqueo en cirugía ambulatoria. Por esta posible complicación se aconseja este bloqueo sólo cuando el infraclavicular o el axilar no sean posibles. No obstante, la visualización directa de la pleura durante el bloqueo debe disminuir esta posible complicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O. Ultrasound-Guided Supraclavicular Brachial Plexus Block. *Anesth Analg*(97): 1514-7, 2003.
- Lanz E, Theiss D, Jankovic D. The extent of blockade following various techniques of brachial plexus block. *Anesth Analg* 1983; 62: 55-8.
- Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-Guided Supraclavicular Approach for Regional Anesthesia of the Brachial Plexus. *Anesth Analg* 194 (78): 507-13.

- Arcand G, Williams S, Chouinard P, Boudreault D, Harris P, Ruel M, Girard F. Ultrasound-Guided Infraclavicular Versus Supraclavicular Block. *Anesth Analg* 2005;101(3): 886-90.
- Sandhu NS, Capan LM. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 2002; 89: 254-9.
- Ootaki C, Hayashi H, Amano M. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: An alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. *Reg Anesth Pain Med* 2000; 25: 600-4.

Capítulo 7

Bloqueo infraclavicular

Manuel José Muñoz Martínez, Laura Moreno Ortega, Lorena Calvo Frutos

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

Cuando el plexo braquial pasa por el borde externo de la primera costilla y debajo de la clavícula, tras abandonar el espacio interesca-lénico, los troncos superior, medio e inferior forman 6 divisiones, 3 anteriores y 3 posteriores. Estas divisiones rápidamente se fusionan para formar 3 cordones (los cordones se denominan lateral, posterior y medial según su relación con la arteria axilar, que es la continuación de la arteria subclavia al pasar por debajo de la clavícula).

- Cordón lateral: de las divisiones anteriores de los troncos superior y medio.
- Cordón medial: división anterior del tronco inferior.
- Cordón posterior: de las divisiones posteriores de los tres troncos.

El lateral y el medial inervan componentes flexores de la extremidad y el posterior, los extensores.

Los cordones y la arteria se dirigen hacia el brazo y pasan por debajo del músculo subclavio y pectoral menor. En el borde externo del

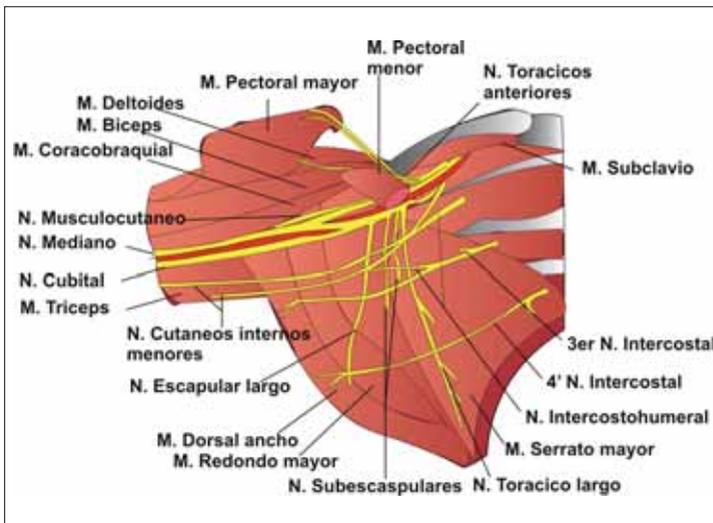


Figura 1. Espacio infraclavicular. Relaciones musculares de los cordones del plexo braquial.



Figura 2. Colocación de la sonda en el abordaje infraclavicular medioclavicular.

pectoral menor se dividen en los ramos terminales axilar, musculocutáneo, radial, mediano, cubital y los nervios exclusivamente sensitivos cutáneo medial del brazo y del antebrazo. De éstos, los que antes abandona el plexo son el musculocutáneo, el axilar o circunflejo y los sensitivos cutáneo medial del brazo y antebrazo.

SONOANATOMÍA

A su paso bajo la clavícula, el plexo braquial, que en este punto está conformado por las divisiones anteriores y posteriores, comienza a formar los tres cordones: medial, lateral y posterior.



Figura 3. Ecografía en el abordaje medioclavicular.

Se distinguen dos regiones fundamentalmente para realizar un bloqueo infraclavicular, el abordaje medioclavicular (transversal) y el paracoracoideo (sagital).

Abordaje medioclavicular

Inicialmente se ha tomado como referencia para este abordaje la región descrita por Kilka et al en su descripción del bloqueo infraclavicular vertical (VIP). En este punto, el abordaje se realiza en el punto medio de la línea que une el yúgulum y la cara ventral del acromion. Sin embargo, estudios posteriores con ultrasonidos, como los de Greher y Neuburger, han demostrado que esta referencia es sólo válida en el 20% de los pacientes; no obstante, puede definirse este punto como el punto inicial de exploración, para posteriormente desplazar la sonda en sentido lateral o medial hasta encontrar el punto de referencia que lo constituye la arteria subclavia.

Para realizar este abordaje, se coloca la sonda paralela e inferiormente a la clavícula, angulando ligeramente el transductor en sentido craneal (Fig. 2). En la imagen obtenida de nuevo identificaremos tres zonas (Figs. 3 y 4): superior o superficial (anterior), media, e inferior o profunda (posterior).



Figura 4. Ecografía anotada en el abordaje medioclavicular.



Figura 5. Colocación de la sonda en el abordaje coracoideo.

- Zona superior. Es una región ocupada enteramente por estructuras musculares, la mayor de ellas, más superficial, con forma triangular y su vértice dirigiéndose lateralmente es el músculo pectoral mayor. Inmediatamente bajo el pectoral puede encontrarse el músculo subclavio.
- Zona media. En esta zona es donde se encuentra el paquete vásculo-nervioso; medialmente se encuentra la vena subclavia, siendo posible en ocasiones visualizar la entrada en ella de la vena cefálica; lateralmente a la vena puede encontrarse la arteria subclavia fácilmente identificable por su pulsatilidad;



Figura 6. Ecografía de la región infraclavicular en el abordaje coracoideo.

el plexo, formado por los cordones medial, lateral y posterior, se localiza rodeando la arteria, situándose el cordón medial entre arteria y vena, el cordón lateral externo a la arteria. El cordón posterior, al ser más profundo es el que se identifica con más dificultad, siendo en ocasiones necesario el “cabeceo del transductor” para su localización.

- Zona inferior. Ocupada por la pleura.

Abordaje coracoideo

En el abordaje coracoideo, el punto de referencia para el inicio de la exploración ecográfica lo constituye el surco deltopectoral (Fig. 5), la región explorada de esta forma es la misma que la descrita por Kapral et al en su abordaje infraclavicular lateral.

En la imagen obtenida, se distinguen de nuevo tres zonas: superior (superficial o anterior), media, e inferior (profunda o posterior). En este caso, los límites laterales de la imagen no constituyen las zonas medial y lateral de la exploración sino que representan las zonas craneal (ocupada por el cordón lateral) y caudal del paciente (ocupada por la vena axilar). Para obtener una imagen en posición anatómica deberá rotar las figuras 6 y 7, 90° en el sentido contrario a las agujas del reloj.

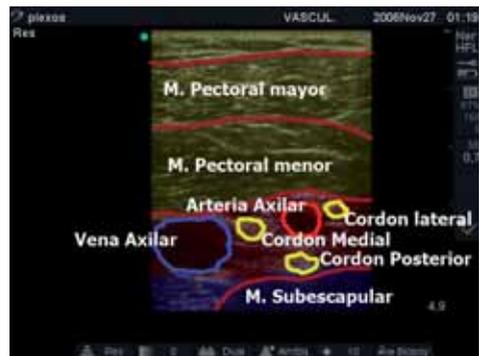


Figura 7. Ecografía anotada de la región infraclavicular en el abordaje coracoideo.

- Zona superior (anterior). Es de nuevo un plano muscular en el que se localizan el músculo pectoral mayor (más superficial) e, inmediatamente bajo éste, el músculo pectoral menor.
- Zona media. Ocupada por el paquete vículo-nervioso. Localizada más caudalmente (zona izquierda de la imagen) se encuentra la vena axilar; a continuación, y leyendo la imagen de izquierda a derecha (en sentido caudo-craneal anatómicamente), se encuentra la arteria axilar, y entre la arteria y vena el cordón medial del plexo braquial; inmediatamente posterior a la arteria puede verse el cordón posterior, mientras que el cordón lateral queda más a la derecha de la imagen (superior a la arteria).
- Zona inferior (posterior). Es otro plano muscular, ocupado en su práctica totalidad por el músculo subescapular.

REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

Abordaje medioclavicular

En este abordaje, el paciente es colocado en decúbito supino, con la cabeza ligeramente rotada hacia el lado contralateral al bloqueo y el brazo pegado al cuerpo o en una ligera abducción de 30°; en ocasiones suele ser útil para lograr una mejor exposición del plexo colocar un rodillo bajo los hombros del paciente. Una vez colocado, se sitúa la sonda con su borde lateral pegado a la coracoides y su borde superior inmediatamente inferior a la clavícula, angulando la cabeza del transductor 15°.

Tras localizar el plexo, tomando como referencia inicial la arteria subclavia, se introduce la aguja lateral al transductor, en una angulación de aproximadamente 40°. El abordaje lateral al transductor presenta la ventaja con respecto al medial de ser más fácilmente evitables las estructuras vasculares y estar más cercano a la localización del plexo.

Si se localiza el cordón posterior es una buena práctica infiltrar éste en primer lugar, ya que el desplazamiento del resto de estructuras se realizará en sentido anterior (superior en la imagen), quedando así más expuestas y siendo más fácilmente visualizables.

Abordaje coracoideo

En el abordaje coracoideo, el paciente se sitúa en decúbito supino, con la cabeza rotada hacia el lado contralateral al bloqueo y el brazo en abducción de 90°. Algunos autores aconsejan una abducción mayor (110°), acompañada de rotación externa y flexión de 90° del codo, esta posición aportaría como ventajas una mayor separación del plexo de la pleura y una mayor exposición.

Colocado el paciente, se sitúa la sonda en el plano sagital en el vértice del surco deltopectoral. El punto de entrada de la aguja se sitúa superior a la sonda de ultrasonidos; introduciendo la aguja en un ángulo de 45°, se dirige hacia el cordón medial, situado entre la vena y arteria axilar; tras la infiltración de aproximadamente 5 ml de anestésico local, se retira levemente la aguja y se angula para situarse entre la arteria y el cordón lateral, depositando en este punto otros 5 ml de anestésico; posteriormente se avanza la aguja hasta situarla entre la arteria axilar y el cordón posterior, infiltrando en este punto de nuevo 5 ml de anestésico local.

RESPUESTA A LA NEUROESTIMULACIÓN

- **A nivel medioclavicular** se pueden aplicar las mismas consideraciones que para el bloqueo supraclavicular.
- **A nivel coracoideo:**
 - En general las respuestas mejores son las distales.
 - Cordón lateral: flexión del codo y pronación del antebrazo como respuestas proximales y flexión de los dedos como dis-

Tabla I. Inervación sensitiva dependiente del cordón posterior.

Área sensitiva	Vía nerviosa
Articulación glenohumeral.	Nervio axilar (C5).
Piel sobre la mitad de la zona inferior del deltoides.	N. cutáneo lateral superior (procedente del N. axilar).
Piel en la región central del deltoides.	Rama anterior del N. axilar.
Piel sobre la superficie extensora del tercio superior del brazo.	N. cutáneo posterior (rama del N. radial).
Piel sobre la porción lateral del tercio superior del brazo.	N. cutáneo lateral del brazo (rama del N. radial).
Piel situada sobre la cara extensora del antebrazo y muñeca.	N. radial.
Membrana interósea.	Nervio interóseo posterior (rama del N. radial).
Periostio de cúbito y radio. Cara extensora de las articulaciones del carpo.	Nervio interóseo posterior (rama del N. radial).

tales. En posición anatómica el 5° dedo movimiento lateral.

- Cordón medial: desviación cubital de la muñeca y flexión de la mano. En posición anatómica el 5° dedo movimiento medial.
- Cordón posterior: contracción del deltoides (circunflejo), extensión supinación de la muñeca (radial). En posición anatómica el 5° dedo movimiento posterior.
- La contracción de los pectorales no es una respuesta válida (aguja demasiado externa).

INDICACIONES

- Fundamentalmente para analgesia y anestesia desde el tercio medio del brazo hasta los dedos. Podría servir incluso para cirugía del tercio superior del brazo.
- Útil cuando el hombro y el codo no pueden moverse.
- En casos de cirugía de larga duración o intención analgésica puede ser necesaria la colocación de un catéter.

La visualización del plexo braquial con cualquiera de los abordajes a nivel infraclavicular es difícil, especialmente en el abordaje medio-clavicular, donde por la posición del plexo el cordón posterior en ocasiones no es visualizable. Esto mismo ocurre en el abordaje coracoido: en éste, y debido a la localización más posterior del cordón, es el menos visible de los tres. La dificultad para encontrar el cordón posterior hace que los territorios inervados por éste (Tabla I) queden bloqueados de una forma parcial o no bloqueados. Por el contrario, las zonas que presentan una mayor calidad en el bloqueo con el abordaje infraclavicular son aquellas dependientes del cordón lateral (Tabla II).

Para la colocación de catéteres, la localización de elección es junto al cordón posterior. La difusión anterior del anestésico local asegura un cierto grado de bloqueo de los otros dos cordones. La presencia de la arteria axilar como una auténtica barrera de separación entre los cordones medial y lateral, hace que la difusión del anestésico local depositado en cualquiera de estas localizaciones se vea impedida, sien-

Tabla II. Inervación sensitiva dependiente del cordón lateral.

Área sensitiva	Vía nerviosa
Articulación acromioclavicular. Ligamentos coracoclaviculares.	N. pectoral lateral (C6, C7, C8). N. supraescapular (tronco superior).
Articulación del hombro.	N. musculocutáneo.
Borde lateral del antebrazo.	N. cutáneo lateral del antebrazo (rama del N. musculocutáneo).
Zona anterior de la articulación de la muñeca y del carpo.	N. interóseo anterior (rama del N. mediano).

do así poco aconsejables estas localizaciones para la colocación de catéteres.

COMPLICACIONES

- **Neumotórax:** raro.
- **Toxicidad sistémica:** bien por inyección intravascular (realizar test de aspiración previo) o por absorción del anestésico.
- **Punción arterial subclavia.**
- **Punción de la vena cefálica:** descrita en el abordaje medioclavicular, es una complicación frecuente con las técnicas de neuroestimulación, llegando a alcanzar al 30% de los pacientes.
- **Parálisis frénica ipsilateral:** muy infrecuente pero posible por extensión supraclavicular (precaución en paciente respiratorio grave).
- **Alteraciones de la fonación:** disfonía si hay afectación del recurrente (rara).
- **Síndrome de Horner:** muy raro.
- **Disfunciones neurológicas diferidas:** habitualmente transitorias.

Notas:

- El acceso más proximal es muy útil para la colocación de un catéter para analgesia.

- Al igual que en el caso del bloqueo supraclavicular, puede ser necesaria la anestesia del nervio intercostobraquial (ver capítulo anterior).

BIBLIOGRAFÍA

- Kilka HG, Geiger P, Mehrkens HH. Infraclavicular plexus-blockade. A new method for Anesthesia of the upper extremity. An anatomical and clinical study. *Anaesthetist* 1995; 44: 339-44.
- Greher M, Retzl G, Niel P, Kamholz L, Marhofer P, Kapral S. Ultrasonographic assessment of topographic anatomy in volunteers suggest a modification of the infraclavicular vertical brachial block. *Br J Anaesth* 2002; 88: 632-6.
- Neuburger M, Kaiser H, Ass B, Franke C, Maurer H. Vertical infraclavicular block of the brachial plexus (VIP). A modified method to verify the puncture under consideration of the risk of pneumothorax. *Anaesthesist* 2003; 52: 619-24.
- Kapral S, Jandrasits O, Schabernig C, et al. Lateral infraclavicular plexus block vs. axillary block for hand and forearm surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999; 43: 1047-52.
- Bigeleisen P, Wilson M. A comparison of two techniques for ultrasound guided infraclavicular block. *Br J Anaesth* 2006; 96: 502-7.
- Sandhu NS, Capan LM. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 2002; 89: 254-9.

Capítulo 8

Bloqueo axilar

Pablo Alonso Hernández, Clemente Muriel Villoria, Pilar Adán Valero

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

El hueco axilar está constituido por los músculos pectoral mayor, bíceps, coracobraquial, tríceps y dorsal ancho. En la parte profunda se sitúa la cabeza y la diáfisis del húmero. Dentro de este hueco discurre la arteria y vena axilar y el plexo braquial. A este nivel, el plexo ya está dividido en nervios terminales por lo que su estimulación corresponde a los mismos.

La vaina aponeurótica va a desaparecer y algunos nervios, como el musculocutáneo y el circunflejo, ya la han abandonado. Dentro de la

vaina se encuentran la arteria, la vena y los nervios mediano, cubital, radial y cutáneo medial del brazo, si bien existen numerosos tabiques formando un espacio multicompartimental. El nervio cutáneo medial del antebrazo suele ir por fuera de la vaina aunque a veces se localiza dentro de la misma. El intercostobraquial, que procede de las raíces de T2 y T3 y que contribuye a la sensibilidad de la cara interna del brazo, va paralelo a la vaina pero por fuera de ella.

En general, en un corte transversal observaríamos el nervio mediano por encima de la

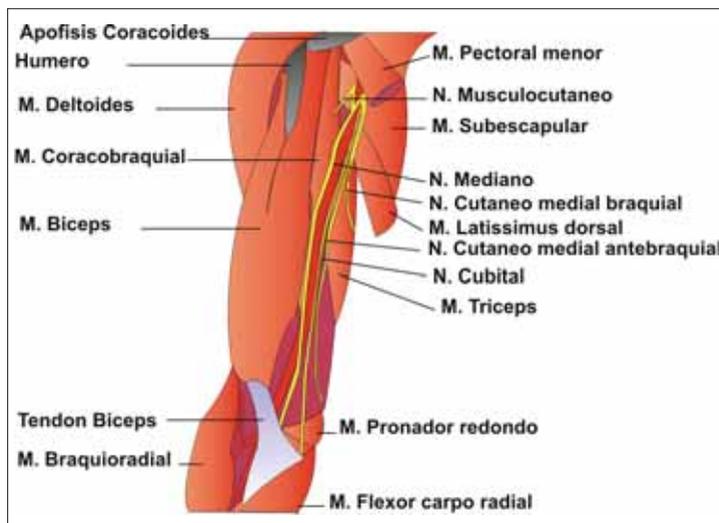


Figura 1. Anatomía del plexo braquial en la axila.



Figura 2. Colocación del paciente y la sonda ecográfica para la realización del bloqueo axilar.

arteria, el cubital por dentro de la misma y el radial por debajo de ella. El musculocutáneo discurre en el músculo coracobraquial. No obstante, existen numerosas variaciones anatómicas. La vena se situaría por dentro y superiormente a la arteria axilar.

SONOANATOMÍA

Tal vez el aspecto más importante a la hora de realizar este bloqueo sea la de lograr una correcta orientación espacial en la imagen. La sonda se coloca en relación transversa al eje longitudinal del brazo y tan próxima a la axila como sea posible. Con la sonda en esta situa-



Figura 4. Imagen ecográfica de los nervios mediano, cubital, radial y musculocutáneo en la axila.

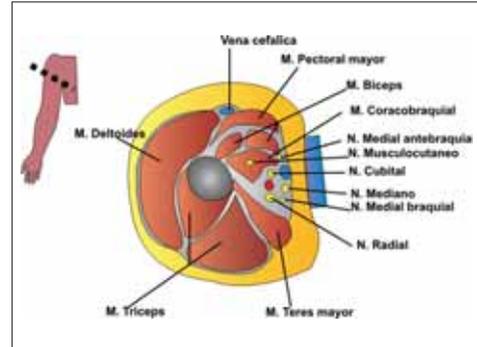


Figura 3. Diagrama que muestra la relación de los nervios mediano, cubital y radial con las estructuras musculovasculares de la axila. El rectángulo azul representa la colocación de la sonda.

ción, la zona superior de la imagen corresponde a la cara medial del brazo, mientras que la zona inferior es la posterior.

