



## Anestesia regional en pediatría 2018

Acad. Dra. Estela Melman-Szteyn,\* Dra. Guadalupe Zaragoza-Lemus\*\*

\* Departamento de Anestesia del Centro Médico ABC.

\*\* Instituto Nacional de Rehabilitación.

*Solicitud de sobretiros:*

Acad. Dra. Estela Melman Szteyn  
Colegio Mexicano de Anestesiología. A.C.  
Nueva York 32-803,  
Col. Nápoles, Benito Juárez, CP 03810,  
Ciudad de México.  
E-mail: estelamelman@gmail.com

Recibido para publicación: 20-02-2018

Aceptado para publicación: 16-05-2018

Este artículo puede ser consultado en versión completa en  
<http://www.medigraphic.com/rma>

### RESUMEN

La historia de la anestesia regional se remonta al descubrimiento de la cocaína en 1884. A partir de entonces el desarrollo de la misma ha sido vertiginoso, hasta ocupar un sitio preponderante en la práctica diaria. Tiene un margen amplio de beneficios y como toda técnica requiere de experiencia y pericia. Su uso en neonatos, lactantes y niños, como anestésico único o en combinación con anestesia general inhalada, proporciona anestesia y analgesia trans- y postoperatoria. Los anestésicos locales bloquean la propagación de los impulsos nerviosos inactivando los canales iónicos de  $\text{Na}^+$ ; su acción no se limita únicamente a los canales de sodio de los nervios involucrados en la transmisión nerviosa, sino también en casos de dosis en exceso, o absorción masiva por inyección intravascular inadvertida, pueden bloquearse los canales de sodio de otros tejidos, tales como los que se encuentran en el sistema nervioso central y cardiovascular, dando lugar a complicaciones muy serias que pueden poner en riesgo la vida. El tratamiento de la toxicidad por anestésicos locales o LAST, debe ser instituido de inmediato conociendo las modificaciones que se han implementado para ello y que se describen en el texto. El uso de técnicas guiadas por ultrasonido para bloqueos centrales o de nervios periféricos ha revolucionado la práctica de la anestesia regional, particularmente en niños pequeños debido a la claridad con la que las estructuras anatómicas pueden visualizarse. Esta técnica muestra clara superioridad sobre la técnica basada en el uso del neuroestimulador, o las referencias anatómicas, al permitir una visualización directa de las estructuras neuraxiales, menor tiempo para llevar a cabo el bloqueo, menor tiempo de inicio de acción del anestésico local y menor volumen depositado *in situ*. La anestesia regional continúa evolucionando hacia técnicas de mayor calidad y seguridad, para beneficio de nuestros pacientes pediátricos.

**Palabras clave:** Anestesia regional, anestésicos locales, toxicidad sistémica, bloqueos centrales y periféricos, ultrasonido.

### SUMMARY

*The history of regional anesthesia goes back to the discovery of cocaine in 1884 by Koeller. Since then its development has been accelerated achieving a preponderant place in the daily practice of anesthesia. Its range of benefits is very wide, but as any other technique, requires experience and expertise. Its use in neonates, infants and children, either as a sole anesthetic or combined with inhaled anesthesia, provides anesthesia and analgesia during and postoperatively. Local anesthetics block propagation of nerve impulses along the nerve fibers by inactivation of voltage-gated sodium channels; its action is not limited only to the sodium channels involved in nerve transmission, but also in those of other tissues like the central nervous and cardiovascular systems, as occurs in cases of overdose or massive absorption during inadvertent intravascular injection, which can lead to serious complications with life risk.*

*Local anesthetic systemic toxicity (LAST) has to be recognized and treated immediately; new guidelines have been issued and clinicians have to be aware of them. The introduction of ultrasound guided blocks has revolutionized the practice of regional anesthesia particularly in small children where anatomy can be easily identified. This technique shows a clear advantage over the use of a neurostimulator or those based on anatomical landmarks, by allowing a clear visualization of neuraxial structures, shorter time to perform the block, reduced time to block onset and use of a smaller volume of local anesthetic. Regional anesthesia continuous to evolve towards improvement and safety.*

**Key words:** *Regional anesthesia, local anesthetics, LAST, central and peripheral blocks, ultrasound.*

## INTRODUCCIÓN

La historia de la anestesia regional (AR) está íntimamente ligada al descubrimiento de las propiedades analgésicas de la cocaína en 1884 por Carl Koller. El primer reporte de anestesia espinal utilizando cocaína en niños fue hecho por Bier en 1898 y posteriormente Gray reporta 100 casos con estovaina en 1909. A partir de entonces hubo reportes esporádicos de estos procedimientos hasta 1933 cuando Campbell reportó en 33 niños un buen resultado con el uso de anestesia caudal para llevar a cabo procedimientos urológicos<sup>(1)</sup>. Fue en la segunda mitad del siglo XX cuando la anestesia regional en niños empieza a desarrollarse y surgen publicaciones que impulsan su utilización<sup>(2-6)</sup> y el desarrollo de nuevas técnicas como el uso del neuroestimulador (NS)<sup>(7,8)</sup> y en el transcurso de este siglo, los bloqueos guiados por ultrasonido (USG)<sup>(9,10)</sup>.