En la axila el compartimento neurovascular está localizado en el surco bicipital interno (Figs. 4 y 5); este surco separa la musculatura flexora (bíceps y coracobraquial) de la extensora (músculo tríceps). Dentro de este surco encontramos el principal punto de referencia para la realización del bloqueo, la arteria axilar, esta se identifica como una imagen redondeada hipoeoica y pulsátil, lateral a ella en la ima-

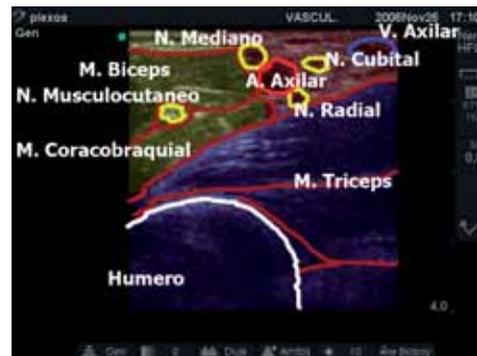


Figura 5. Imagen ecográfica modificada para mostrar las distintas estructuras anatómicas de la axila.

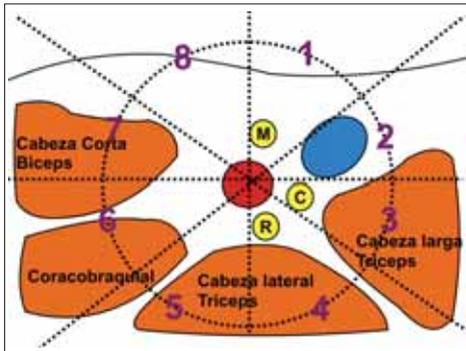


Figura 6. Posiciones relativas de los nervios mediano, cubital y radial con respecto a la arteria axilar.

gen (inferior a la arteria anatómicamente) se encuentra la vena o venas axilares; ésta en ocasiones no es visible por estar colapsada debido a la presión del transductor. En el surco bicipital entre la arteria y la vena axilar suele encontrarse el nervio cubital; en la imagen suele aparecer como una estructura oval hipoecoica. Medialmente a la arteria en la imagen (superior y anterior anatómicamente) se encuentra el nervio mediano, mientras que el nervio radial se localiza debajo de la arteria (posterior anatómicamente). El nervio musculocutáneo se localiza a este nivel entre los músculos bíceps y coracobraquial, mientras que en secciones ecográficas más próximas al codo en el tercio medio del brazo puede encontrarse atravesando el músculo coracobraquial.

Dependiendo de la zona explorada las posiciones relativas de los nervios cubital, mediano y radial con respecto a la arteria axilar, pueden sufrir importantes variaciones:

- En la zona más proximal de la axila (intersección del músculo pectoral mayor con el bíceps), el nervio cubital se encuentra con frecuencia (59%) anteromedialmente a la arteria axilar (Fig. 6, sector 2). El nervio radial se localiza más frecuentemente (38%) en la zona posteromedial a la arteria (Fig. 6,

sector 3). El nervio mediano presenta dos picos de frecuencia en su localización, ambos anteriores a la posición de la arteria (Fig. 6, sectores 1 y 8). En esta zona, la distancia de piel a los tres nervios se sitúa aproximadamente a 0,6 cm.

- En la zona del tercio medio del brazo, el nervio radial no es visible en la proximidad de la arteria en el 80% de los pacientes, en ocasiones ni siquiera es visualizable por encontrarse tras el húmero. En el 30% de los casos tampoco es posible visualizar los nervios mediano y cubital en la proximidad de la arteria; sin embargo, cuando se visualizan éstos mantienen una posición similar, aunque más alejada de la arteria, que en la exploración proximal. En esta zona la distancia de piel a los tres nervios se sitúa aproximadamente a 0,7 cm.

REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

El bloqueo se realiza con el paciente en decúbito supino, la cabeza en posición neutra y la extremidad superior en abducción de 90°, rotación externa y el codo flexionado 90° o en extensión. La sonda se coloca transversalmente al eje largo del brazo, a la altura de la unión del pectoral mayor y deltoides (Fig. 3).

Una vez localizadas las estructuras nerviosas, se procede en primer lugar al bloqueo del nervio radial, para ello se introduce la aguja en plano con el transductor y por su borde superior, seguidamente se dirige hacia la zona posterior de la arteria radial. Una vez bloqueado el nervio radial, se retira la aguja hacia el espesor del bíceps. El siguiente paso consiste en bloquear el nervio mediano, situado anteriormente a la arteria, para ello volvemos a avanzar la aguja y, una vez infiltrado y aprovechando el desplazamiento provocado por el depósito de anestésico local, progresamos aún más la aguja, pasando anteriormente a la arteria (en la ima-

gen encima de la arteria) hacia el espacio que delimitan arteria y venas axilares, donde se encuentra el nervio cubital. Por último, se retira la aguja casi completamente, modificando su angulación para dirigirse hacia el nervio musculocutáneo situado entre bíceps y coracobraquial.

RESPUESTA A LA NEUROESTIMULACIÓN

- Las respuestas por nervios son:
 - **Musculocutáneo.** Flexión y supinación del antebrazo.
 - **Mediano.** Flexión de muñeca, del 2º y 3º dedo y pronación del antebrazo.
 - **Cubital.** Contracción del flexor cubital, del 4º y 5º dedo y aducción del pulgar.
 - **Radial.** Extensión de los dedos y también de muñeca y antebrazo.
- En este bloqueo, debido a los tabiques de la vaina aponeurótica, es más eficaz la localización de múltiples respuestas.

INDICACIONES

- Fundamentalmente para anestesia y analgesia de mano, antebrazo y codo. Tradicionalmente, con el uso del neuroestimulador los territorios con peor calidad en el

bloqueo se localizaban en el área inervada por el nervio radial y musculocutáneo. Sin embargo, la utilización de ultrasonidos y la visualización directa de ambos nervios muestra eficacias cercanas al 100% en la mayor parte de los estudios.

COMPLICACIONES

- Toxicidad sistémica: bien por inyección intravascular (realizar test de aspiración previo) o por absorción del anestésico. Traumatismos anatómicos.
- Punción vascular: si se produce, realizar compresión para evitar el hematoma.
- Disfunciones neurológicas diferidas: habitualmente transitorias.

BIBLIOGRAFÍA

- Denzil W, Hawkinberry II, Broaman L. An introduction to ultrasonic guided axillary brachial plexus neuroblockade. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2004; 8: 149-54.
- Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W. Ultrasonographic Findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg* 2001; 92: 1271-5.
- Lanz E, Theiss D, Jankovic D. The extent of blockade following various techniques of brachial plexus block. *Anesth Analg* 1983; 62: 55-8.

Capítulo 9

Bloqueo individualizado de nervios mediano, cubital y radial

Gabino Mozo Herrera, Raúl Álvarez Aguilera, Amparo Paniagua Montes

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

En general los bloqueos de nervios de forma individualizada se realizarán en tramos proximales (tercio superior, medio o distal de brazo y tercio proximal de antebrazo); no obstante, pueden ser bloqueados a lo largo de todo su trayecto. Aquí se describen zonas para el bloqueo de los nervios mediano, cubital y radial, que son de fácil acceso con el ecógrafo.

- **Nervio mediano:** desciende por la parte medial del húmero junto a la arteria humeral, llegando hasta el codo donde se sitúa

por dentro del tendón del bíceps y de la arteria humeral. Continúa por la línea media del antebrazo pasando entre las inserciones humeral y cubital del músculo pronador redondo, cruza a la arteria cubital por delante y se introduce en el túnel carpiano pasando por debajo del ligamento anular del carpo. Se puede bloquear en:

- Canal humeral: en la unión del tercio medio y superior del brazo. Visto anatómicamente, este canal está limitado anteriormente por el bíceps y su apo-

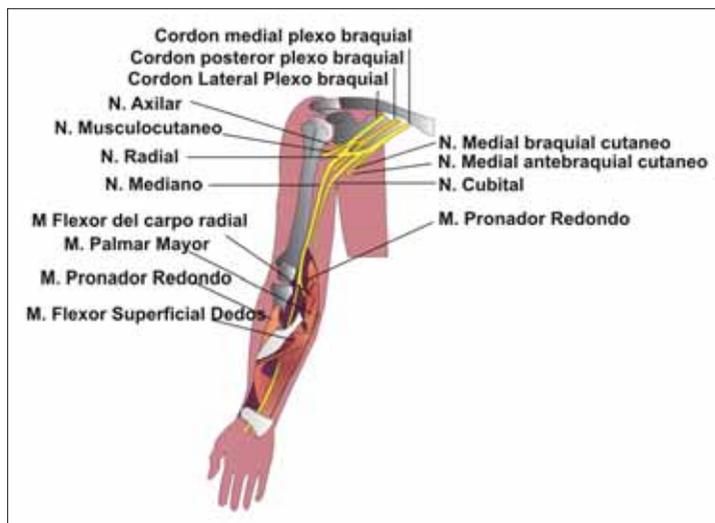


Figura 1. Representación de los nervios mediano, cubital y radial en su transcurso por el brazo. Se sigue el recorrido del nervio mediano en el antebrazo.

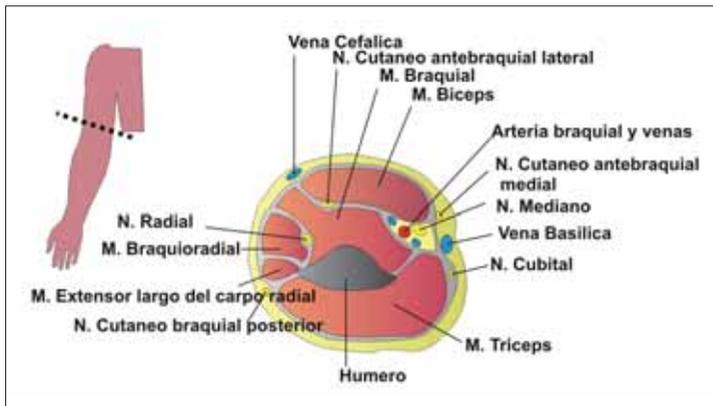


Figura 2. Sección media en el brazo que muestra los nervios mediano, cubital y radia

neurosis; en la parte posterior por el tríceps braquial; en profundidad por el coracobraquial o el braquial, dependiendo de la altura del corte y la parte medial del tríceps; y medialmente por fascia, tejido celular subcutáneo y piel. El nervio mediano va junto a la arteria humeral en su parte anteroexterna, por delante de la vena humeral.

- Codo: el bloqueo se realiza en la fosa cubital, que se encuentra por delante de la articulación del codo. En su parte superficial está la piel, el tejido celular subcutáneo y una fascia que contiene los nervios sensitivos cutaneomedial del antebrazo y cutaneolateral del antebrazo (rama terminal del musculocutáneo), así como venas superficiales. Más profundamente, el nervio mediano se sitúa entre el músculo pronador redondo y el músculo braquial, por dentro de la arteria braquial. Todo el paquete vasculonervioso va por dentro del tendón del bíceps.
- **Nervio cubital:** desciende por la cara interna del brazo junto a la arteria humeral por debajo de la misma. Se separa de la arteria en el tercio inferior del brazo y se hace posterior. En el codo pasa por el canal epitrocleo-olecraniano, entre las inserciones del músculo cubital anterior. Desciende por el antebrazo, por su cara medial, situado entre los músculos cubital del carpo, flexor digital superficial y flexor digital profundo. En la muñeca, acompañado de la arteria cubital, pasa lateralmente al pisiforme y forma dos ramas, una mixta palmar y otra sensitiva dorsal. Se puede bloquear en:
 - Canal humeral: el nervio va inferiormente a la arteria humeral. (Ver arriba la descripción del canal humeral).
 - Tercio distal del brazo: en este punto se localiza muy superficialmente y por debajo del músculo tríceps, medial al cóndilo medial humeral.
 - Antebrazo: en la cara interna del tercio superior. El nervio se sitúa entre los músculos cubital del carpo, flexor digital superficial y flexor digital profundo. En la parte más superficial está la piel, tejido celular subcutáneo y fascia. A este nivel se puede encontrar también la vena basilíca superficialmente.
- **Nervio radial:** cuando abandona la axila se dirige hacia abajo, haciéndose posterior. Va por detrás y por fuera del brazo, contorneando el húmero en el canal de torsión. Pasa entre el músculo tríceps, se



Figura 3. Anatomía de superficie del nervio mediano.



Figura 4. Colocación de la sonda para el abordaje del N. mediano.

sitúa inmediatamente detrás del húmero y posteriormente, en el tercio inferior del brazo, atraviesa el tabique intermuscular externo. Entonces se hace más superficial, localizándose en la parte anteroexterna del brazo, entre los músculos braquial y braquiorradial. En el pliegue del codo, el nervio discurre por el canal bicapital externo que lo forman por dentro el bíceps y el braquial anterior y por fuera el supinador largo. Se divide en dos ramas a la altura de la cabeza del radio. Una rama anterior sensitiva que desciende por el antebrazo por debajo del músculo braquiorradial y por encima del supinador, junto a la arteria radial. Esta rama se hace subcutánea en la parte inferior del antebrazo. Y otra rama profunda motora que desciende en la parte posterior del antebrazo entre el músculo supinador, innervando diversos músculos como el propio supinador o los extensores. Se puede bloquear en:

- La cara anterolateral externa del tercio distal del brazo, antes de dividirse en nervio radial superficial y profundo. Se localiza entre los músculos braquiorradial y braquial.

REALIZACIÓN DEL BLOQUEO

En general los bloqueos de nervios de forma individualizada se realizarán en tramos proximales (tercio medio y distal del brazo o tercio proximal del antebrazo).

En estas zonas los nervios se encuentran muy superficialmente y se muestran en la imagen ecográfica como estructuras ovaladas delimitadas por una zona hiperecótica en su periferia, siendo el interior hipoecótico con un punteado de ecos.

NERVIO MEDIANO

Anatomía de superficie

El nervio mediano es fácilmente localizable en la fosa antecubital, a este nivel se sitúa medialmente a la arteria braquial; ésta, a su vez, se encuentra medialmente al tendón del bíceps braquial.

Para localizar al nervio mediano a lo largo de todo su recorrido en el antebrazo es útil señalar dos puntos de referencia. El primero de ellos lo constituye el nervio mediano a su paso por la fosa antecubital; si se divide esta fosa en tres partes iguales, el nervio mediano puede ser localizado en la unión del tercio medio con el tercio interno. El segundo de los puntos se localiza en la muñeca, al

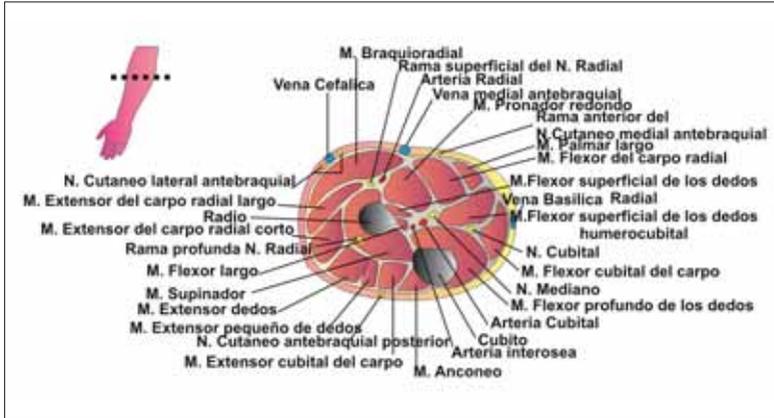


Figura 5. Sección transversal proximal del antebrazo.

unir los dedos 1° y 5°; la línea situada entre la eminencia tenar e hipotenar queda exagerada; la intersección de esta línea con la muñeca constituye el segundo punto de referencia.

En el antebrazo, el nervio mediano discurre en una línea que une los dos puntos de referencia anteriormente señalados (Fig. 3).

Bloqueo del nervio mediano

El transductor se colocará transversalmente al brazo o antebrazo. El punto de referencia lo constituye la arteria humeral, el nervio aparece como una imagen ovalada pró-

xima al húmero y situado entre dos planos musculares, el músculo bíceps y el tríceps (Figs. 6 y 7).

NERVIO RADIAL

Anatomía de superficie

En esta ocasión, el punto de referencia se encuentra situado en la cara lateral del 1/3 distal del brazo. En la zona media del brazo el nervio rodea al húmero, pasando por la tuberosidad deltoidea. Este área corresponde a una zona situada a unos 3 cm de la inserción distal del deltoides en la cara lateral del brazo (Fig. 8), esta inserción se expone más fácilmente



Figura 6. Ecografía del nervio mediano en la región proximal del antebrazo.



Figura 7. Ecografía anotada del nervio mediano en la región proximal del antebrazo.

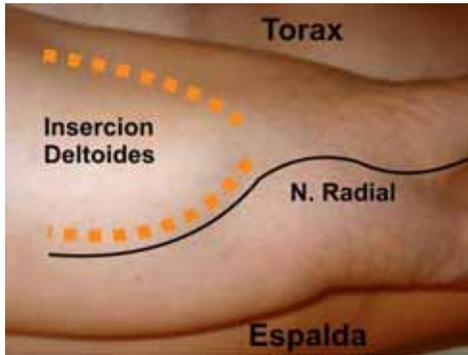


Figura 8. Anatomía de superficie del nervio radial en la zona distal del brazo.



Figura 9. Colocación de la sonda para el abordaje del nervio radial.

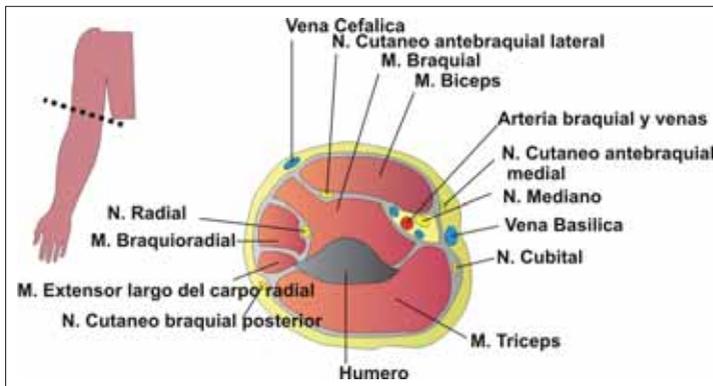


Figura 10. Sección transversal del brazo a nivel distal.

si el paciente realiza una extensión y rotación interna del brazo.

Bloqueo del nervio radial

En el abordaje del nervio radial, cobra especial importancia la correcta localización del punto de referencia antes mencionado, distalmente a este punto el nervio se divide en nervio radial superficial y profundo. Una vez localizado, se coloca la sonda en sentido transversal al eje largo del húmero (Fig. 9); en la imagen obtenida puede apreciarse un corte transversal del nervio radial discurriendo entre los músculos braquiorradial y braquial anterior (Figs. 11 y 12). En estrecha relación con el nervio

se encuentran el húmero (posterior al nervio) y el tendón del músculo bíceps (anterior).

Es importante constatar que las estructuras que aparecen en la imagen como superiores en realidad son laterales en la anatomía del paciente, mientras que las situadas inferiormente en la imagen se corresponden con estructuras más mediales; así, el húmero adquiere una forma puntiaguda cuando se visualiza la paleta humeral.

NERVIO CUBITAL Anatomía de superficie

En el tercio superior del brazo el nervio cubital se encuentra dentro del paquete neurovas-



Figura 11. Ecografía del nervio radial en la zona distal del brazo.

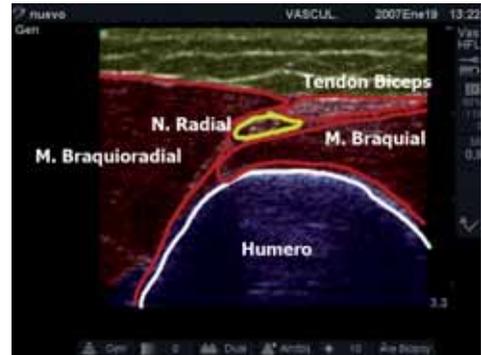


Figura 12. Ecografía anotada del nervio radial en la zona distal del brazo.

cular, acompañando a los vasos humerales. Aproximadamente en la zona media del brazo abandona este trayecto para dirigirse hacia la cara posterior del epicóndilo medial, situándose así medialmente al olécranon en el surco condíleo.

Para describir la anatomía de superficie del nervio cubital se utilizarán de nuevo dos puntos: el primero de ellos es el surco condíleo; el segundo lo constituye el aspecto lateral del hueso pisiforme en la muñeca; la línea que une los dos puntos, recorriendo la cara interna del antebrazo, representa el transcurso del nervio cubital en el antebrazo (Fig. 13).

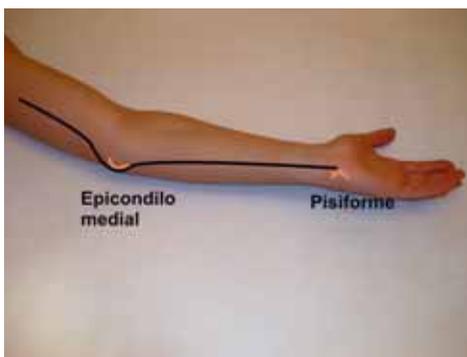


Figura 13. Anatomía de superficie del nervio cubital.



Figura 14. Colocación de la sonda para el bloqueo del nervio cubital.

Bloqueo del nervio cubital

Aunque la zona donde más fácilmente se visualiza el nervio cubital es el surco condíleo, no es aconsejable realizar el bloqueo en este punto por las altas probabilidades de lesión nerviosa que puede asociar. Una vez localizado el surco, se coloca la sonda 2 cm por encima en la cara posterior del brazo; la sonda debe quedar en una posición transversal con respecto al eje largo del húmero. En la imagen obtenida puede observarse el nervio cubital justo a su entrada en el surco condíleo cubierto anteriormente por el músculo tríceps (Figs. 16 y 17).

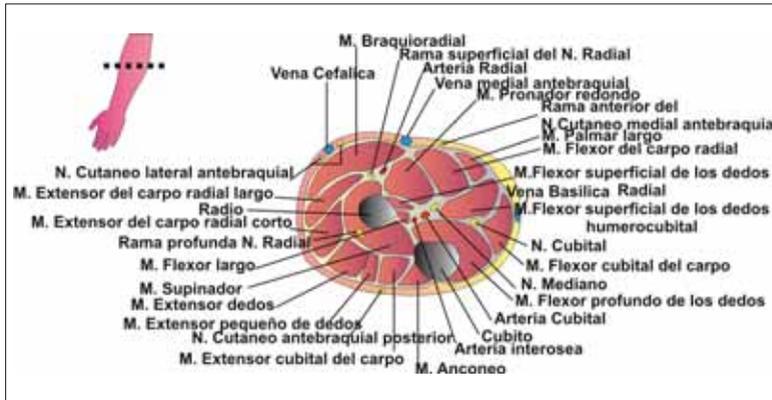


Figura 15. Sección transversal del brazo.

Otro punto de localización es en la cara anterointerna del antebrazo entre los músculos flexor de los dedos superficial y profundo.

RESPUESTA A LA NEUROESTIMULACIÓN

- Mediano: flexión de la muñeca, flexión predominante de 2º y 3er dedos o pronación del antebrazo.
- Cubital: flexión predominante de 4º y 5º dedos. Flexión cubital de la muñeca. Aducción del pulgar
- Radial: extensión antebrazo, muñeca o dedos. Supinación del antebrazo.

INDICACIONES

- Cirugía o analgesia de los territorios dependientes de estos nervios.
- Reforzar bloqueos tronculares en los que el bloqueo de alguno de estos nervios haya sido incompleto.

COMPLICACIONES

- Fundamentalmente disfunciones neurológicas o punciones arteriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Jamadar D, Jacobson J, Hayes C. Sonographic Evaluation of the Median Nerve at the Wrist. J Ultrasound Med 2001; 20(9): 1011-4.



Figura 16. Ecografía de la cara posterior del brazo donde se muestra el nervio cubital.

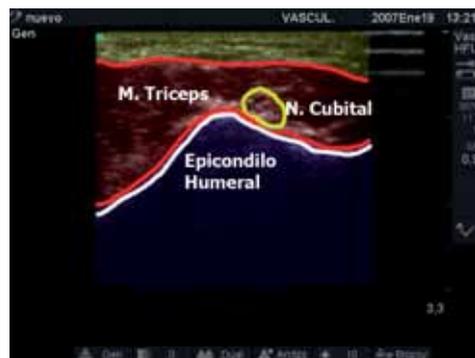


Figura 17. Ecografía de la cara posterior del brazo donde se muestra el nervio cubital.

- Gray A, Schaffhalter-Zoppoth I. Ultrasound Guidance for Ulnar Nerve Block in the Forearm. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 2003; 28(4): 335-339.
- Thain L, Downey D. Sonography of peripheral nerves: Technique, Anatomy, and Pathology. *Ultrasound Quarterly* 2002; 18(4): 225-245.

Capítulo 10

Plexo lumbar

Manuel José Muñoz Martínez, Gabino Mozo Herrera, María López Gómez

FORMACIÓN DEL PLEXO LUMBAR

El plexo lumbar en el 75% de las ocasiones se forma a partir de los ramos anteriores de las cuatro primeras raíces lumbares (L1-L4); sin embargo, es posible encontrar variantes en las que el plexo se forma a partir de cinco raíces (D12-L4) en el 20% de los casos, e incluso de seis raíces (D12-L5) en el 5% de los casos. Tras abandonar los agujeros de conjunción, los ramos anteriores discurren en el espesor del músculo psoas entre sus planos anterior y posterior. Los distintos ramos y sus anastomosis dan lugar a los nervios dependientes del plexo lumbar.

- **Ramo anterior de la primera raíz lumbar:** tras abandonar el agujero de conjunción recibe una anastomosis procedente del duodécimo nervio intercostal. Tras esta anastomosis se divide en tres fascículos; dos, que continúan la dirección del tronco principal, constituyen los abdominogenitales mayor y menor; el tercero, descendente, se une al ramo anterior de la segunda raíz lumbar.
- **Ramo anterior de la segunda raíz lumbar:** después de haber recibido la anastomosis procedente del fascículo de la primera raíz, da tres fascículos; los dos primeros son fascículos colaterales, la femo-

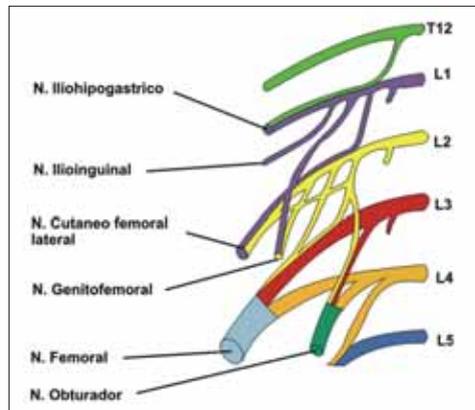


Figura 1. Plexo lumbar.

rocutánea y la genitocrural; el tercero, descendente, se une al ramo anterior de la tercera raíz lumbar. De este último fascículo nace una nueva rama para formar la porción superior del nervio obturador.

- **Ramo anterior de la tercera raíz lumbar:** tras dar lugar a un fascículo destinado al nervio obturador, continúa caudalmente formando el nervio femoral.
- **Ramo anterior de la cuarta raíz lumbar:** se divide en tres fascículos; fascículo ascendente, que se une al nervio crural; fascículo medio, que constituye la porción principal del nervio obturador; fascículo descen-

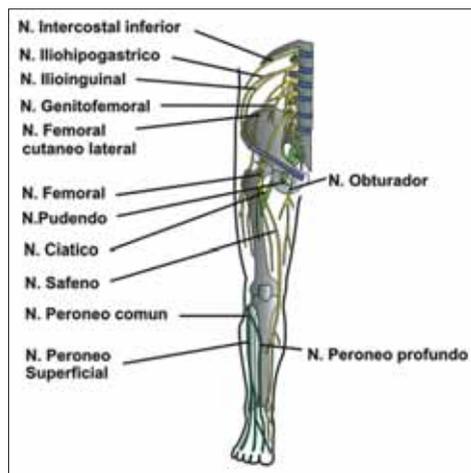


Figura 2. Ramas derivadas del plexo lumbar.

dente, que se dirige hacia el ramo anterior de la quinta raíz lumbar y formando con éste el tronco lumbosacro o nervio de Jehring.

NERVIOS ORIGINADOS EN EL PLEXO LUMBAR

Los nervios procedentes del plexo lumbar se clasifican en:

- Nervios colaterales. Que, a su vez, se clasifican en:
 - Nervios colaterales cortos: destinados a los músculos intertransversos, cuadrado lumbar y psoas.
 - Nervios colaterales largos: son el nervio abdominogenital mayor, nervio abdominogenital menor, nervio femorocutáneo y nervio genitocrural.
- Nervios terminales. Son el nervio obturador y el nervio femoral.

Nervios colaterales

Los **nervios colaterales cortos** inervan localmente la musculatura del cuadrado lumbar, psoas y músculos intertransversos y son de escasa relevancia en la anestesia regional.

Los **nervios colaterales largos** son los nervios abdominogenitales mayor y menor, el nervio femorocutáneo y el nervio genitocrural. Por su mayor trascendencia pasan a detallarse seguidamente.

Nervio iliohipogástrico (abdominogenital mayor)

El nervio iliohipogástrico nace de la rama anterior de la raíz L1. Atraviesa el psoas por su parte superior y se dirige externamente pasando por la cara anterior del músculo cuadrado lumbar; en su trayecto continúa por la cara anterior de la aponeurosis del músculo transverso, a la que atraviesa para pasar entre el músculo transverso y el oblicuo menor, para dar lugar a dos ramas terminales, rama abdominal y rama genital.

- Rama abdominal: se sitúa por encima de la cresta ilíaca, continúa su trayecto paralelamente al arco crural, llega a la vaina del músculo recto mayor y se divide para dar ramos terminales que inervan sobre todo el músculo recto mayor y la piel situada sobre él.
- Rama genital: atraviesa el oblicuo menor, discurre entre los oblicuos mayor y menor para introducirse en el conducto inguinal. Al salir de este conducto da ramificaciones para la piel del pubis, del escroto en el hombre y de los labios mayores en la mujer.

Nervio ilioinguinal (abdominogenital menor)

Nace de la rama anterior de la raíz L1. Sigue su trayecto por debajo del nervio iliohipogástrico para dividirse cerca de la espina ilíaca anterosuperior, en dos ramos, un ramo abdominal y un ramo genital. Ambos con distribución paralela a sus homólogos procedentes del nervio abdominogenital mayor.

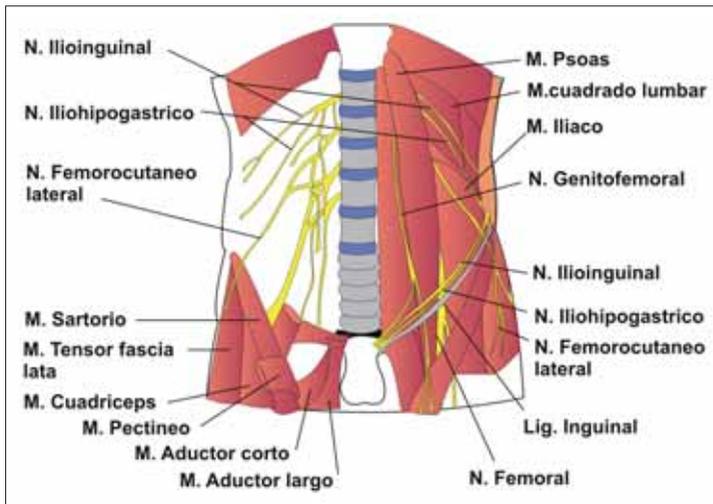


Figura 3. Ramas colaterales del plexo lumbar.

Nervio femorocutáneo

Nace de la rama anterior de la raíz L2. Emerge del psoas para cruzar el músculo iliaco y sale de la pelvis entre las dos espinas ilíacas anteriores. Tras salir de la pelvis, penetra en el espesor de la fascia lata, saliendo de ella por fuera del sartorio, para hacerse subcutáneo. A este nivel da sus ramas terminales: una rama glútea y una rama femoral.

- Rama glútea: se dirige externamente y cruza el músculo tensor de la fascia lata; tras cruzarlo se distribuye en numerosas ramas terminales para la piel de la región glútea.
- Rama femoral: se dirige caudalmente hasta la rodilla, dando en su trayecto ramificaciones para la piel de la región anteroexterna del músculo.

Nervio genitocrural

El nervio genitocrural nace de la rama anterior de la raíz L2. Tras salir del psoas, discurre a lo largo de su cara anterior, sigue una trayectoria caudal pasando por delante de las arterias ilíacas común y externa, y posteriormente se divide en sus ramas terminales: rama genital y rama crural.

- Rama genital: se dirige hacia el orificio abdominal del conducto inguinal. En este punto da ramas para el músculo transverso y el oblicuo menor. Después de esto recorre en toda su extensión el conducto inguinal, sale por su orificio cutáneo y se distribuye por la piel del escroto en el hombre y por la del labio mayor en la mujer.
- Rama crural: se dirige, con la arteria ilíaca externa, hacia el anillo crural, sale de la pelvis por la parte externa de la línea crural y penetra en el triángulo de Scarpa. Tras perforar la aponeurosis que cubre al triángulo (aponeurosis superficial) llega al tejido celular subcutáneo, aquí da ramas terminales, que se distribuyen por la piel de la parte anterior y superior del muslo.

Nervios terminales

Nervio obturador

El nervio obturador nace del plexo lumbar por la unión de ramas procedentes de las ramas anteriores de las raíces L2, L3, L4. Tras su nacimiento, cruza la articulación sacroilíaca y la bifurcación de la arteria ilíaca común, continúa su trayecto por la cara interna de la pel-

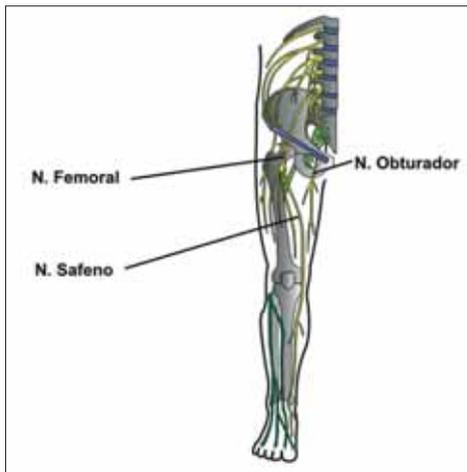


Figura 4. Ramas terminales.

vis, penetrando en el conducto subpúbico y entrando en el agujero obturador donde acompaña a los vasos obturadores; aquí el nervio se dispone en un plano vertical en el que se distinguen craneocaudalmente nervio, arteria y vena obturadores. El nervio obturador comienza a dar sus ramas en el conducto subpúbico, estas ramas son la rama colateral y las ramas terminales, compuestas estas últimas por las ramas terminales superficiales y profundas.

- Rama colateral: es el nervio del obturador externo, destinado para el músculo del mismo nombre.
- Ramas terminales: constituidas por dos ramas, una anterior o superficial y otra posterior o profunda.
 - Ramos superficiales: emergen por el orificio anterior del conducto subpubiano, situándose bajo el músculo pectíneo y delante del obturador externo. Se divide en cuatro ramos, de los cuales tres están destinados a los músculos aductor mediano, aductor menor y el recto interno, y el cuarto ramo es cutáneo y se distribuye por la piel de la cara interna del

muslo llegando en ocasiones hasta la rodilla.

- Ramos profundos: emergen atravesando el músculo obturador externo. Se desliza entre los músculos aductor menor y mayor, dividiéndose en la cara anterior de éste en varios ramos, que distinguiremos en musculares (destinados al músculo aductor mayor y obturador externo) y articulares (distribuidos en dos grupos, superiores para la articulación de la cadera e inferiores destinados a la cara posterior de la articulación de la rodilla).

Nervio crural o femoral

El nervio crural es la más voluminosa de las ramas del plexo lumbar, destinado a los músculos de la cara anterior del muslo y a la piel de la parte anteroexterna del miembro inferior.

Nace de las ramas anteriores de las raíces lumbares L2, L3, L4. Sale del psoas por su parte externa, y entonces se coloca entre los músculos psoas e ilíaco, por donde discurre hasta llegar al arco femoral, en donde termina dando una serie de ramas. Pueden clasificarse en ramas colaterales y ramas terminales.

- Ramas colaterales. A su vez se clasifican en internas, destinadas al músculo psoas, y externas, destinadas al músculo ilíaco y músculo pectíneo.
- Ramas terminales. Se disponen en dos planos, plano anterior (nervios musculocutáneo externo y musculocutáneo interno) y plano posterior (nervio del cuádriceps y nervio safeno interno).
 - Nervio musculocutáneo externo: se sitúa entre el músculo psoas ilíaco y el sartorio. Da lugar a ramos musculares destinados al músculo sartorio y a tres ramos cutáneos, los ramos perforantes superiores que inervan la piel de la región ante-

- rior del muslo hasta la cara anterior de la rótula; los ramos perforantes medios, destinados a la piel de la cara anterointerna del muslo; y ramos perforantes inferiores o nervio accesorio del safeno interno; este último se divide en una rama safena que sigue el recorrido de la vena del mismo nombre y en una rama arterial femoral.
- Nervio musculocutáneo interno: tras su origen se subdivide en multitud de ramas que atraviesan la vaina de los vasos femorales, terminando los ramos musculares, en los músculos pectíneo y aductor mediano, y los ramos cutáneos, en la piel de la parte interna y superior del muslo.
 - Nervio del cuádriceps femoral: tras su origen se divide en cuatro ramos, uno para cada uno de las cuatro porciones del músculo cuádriceps. Estos ramos son: el ramo del recto anterior; ramo del vasto externo, del que además se desprende una rama para la articulación de la rodilla; ramo del vasto interno, encargado también de gran parte de la inervación perióstica del fémur; y ramo del músculo crural, que envía ramificaciones a la sinovial de la rodilla.
 - Nervio safeno interno: desde su origen se dirige caudalmente por la parte externa de la vaina de los vasos femorales. Se introduce luego en esta vaina, en el punto de unión del tercio superior con el tercio medio del muslo, y entonces discurre sobre la cara interior de la arteria femoral. Durante su trayecto da comúnmente ramas articulares para la rodilla y ramas cutáneas para la zona inferior y posterior del muslo. Dos filetes cutáneos, los cuales perforando la aponeurosis femoral entre el sartorio y el recto interno, vienen a distribuirse por la piel inferior y posterior del muslo. Tras salir de la vaina vascular, se dispone bajo el músculo sartorio, dando lugar a dos ramas terminales a nivel del cóndilo interno del fémur: la rama rotuliana, encargada de la inervación de la piel sobre la rótula; y la rama tibial. Ésta se coloca al lado de la vena safena interna, con la cual desciende verticalmente hasta la parte interna del pie. En el trayecto de la rama tibial se desprenden un gran número de ramas que se distribuyen por piel de la mitad interna de la pierna, ramas para la articulación tibiotalariana y ramas cutáneas que se ramifican a lo largo del borde interno del pie.

Tabla I.

Nervio	Raíz	Inervación motora	Respuesta a la neuroestimulación	Inervación sensitiva	Ramos articulares
Iliohipogástrico	T 12-L 1	Oblicuo interno y externo abdominal Transverso abdominal	Pared abdominal anterior	Pared abdominal inferior. Cuadrante lateral superior de nalgas	No
Ilioinguinal	L1	Oblicuo interno abdominal	Pared abdominal anterior	Parte de los genitales. Parte inferior y medial del ligamento inguinal	No
Genitofemoral	L1-L2	Cremáster	Ascenso testicular	Parte inferior a mitad del lig. inguinal. Cordón espermático	No
Femorocutáneo lateral	L2-L3	No		Cara anterolateral y posterior del muslo, terminaciones en plexo prepatelar	No
Femoral Ramo anterior	L2-L4	Sartorio. Pectíneo	Cara medial del muslo inferior. Aducción del muslo	Cara anteromedial del muslo	No
Femoral Ramo posterior	L2-L4	Cuádriceps	Extensión de la rodilla, ascensión patelar	Muslo anterior. Cara medial de la pierna desde la tibia a la cara medial del pie (nerv. safeno)	Cadera y rodilla
Obturador	L2-L4	Grácilis, aductor corto y largo, pectíneo, obturador externo	Aducción del muslo con rotación lateral de la cadera	Cara posterior y medial del muslo, cara medial de la rodilla (variable)	Cadera y rodilla

Capítulo 11

Bloqueo del compartimento del psoas

Pablo Alonso Hernández, Mar Parra Pérez, Beatriz Romerosa Martínez

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

El plexo lumbar está formado por los ramos anteriores de los nervios L1-L4, con aportación ocasional de T12 y L5; en su trayecto hacia la extremidad inferior discurre dentro del músculo psoas (Fig. 1). El músculo psoas, en un corte transversal, adopta una forma piramidal, con su cara posterior fija a la cara anterior de las apófisis transversas, su cara anterior fija al borde lateral de los cuerpos vertebrales y discos intervertebrales, y su cara lateral cubierta por una aponeurosis que se continúa hacia la fascia ilíaca.

Los nervios originados del plexo lumbar son:

- N. femorocutáneo lateral.
- N. obturador.
- N. genitofemoral.
- N. femoral.
- N. ilioinguinal e iliohipogástrico.
- Ramas musculares.