## RIESGOS, BENEFICIOS, VENTAJAS Y SEGURIDAD

Un buen número de fármacos se han utilizado para producir analgesia en el neuroeje con estudios clínicos que demuestran su tolerancia y eficacia. Sin embargo, una evidencia muy clara, de alta calidad y seguridad, particularmente en neonatos y lactantes, es escasa. Actualmente a raíz de los conocimientos adquiridos en cuanto a neurotoxicidad y su impacto en el neurodesarrollo hay un énfasis creciente sobre la necesidad de evaluar los riesgos y beneficios de toxicidad sobre la médula espinal de los diferentes fármacos antes de su aplicación en la clínica. Esto ha sido comentado por el *Anesthetic and Life Support Drugs Advisory Committee of the Food and Drug Administration* (FDA) que señala que: «el riesgo potencial de los agentes anestésicos para inducir neurodegeneración a nivel del cordón medular deberá ser evaluado, particularmente con respecto a los anestésicos locales y opioides administrados en el neuroeje»<sup>(11)</sup>.

La anestesia regional, además de disminuir el riesgo potencial a la exposición del cerebro en desarrollo a los anestésicos inhalados, favorece la recuperación postoperatoria en el niño, en particular en aquéllos susceptibles a complicaciones

respiratorias, como el neonato de pretérmino con enfermedad pulmonar y/o períodos de apnea, o aquéllos con malformaciones y/o cardiopatías congénitas<sup>(12,13)</sup>. Existen reportes comparando la anestesia del neuroeje con la administración sistémica de opioides; la proporción de neonatos que requirió ventilación mecánica postoperatoriamente fue estadísticamente menor cuando se utilizó la vía neuroaxial.

## FUNCIÓN RESPIRATORIA

Varios reportes publicados señalan beneficios que aporta la AR, como la importante disminución del apoyo mecánico ventilatorio postoperatorio en niños y particularmente neonatos y lactantes sometidos a cirugía abdominal o toracotomía, debido a que la analgesia epidural mejora la eficiencia ventilatoria y el intercambio gaseoso, disminuyendo el riesgo de complicaciones pulmonares y permitiendo una extubación temprana, lo que evita el riesgo de barotrauma y con ello se acortan los días de hospitalización. Estos efectos favorables contrastan con los resultados obtenidos con el uso de opioides sistémicos en neonatos y lactantes, quienes son particularmente sensibles a los efectos depresores respiratorios de estos fármacos y su uso, por lo tanto, implica la necesidad concomitante de apoyo mecánico ventilatorio<sup>(14-16)</sup>.

## ESTABILIDAD HEMODINÁMICA

La analgesia central o del neuroeje, llámese epidural o subdural (espinal o raquianestesia), produce bloqueo simpático torácico y lumbar y por ende, vasodilatación por abajo del sitio del bloqueo. Probablemente debido a la incompleta inervación simpática que tiene el niño menor de ocho años, la anestesia regional se caracteriza por una excelente estabilidad hemodinámica, lo que evita la necesidad de precarga de volúmenes importantes de líquidos o el uso de vasoconstrictores profilácticos. Otra de las razones a la que se puede atribuir esta excelente estabilidad es que el volumen sanguíneo en los vasos de capacitancia de los miembros inferiores es menor en este grupo de edad<sup>(17-19)</sup>. La administración concomitante de anestesia general modifica este efecto.

## RESPUESTA HORMONAL AL ESTRÉS QUIRÚRGICO

El grado de la respuesta al estrés inducido por la cirugía varía en proporción directa a la calidad de la analgesia, particularmente en individuos malnutridos o inmunocomprometidos, con efectos perjudiciales en la respuesta autonómica, hormonal, metabólica, inmunológica e inflamatoria. Numerosos estudios han mostrado que las hormonas relacionadas con la respuesta al estrés (epinefrina, norepinefrina, cortisol, ACTH, prolactina) así como los niveles en sangre de la glucosa son menores después de la anestesia epidural con retorno a niveles basales preoperatorios en 24 horas después de la cirugía, lo que no ocurre en el mismo intervalo de tiempo, cuando se administran opioides intravenosos. Este efecto se incrementa aún más cuando se utiliza anestesia o analgesia subaracnoidea, debido a un efecto más intenso en la transmisión del dolor en las vías aferentes y eferentes nerviosas<sup>(20,21)</sup>.