Dentro del músculo psoas, el plexo ocupa en el plano anteroposterior el espacio localizado en la unión de los 2/3 anteriores con el 1/3 posterior del músculo. En un sentido medio-lateral, el N. femoral ocupa una posición cen-

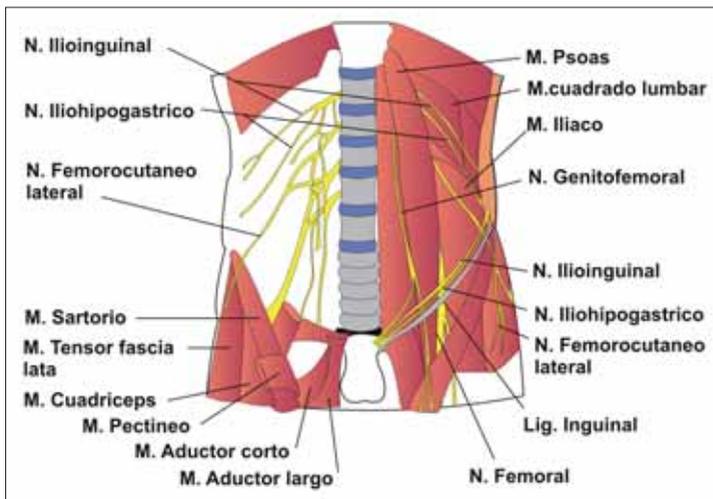


Figura 1. Representación esquemática del músculo psoas y sus relaciones anatómicas.



Figura 2. Colocación del paciente para la realización del bloqueo.

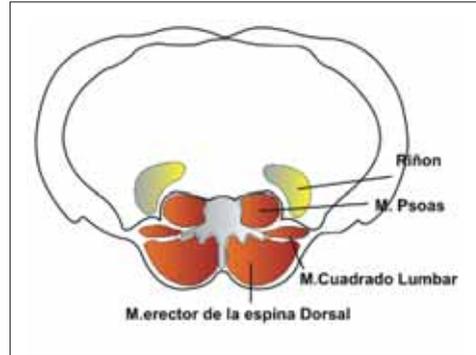


Figura 3. Diagrama que representa una sección transversal del compartimento del psoas.

tral, quedando el N. obturador medial a éste y el N. femorocutáneo en posición lateral.

SONOANATOMÍA

El plexo lumbar en su abordaje posterior se encuentra a una profundidad de aproximadamente 6 cm; esta profundidad constituye el límite de exploración de las sondas de alta resolución (7-10 MHz), por lo que, para la realización de este bloqueo, son necesarias sondas con frecuencias de emisión en torno a 3-5 MHz.

En el abordaje tradicional con neuroestimulación, el lugar de punción se localiza a la

altura del espacio L3-L4. Este abordaje evita en gran medida la punción del polo renal inferior; sin embargo, los abordajes en el espacio L2-L3 logran una mejor distribución del bloqueo. Con el abordaje guiado con ultrasonidos es posible visualizar directamente y en tiempo real el riñón, por lo que el punto de punción para este abordaje se localizará en el espacio L2-L3.

Tras localizar el espacio de punción coloque la sonda en sentido transversal al eje de la columna y unos 4 cm lateralmente a ella. En la imagen obtenida diferenciaremos las siguientes zonas (Figs. 4 y 5):



Figura 4. Imagen ecográfica del compartimento del psoas.



Figura 5. Imagen ecográfica anotada del compartimento del psoas.

- Zona superior (superficial). Ocupada en su totalidad por la musculatura prevertebral. El músculo erector de la espina.
- Zona media. Con un límite superficial (superior en la imagen) constituido por el músculo cuadrado lumbar (lateral) y la apófisis transversa vertebral (medial), y un límite profundo (inferior en la imagen), dibujado por el peritoneo que aparece como una línea brillante. Entre ambos límites y en sentido lateromedial se describen en primer lugar el polo renal inferior, medial a este el músculo psoas y en una posición más medial aún el cuerpo vertebral, fácilmente identificable por la sombra acústica que proyecta en la imagen.
- Zona inferior (profunda). Difícilmente visible, está ocupada en su mayor parte por gas intestinal.

REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

Para la realización de este bloqueo es necesario que el paciente se encuentre en decúbito lateral con la extremidad a bloquear en posición superior y con la rodilla y cadera en flexión de 50°.

La sonda se coloca en posición transversa, a unos 4 cm de la línea media. Tras identificar en la imagen el músculo psoas, se introduce la aguja lateralmente al transductor, con una angulación aproximada de 60°; posteriormente se avanza con cuidado evitando el polo renal hasta llegar con la punta de la aguja al espesor del músculo psoas, la localización ideal se sitúa en la unión de los 2/3 anteriores del músculo con el 1/3 posterior.

Posteriormente se inyecta la solución de anestésico local. El bloqueo compartimental del psoas es volumen-dependiente, siendo necesario usar volúmenes superiores a los 20 ml para lograr un bloqueo efectivo.

RESPUESTA AL NEUROESTIMULADOR

Para conseguir un bloqueo efectivo es necesario encontrar respuesta procedente de la estimulación del nervio femoral (contracción del cuádriceps). Respuestas consistentes en aducción de la cadera suelen reflejar estímulo del nervio obturador y, por lo tanto, hacen necesaria la recolocación medial de la aguja. Estímulos en el territorio del nervio ciático indican una posición demasiado caudal de la aguja.

INDICACIONES

Fundamentalmente para:

- Cirugía de todo el miembro inferior, asociado al bloqueo del nervio ciático.
- Cirugía de cadera.
- Cirugía en cualquiera de los territorios inervados por ramas del plexo lumbar (N. genitofemoral, obturador, femorocutáneo lateral, ilioinguinal e iliohipogástrico).

COMPLICACIONES

- Punción vascular.
- Punción renal. Más frecuente en el lado derecho (riñón más bajo).
- Punción peritoneal.
- Extensión subaracnoidea. Fácilmente evitable si se observa la localización de la punta de la aguja.
- Extensión epidural. Se produce por difusión del anestésico local a través de los agujeros de conjunción.

BIBLIOGRAFÍA

- Kirchmair L, Entner T, Wissel J, Moriggl B, Kapral S, Mitterschiffthaler G. A study of the paravertebral anatomy for ultrasound-guided posterior lumbar plexus block. *Anesth Analg* 2001; 93: 477-81.
- Kirchmair L, Entner T, Wissel J, Moriggl B, Kapral S, Mitterschiffthaler G. Ultrasound Guidance for the psoas compartment block: an imaging Study. *Anesth Analg* 2002; 94: 706-10.

Capítulo 12

Bloqueo femoral

Gabino Mozo Herrera, Paloma Herrador Iradier, Sara Resuela Jiménez

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

El nervio femoral desciende por el grueso del músculo psoas mayor emergiendo por su borde externo y descendiendo entre los músculos psoas e ilíaco, dirigiéndose caudalmente hacia el ligamento inguinal.

A su paso bajo el ligamento inguinal, el nervio femoral se sitúa bajo la fascia ilíaca y queda separado del paquete vascular femoral por el arco iliopectíneo. Inmediatamente tras su paso bajo el ligamento inguinal, el nervio femoral se divide en 7 ramos distribuidos en 2 planos:

- **Plano superficial.** Da lugar a las siguientes ramas:
 - N. cutáneo anterior lateral. Inerva el músculo sartorio y piel anterolateral de muslo y rodilla.
 - N. cutáneo anterior medial. Inerva el músculo pectíneo, la articulación coxofemoral y piel anteromedial del muslo.
- **Plano profundo.** Compuesto por las siguientes ramas:
 - Nervio safeno. Es un nervio sensitivo puro, inerva la cara medial del muslo y pierna, llegando hasta el maléolo tibial y

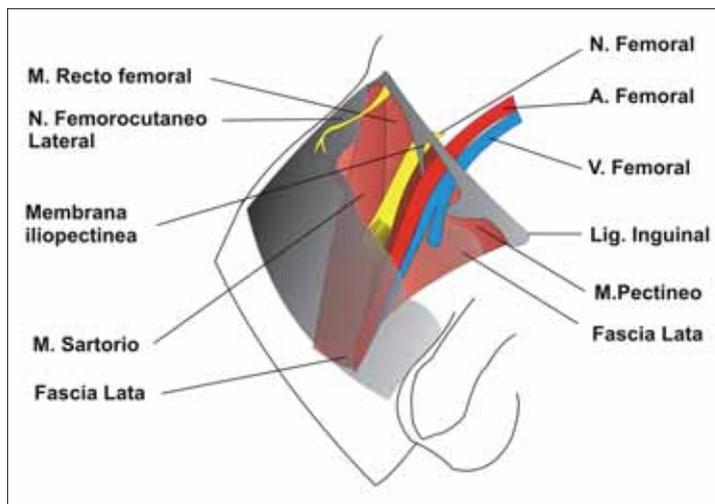


Figura 1. Representación esquemática del nervio femoral y sus relaciones anatómicas.



Figura 2. Colocación de la sonda ecográfica y del paciente para la realización del bloqueo.

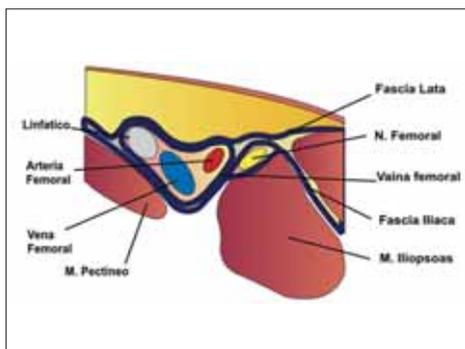


Figura 3. Diagrama que representa una sección transversal del nervio femoral en la región inguinal.

parte medial del pie. El nervio desciende por el muslo junto con el fascículo para el vasto medial, y por debajo de la rodilla se sitúa junto a la vena safena mayor.

- Nervio para el músculo cuádriceps. Da lugar a varios fascículos para los músculos recto anterior, vasto lateral, vasto intermedio y vasto medial.

El bloqueo a nivel inguinal (paravasculor o iliofascial) del nervio femoral es un bloqueo troncular, que a veces (por difusión bajo la fascia ilíaca) y, de forma imprevisible, puede englobar además al nervio obturador y/o al nervio femorolateral (bloqueo “2 en 1” ó “3 en 1”).

SONOANATOMÍA

La sonda plana de 10-15 MHz y una penetración en torno a 4 cm es adecuada para este bloqueo.

Para la obtención de la imagen ecográfica del nervio femoral a nivel inguinal coloque la sonda en un eje transversal al recorrido longitudinal del nervio femoral, situándola sobre una línea imaginaria que une la espina ilíaca anterosuperior con la sínfisis del pubis (Fig. 2). La “estructura guía” a localizar es la arteria femoral (hemos de ver una única arteria femoral, la común, si vemos dos es que ya se ha

dividido en superficial y profunda y colocaremos un poco más proximalmente la sonda pues la arteria femoral común es la mejor indicadora del nervio femoral). Ésta aparece como una estructura oval hipoeoica y pulsátil. Lateralmente a la arteria femoral se encuentra el nervio femoral, adoptando una forma triangular en la sección transversal y es fácilmente identificable por ser una estructura hiperecoica (suele verse como una agrupación de sus distintas ramas en las que ya está dividido desde el nivel subinguinal, con pequeñas imágenes hipoeoicas circulares separadas por bandas hiperecoicas). Hay que tener en cuenta que, debido a la anisotropía, pequeñas angulaciones de la sonda variarán el aspecto sonográfico de las estructuras a identificar, por lo que probaremos distintos ángulos sutilmente hasta conseguir la mejor imagen e identificación.

De esta forma y de un modo didáctico, la imagen obtenida puede dividirse en tres zonas (Figs. 3, 4 y 5):

- Zona superior. De superficial a profundo formada por la piel, tejido celular subcutáneo, fascia lata y músculo sartorio (dependiendo de la altura de la sección) y fascia ilíaca.



Figura 4. Imagen ecográfica del plexo femoral en la región inguinal.

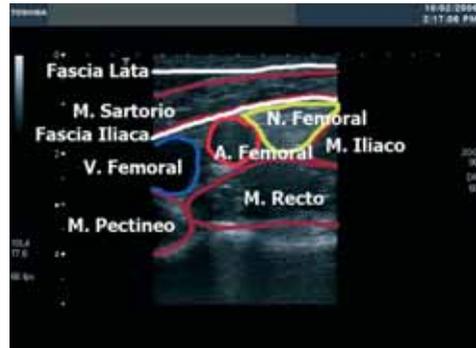


Figura 5. Imagen ecográfica modificada para mostrar las estructuras que acompañan al nervio femoral.

- Zona media. A unos 1,5-3 cm de profundidad desde la piel (variable dependiendo del panículo adiposo). Ocupada por el paquete vásculo-nervioso femoral, formado de medial a lateral por los linfáticos (hipoecoicos), vena femoral (hipoecoica y fácilmente compresible con la presión de la sonda, en ocasiones medialmente puede verse la vena safena mayor), arteria femoral (hipoecoica, pulsátil y no compresible) y el nervio femoral (hiperecoico, con aspecto "fascicular" y separado del resto de estructuras por el arco iliopectíneo). El paquete está flanqueado por masas musculares, internamente el músculo pectíneo, externamente el psoas iliaco.
- Zona inferior. Ocupada por la masa del músculo psoas iliaco y cuádriceps femoral.

REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

Para la realización de este bloqueo es necesario que el paciente se encuentre en decúbito supino, con la extremidad a bloquear en extensión y ligera rotación externa. El anestesiólogo se coloca de pie en el mismo lado del miembro a bloquear.

Una vez obtenida la mejor imagen del nervio con un corte transversal de éste e identifi-

cadadas todas las estructuras con seguridad, podemos realizar la punción accediendo con la aguja desde el borde más externo de la sonda (e imagen), en sentido longitudinal a ésta. Aconsejamos este acceso por visualizar la aguja en todo su trayecto, identificando bien la punta y siendo menor el riesgo de punción vascular. Cuanto menor sea la angulación de la aguja y más paralela sea su trayecto a la superficie de la sonda, mejor se identificará.

El acceso transversal, centrando el nervio en la imagen y accediendo con la aguja por el borde inferior de la sonda, en su punto central, también es óptimo y seguro dada la cercanía de las estructuras a la piel.

Es importante asegurarse mediante la visión directa de que el anestésico infiltrado no quede por encima de la fascia iliaca o en el compartimento vascular por encima de la cinta iliopectínea. Intentaremos que el anestésico rodee totalmente al nervio (a veces apreciaremos imagen de separación e infiltración del anestésico entre los distintos ramos en los que ya se ha dividido el nervio femoral) reposicionando la aguja (retirando la aguja y volviendo a aproximarse bajo visión directa ecográfica, sin realizar nueva punción cutánea, y previa aspiración antes de infiltrar) si ello es necesario.

Clásicamente, los volúmenes a administrar eran unos 40 ml (para intentar el bloqueo "3 en 1", del nervio femoral, femorocutáneo lateral y obturador, excepcionalmente conseguido) o hasta 15 ml si pretendemos sólo el bloqueo del nervio femoral. Con visión directa de una correcta distribución del anestésico volúmenes menores serán igual de efectivos.

Este abordaje es óptimo para la colocación de catéteres para infusión continua perineurales en el nervio femoral o en el compartimento iliofascial.

i PERLAS CLÍNICAS

- La colocación de la aguja demasiado medial (próxima a la arteria) es una de las causas de fallo del bloqueo; en esta posición en ocasiones puede atravesarse el ligamento iliopectíneo, quedando el anestésico local inyectado en el compartimento vascular en lugar de rodear el nervio femoral.

- En su salida bajo el ligamento inguinal el nervio femoral comienza a dar ramas terminales, estas primeras ramas son ramas motoras y suelen dirigirse lateralmente hacia el músculo sartorio. Con el uso del neuroestimulador es relativamente frecuente encontrar respuestas motoras en la zona más externa del nervio femoral, mientras que pueden no encontrarse respuestas motoras en la zona central. A pesar de esto, no se ha demostrado que la calidad del bloqueo sensitivo sea mejor cuando el bloqueo se produce en el área lateral del nervio; por el contrario, la posición óptima de la aguja se localiza en la zona central de este.

RESPUESTA AL NEUROESTIMULADOR

Conseguiremos con la menor estimulación posible (deseable < 0,5 mA) la contracción de los vastos y recto femoral con el ascenso patelar (componente profundo). Si aparece la contracción del sartorio (componente super-

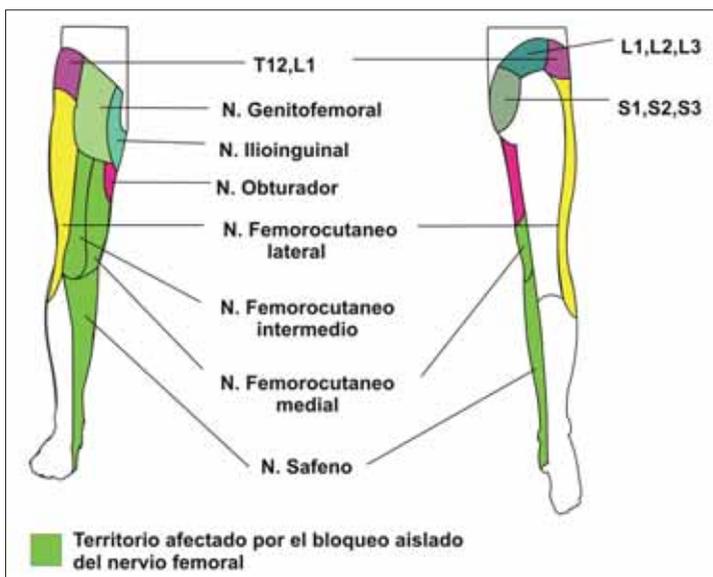


Figura 6. Dermatomas afectados por el bloqueo del nervio femoral (en verde). También se representan dermatomas dependientes de las otras ramas del plexo lumbar.

ficial) no suele ser válido por indicar una posición de la aguja demasiado superficial. La contracción del vasto lateral indica posición lateral de la aguja, y posición medial si la contracción es del vasto medial o pectíneo.

INDICACIONES

Fundamentalmente para:

- Fractura de fémur, cirugía de rodilla.
- Analgesia pre y postquirúrgica (catéter con perfusión continua/PKA) de fractura de fémur, cirugía de rodilla, cadera, heridas/procedimientos sobre partes blandas del muslo o zona de la pierna y pie inervada por el safeno.
- Combinado con bloqueo del nervio ciático (junto con el cutáneo femoral posterior y fémoro cutáneo lateral y opcionalmente

obturador) se consigue anestesia de toda la pierna.

COMPLICACIONES

Considerar cuidadosamente este bloqueo (y siempre con control ecográfico) si hay prótesis vascular en la región femoral (riesgo de daño de la prótesis).

La principal complicación es la inyección intravascular inadvertida

BIBLIOGRAFÍA

- Marhofer P, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005; 94: 7-16.
- Soong J, Schaffhalter-Zoppoth I, Gray AT. The importance of transducer angle to ultrasound visibility of the femoral nerve. *Reg Anesth Pain Med* 2005; 30 (5): 505.

Capítulo 13

Bloqueo del nervio safeno interno

Manuel José Muñoz Martínez, Luis Díaz Jara, Nagore Echeverría Rodríguez

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

El nervio safeno interno es el ramo más largo y grueso y más distal del nervio femoral, exclusivamente sensitivo. El nervio safeno se desgaja del femoral ya en el triángulo femoral, a nivel inguinal. Discurre desde entonces por el plano profundo, junto con el nervio del músculo vasto medial o interno, del músculo cuádriceps. Por el muslo circula por el conducto de Hunter, bajo el músculo sartorio, por la cara interna de la vena y arteria femoral. En el extremo inferior del conducto, a nivel del epicóndilo interno del fémur, deja los vasos femorales y perfora la fascia lata, entre los tendones del sartorio y recto interno, dando una rama infrarotuliana y descendiendo por la cara interna de la rodilla, cerca de la vena safena interna. Durante su recorrido emite ramos cutáneos para la cara interna del muslo, rodilla y pierna, hasta el maléolo tibial, y en algunos casos hasta el pie en su parte medial.

Su bloqueo específico es usado como complemento al bloqueo ciático a nivel poplíteo para conseguir una anestesia total por debajo de la rodilla, y una mejor tolerancia al manguito de isquemia, cuando éste se coloca en la pantorrilla.

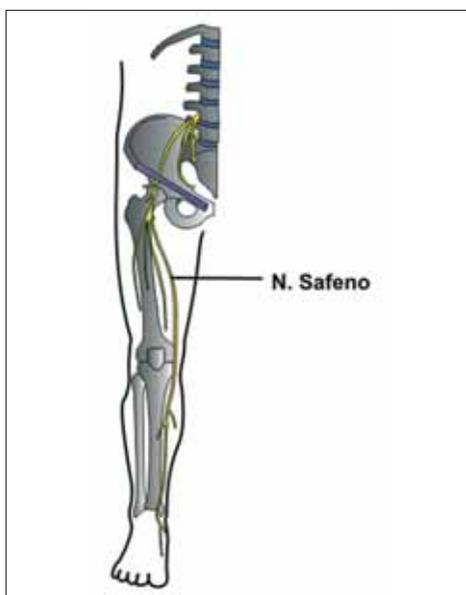


Figura 1. Representación esquemática del nervio safeno interno.

SONOANATOMÍA Y REALIZACIÓN DEL BLOQUEO

El paciente se coloca en decúbito supino con la rodilla a bloquear en ligera flexión.

La sonda se colocará en la cara medial de la rodilla, por debajo del tendón del sartorio, para conseguir una sección transversal de la



Figura 2. Colocación de la sonda ecográfica y del paciente para la realización del bloqueo.

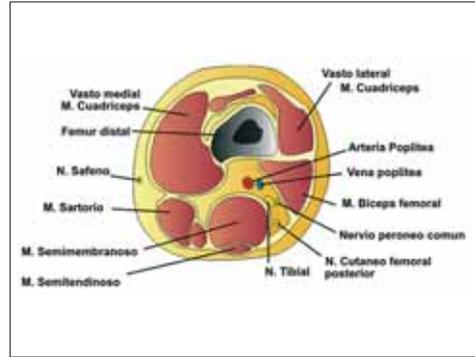


Figura 3. Diagrama que representa una sección transversal del nervio safeno en la zona inferior del muslo.

vena safena interna (a este nivel en íntima relación con el nervio safeno interno). Aproximadamente sobre la línea que une la tuberosidad tibial con el gemelo interno.

En la imagen ecográfica identificaremos tres zonas:

- La zona superficial (superior en la imagen). Está constituida por tejido celular subcutáneo y su límite más profundo lo constituye la vaina aponeurótica de la pierna.
- Zona media. Ocupada por dos grupos musculares, el músculo gracilis y el músculo sartorio.

Entre ambos y superficialmente con respecto a la fascia lata que los recubre se localiza la vena safena en un plano más anterior y el nervio safeno acompañándola en un plano posterior.

- Zona profunda (inferior en la imagen). Ocupada por el músculo vasto interno.

En nuestra experiencia no siempre es identificable el nervio safeno a este nivel, por lo que la vena safena interna será nuestra referencia.



Figura 4. Imagen ecográfica del nervio safeno interno.



Figura 5. Imagen ecográfica modificada para mostrar las estructuras que acompañan al nervio safeno interno.

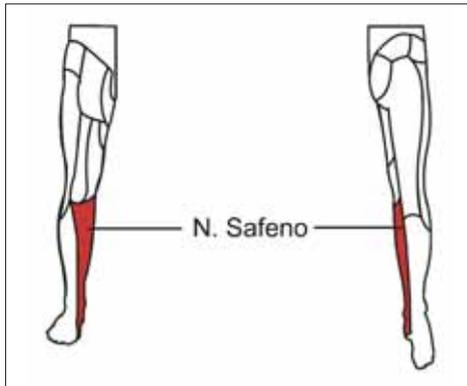


Figura 6. Dermatomas correspondientes al nervio safeno.



PERLAS CLÍNICAS

- Dado que la principal referencia la constituye la vena safena interna, una forma de mejorar su localización es colocar un compresor en la raíz del muslo para aumentar su tamaño.

INDICACIONES Y COMPLICACIONES

El bloqueo del nervio safeno interno está recomendado como asociación al bloqueo ciático o al bloqueo poplíteo con el objetivo de lograr anestesia/analgesia en la pierna, por lo tanto sus indicaciones se encuentran en cirugía vascular, ortopédica y podiátrica.

La complicación más frecuente es la de aparición de hematoma por la perforación de la vena safena en la punción, esta complicación se minimiza con el uso de ultrasonidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Benzon H, Sharma S, Calimaran A. Comparison of the Different Approaches to Saphenous Nerve Block. *Anesthesiology* 2005; 102: 633-8.
- Visan A, Bartoc C, Hadzic A, Vloka J. Cutaneous nerve blocks of the lower extremity. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2003; 1 (7): 26-31.
- Gray T, Collins A, Schafhalter-Zoppoth I. An introduction to femoral nerve and associated lumbar plexus blocks under ultrasonic guidance. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2004; 8: 155-63.

Capítulo 14

Plexo sacro

Pablo Alonso Hernández, Clemente Muriel Villoria, Lorena Calvo Frutos

FORMACIÓN DEL PLEXO SACRO

El plexo sacro es una estructura nerviosa de forma triangular cuya base se encuentra en la columna vertebral y el vértice en el orificio isquiático mayor. Está formado por la unión del tronco lumbosacro y las divisiones anteriores de las raíces sacras S1, S2, S3. Esta última raíz da dos ramas, una superior que se incorpora a formar el plexo sacro y una inferior que se anastomosa con el plexo pudendo, asegurando la unión entre ambos plexos. Por su parte, el tronco lumbosacro es el encargado de asegurar la unión entre plexo lumbar y plexo sacro,

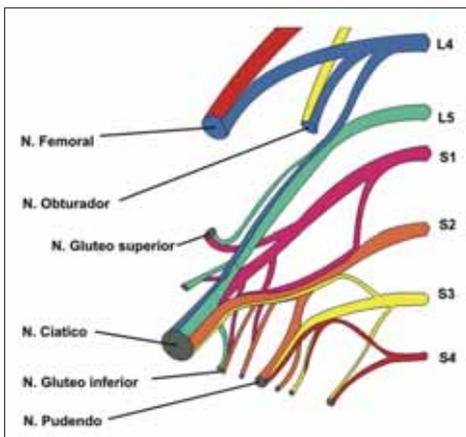


Figura 1. Plexo sacro.

está constituido por la división anterior de la raíz L5 y parte de la división anterior de la raíz L4. El tronco en su trayecto sale por el borde medial del psoas y desciende por la pelvis hasta encontrarse con el primer nervio sacro.

En su situación el plexo sacro se encuentra apoyado en la cara posterior de la pelvis, situándose entre el músculo piriforme y la fascia pélvica; delante del plexo se encuentran los vasos hipogástricos, el uréter y el sigma.

Todos los nervios que forman parte del plexo sacro, con la excepción del tercer nervio sacro, se dividen en dos porciones, una ventral y otra dorsal, de la reunión de las distintas porciones se originan los nervios dependientes del plexo sacro.

NERVIOS ORIGINADOS EN EL PLEXO SACRO

Los nervios dependientes del plexo sacro pueden sistematizarse en:

- **Nervios colaterales.** Son los siguientes nervios:
 - Nervio del músculo obturador interno.
 - Nervios de los músculos gemelos superior e inferior.
 - Nervio del músculo piriforme.
 - Nervio glúteo superior e inferior.
 - Nervio cutáneo posterior del muslo o femorocutáneo posterior.

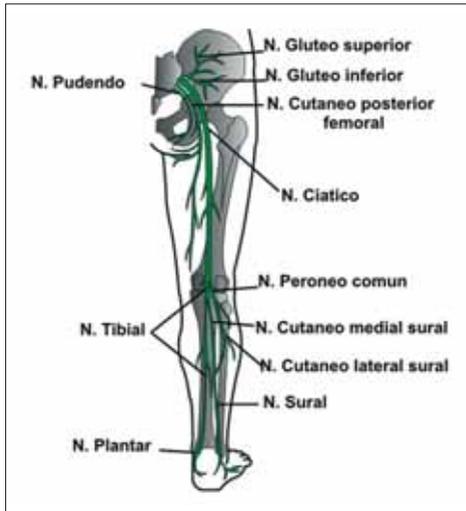


Figura 2. Nervios originados en el plexo sacro.



Figura 3. Nervios colaterales.

- **Nervios terminales.** Constituidas por las ramas terminales del nervio ciático, el nervio tibial y el peroneo común.

NERVIOS COLATERALES

Nervio del músculo gemelo inferior

Se origina de la reunión de las divisiones anteriores de los nervios lumbares L4 y L5 junto con la raíz sacra S1; abandona la pelvis a través del orificio ciático mayor bajo el músculo piriforme, descendiendo posteriormente frente al nervio ciático, el músculo gemelo y el tendón del músculo obturador interno, dando ramas para estos músculos y ramas articulares para la articulación de la cadera.

Nervio del músculo gemelo superior

Se origina de la unión de las divisiones anteriores de las raíces L5, S1 y S2. Abandona la pelvis a través del orificio ciático mayor por debajo del músculo piriforme; nada más abandonar la pelvis da una rama para el músculo gemelo superior, posteriormente cruza la espina ilíaca para reentrar en la pelvis a través del

orificio ciático menor y dirigirse hacia la cara pélvica del músculo obturador interno.

Nervio del músculo piriforme

Se origina de la división posterior de S2, en ocasiones también se encuentra participación de la división posterior de S1; se introduce en el músculo piriforme para inervarlo a través de su cara posterior.

Nervio del glúteo superior

Se origina de las divisiones posteriores de L4, L5 y S1. Abandona la pelvis a través del orificio ciático mayor por encima del músculo piriforme, en su trayecto se acompaña de los nervios glúteos superiores y se divide en dos ramas, una superior y otra inferior. La rama superior que acompaña a la división superior de la arteria glútea superior acabando en el glúteo menor. La rama inferior acompaña a la división inferior de la arteria glútea superior, atraviesa y da ramas para el glúteo menor y glúteo medio, acabando en el músculo tensor de la fascia lata.

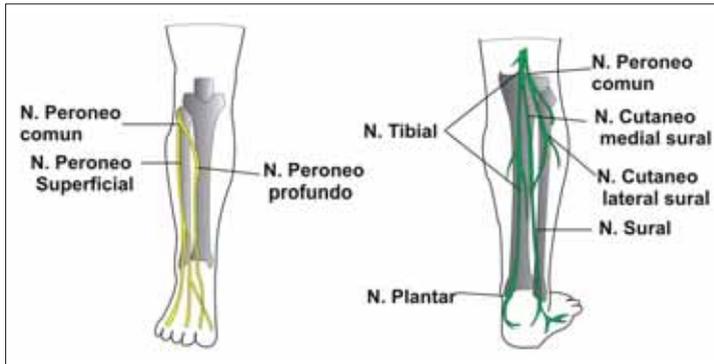


Figura 4. Nervios terminales.

Nervio del glúteo inferior

Se origina de las divisiones dorsales de L5, S1 y S2, abandona la pelvis a través del orificio ciático mayor por debajo del músculo piriforme, pronto se divide en varias ramas, destinadas a la inervación de la cara profunda del músculo glúteo mayor.

Nervio femorocutáneo posterior

Es el responsable de la inervación de la piel situada en el periné, las zonas posteriores del muslo y pierna. Se origina de las divisiones posteriores de S1 y S2 junto con las divisiones anteriores de S2 y S3, abandona la pelvis a través del orificio ciático mayor por debajo del músculo piriforme, desciende bajo el músculo glúteo mayor acompañando a la arteria glútea inferior, continúa su trayecto descendente por la cara posterior del muslo, situándose por debajo de la fascia lata, pasa posteriormente sobre la cabeza larga del bíceps femoral para entrar en la zona posterior de la rodilla, desde aquí desciende hasta la zona media de la pierna y se comunica con el nervio sural.

Todas sus ramas terminales son cutáneas y se distribuyen en tres áreas: área glútea (distribuyéndose sobre la piel que cubre la zona inferior y lateral del gluteo mayor), el periné (inervando el escroto en el hombre y labios mayores en la mujer) y la zona posterior de muslo y

pierna (inervando la piel que cubre el área posterior y medial del muslo, fosa poplítea y zona posterior y superior de la pierna).

NERVIOS TERMINALES

La rama terminal del plexo sacro está representada por el nervio ciático y sus ramas terminales: el nervio tibial y el nervio peroneo común.

El nervio ciático inerva casi la totalidad de la piel de la pierna y los músculos de la zona posterior del muslo, pierna y pie. Constituye el nervio más grande del organismo, teniendo un grosor incluso de 2 cm y está formado por la reunión de todas las ramas que forman el plexo sacro.

El nervio ciático sale de la pelvis a través del orificio ciático mayor pasando bajo el músculo piriforme; tras su salida, el nervio ciático desciende entre el trocánter mayor del fémur y la tuberosidad isquiática, aquí se sitúa apoyado sobre la cara posterior del isquium y de los músculos obturador interno, cuadrado femoral y gemelos; en este área el nervio ciático se encuentra acompañado por el nervio femorocutáneo posterior y la arteria glútea inferior, y se encuentra cubierto por el músculo glúteo mayor. A lo largo de su trayecto descendente, el nervio ciático descansa sobre el músculo aductor mayor y está

cruzado oblicuamente por la cabeza larga del bíceps femoral.

El nervio ciático, a la altura del tercio inferior del muslo, se divide en sus dos ramas terminales: el nervio tibial y el peroneo común; esta división en algunas ocasiones ocurre en un punto más craneal, llegando incluso a describirse casos donde el nervio ciático se divide justo en su origen en el plexo sacro.

Las ramas procedentes del nervio ciático se clasifican en:

- **Ramas colaterales.** Son ramas musculares (destinadas a los músculos bíceps femoral, semimembranoso, semitendinoso y aductor mayor) y articulares (destinadas a la articulación de la cadera).
- **Ramas terminales.** Los nervios tibial y peroneo común.

Nervio tibial

Se origina de las divisiones anteriores de las raíces L4, L5, S1, S2 y S3. En su trayecto desciende por la parte posterior del muslo, pierna y entra en el talón, donde se divide en dos ramas terminales, los nervios plantares medial y lateral.

En el muslo, el nervio se sitúa en su cara posterior, acompaña inicialmente a la arteria poplítea para luego cruzarla y situarse en el centro del triángulo poplíteo; posteriormente entra en la pierna pasando bajo el arco del sóleo.

En la pierna se encuentra cubierto en la mitad superior de su recorrido por los músculos de la pantorrilla, mientras que en su parte inferior el nervio sigue un recorrido más superficial, situándose bajo la piel y las fascias superficial y profunda. En su trayecto más inferior, el nervio se sitúa paralelamente al borde medial del tendón calcáneo.

A lo largo de su trayecto, el nervio da las siguientes ramas colaterales:

- **Ramas articulares.** Usualmente son tres e inervan las articulaciones de la rodilla. Jus-

to por encima de su bifurcación en el talón el nervio deja una rama para la articulación del tobillo.

- **Ramas musculares.** Son de 4 a 5 y se originan en dos zonas: una primera zona se sitúa en la porción del nervio que discurre entre los músculos gemelos, las ramas originadas aquí inervan los músculos gemelos, plantar, sóleo y poplíteo; la segunda zona se encuentra en el tercio inferior de la pierna, en este punto se originan ramas destinadas a los músculos sóleo, tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del primer dedo.
- **Nervio cutáneo sural medial (nervio comunicante tibial).** Desciende entre las dos cabezas de los gemelos y en la zona media-posterior de la pierna atraviesa la fascia profunda para unirse con el ramo anastomótico del nervio peroneo común, de esta unión se forma el nervio sural.
- **Nervio sural.** Formado por el nervio cutáneo sural medial con una rama anastomótica del nervio peroneo; el nervio discurre caudalmente junto al margen lateral del tendón calcáneo y situándose junto a la vena safena menor, entre el maléolo lateral y el calcáneo, pasa bajo el maléolo lateral y formando el nervio cutáneo lateral dorsal para inervar la cara lateral del pie.
- **Ramas calcáneas mediales.** Inervan la piel del talón y cara medial del pie.

Las ramas terminales del nervio tibial se dividen en:

- **Nervio plantar medial.** Se origina bajo el ligamento anular interno, pasa bajo el músculo abductor del 1^{er} dedo y aparece entre este músculo y el flexor corto de los dedos. Da lugar a ramas cutáneas (distribuidas para la planta del pie), musculares (destinadas a el abductor del primer dedo, flexor corto de los dedos y flexor corto del pri-

mer dedo), articulares (para las articulaciones del tarso y metatarso), una rama para el primer dedo del pie (inerva la cara medial de este dedo) y tres ramas para el resto de los dedos (del 2º dedo al borde medial del 4º dedo).

- **Nervio plantar lateral.** Se origina bajo el ligamento anular interno, pasa junto con la arteria lateral plantar hacia la cara lateral del pie, situándose entre el flexor corto de los dedos y el músculo cuadrado plantar; tras pasar junto al abductor del 5º dedo se divide en una rama superficial y otra profunda. La rama superficial inerva al 4º y 5º dedo, el músculo flexor del 5º dedo y los músculos interóseos del 4º espacio intermetatarsal. La rama profunda inerva al aductor del 1º dedo, y a los interóseos metatarsales excepto los correspondientes al 4º espacio.

Nervio peroneo

Se origina de las divisiones posteriores de L4, L5, S1 y S2. Desciende oblicuamente a lo largo de la fosa poplítea hacia la cabeza del peroné, donde se encuentra en estrecha relación con el borde medial del músculo bíceps femoral y la cabeza lateral del gemelo. El nervio rodea la cabeza del peroné, pasando entre ésta y el músculo peroneo largo; tras este recorrido se divide en sus ramas terminales: los nervios peroneo superficial y profundo. Antes de dividirse, el nervio da varias ramas colaterales: ramas articulares y el nervio cutáneo sural lateral.

Descripción de las ramas colaterales del nervio peroneo:

- **Ramas articulares.** Habitualmente son tres y están destinadas a inervar la rodilla. La primera rama se origina en ocasiones en el tronco ciático, mientras que la tercera (recurrente) se origina en el punto de división del nervio peroneo común y asciende con la

arteria recurrente tibial anterior hacia la zona frontal de la rodilla.

- **Nervio cutáneo sural lateral.** Inerva la piel de la cara posterior y lateral de la pierna. Una de sus ramas, la rama anastomótica peronea, nace a la altura de la cabeza del peroné, cruza la cabeza lateral del músculo gemelo y se une a el nervio cutáneo sural medial para formar el nervio sural.

Descripción de las ramas terminales del nervio peroneo:

- **Nervio peroneo profundo.** Se origina en la bifurcación del nervio peroneo común. Entre el peroné y la zona superior del músculo peroneo largo pasa oblicuamente bajo el extensor largo de los dedos hacia la parte frontal de la membrana interósea; en la zona media de la pierna el nervio acompaña a la arteria tibial anterior, en este punto da ramas musculares para los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos y extensor del primer dedo, así como ramas articulares para la articulación del tobillo. Tras descender por la pierna, el nervio llega al tobillo donde se divide en una rama medial y otra lateral:

- *Rama lateral.* Cruza el tarso, situándose bajo el músculo extensor corto de los dedos, inerva las articulaciones del tarso y metatarso del 2º, 3º y 4º dedos.

- *Rama medial.* Acompaña a la arteria dorsal del pie y en el primer espacio interdigital se divide en dos nervios dorsales digitales destinados al primer y segundo dedos. Antes de su división, la rama medial origina pequeñas ramas destinadas a la inervación de la articulación metatarsofalángica del 1º dedo.

- **Nervio peroneo superficial.** Inerva los músculos peroneo corto y largo, así como la piel de la mayor parte del dorso del pie. Se sitúa entre el músculo peroneo y el

extensor largo de los dedos, a los que inerva, posteriormente atraviesa la fascia profunda en el tercio inferior de la pierna y se divide en los nervios cutáneo dorsal medial y cutáneo dorsal intermedio.

- *Nervio cutáneo dorsal medio*. Pasa por delante de la articulación del tobillo. Es

responsable de la inervación del aspecto medial del primer dedo y de los dedos 2º y 3º.

- *Nervio cutáneo dorsal intermedio*. Pasa por la zona lateral del dorso del pie. Es responsable de la inervación del 3º, 4º y 5º dedo.

Tabla I.

Nervio	Raíz	Inervación motora	Respuesta a la neuroestimulación	Inervación sensitiva	Ramos articulares
Glúteo	L4-S2	Piriforme, gemelos, obturador interno, cuadrado femoral	Nalgas con rotación lateral de cadera	Zona medial alta de nalgas	Cadera
Ciático-tibial	L4-S3	Bíceps femoral, semitendinoso, aductor mayor, poplíteo, gastrocnemio, sóleo, flexores del pie	Extensión de la rodilla. Flexión de la rodilla, flexión plantar y de los dedos del pie	Zona medial y lat. del talón, planta del pie	Rodilla y tobillo
Ciático-peroneo	L4-S3	Bíceps femoral, peroneos, extensores del pie y dedos	Flexión de rodilla, inversión del pie, dorsiflexión del pie y tobillo	Cara anterior de la pierna distal y dorso del pie, 1º dedo	Rodilla y tobillo
Sural (safeno posterior)	L4-S3	No		Dorso y cara externa de la zona posterior de pierna, tobillo, talón y 5º dedo	No
Femorocutáneo posterior	S1-S3	No	No	Cuadrante distal y medial de las nalgas y periné, muslo posterior hasta fosa poplíteo	No

Capítulo 15

Bloqueo ciático

Gabino Mozo Herrera, Javier De Andrés Ares, Beatriz Romerosa Martínez

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

Nervio ciático (L4-L5, S1-S2)

Es la principal rama del plexo sacro (de unos 2 cm de diámetro). Abandona la pelvis por el agujero ciático mayor tras pasar por debajo del músculo piramidal (en el 2% de casos lo perfora). A continuación se inclina externamente por detrás del glúteo mayor, donde se apoya sobre la superficie posterior del isquión y el nervio para el cuadrado crural. Por su lado interno va acompañado por el nervio cutáneo posterior del muslo y la arteria y nervio glúteo inferior. Al alcanzar un punto en la mitad de la distancia entre la

tuberosidad isquiática y el trocánter mayor, gira hacia abajo sobre los géminos, el tendón del obturador interno y el cuadrado crural (que lo separan de la articulación de la cadera), y deja la nalga para entrar en el muslo por debajo del borde inferior del glúteo mayor. El nervio ciático desciende entonces cerca de la línea media del dorso del muslo, situándose sobre el aductor mayor y es cruzado oblicuamente por la porción larga del bíceps crural. Inmediatamente por encima del vértice de la fosa poplíteica está cubierto por los bordes contiguos del bíceps crural y el semimembranoso.