La respuesta inmunológica también es estimulada por los anestésicos locales. El trauma y la cirugía favorecen la susceptibilidad a la infección debido a la supresión inmune. Los anestésicos locales y no así los opioides estimulan la actividad de los linfocitos T, mismos que juegan un papel importante, aunque inespecífico, en la mediación celular y en la inmunidad antitumoral<sup>(21)</sup>. Un área de interés particular y de relevancia clínica aún en estudio es el efecto de los Als en los leucocitos polimorfonucleares, macrófagos y monocitos<sup>(22)</sup>.

## FUNCIÓN GASTROINTESTINAL

Estudios comparativos para evaluar el retorno temprano de la peristalsis y del tono muscular liso gastrointestinal han mostrado mayor beneficio con la AR epidural que con la administración sistémica de opioides, ya que hay un retorno temprano de la peristalsis y mejoría de la perfusión esplácnica, más evidente en pacientes con enterocolitis necrosante y gastosquisis<sup>(13,23,24)</sup>.

### Neurotoxicidad

Los anestésicos generales inhalados no sólo deprimen el sistema nervioso central (SNC), sino también la circulación y la respiración promoviendo menor perfusión tisular e hipoxia. Estudios en ratas jóvenes y primates en etapa de desarrollo han reportado muerte neuronal (apoptosis) después de la administración de anestésicos (GABA receptor-antagonista o NMDA receptor-agonista); este efecto se ha visto en el cerebro en desarrollo coincidiendo con el período de máxima sinaptogénesis que es a su vez el de máxima vulnerabilidad a la apoptosis. En roedores se ha señalado el día siete postnatal como el día de máxima apoptosis cortical y los efectos de los fármacos son más evidentes en las regiones donde la apoptosis espontánea está ocurriendo. En la médula espinal se ha visto

que la apoptosis espontánea ocurre predominantemente en las astas posteriores y alcanza su pico máximo entre el segundo y quinto día postnatal, disminuyendo entre el octavo y décimo día. Debido a esto se considera que el período proapoptótico o de máxima susceptibilidad a fármacos es más corto para la médula que para la corteza cerebral, aunque en el animal sometido a anestesia general prolongada se ha observado apoptosis en la médula en el día siete postnatal.

Como señala Walker<sup>(25)</sup> la anestesia neuroaxial es un componente importante del manejo perioperatorio en niños de todas las edades, particularmente neonatos y lactantes, ya que el manejo inadecuado del dolor puede tener efectos adversos<sup>(21,25)</sup>. Considera, sin embargo, que es evidente el riesgo potencial de toxicidad espinal por medicamentos en las etapas tempranas de la vida, debido a las propiedades dinámicas intrínsecas del desarrollo del neuroeje y, por lo tanto, al momento de considerar la opción de anestésicos locales y adyuvantes, no sometidos a valoraciones sistemáticas de toxicidad espinal, se debe preferir incluir sólo medicamentos con el mayor margen comprobado de seguridad.

## SEGURIDAD

La morbilidad relacionada con la anestesia regional es baja de acuerdo a numerosos estudios retrospectivos. En 1996, la Sociedad de la Lengua Francesa de Anestesia Pediátrica (ADARPEF por sus siglas en francés), publicó sus resultados prospectivos durante un año, evaluando diferentes técnicas de anestesia regional en niños de diferentes grupos etarios. De 24,409 bloqueos, 60% fueron bloqueos centrales y de éstos, el 81% caudales con una frecuencia de complicaciones menores del 0.09%<sup>(26)</sup>.

En 2010, la misma sociedad en un estudio prospectivo similar al anterior publicó el estudio para evaluar complicaciones en 31,132 niños; de éstos, 29,870 se manejaron con AR asociada a anestesia general y 1,272 recibieron únicamente anestesia regional, por lo que el total de los bloqueos del neuroeje representó el 34%, aunque en el grupo de niños menores de tres años, estos bloqueos representaron el 45%, de los cuales el 80% fueron caudales. Los bloqueos de nervios periféricos constituyeron el 66% y se observa ya la transición en número y preferencias de bloqueos centrales a bloqueos periféricos debido a la introducción desde principios de este siglo de las técnicas guiadas por ultrasonido, mismas que ofrecen mayor seguridad que las técnicas ciegas basadas únicamente en el conocimiento de las referencias anatómicas. En este reporte, del 66% de los bloqueos periféricos, un 10% fueron de miembro superior, 19% de miembro inferior y el restante 71% en cara y tronco. El porcentaje total de complicaciones fue de 0.12%, significativamente seis veces mayor en los bloqueos centrales (con la técnica habitual), que en los periféricos<sup>(27)</sup>.

En esta serie se reportan también las complicaciones por grupos de edad para los bloqueos centrales del neuroeje, observando que el mayor número ocurrió en el grupo de lactantes menores de seis meses. Todas las complicaciones fueron leves y no causaron incapacidad<sup>(27)</sup>.