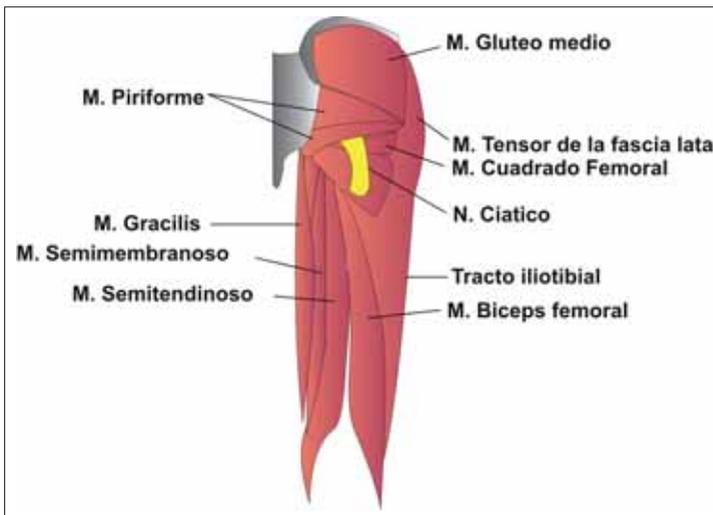


Figura 1. Representación esquemática del nervio ciático y sus relaciones anatómicas (el músculo glúteo mayor no está representado).

Aunque el punto de división en sus dos ramas principales (tibial y peroneo) es variable (el 90% lo hacen en el vértice del hueco poplíteo, el otro 10% por debajo del músculo piriforme), en todo caso ambos ramos caminan juntos hasta el hueco poplíteo. Las fibras tibiales circulan más interna y superficialmente que las peroneas.

Nervio fémoro-cutáneo posterior (o cutáneo posterior femoral) (S1-S3)

Después de dejar la pelvis bajo el músculo piramidal, en la nalga desciende por debajo del músculo glúteo mayor, sobre la cara postero-interna del nervio ciático (junto con arteria y nervio glúteo inferior). Inerva la piel de la parte inferior de la nalga. En el muslo va por fuera (superficial) de la fascia lata, ya separado del nervio ciático, y termina en ramas cutáneas para periné, escroto/labios mayores y cara posterior del muslo y hueco poplíteo (tener en cuenta su extensa cobertura sensitiva cutánea si la intervención o el manguito de isquemia afectan a esta zona para bloquear específicamente). Excepto si se realiza un bloqueo parasacro o un bloqueo glúteo o infra-glúteo "alto" no se bloquea el nervio femorocutáneo post junto con el nervio ciático, por lo que requiere un bloqueo específico, más superficial.

En el muslo, el nervio femorocutáneo posterior se bloqueará con la misma punción que para bloquear el ciático, pero de forma superficial, antes de perforar la fascia lata, por encima de los planos musculares, dejando unos 6 ml de anestésico local.

SONOANATOMÍA Y REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

Son varias las vías para realizar un bloqueo del ciático en la zona glútea-subglútea y raíz del muslo.

Dada la mayor profundidad a la que se encuentra el nervio ciático a este nivel se aconseja una sonda curva de 2-5 MHz, al menos para localizar inicialmente las estructuras, aunque luego utilicemos la plana de 5-10 MHz para realizar la punción. Al aumentar la profundidad de trabajo, la definición de las estructuras es peor y mayor la anisotropía, pero el considerable grosor del ciático (unos 2 cm, con sección transversal característicamente en forma de huso) y su clara hiperecogenicidad ayudan considerablemente su identificación. Además, una visión longitudinal del nervio, conformando un cordón "filoso" hiperecoico grueso (Fig. 2), nos confirmará la identidad de la estructura.



Figura 2. Ciático en sección longitudinal.

En nuestra opinión, con control ecográfico el abordaje **isquiático o subglúteo** es sencillo, rápido, seguro y permite el bloqueo del nervio femorocutáneo posterior con la misma punción, estando además a este nivel el ciático relativamente cerca de la piel. Por lo tanto será éste el bloqueo más ampliamente expuesto a continuación. No obstante, comentaremos también el bloqueo por vía **laterotrocantérea** y por **vía anterior**.

En nuestra opinión, con control ecográfico el abordaje **isquiático o subglúteo** es sencillo, rápido, seguro y permite el bloqueo del nervio femorocutáneo posterior con la misma punción, estando además a este nivel el ciático relativamente cerca de la piel. Por lo tanto será éste el bloqueo más ampliamente expuesto a continuación. No obstante, comentaremos también el bloqueo por vía **laterotrocantérea** y por **vía anterior**.

Bloqueo a nivel isquiático o subglúteo

Uno de los inconvenientes de este acceso es la necesidad de decúbito prono del paciente, o al menos decúbito lateral (con la extremidad a bloquear elevada).



Figura 3. Colocación de la sonda ecográfica y del paciente para la realización del bloqueo subglúteo.

El anestesiólogo se colocará, bien en bipedestación o bien sentado al lado de la extremidad a bloquear.

Para lograr una correcta visión ecográfica del nervio ciático a este nivel en principio no precisamos movilización o posición específica de la pierna.

El nervio ciático abandona la zona glútea para entrar en el muslo entre la tuberosidad isquiática y el trocánter mayor. Trazando una línea que una estos dos puntos, 3-4 cm distalmente al punto medio de ella (a nivel o inferior a la hendidura

subglútea) está el punto de punción clásico, entrando perpendicularmente a la piel.

La sonda se colocará a nivel de la hendidura subglútea, en sentido transversal al eje de la pierna (Fig. 3). También podemos ascender la sonda hasta la línea del trocánter mayor a la tuberosidad isquiática, consiguiendo un corte más alto (mayor probabilidad de bloquear simultáneamente junto con el ciático al cutáneo femoral posterior, que a este nivel aún van juntos a la misma profundidad, aunque el ciático más externamente).

Imagen ecográfica (Figs. 5 y 6): el nervio ciático aparecerá a una profundidad variable (dependiendo del muy variable grosor del panículo adiposo y grupos musculares a este nivel) de entre 3 a 5 cm, como una imagen bien definida (dado el grosor de este nervio, mayor de 1 cm), hiperecogénica, oval y quizás con patrón puntiforme, rodeado de grupos musculares hipoecoicos (que filtran los ultrasonidos, disminuyendo la calidad de la imagen) y flanqueado más en profundidad por las estructuras óseas (borde hiperecoico y sombra hipoecoica) de la tuberosidad isquiática medialmente y el trocánter mayor lateralmente.

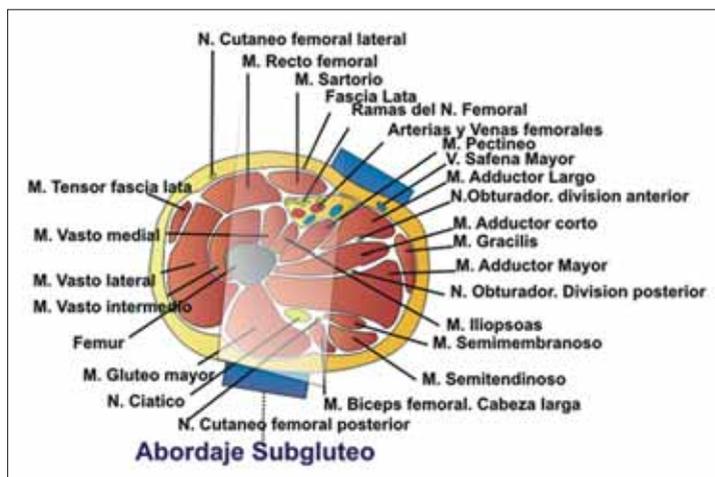


Figura 4. Diagrama que representa una sección transversal del nervio ciático en la región subglútea. (decúbito supino).



Figura 5. Imagen ecográfica del nervio ciático en la región subglútea.

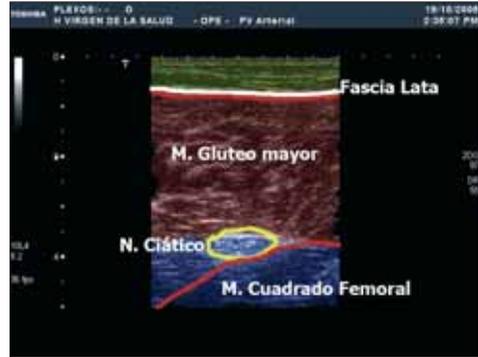


Figura 6. Imagen ecográfica modificada para mostrar las estructuras que acompañan al nervio ciático.



Figura 7. Colocación de la sonda ecográfica y del paciente para la realización del bloqueo latero-rotatorio.

Dividiendo la imagen en tres zonas, distinguiremos (a nivel subglúteo “alto”):

- Zona superficial: piel y tejido celular subcutáneo (y fascia lata más distalmente).
- Zona media: compuesta básicamente por la masa del músculo glúteo mayor.
- Zona profunda (a unos 4 ó 5 cm): ocupada por el nervio ciático, hiperecoico y con aspecto fusiforme, apoyado sobre la masa hipoecoica del músculo cuadrado femoral.

Si colocamos la sonda más distalmente sobre el nervio ciático, podremos distinguir los músculos semitendinoso y semimembranoso

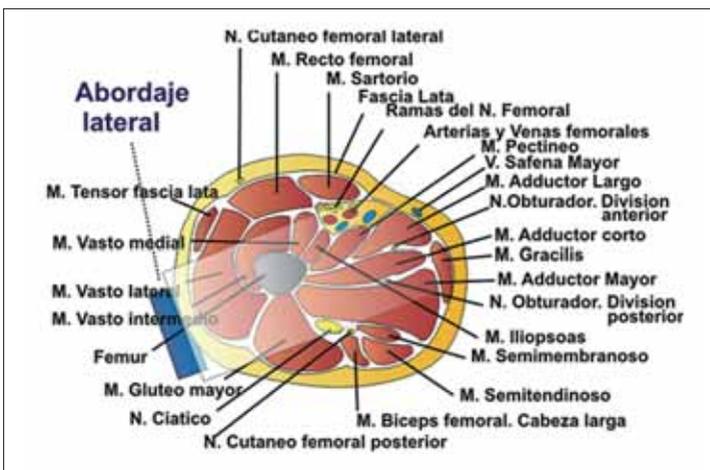


Figura 8. Diagrama que representa una sección transversal del nervio ciático en la región lateral. (decúbito supino).



Figura 9. Imagen ecográfica del nervio ciático en la región lateral.



Figura 10. Imagen ecográfica del nervio ciático en la región lateral.

mediales, el bíceps femoral encima y lateral y el aductor mayor por debajo y medial.

Puncionaremos 1 cm por debajo de la sonda, por el centro de ésta, una vez colocado el nervio ciático en el centro de la imagen ecográfica, o bien de forma longitudinal entrando con la aguja por el extremo más externo de la sonda.

El nervio femorocutáneo posterior se bloqueará con la misma punción, pero de forma superficial, antes de perforar la fascia lata, por encima de los planos musculares con unos 5 ml de anestésico.

Clásicamente, el volumen aconsejado es de 20 a 30 ml, procurando que el AL se distribuya rodeando completamente el nervio, para lo cual repositonaremos la aguja lo necesario.

Bloqueo a nivel laterotrocantéreo

Una buena opción en pacientes con movilidad limitada al poder realizarla con el paciente en supino con mínima lateralización sobre la extremidad sana (que se puede conseguir, por ejemplo, con un cojín bajo la nalga a bloquear). Se coloca la sonda transversalmente al eje de la pierna y al recorrido del ciático, unos 2 cm por debajo del trocánter mayor. Aparecerá el nervio ciático a unos 3 cm de profundidad bajo

el glúteo mayor, quedando la imagen del fémur por encima.

El bloqueo del femorocutáneo posterior es inconstante a este nivel.

Bloqueo por vía anterior

Con el paciente en supino, se realiza una rotación externa moderada del muslo (45° aprox.) flexionando algo la rodilla. Colocamos la sonda transversalmente al eje de la pierna a unos 8 cm distalmente al pliegue inguinal, en la cara interna del muslo, al nivel del trocánter menor. El ciático aparecerá a unos 7 cm de profundidad bajo el músculo aductor mayor y posterior y medial al trocánter menor, con su característica forma ova-



Figura 11. Colocación de la sonda ecográfica y del paciente para la realización del bloqueo anterior.

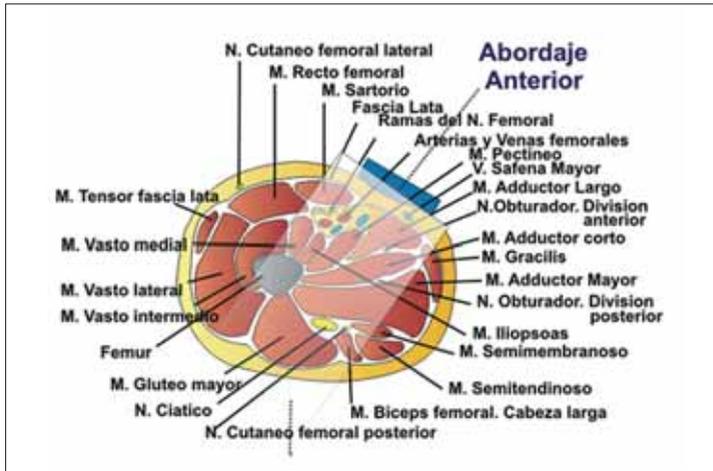


Figura 12. Diagrama que representa una sección transversal del nervio ciático en la región anterior. (decúbito supino).

lada hiperecoica. La punción más favorable probablemente sea de forma longitudinal al eje de la sonda desde su extremo medial.

Normalmente no conseguiremos bloquear e nervio femoral cutáneo posterior.

No es un buen abordaje para colocar un catéter de infusión continua en el ciático.

i PERLAS CLÍNICAS

- Recordar que la arteria glútea acompaña al nervio ciático desde su salida por debajo del piramidal a lo largo de la nalga bajo

el músculo glúteo mayor. Peligro de punción intravascular.

- Una sonda curva de 5-10 MHz nos facilitará la localización inicial del ciático.
- Una forma de localizar el ciático es buscarlo distalmente en la zona media de la cara posterior del muslo o incluso en el hueco poplíteo, y una vez localizado ir ascendiendo con la sonda sin perderlo de la imagen hasta la zona más alta donde queremos realizar el bloqueo.
- Comprimir la sonda con fuerza contra las estructuras ayudará a minimizar la profun-



Figura 13. Imagen ecográfica del nervio ciático en la región anterior.



Figura 14. Imagen ecográfica anotada del nervio ciático en la región anterior.

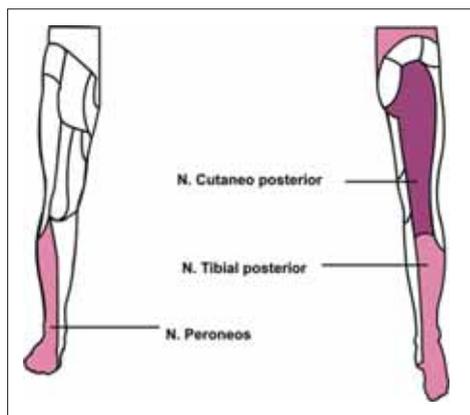


Figura 15. Zonas afectadas por el bloqueo subglúteo del nervio ciático. Todas las ramas se afectan si el bloqueo es alto.

didad del ciático, mejorando su visión y facilitando el bloqueo.

- Utilizar las estructuras óseas (trocanter mayor, tuberosidad isquiática, espina isquiática y trocanter menor, característicamente con reborde hiperecoico y sombra hiperecoica) como guía de localización del ciático en su proximidad.

RESPUESTA AL NEUROESTIMULADOR

Contracción de los músculos del compartimento posterior de la pierna y flexión plantar en caso de estimular el componente tibial más interno y superficial, contracción de los músculos del compartimento anteroexterno de la pierna, con dorsiflexión y eversión del pie en caso de estímulo preferente del componente

peroneo más lateral y profundo. Es deseable conseguir neuroestimulación de ambos componentes y bloquearlos.

El nervio femorocutáneo posterior es un nervio sensitivo, consiguiendo con el neuroestimulador únicamente parestesias en la zona inervada por él (periné, escroto, cara posterior de muslo y hueso poplíteo). Si la punción se realiza a nivel glúteo o subglúteo "alto", la contracción del músculo glúteo mayor probablemente nos asegure la localización del femorocutáneo posterior, al situarse este nervio en el mismo espacio que el nervio glúteo inferior, indicándonos la profundidad de la infiltración para bloquearlo.

INDICACIONES

- Cirugía del pie y tobillo y/o control del dolor perquirúrgico (posibilidad de dejar el catéter a nivel subglúteo).

COMPLICACIONES

- Tener en cuenta las dosis totales de AL si asociamos bloqueos de nervios del plexo lumbar (femoral, femorocutáneo lateral, obturador).
- Posibilidad de inyección intraneural. Hay que estar atentos a la distribución del anestésico, a la presión de infusión y a la clínica desencadenada en el paciente al infiltrar (dolor lancinante).

BIBLIOGRAFÍA

- Chan V, Nova H, Abbas S et al. Anesthesiology 2006; 104: 309-14.

Capítulo 16

Bloqueo ciático a nivel poplíteo (nervios tibial y peroneo)

Gabino Mozo Herrera, Laura Moreno Ortega, Alberto Cortés Uribe

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

En el 90% de los casos el nervio ciático se bifurca en sus 2 ramos terminales principales, tibial y peroneo, en el vértice del hueco poplíteo (aunque las fibras de ambos ya están diferenciadas desde el nacimiento). En el resto la bifurcación es anterior (incluso infrapiramidal) pero ambos ramos discurren juntos hasta el hueco poplíteo, siendo en todo caso su bloqueo a este nivel factible con una sola punción.

Con control ecográfico se pueden individualizar las dos ramas y la separación progresiva de ambas en el hueco poplíteo.

Inmediatamente por encima del vértice de la fosa poplíteo el nervio ciático está cubierto por los bordes del bíceps crural (externo) y semimembranoso (interno). A este nivel la arteria y vena poplíteo (la primera más interna y profunda) circulan en profundidad y medialmente respecto al ciático.

Ya en la fosa poplíteo, **el nervio tibial (o ciático poplíteo interno)** (de L4-L5 y S1 a S3) se hace más superficial, primero externamente a los vasos poplíteos (arteria poplíteo y vena poplíteo, que están más profundas que el nervio) para luego cruzar la fosa poplíteo oblicuamente hasta el borde interno del paquete vascular y desaparecer en la pierna entre los vien-

tres de los músculos gemelos y plantar delgado, situándose por debajo de éstos. El nervio tibial consta de las siguientes ramas principales: muscular (gemelos, plantar delgado, poplíteo, sóleo, tibial posterior, flexor largo común de los dedos y flexor largo del dedo gordo), articular (rodilla, tobillo y articulaciones tibioperoneas superior e inferior), sural (o safeno externo), calcánea y plantares interna y externa, y ramitas óseas y vasculares.

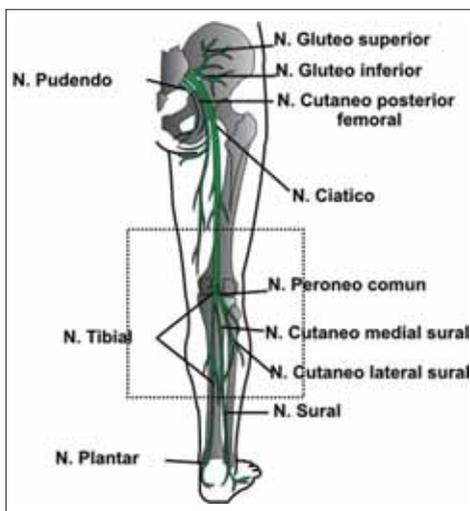


Figura 1. Vista posterior de la región poplíteo derecha con sus nervios.