En cuanto a la seguridad con el uso de catéteres, entre 2001 y 2005 se realizó una auditoría prospectiva en el Reino Unido en 10,633 niños que recibieron analgesia epidural por infusión continua<sup>(28)</sup>. Se reportaron 96 incidentes, de los cuales 56 se asociaron con la inserción del catéter o con el mantenimiento de la infusión, todos catalogados como incidentes de baja severidad o grado 3 (escala del 1 al 3); es decir, una proporción de 1:189. Como grado 2 de la escala hubo nueve casos, todos moderados; es decir, con una incidencia de 1:1100 y cinco incidentes fueron calificados como serios o grado 1 de la escala, aproximadamente 1:2,000 casos, de los cuales dos fueron abscesos epidurales, un caso de meningismo, un caso de cefalea postpunción que requirió parche hemático, un caso por error en la administración del fármaco correcto que causó un síndrome de cauda equina y un lactante de tres meses de edad que presentó durante un año de seguimiento déficit neurológico residual; es decir, frecuencia de 1:10,000. Los 36 casos restantes no alcanzaron graduación y fueron considerados como leves y asociados a la administración de la infusión continua del anestésico local epidural<sup>(28)</sup>. En todos estos casos la vía de inserción de los catéteres fue:

Caudal 921      Lumbar 6,226      Torácica 3,486

Conviene recalcar que el 52% de los catéteres introducidos en neonatos fue por la vía caudal y un 28% en menores de un año para un total de 80% por esta vía en estos grupos de edad. Los autores concluyen que la técnica está asociada con incidentes adversos usualmente menores y aunque los incidentes mayores afortunadamente son raros (1:10,000), tienen el potencial de poder causar daño severo por un tiempo largo.

## ANALGESIA

La AR proporciona una excelente analgesia con mínimos efectos secundarios; es una alternativa efectiva a los opioides sistémicos, sobre todo en niños con riesgo de depresión respiratoria aguda inducida por estos fármacos, como ocurre en neonatos o en aquéllos que han desarrollado tolerancia a los opioides como en el tratamiento del dolor crónico.

Es también una excelente alternativa en cualquier grupo de edad pediátrica, cuando la anestesia general inhalada está contraindicada, o es técnicamente difícil (vía aérea difícil) o está asociada a una mayor morbilidad (broncoaspiración) y/o mortalidad, como ocurre en las enfermedades neuromusculares y metabólicas donde el riesgo de hipertermia maligna asociada a los anestésicos inhalados es alto; en las cardiopatías

congénitas o en la broncodisplasia pulmonar el efecto de los fármacos inhalados es más deletéreo para la función que los anestésicos locales.

La analgesia proporcionada depende de la potencia y duración del anestésico local (AL) utilizado. Actualmente se cuenta con anestésicos locales de acción prolongada como la bupivacaína y menor toxicidad como la ropivacaína y levobupivacaína. La duración del efecto analgésico de estos fármacos se puede modificar con el empleo de infusiones continuas mediante la inserción por vía central o periférica de catéteres diseñados para ello. La calidad de la analgesia no depende de la administración de dosis masivas, sino de una técnica correcta. El uso del ultrasonido permite en los bloqueos periféricos no sólo administrar menores volúmenes de AL, sino corroborar con precisión la posición del catéter y por lo tanto proporciona mayor seguridad.

El uso combinado de anestesia general inhalada y anestesia regional reduce la CAM de los anestésicos inhalados, la necesidad de relajantes neuromusculares y permite una emersión más rápida con un postoperatorio sin dolor.

En resumen, las ventajas y desventajas de la AR se enumeran a continuación:

Ventajas	Desventajas
Analgesia intra- y postoperatoria	Exige destreza
Relajación muscular	Conocimiento de anatomía
Supresión de reflejos autónomos	Tiempo
Modificación de respuesta al estrés	Para explicar el procedimiento
Menor impacto económico	Para realizar el procedimiento
	Para alcanzar el efecto analgésico

## FARMACODINÁMICA DE LOS ANESTÉSICOS LOCALES

Los anestésicos locales bloquean la propagación de los impulsos nerviosos al inactivar los canales de sodio. Los ALs atraviesan la membrana celular como bases libres no ionizadas. Dentro de la célula se ligan con aminoácidos específicos dentro del poro del canal, y lo bloquean mecánicamente. Los ALs también bloquean los canales de potasio y calcio en concentraciones mayores que las necesarias para bloquear los canales de sodio. Los canales de K+ inicián la repolarización en el nervio. Tanto los canales de sodio como potasio son estéreo-específicos y por ello los enantiómeros S- (ropivacaína y levobupivacaína) inducen menor bloqueo

que los R+ (bupivacaína). Los ALs se unen a los receptores de rianodina y canales de calcio tipo L, pero no es un hecho claro si el bloqueo de estos canales afecta la cardiotoxicidad de los ALs de larga duración. En el miocardio, algunos canales de sodio, como los hERG (human éter-a-go-go) son los responsables de las arritmias inducidas genéticamente, como son los síndromes de QT largo, QT corto y Brugada.