Figura 2. Colocación de la sonda en el vértice poplíteo.

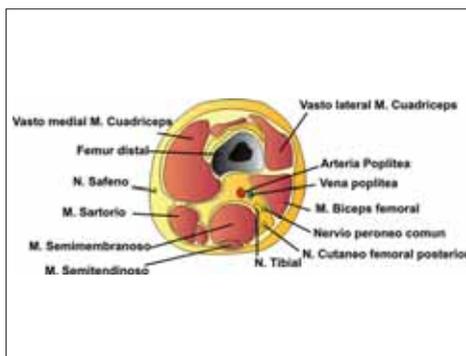


Figura 3. Sección anatómica del vértice del hueso poplíteo izquierdo en supino.

El **nervio peroneo (o ciático poplíteo externo)** (de L4-L5 y S1-S2) desciende, primero a lo largo del lado externo de la fosa poplíteo cubierto por el borde interno del bíceps crural, pasando luego entre el tendón del bíceps y la porción externa de los gemelos para alcanzar el dorso de la cabeza del peroné, rodeándola externamente por el cuello del peroné entre las dos porciones del músculo peroneo lateral largo, donde se divide en dos ramos, nervios peroneos superficial (o musculocutáneo) y profundo (o tibial anterior). Antes de dividirse emite filamentos articulares (rodilla y articulaciones tibioperoneas superior e inferior), nervio cutáneo externo (piel y fascias de zona exterior y posterior de la pierna superior) y rama safenoperonea (se une a la rama safenoexterna del tibial).

SONOANATOMÍA

Localizamos el triángulo del hueso poplíteo. Su base está formada por el pliegue de flexión de la rodilla (o línea entre ambos cóndilos femorales). El lado interno o medial por los tendones de los músculos semitendinoso y semimembranoso. El lado externo o lateral por el tendón del músculo bíceps femoral, conformando el vértice superior del triángulo la confluencia de los músculo semitendinoso y semi-

membranoso por un lado, con la porción larga del bíceps femoral. La bisectriz de este triángulo (con ligera inclinación hacia el vértice lateral o externo) la define el eje vaso-nervioso, formado de medial a lateral y de profundo a superficial, por la arteria poplíteo, vena poplíteo (junto a la 1ª) y algo más separado externa y superficialmente el nervio ciático (probablemente ya dividido en ramo ciático poplíteo interno o tibial, más medial y profundo, y ciático poplíteo externo o peroneo, más lateral y superficial) (Fig. 3).

La sonda la colocaremos en sentido transversal al eje mayor de la pierna en el vértice del triángulo del hueso poplíteo anteriormente descrito para conseguir una imagen que represente una sección transversal del nervio ciático y del paquete vascular (Fig. 2).

Debido a la anisotropía y la mayor profundidad de las estructuras, es difícil conseguir una imagen nítida de los elementos vasculares y nerviosos a la vez, al estar en planos diferentes (pequeños movimientos o angulaciones de la sonda modifican el aspecto de vasos o nervios).

En la sección ecográfica a conseguir veremos el nervio ciático, que centraremos en la imagen (en ocasiones se pueden individualizar

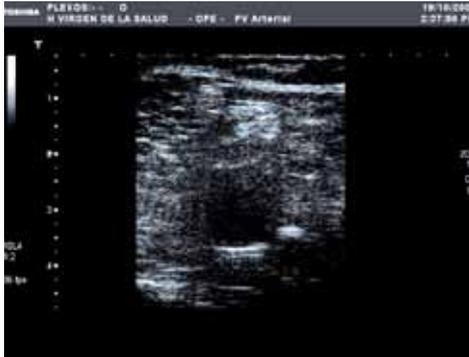


Figura 4. Ecografía del vértice poplíteo.

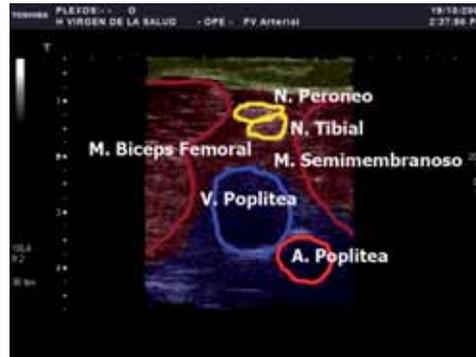


Figura 5. Ecografía anotada del vértice poplíteo.

los dos ramos terminales, tibial y peroneo), con forma oval-redondeada, bien definido e hiperecoico y a una profundidad variable de 1,5 a 3 cm. El nervio está superficial y externamente a la vena poplíteo (colapsable con presión del transductor). Más profunda e internamente se podrá individualizar la arteria poplíteo, pulsátil (el nervio ciático está a 1-2 cm de ella, más superficial y lateral).

Por encima del nervio podremos individualizar a uno y otro lado las masas musculares hipocóicas del semimembranoso y semitendinoso (interno o medial) y bíceps femoral (lateral o externo). (Figs. 4 y 5)

Desde el punto de vista didáctico, si dividimos la imagen en tres zonas según su profundidad, podemos identificar:

- Zona más superficial: piel y tejido celular subcutáneo.
- Zona media (2 cm de profundidad aprox.): ocupada por el nervio ciático hiperecoico y redondeado con un calibre de 1 cm aproximadamente. Entre las masas hipocóicas de los músculos bíceps femoral (lateral) y semimembranoso (medial). Muy frecuentemente (sobre todo si deslizamos la sonda distalmente) podremos identificar ya la división en el nervio tibial, interno, y el poplíteo más externo.

- Zona más profunda: a unos 3-4 cm y algo medialmente respecto al nervio aparecerá el paquete vascular, con la vena más superficial, y la arteria poplíteo.

Una forma de individualizar los nervios tibial y poplíteo es mandar hacer al paciente flexión plantar y dorsal del pie, y veremos en la imagen ecográfica cómo se separan ambos fascículos claramente.

REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA

La colocación del paciente idealmente será en decúbito prono, con el pie apoyado en una almohada, para conseguir ligera flexión de la rodilla.

El anestesiólogo se colocará en pie o sentado frente a la extremidad a bloquear.

Probablemente en decúbito lateral sobre la extremidad sana o en la posición de litotomía (similar a la del abordaje posterior de Raj para el ciático) sea factible realizar el bloqueo consiguiendo buenas imágenes ecográficas. En el acceso lateral la imagen ecográfica no es buena.

Aunque hay descritos múltiples puntos de bloqueo a nivel poplíteo, nos referiremos al punto más superior que nos permita bloquear ambas ramas, tibial y peronea, con una sola punción.

El sitio de punción será lo más alto posible, a unos 10 cm de la base del triángulo y a la altura del vértice superior de éste, colocando la sonda aproximadamente 1 cm por encima; si puncionamos de forma transversal al eje de la sonda, o bien siguiendo su eje longitudinal entrando por el lado más externo (para alejarnos del paquete vascular).

El volumen aconsejado clásicamente es de 20 a 40 ml de AL, aunque consiguiendo una distribución del AL que rodee totalmente (importante) el nervio ciático o sus dos ramos terminales conseguiremos el bloqueo con volúmenes cercanos a los 15 ml.



PERLAS CLÍNICAS

- Intentaremos asegurar una correcta distribución del anestésico local rodeando totalmente ("distribución circunferencial") ambos ramos del nervio ciático si queremos una cobertura anestésica de todos los territorios.
- Podemos identificar el ciático por encima de la fosa poplítea e ir descendiendo la sonda sin perder la imagen del nervio hasta encontrar el punto de división en sus dos ramos terminales en el vértice de la fosa.
- Unas venas varicosas en la región poplítea pueden deformar la imagen ecográfica del nervio y su localización habitual.

RESPUESTA AL NEUROESTIMULADOR

Flexión plantar del pie o tobillo al estimular preferentemente el ramo tibial, movimientos de los dedos del pie, flexión dorsal o eversión del pie en caso de estimulación preferente del ramo peroneo. No confundir la estimulación directa de las fibras de los músculos que están por encima del nervio (bíceps femoral, especialmente).

INDICACIONES

Cirugía del pie y tobillo, o analgesia periquirúrgica (complementada con bloqueo del nervio safeno interno). Es una buena localización para dejar un catéter perineural con infusión continua.

COMPLICACIONES

Las habituales de cualquier bloqueo, como infusión intraneural o intravascular (más probable si hay venas varicosas en la zona).

BIBLIOGRAFÍA

- Sinha A, Chan V. Ultrasound Imaging for Popliteal Sciatic Nerve Block. *Reg Anesth Pain Med* 2004; 29 (2): 130-34.
- Ricci S. Ultrasound Observation of the Sciatic Nerve and its Branches at the Popliteal Fossa: Always Visible, Never Seen. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005; 30: 659-63.
- Schafhalter-Zoppoth I, Younger SJ, Collins AB, Gray At. The seesaw sign: improved sonographic identification of the sciatic nerve. *Anesthesiology* 2004; 101 (3): 808-9.

Capítulo 17

Bloqueos para el tratamiento del dolor

Alejandro Ortega Romero, Pilar de Diego Isasa

El uso de la ecografía en la guía de los bloqueos para el tratamiento del dolor es muy reciente y el número de trabajos publicados en este campo es escaso. En este capítulo se presentan las posibles áreas de aplicación y sus ventajas frente a las técnicas a ciegas empleadas o con otros métodos de imagen.

Todos los bloqueos descritos en este libro son aplicables para el tratamiento del dolor agudo y crónico (bloqueo terapéutico) o para localizar la causa responsable de dolor (bloqueo diagnóstico). Además, la ecografía nos ayuda a precisar el lugar óptimo para colocar un catéter y el punto diana para poder realizar una neurólisis. La ecografía nos puede mostrar el nervio a diferencia de la radioscopia donde sólo nos guiamos por referencias óseas o la distribución de contraste. La resonancia magnética (RM) y la tomografía axial (TAC) también logran localizar el nervio pero el acceso a estos métodos de imagen es más difícil. La ecografía no expone ni al paciente ni al personal médico a la radiación y permite, gracias al efecto Doppler, visualizar los vasos. Por otro lado, presenta la limitación de su menor resolución a mayor profundidad, la dificultad para identificar estructuras detrás de partes óseas y los problemas para visualizar agujas finas en bloqueos profundos.

BLOQUEO DEL GANGLIO ESTRELLADO

El bloqueo del ganglio estrellado es una técnica ampliamente extendida con múltiples aplicaciones, aunque sus dos principales indicaciones han sido el tratamiento y diagnóstico de insuficiencias vasculares y de los síndromes dolorosos de la extremidad superior. El ganglio estrellado pertenece a la cadena simpática que se origina desde los segmentos torácicos más altos en el cuello y se extiende hacia la base del cráneo. Normalmente no tiene ramificaciones y se compone de tres ganglios (superior, medio e inferior). El ganglio simpático inferior está comúnmente unido con los primeros ganglios torácicos y juntos forma el ganglio estrellado, a nivel de C7. De entre los diferentes abordajes para bloqueo del ganglio estrellado, la aproximación a nivel de C6 es la más utilizada. La sencilla identificación de la apófisis transversa de C6 presenta ventajas sobre la punción a nivel de C7 por ser a este nivel más fácil la punción de la arteria vertebral, ya que discurre anterior a la apófisis transversa de C7, pudiendo pasar el anestésico al territorio del sistema basilar. El tubérculo anterior de la sexta vértebra cervical es prominente; conocido como tubérculo de Chassaignac, se palpa fácilmente en el cuello a nivel del cartílago cricoides. Tanto la arteria vertebral como los nervios espinales cervicales



Figura 1. Referencias para el bloqueo del ganglio estrellado.

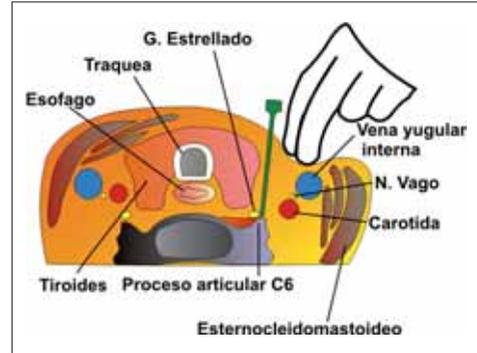


Figura 2. Diagrama que muestra un corte transversal a través de C6.



Figura 3. Imagen ecográfica de la laringe (a nivel del cricoides).

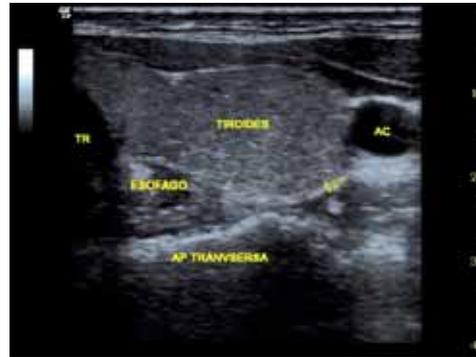


Figura 4. La zona a nivel de la apófisis de C6 (TR: tráquea, AC: arteria carótida). Flecha indicando el punto diana para el bloqueo del ganglio estrellado.

pasan por detrás de este tubérculo. Anterior a la cadena simpática cervical discurre la glándula tiroidea y los grandes vasos (carótida y yugular interna), medialmente la faringe y laringe con el nervio recurrente laríngeo entre ellas. Por su porción inferior el ganglio estrellado se encuentra con las cúpulas pulmonares.

La mayoría de las complicaciones derivadas del bloqueo del ganglio estrellado se deben a la proximidad a estas importantes estructuras (inyección intravascular o intrarraquídea, neumotórax, punción esofágica), por lo que es necesario, para una correcta técnica, la identificación precisa del lugar de punción y un

correcto conocimiento de las estructuras anatómicas próximas.

La ecografía revela todas aquellas estructuras que debemos evitar para no dañarlas y permite localizar el tubérculo de la apófisis transversa de C6 como punto diana, aunque no se logre ver ecográficamente el ganglio estrellado. Observe en la imagen (Fig. 2) cómo el esófago se sitúa por detrás de la laringe pero también encima de la apófisis transversa. En las imágenes ecográficas dinámicas en tiempo real se puede ver cómo (sobre todo en el lado izquierdo), al realizar la deglución, el esófago se des-



Figura 5. Colocación del paciente para el bloqueo intercostal.

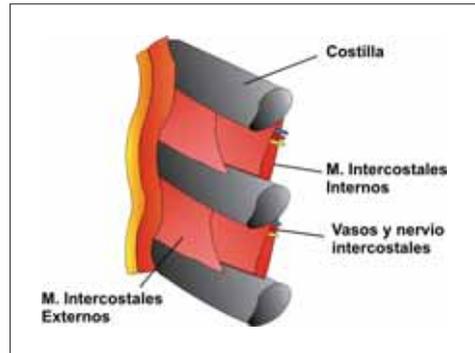


Figura 6. Esquema del paquete vascular y nervioso a nivel intercostal.



Figura 7. Imagen ecográfica que muestra el espacio intercostal entre dos costillas y la relación con la pleura. Doppler color que muestra la arteria intercostal.

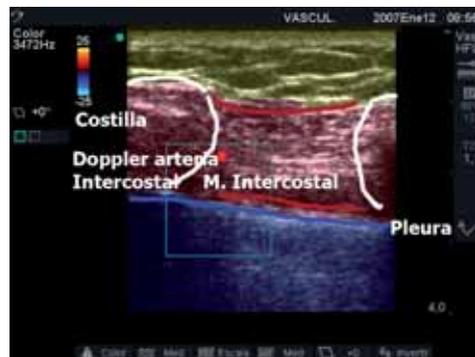


Figura 8. Imagen ecográfica anotada que muestra el espacio intercostal entre dos costillas y la relación con la pleura.

plaza a lo largo de toda la apófisis transversa, aumentando el riesgo de punción esofágica en el abordaje clásico. Podemos controlar la distribución del anestésico local y disminuir las dosis del mismo y, aunque no existe un número de estudios que lo pruebe, es razonable pensar que las complicaciones podrían disminuir con la punción guiada con ultrasonidos.

BLOQUEO DE LOS NERVIOS INTERCOSTALES

Los bloqueos de los nervios intercostales se realizan para una gran variedad de proce-

sos dolorosos, tanto a nivel de dolor agudo postoperatorio como el crónico. Casi un 50% de los pacientes tras toracotomía desarrollan dolor crónico. En estos pacientes, los bloqueos diagnósticos intercostales y la posterior neurólisis con frío o radiofrecuencia pueden ser un escalón terapéutico en caso del fracaso del tratamiento conservador. Mediante la técnica clásica de bloqueo intercostal se palpa el borde inferior de la costilla y se avanza la aguja hasta realizar contacto óseo; posteriormente se resbala la aguja por este borde posterior caudalmente y se avanza 2 a 5 mm para introdu-



Figura 9. Colocación de sonda para bloqueo de nervios inguinales.

ciría en el espacio intercostal para inyectar unos 5 cc de anestésico local.

La guía ecográfica a nivel intercostal nos aporta la gran ventaja de poder visualizar la pleura y todo el espacio intercostal donde debe difundir el anestésico local. Presenta, no obstante, la limitación de que no se puede ver el nervio intercostal por la sombra acústica que realizan las costillas. Es posible de este modo disminuir las dosis de anestésico local a 2 cc, al observar cómo se rellena todo el espacio intercostal y evitar el riesgo de neumotórax. Existen trabajos que logran ver ecográficamente la bola de hielo que se forma a nivel intercostal al realizar crioablación, pudiéndose reorientar la aguja si se observa la formación del hielo en una localización anatómica errónea.

BLOQUEO DE NERVIOS INGUINALES

Los bloqueos de los nervios ilioinguinal e iliohipogástricos son realizados de forma habitual sin la ayuda de las técnicas de imagen, especialmente en las técnicas de analgesia postoperatoria pediátricas tras cirugía de hernia inguinal. Las complicaciones de la técnica a ciegas descritas son el bloqueo del nervio femoral o perforación intestinal. El dolor crónico tras cirugía de hernia inguinal varía según las revi-



Figura 10. Imagen ecográfica modificada para mostrar la espina ilíaca anterosuperior (EIAS), los músculos oblicuo interno (MOI) y externo (MOE) y músculo transverso (MT). Las flechas indican la localización de los nervios ilioinguinal e iliohipogástrico.

siones entre un 15% a un 53% de los casos. Las explicaciones sobre los mecanismos de este dolor no son claras pero es posible que intervenga el dolor neuropático de los nervios ilioinguinal, iliohipogástrico y genitofemoral.

Con sondas de alta frecuencia es posible visualizar los nervios ilioinguinal e iliohipogástricos entre los músculos oblicuos o entre el oblicuo externo y el músculo transverso, según diferentes variaciones anatómicas. Con 1 ó 2 cc de anestésico local es suficiente para el bloqueo de los nervios inguinales. Desafortunadamente, no siempre se pueden ver ecográficamente los nervios inguinales en adultos y el nervio genitofemoral es más difícil localizarlo por su trayecto más profundo y en íntima relación con la cresta ilíaca.

BLOQUEOS FACETARIOS LUMBARES

Una causa común de dolor lumbar es la afectación de las articulaciones facetarias. El único test validado para este diagnóstico es el bloqueo del ramo medial de la raíz posterior que inerva la articulación facetaria. El control por escopia es el método habitual para el abor-



Figura 11. Imagen ecográfica del corte axial a nivel del ángulo superior entre la apófisis transversa y el proceso articular de L3, que muestran los puntos diana donde administrar el anestésico local para el bloqueo del ramo medial. AE: apófisis espinosa; PA: proceso articular; AT: apófisis transversa; Flechas: indican el trayecto y la punta de la aguja.



Figura 12. Imagen ecográfica del corte longitudinal a nivel del ángulo superior entre la apófisis transversa y el proceso articular de L3, que muestran los puntos diana donde administrar el anestésico local para el bloqueo del ramo medial. AT: apófisis transversa; Flechas: indican el trayecto y la punta de la aguja.

daje de los bloqueos facetarios. La guía con ecografía permitiría prescindir de las radiaciones y poder realizar estos bloqueos en pacientes embarazadas. Recientemente se ha descrito un método para la realización de los bloqueos facetarios con guía ecográfica que establece en cortes ecográficos axial y longitudinal los puntos diana para guiar la aguja y bloquear los ramos mediales de L2-L4 (5). Este trabajo, realizado en cadáveres, consigue más de un 90% de éxitos para depositar el anestésico

local al nivel adecuado, presentando limitaciones para lograr el bloqueo del ramo medial de L5 y poder detectar una inyección intravascular. Son necesarias sondas de baja frecuencia (2 a 6 MHz) y ecográficamente no podemos distinguir los ramos mediales por lo que se establecen marcas óseas como puntos diana para su bloqueo. Este método ha sido evaluado en un estudio clínico con 101 pacientes con dolor facetario, consiguiendo un alto porcentaje de éxito pero remarcando la nece-

alidad de una mejor detección de la inyección intravascular para poder ser tan seguro como la técnica clásica con escopia.