Las fibras nerviosas son mielinizadas o no-mielinizadas. La mielinización comienza en el tercer trimestre del embarazo y es incompleta al nacimiento. Después progresó rápidamente y se completa entre los tres y cuatro años de edad. La mielina aísla las fibras y esta capa se encuentra interrumpida regularmente por los nódulos de Ranvier. La despolarización repentina del nódulo induce un campo eléctrico que se extiende a dos o tres nódulos. Los potenciales de acción saltan de un nodo al siguiente. La velocidad de conducción es más rápida en las fibras motoras que en las pequeñas fibras sensitivas y más rápidas en estas últimas que en las fibras de alto umbral que conducen señales de dolor. Éstas a su vez se bloquean por concentraciones más bajas de ALs y durante más tiempo que las fibras muy mielinizadas<sup>(29)</sup>.

Sorpresivamente, los lactantes requieren mayores dosis de ALs para el bloqueo espinal y su duración también es más corta. El factor más importante que explica este efecto, parece depender del número de nodos de Ranvier bloqueados<sup>(29)</sup>, pero otros autores lo explican con base en el volumen de LCR, lo que comentaremos más adelante.

### TOXICIDAD DE LOS ANESTÉSICOS LOCALES/LAST

La toxicidad cardíaca y neurológica está relacionada con concentraciones excesivas. Los anestésicos locales se unen a las proteínas del plasma en más del 90%, principalmente a la albúmina. Los lactantes son más propensos que los adultos, debido a que los niveles de la proteína alfa-1-glico-proteína ácida (AAG), no alcanzan el nivel normal sino hasta el primer año de edad<sup>(30)</sup>. La anestesia general en niños, puede ocultar los signos tempranos de toxicidad, como taquicardia o taquiarritmias, ya que la frecuencia cardíaca basal en los neonatos y lactantes de por sí es rápida.

Las primeras manifestaciones de toxicidad de los ALs o LAST, que por sus siglas en inglés equivale a *local anesthetic systemic toxicity*, pueden ser adormecimiento circumoral, hormigueo facial, inquietud, vértigo, tinnitus, dificultad para hablar, convulsiones tónico-clónicas, alteraciones en la conducción ventricular, alargamiento del QRS, bradicardia y *Torsade des pointes* o taquicardia helicoidal, seguidas de fibrilación ventricular o asistolia.

El tratamiento debe ser una intervención rápida con oxigenación, ventilación asistida para corregir la hipoxemia e hipercarbia, compresiones cardíacas, epinefrina y/o

desfibrilación de acuerdo a las guías de la AHA (PALS) y *The American Society for Regional Anesthesia and Pain Medicine* (ASRA) que en este caso tiene las siguientes modificaciones<sup>(31)</sup>:

1. No utilizar vasopresina.
2. No usar bloqueadores de calcio.
3. No utilizar bloqueadores de receptores β adrenérgicos (carbedilol, propanolol, atenolol, metoprolol, etcétera).
4. En caso de arritmia ventricular se prefiere el uso de amiodarona.

El tratamiento específico de la toxicidad por ALs es la administración rápida de **una emulsión de lípidos (Intralipid al 20%)** en dosis de 1.5 mL/kg en bolo intravenoso durante un minuto, seguida de una infusión de la emulsión en dosis de 15 mL/k<sup>-1/h-1</sup>; si no hay retorno de la función cardíaca normal después de cinco minutos, se debe repetir la administración máxima de tres bolos con la misma dosis en intervalos de cinco minutos entre cada bolo y continuar con una infusión con el doble de la dosis, es decir, 30 mL/k<sup>-1/h-1</sup><sup>(32)</sup>.

En el siguiente cuadro se especifican las indicaciones para el tratamiento de la toxicidad por los ALs (LAST), de acuerdo a las recomendaciones de ASRA<sup>(31)</sup>.

Emulsión lípida 20%	
Pacientes de peso menor a 70 kg	Pacientes de peso mayor a 70 kg
Bolo 1.5 mL/kg Emulsión lípida 20% en 2-3 min	Bolo 100 mL emulsión lípida 20% rápidamente en 2-3 min
Infusión de emulsión lípida ~ 0.25 mL/kg/min (peso ideal)	Infusión de emulsión lípida 200-250 mL en 15-20 min
Si el paciente permanece inestable: Administrar uno o dos bolos con la misma dosis y aumentar la velocidad de la infusión al doble; no exceder de 12 mL/kg tanto en niños como en adultos. Monitoreo continuo del paciente	

Weinberg recomienda 1.5 mL/kg<sup>-1</sup> (kilogramos de masa corporal magra) de la emulsión, seguidos de una infusión de 0.25 mL/kg/min<sup>-1</sup> hasta alcanzar la estabilidad hemodinámica; Si esto no ocurre, repetir los bolos en dosis de 0.5 mL/k/min<sup>-1</sup> y en caso de hipotensión, hasta alcanzar una dosis máxima de 10 mL/k/min<sup>-1</sup> durante los primeros 30 minutos, continuando con una infusión de 0.25 mL/min<sup>-1</sup><sup>(33)</sup>.

Debido a que la emulsión de lípidos retarda la eliminación del AL, la arritmia puede recurrir, por lo que se requiere extender el tiempo de vigilancia.

## ADYUVANTES

Los más comúnmente usados son la epinefrina, clonidina y los opioides como el fentanyl y morfina y recientemente el tramadol.

En neonatos no es recomendable el uso de estos agentes por las razones antes mencionadas.

Epinefrina: se utiliza al 1/200,000 equivalente a 5 µg/mL para prolongar el efecto de la bupivacaína. No debe añadirse a los S-enantiómeros como la ropivacaína o la levobupivacaína porque estos agentes tienen propiedades vasoconstrictoras intrínsecas. Tampoco debe utilizarse en bloqueo como el del nervio dorsal del pene, interdigital, del pabellón auricular u ocular debido a la isquemia que puede causar.

La clonidina puede causar en neonatos apnea, al igual que los opioides<sup>(34)</sup>. En niños mayores de tres meses se recomienda para prolongar el efecto del AL utilizar dosis de 1-2 µg/k<sup>(34,35)</sup>.

Opioides: usados como adyuvantes epidurales después de los 6-9 meses de edad prolongan la duración del efecto analgésico de los ALs hasta por 24 horas<sup>(35)</sup>.

Fentanyl: opioide hidrofóbico; en bolo la dosis comúnmente empleada por esta vía es de 1 µg/k. Dosis más altas inducen el vómito. En infusión continua la dosis es de 0.1 hasta 0.4 µg/kg/h-1.

Morfina: opioide hidrofílico. La dosis epidural en bolo es de 25-30 µg/k y en infusión continua 1 µg/k -1/h-1.

En casos de retención urinaria o prurito secundario al uso de opioides, la naloxona es útil en dosis de 1-2 µg/k por vía iv<sup>(29)</sup>.

## MEDIDAS GENERALES PARA LA UTILIZACIÓN SEGURA DE LA ANESTESIA REGIONAL<sup>(36)</sup>

Conocer la anatomía y las referencias anatómicas.

Establecer una vía endovenosa previa al bloqueo.

Medicación preoperatoria (sin atropina) en niños mayores de seis meses de edad.

Monitorización adecuada.

Mantenimiento de la temperatura corporal.

Equipo anestésico para resolver cualquier emergencia que se presente y específico para analgesia regional pediátrica como agujas hipodérmicas cortas y sobre todo de bisel corto, Tuohy para caudal y/o lumbar-torácico, así como catéteres radiopacos.

Técnica estéril estricta.

Tunelizar el catéter cuando se elige la técnica continua.

## Indicaciones

Riesgo de aspiración de contenido gástrico.

Cirugía abdominal, urológica y de miembros inferiores, electiva y/o urgente.

Esta misma clase de cirugía en pacientes con vía aérea difícil y/o traumatismo craneo-encefálico.

Patología pulmonar aguda o crónica (p ej. broncodisplasia). Manejo del dolor agudo postoperatorio o crónico.

## Contraindicaciones

Anomalías anatómicas.

Obesidad.

Infección en el sitio del bloqueo, o contiguo al mismo.

Paciente anticoagulado o con coagulopatía.

Valoración o preparación inadecuada del paciente.

Rechazo al procedimiento.

## Bloqueos neuraxiales centrales

### Caudal

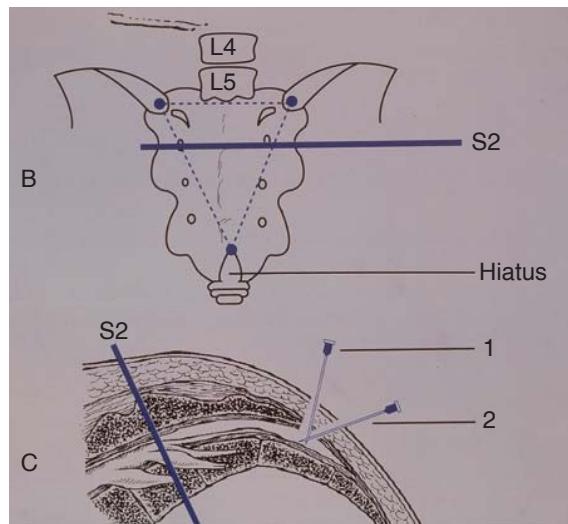
La analgesia por la vía caudal puede administrarse en bolo, o en forma continua mediante la introducción de un catéter por el hiato sacro.