BIBLIOGRAFÍA

- Kapral S, Krafft P, Gosch M, et al. Ultrasound imaging for stellate ganglion block: Direct visualization of puncture site and local anesthetic spread. A pilot study. *Reg Anesth* 1995; 20: 323-328.
- Eichenberger U, Greher M, Curatolo M. Ultrasound in interventional pain management. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2004; 8: 171-178.
- Byas-Smith M, Gulati A. Ultrasound-guided Inter-costal nerve cryoablation. *Anesth Analg* 2006; 103: 1033-34.
- Eichenberguer U, Greher M, Kirchmair L, et al. Ultrasound-guided blocks of the ilioinguinal and iliohypogastric nerve: accuracy of selective new technique confirmed by anatomical dissection. *Br J Anaesthesia* 2006; 97(2): 238-43.
- Greher M, Kirchmair L, Enna B, et al. Ultrasound-guided lumbar facet nerve block: Accuracy of a new technique confirmed by computed tomography. *Anesthesiology* 2004; 101(5): 1195-1200.
- Shim JK, Moon JC, Yoon KB, et al. Ultrasound-guided lumbar medial branch block: a clinical study with fluoroscopy control. *Reg Anesth and Pain Med* 2006; 31(5): 45-454.

Capítulo 18

Accesos vasculares bajo control ecográfico

Pilar De Diego Isasa, Alejandro Ortega Romero

INTRODUCCIÓN

La canalización vascular es una parte importante de nuestro trabajo como anestesiólogos. Se estima que en Estados Unidos se canalizan más de un millón de vías centrales al año, generalmente realizadas con técnicas de referencias anatómicas. Las tasas de fallos son del 10,1 al 19,4% y las complicaciones del 5,4 al 11%, incluyendo la muerte, dependiendo tanto de factores del realizador como del paciente. La comparación entre trabajos no es fácil, debido a que no existen criterios estándar respecto a qué constituye una complicación o un caso difícil. Hatfield y Bodenham publicaron una lista de criterios que nos permiten anticipar los accesos venosos difíciles:

- Referencias anatómicas difíciles de identificar y/o utilizar (obesos, edema local, etc.).
- Lugares de acceso limitados por la presencia de otros catéteres, infecciones, etc.
- Dificultades previas durante la cateterización (más de tres intentos en un lugar, más de dos lugares intentados, etc.).
- Complicaciones previas (punción arterial, neumotórax, daño neurológico, etc.).
- Anormalidades vasculares conocidas
- Coagulopatía (INR > 2; APTT > 1,5; plaquetas < 50.000).

- Paciente incapaz de aguantar la posición en supino.

Tanto en estos casos como en aquellos que no presentan estas características, los ultrasonidos (US) ofrecen evidentes ventajas de las que hay bastante documentación científica, como son la identificación de los vasos, sus variantes anatómicas y alteraciones, y visualización del resto de estructuras anatómicas cercanas.

En el año 2001 fueron publicadas por la “Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ)” sus recomendaciones para la práctica segura de técnicas sanitarias; una de estas 11 recomendaciones era la “utilización de la guía ecográfica en tiempo real para la canalización de vías centrales”.

Posteriormente, se publica en Reino Unido por el “National Institute for Clinical Excellence (NICE)” en el año 2002, una guía para la práctica habitual, basada en 20 estudios randomizados incluidos 3 en niños, en la que se recomienda la utilización de ultrasonidos en tiempo real como el método de elección para la inserción de catéteres venosos centrales a nivel de la yugular interna tanto en adultos como en niños en situaciones electivas, con poca evidencia para la colocación de vías centrales a otros niveles, aunque también se recomienda.

Asimismo, se recomienda que todo personal que canaliza vías centrales tenga una adecuada formación en ecografía, no recomendando la cateterización sólo con eco Doppler.

Estas recomendaciones no han sido universalmente aceptadas, sobre todo en la parte pediátrica, señalando sus críticos que los estudios manejados tenían poco número de pacientes y que en dos de ellos sus realizadores no tenían mucha experiencia, y presentando una tasa mayor de éxitos con la técnica de referencias anatómicas, pero pese a esto es mayor el número de especialistas y trabajos que consideran su utilidad.

Leyvi y cols. publicaron un estudio comparativo en niños entre la guía ecográfica y las referencias anatómicas en yugulares internas, mostrando una mayor tasa de éxitos de la ecografía, con un número similar de complicaciones traumáticas.

En el año 2003, Hind y cols. publicaron un metaanálisis que revisaba 18 trabajos en los que se realizaba la canulación de vías centrales con eco bidimensional y/o Doppler; en éstos se manifiesta una mayor tasa de éxitos en un primer intento, más rápido acceso y menores complicaciones con relación a la yugular interna en adultos, con limitada evidencia para las venas subclavia y femoral. En el caso de niños, tres estudios confirman mayor tasa de éxitos para yugular interna. Respecto al Doppler de forma individual, sólo ha demostrado su eficacia en el caso de yugular interna en adultos. Este estudio pone de manifiesto que la ecografía bidimensional es un método más rápido y seguro de canalizar vías centrales que las referencias anatómicas y, a su vez, más eficaz que la utilización de Doppler.

Comparando ecografía bidimensional y Doppler en la canulación de yugular interna con respecto al índice de masa corporal, Schummer y cols. han publicado la utilidad de ambos

sistemas con un porcentaje de éxito del 95%, siendo superior la ecografía bidimensional en el caso de índice de masa corporal superior a 30. Pese a las evidentes ventajas, la punción arterial fue de un 1,5%, ya que a veces es complicado el control preciso de la profundidad de la aguja.

Los ultrasonidos pueden emplearse tanto de forma "estática o indirecta", es decir, visualizando estructuras anatómicas previamente a la punción, como "dinámica o directa", es decir, visualizando y canalizando en tiempo real. Se ha publicado un estudio comparativo entre ambos sistemas y el método de referencias anatómicas, mostrando la ecografía en cualquiera de sus formas su superioridad a las referencias anatómicas y, entre ambas formas de manejo ecográfico, la forma "dinámica" sobre la "estática", aunque de más difícil realización. La utilización de ecografía implicó un mayor número de éxitos con menos intentos y en menos tiempo. Milling y cols. sugieren que yugulares internas con un calibre inferior a 5 mm de diámetro (que en su estudio representan un 4,3% de los casos) suponen una contraindicación relativa para la canalización, las de 5 a 10 mm (25%) deberían canalizarse con un método dinámico.

ANATOMÍA VASCULAR APLICADA

Inicialmente realizaremos un reconocimiento anatómico de la zona para seleccionar el vaso de características mejores a canalizar. Colocaremos el transductor, tanto para obtener un corte transversal de las estructuras anatómicas, como longitudinal.

Los US nos indicarán su presencia, número, posición, relaciones anatómicas en cuello, área clavicular, axila, fosa antecubital, muñeca, triángulo femoral y otras localizaciones, así como válvulas, anomalías de tamaño y forma, trombos, etc.

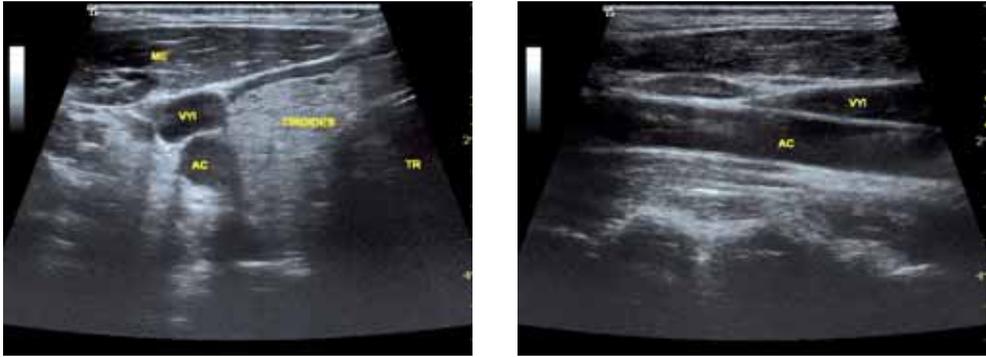


Figura 1. Corte transversal y longitudinal de los vasos del cuello (ME: músculo esternocleidomastoideo; VI: vena yugular interna; AC: arteria carótida; TR: tráquea).

Generalmente no es difícil distinguir arterias de venas. En una visión transversa, las arterias son redondeadas, pulsátiles, no comprimibles con presión; las venas son menos redondeadas, varían su tamaño con la respiración, maniobras de Valsava y posición de Trendelenburg, y son fácilmente comprimibles cuando se aplica presión con el transductor. Además, podemos distinguirlas por la distinta señal de Doppler como luego comentaremos.

Puede haber una discrepancia en el tamaño de la yugular interna derecha e izquierda, variando en tamaño uno de los lados o incluso estando ausente. No se recomienda la catecterización en el caso de vasos menores de 5 mm (yugulares internas), presencia de trombos intraluminales y localización de la vena en posición anterior a la arterial; se recomienda buscar otros accesos para evitar efectos secundarios.

En el caso de la vena subclavia, la presencia de la clavícula limita el acceso con US. Es más sencilla una canalización lateral, de vasos axilares, con las ventajas de reducir el riesgo de punción pleural y arterial dada la mayor separación de los vasos, aunque no es descartable el riesgo de daño neurológico transitorio, 1%, dada la cercanía del plexo.

Las venas antecubitales son una buena opción en el caso de no poder canalizar otras vías. Sandhu y Sidhu recomiendan su visualización primero en transversal y su canalización con una visión longitudinal del vaso, para evitar malposiciones. Es posible canalizar la vena basílica en la parte interna, en estrecha relación con la arteria humeral y nervio mediano o la vena cefálica, en cara externa y más superficial. En ambos casos recomiendan su punción lo más cranealmente posible para evitar movimientos del catéter con la flexoextensión del codo. No publican ningún caso de daño neurológico.

La canalización de los vasos femorales es uno de los accesos más frecuentemente empleados. Hughes y cols. describen los hallazgos anatómicos en 50 pacientes, siendo la arteria más superficial que la vena y encontrándose la arteria sobre la vena frecuentemente, lo que explica la alta tasa de punciones arteriales no deseadas, 10%, al intentar canalizar la vena femoral con técnica de referencias anatómicas.

Estos autores demuestran, contrariamente a algunos textos anatómicos, que la arteria femoral común y la arteria femoral superficial se sitúan sobre la vena femoral de forma frecuente, sobre todo hacia el ápex del triángulo



Figura 2. Corte transversal de los vasos femorales (AF: arteria femoral; VF: vena femoral).

femoral, lo que les lleva a recomendar la canalización, tanto de la vena como de la arteria, lo más cercana posible al ligamento inguinal.

La mayor parte de estudios se han realizado con vías centrales más que con accesos arteriales, pero todas las ventajas respecto a la canalización venosa son aplicables. Levin y cols. realizaron un estudio de cateterización de la arteria radial, en el que indican su facilidad y un aumento del número de éxitos en la canalización al primer intento.

UTILIZACIÓN DE ULTRASONIDOS (US) EN ACCESOS VASCULARES

Como hemos señalado anteriormente, los US pueden ser utilizados de tres formas:

- Empleándose para marcar las estructuras anatómicas estimando la profundidad de éstas, realizando después la punción sin visión en tiempo real.
- Punción en tiempo real por un solo anestesiólogo.
- Punción en tiempo real por dos anestesiólogos o técnica de “tres manos”, en la que una persona maneja la sonda y la otra realiza la punción o introduce la guía.

De éstas, es la segunda la más recomendada, pero también es la más difícil de realizar.

Lo más frecuente es que se realice la técnica con la ayuda de una persona, lo que hace imprescindible una buena coordinación y más difícil mantener la esterilidad. Milling y cols. han publicado un estudio comparando la técnica de una sola persona o dos, encontrando que ambas son equivalentes respecto al porcentaje de éxitos.

En la canalización vascular se emplea la ecografía en modo B bidimensional, además del Doppler si disponemos de ello.

Los vasos son fácilmente identificables como estructuras redondeadas, hipoeoicas (negras) debido a que la sangre transmite completamente los US.

Las arterias son pulsátiles, no compresibles; las venas son no pulsátiles, fácilmente compresibles y se distienden con maniobras de Valsalva y aumento de la precarga.

En la canalización vascular es de especial utilidad la ecografía Doppler, ésta se basa en el cambio de frecuencia de un haz ultrasónico reflejado hacia la fuente que lo originó al encontrar un objeto en movimiento, en este caso las células rojas sanguíneas. La frecuencia aumenta si el objeto se mueve hacia la fuente y decrece si se está alejando de ella; el mayor cambio de frecuencia tiene lugar cuando el haz ultrasónico está viajando a lo largo de la misma trayectoria que el objeto que está siendo examinado.

El aparato de US es capaz de representar esta información como señal auditiva (audio Doppler) o visual, sea en forma gráfica o en color. El Doppler color expresa los datos de cambio de frecuencia convirtiéndoles a un espectro en color, lo que codifica la información cinética y direccional. El beneficio de tener ambos tipos de información es la principal ventaja de la ecografía en Doppler color; las desventajas son su extremada sensibilidad al ángulo de incidencia del haz ultrasónico que puede



Figura 3. Colocación del transductor transversal y punción de la aguja en transversal.

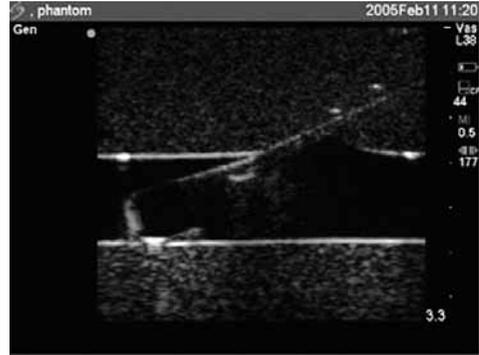


Figura 4. Guía metálica en longitudinal.

condicionar artefactos. Para mejorar esta limitación se ha desarrollado el Doppler *power* o potencia.

El Doppler *power* se diferencia del Doppler color en que expone en color información de la amplitud (*power*) de la señal Doppler, más que de la frecuencia. Es menos ángulo dependiente, y mucho más sensible al flujo lento, permitiendo visualizar vasos más pequeños. Su mayor desventaja es la pérdida de la información acerca de la velocidad y la dirección, aunque ya existen *power* Doppler direccionales para compensar esto.

Actualmente es posible apreciar el flujo vascular en modo B en escala de grises (B Flow)

Colocación del transductor. Situaremos el transductor para obtener un corte transversal y longitudinal de los vasos y estructuras anatómicas cercanas. Para realizar la punción vascular se suele situar el transductor en transversal y la aguja en perpendicular respecto al eje largo del transductor, es decir, en "transversal", con lo que se visualiza un punto que debe corresponder a la punta de la aguja. Es importante calcular un ángulo de punción que nos permita introducir la guía metálica sin dificultad.



Figura 5. Cable y transductor cubiertos.

Una vez aspirada sangre, se cambia hacia longitudinal la posición del transductor, de forma que, al introducir la guía metálica y el catéter, se pueda seguir su recorrido en el interior del vaso.

Existen unos dispositivos de guía de agujas que se colocan en el transductor predeterminando la dirección y ángulo de punción, de forma que el anestesiólogo sólo tiene que introducir la aguja para alcanzar una profundidad. Dependiendo de la casa comercial, son de un solo uso estéril o no, en este caso hay que cubrirlos. Se pueden ajustar al transductor para punción transversal o longitudinal.

Es imprescindible la colocación de un campo estéril de trabajo. Se necesita cubrir con una funda de plástico o látex, tanto el transductor como el cable. Los transductores no pueden esterilizarse ni contactar directamente con algunas sustancias.

LIMITACIONES

El aprendizaje de la técnica, que conlleva no sólo el manejo del ecógrafo sino una correcta coordinación "manos-ojos" para lograr la técnica ideal de canalizar en tiempo real una sola persona, dado que aunque la sola visualización nos pueda parecer útil, sus tasas de fracaso son muy similares a las de referencias anatómicas (33%).

La mayor limitación de los ultrasonidos es que la presencia de una vena de forma evidente no garantiza el paso de un catéter. Las estrecheces y obstrucciones de las grandes venas son más comunes de lo que generalmente pensamos.

Las punciones arteriales no deseadas, con incidencias del 1,5 al 2%, debido a no controlar de forma precisa la punta de la aguja, sobre todo en venas superpuestas a arterias. Probablemente esto se pueda evitar con los US en tres dimensiones.

El daño neurológico, cuyos datos son prácticamente inexistentes, y que se publica del 1% y transitorio en las canalizaciones de la vena axilar.

BIBLIOGRAFÍA

- Feller-Kopman D. Ultrasound-guided central venous catheter placement: the new Standard of care? *Crit Care Med* 2005; 33(8): 1875-1877.
- Augustides JG. Evidence-based decision making in ultrasound-guided central venous cannulation: choosin between the eye and the ear. *Edit. J Clin Anesth* 2006; 18: 165-166.
- Hatfield A, Bodenham A. Portable ultrasound for difficult central venous access. *Br J Anaesth* 1999; 82(6): 822-826.
- Rothschild JM. Ultrasound guidance of central vein catheterization. Evidence report technology assessment, nº 43. Chapter 21. Making health-care safer. A critical analysis of patient safety practices. Agency of healthcare research and quality publication, nº 01-E058. 2001; 245-253. <http://www.ahrq.gov/clc/ptsafety/>.
- NICE National Institute for Clinical Excellence. Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. Technology Appraisal Guidance nº 49, sept 2002. <http://www.nice.org.uk>
- Grebenik CR, Boyce A, Sinclair ME, Evans RD, Mason DG, Martin B. NICE guidelines for central venous catheterization in children. Is the evidence base sufficient? *Br J Anaesth* 2004; 92(6): 827-30.
- Verghese ST, McGill WA, Patel RI, et al. Ultrasound-guided internal jugular venous cannulation in infants: a prospective comparison with the traditional palpation method. *Anesthesiology* 1999; 91: 71-77.
- Bosman M, Kavanagh RJ. Two dimensional ultrasound guidance in central venous catheter placement; a postal survey of the practice and opinions of consultant pediatric anesthetists in the United Kingdom. *Pediatr Anesth* 2006; 16: 530-537.
- Marhofer P, Willschke H, Kettner S. Imaging techniques for regional nerve blockade and vascular cannulation in children. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006; 19: 293-300.
- Leyvi G, Taylor DG, Reith E, Wasnick JD. Utility of ultrasound-guided central venous cannulation in pediatric surgical patients: a clinical series. *Paed Anaesth* 2005; 15: 953-8.
- Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverly C, Thomas S. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *Br Med J* 2003; 327: 361.
- Schummer W, Schummer C, Tuppatsch H, Fuchs J, Bloos F, Huttemann E. *J Clin Anesth* 2006; 18(3): 167-72.
- Milling T, Rose J, Briggs W, Birkhahn R, Gaeta T, Bove J, Melniker L. Randomized, controlled clinical trial of point-of-care limited ultrasonography assistance of central venous cannula-

- tion: the third sonography outcomes assessment program (SOAP-3) trial. *Crit Care Med* 2005; 33(8): 1764-69.
- Hatfield A, Bodenham A. Ultrasound: an emerging role in anaesthesia and intensive care. *Br J Anaesth* 1999; 83(5): 789-800.
 - Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU. Part 2. *Chest* 2005; 128: 1766-1780.
 - Galloway S, Bodenham A. Ultrasound imaging of the axillary vein-anatomical basis for central venous access. *Br J Anaesth* 2003; 90(5): 589-95.
 - Sharma A, Bodenham A, Mallick A. Ultrasound-guided infraclavicular axillary vein cannulation for central venous access. *Br J Anaesth* 2004; 93: 188-92.
 - Sandhu NPS, Sidhu DS. Mid-arm approach to basilica and cephalic vein cannulation using ultrasound guidance. *Br J Anaesth* 2004; 93: 292-4.
 - Hughes P, Scott C, Bodenham A. Ultrasonography of the femoral vessels in the groin: implications for vascular access. *Anaesthesia* 2000; 55: 1198-1202.
 - Levin PD, Sheinin O, Gozal Y. Use of ultrasound guidance in the insertion of radial artery catheters. *Crit Care Med* 2003; 31: 481-484.
 - Milling T, Holden C, Melniker L, Briggs WM, Birkhahn R, Gaeta T. Randomized controlled trial of single-operator vs. two-operator ultrasound guidance for internal jugular central venous cannulation. *Academic Emerg Med* 2006; 13: 245-47.
 - Chapman GA, Johnson D, Bodenham AR. Visualisation of needle position using ultrasonography. *Anaesthesia* 2006; 61: 148-158.



Bristol-Myers Squibb
www.bms.es

PERF0207LOCR