Es una técnica muy segura en manos entrenadas. Comparada con otras técnicas neuroaxiales, no hay a la fecha reporte alguno en la literatura mundial de un solo caso de absceso, hematoma o paraplejia asociado con la técnica de administración en bolo, a diferencia de la técnica continua que involucra el uso del catéter<sup>(37)</sup>.

Complicaciones tales como convulsiones o colapso cardiovascular por absorción masiva del AL, debido a una punción inadvertida de la dura o intravascular, pueden ocurrir y habitualmente se debe a inexperiencia o negligencia por parte del proveedor; esta complicación debe ser corregida de inmediato y sin dejar secuelas.

Hay que recalcar que a cualquier edad, el niño le tiene temor a las inyecciones, lo que conduce a su nula o escasa cooperación, por lo cual es imperativo sedarlo o anestesiarlo; después de la medicación preoperatoria, habitualmente con midazolam oral, usamos ketamina en dosis 1-2 mg/k por vía i.v., o propofol 2-3 mg/k por esta misma vía. Otra alternativa, no muy socorrida en estas edades, pero igualmente eficiente es la vía IM utilizando ketamina 5-10 mg/k o bien anestesia general inhalada. La anestesia local con EMLA en el sitio del bloqueo, sobre todo en neonatos y/o pacientes en malas condiciones de salud es muy común para este grupo de pacientes.

Es importante señalar que la médula espinal al nacimiento se localiza en L3 y alcanza su posición permanente en L1-L2 al año de edad; el saco de la dura al nacer se encuentra en S4 y al año de edad entre S1-S2. La columna vertebral no está completamente osificada y los ligamentos son extremadamente flexibles, por lo que permiten la inserción fácil de agujas y catéteres. Debido a la incompleta osificación hay una mejor visualización de las estructuras nerviosas cuando se emplea



**Figura 1.** Referencias anatómicas óseas y del saco de la dura en S2, así como la angulación de la aguja para penetrar el canal en un bloqueo caudal.



**Figura 2.** Mismo paciente, en el que los puntos rojos en la misma línea horizontal (imaginaria) señalan las astas sacras y el punto inferior, el vértice del triángulo invertido que corresponde al hiato sacro.

el ultrasonido. La grasa epidural es más gelatinosa y menos fibrosa que en el adulto, lo que favorece la difusión de los ALs y el paso con facilidad de los catéteres hasta aproximadamente la edad de seis años o cuando alcanzan un peso alrededor de los 20 kg. El menor grosor del panículo adiposo permite una mejor identificación de las referencias anatómicas. En el caso de la vía caudal habitualmente se pueden identificar sin problema las astas o «cuernos» sacros (línea ilíaca superior y posterior), mismos que marcan los extremos de un triángulo equilátero invertido, cubierto por la membrana sacrococígea, la cual al ser perforada permite el acceso directo al espacio epidural (Figura 1).

Al perforar la membrana y siempre después de aspirar para cerciorarse de que la punción no es ni hemática ni de líquido cefalo-raquídeo (LCR), la aguja con bisel corto debe ser avanzada lentamente no más de 1-3 mm para evitar la perforación de la dura (Figuras 2 y 3).

La posición prona con un rollo de toalla o campo quirúrgico por abajo del abdomen hace más prominentes las astas sacras, lo que favorece su identificación y simplifica la técnica y por ello la preferimos más que el decúbito lateral (Figura 4).

## DOSIS DE ANESTÉSICO LOCAL

La bupivacaína al 0.25% y la ropivacaína al 0.2% han sido cuidadosamente estudiadas y existe un gran número de reportes que, para calcular la dosis total de AL requerida, toman en cuenta el peso o el número de segmentos necesarios para obtener la analgesia requerida.

Basándonos en estudios en cadáver y fármaco-cinéticos en pacientes<sup>(36)</sup>, así como en la experiencia clínica durante más de 40 años de utilizar estas dosis sin ningún incidente o accidente secundario a su empleo, administramos cualquiera de los dos ALs mencionados por la vía caudal en dosis de 1.6 mL/k para bloqueos que requieran una altura hasta de 3-T4, 1.4 mL/k para T12-T10 y 1.2 mL/k para niveles por debajo de esa metámera. Estos volúmenes nos aportan 4, 3.5 y 3 mg/kg de bupivacaína al 0.25 % respectivamente<sup>(36,38,39)</sup> y dosis ligeramente menores en el caso de la ropivacaína al 0.2%<sup>(39)</sup>, mismas que nos permiten llevar a cabo el procedimiento.



**Figura 3.** Secuencia (derecha-izquierda) que muestra la ejecución del bloqueo caudal para administración en «bolo» con aguja tipo «mariposa»: inserción, aspiración, inyección.



**Figura 4.** Recién nacido de «pretérmino» en el que se muestra la posición para el bloqueo caudal.

miento quirúrgico con excelente bloqueo motor, mayor con bupivacaína que con ropivacaína, y buen bloqueo sensorial con ambos. No se recomienda el uso de un volumen mayor de 25-30 mL de AL por esta vía<sup>(40)</sup>. Como se ha mencionado previamente, bajo sedación con ketamina y/o propofol (mezcla 1:1 propofol + ketamina o ketofol)<sup>(41)</sup>, o con una CAM reducida de anestésico inhalado.

Otros autores recomiendan dosis menores, básicamente para proporcionar analgesia y no bloqueo motor y para ello recurren a una técnica combinada con anestesia general e intubación endotraqueal y no a una técnica regional pura<sup>(39)</sup>.

Como se mencionó previamente, de rutina añadimos adyuvante para prolongar o potenciar el efecto analgésico, salvo en neonatos.

### LUMBAR Y TORÁCICA

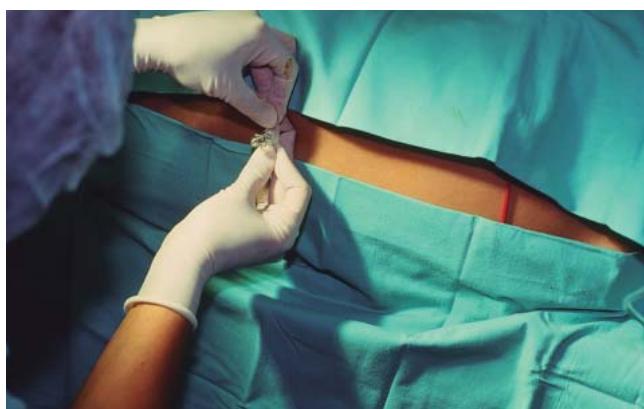
Al igual que en la vía caudal, el acceso al espacio epidural por la vía lumbar L4-L5 o L5-S1 es técnicamente sencillo por las peculiaridades anatómicas antes mencionadas. Es importante recordar que la distancia por recorrer entre la piel y el espacio epidural (EP) es corta y que el espacio a su vez es poco profundo. Se calcula que la distancia aproximada piel-EP es de 1.5-2 mm/k en niños menores de 30 kg. De acuerdo a Busoni, esta medida es de 10 mm al nacimiento y aumenta linealmente con la edad, de acuerdo a la fórmula por él propuesta: distancia en mm = edad en años/2+10<sup>(36)</sup>.

El espacio se identifica por la pérdida de resistencia a la inyección de solución salina. La técnica de la gota (Dogliotti) no es útil, ya que la presión negativa generada durante la inspiración es insuficiente y no permite una identificación segura<sup>(42)</sup>.

El acceso al espacio epidural por estas vías facilita la utilización de analgesia continua mediante la inserción de un catéter (Figuras 5 a 7).



**Figura 5.** Niño de siete años en decúbito lateral con aguja Tuohy pediátrica «lumbar» #18, introducida hasta el ligamento amarillo.



**Figura 6.** Muestra la aguja ya avanzada hasta el espacio epidural.



**Figura 7.** Catéter ya colocado, listo para ser tunelizado.

Las indicaciones actuales son:

- Cirugía intraabdominal alta.
- Cirugía torácica abierta.
- Cirugía de columna vertebral.
- Manejo del dolor crónico.

Entre los beneficios de esta técnica comparada con el uso de opioides sistémicos hay una clara evidencia en el alivio del dolor con menor retardo en la recuperación de la peristalsis gastrointestinal y menor frecuencia de náusea y vómito postoperatorios<sup>(42)</sup>.

Los riesgos y/o complicaciones son secundarios a la inserción y cuidado del catéter. Como se mencionó anteriormente, el riesgo de complicaciones serias es de 1:2,000 y de 1:10,000 en caso de secuelas muy serias<sup>(28)</sup>; de acuerdo a la ADARPEF<sup>(26,37)</sup> en 1,500 casos la frecuencia de complicaciones fue mayor en niños menores de seis meses de edad, y en este grupo es cuatro veces mayor que en el grupo de lactantes mayores de seis meses, razón de peso para evitar estas técnicas y preferir la inserción caudal hasta un nivel lumbar o torácico<sup>(40,43)</sup>. Aunque la proximidad de esta vía con el ano aumenta el riesgo de colonización bacteriana del catéter y por lo tanto el riesgo de infección, esta complicación se puede disminuir o evitar al tunelizar el catéter y cubrir el área con un buen apósito que aísla la región, además de una asepsia estricta durante todo el procedimiento (Figura 8).

El uso del US ha contribuido a un mayor éxito en la inserción y corroboración del sitio en el que queda colocado el catéter<sup>(44)</sup>.

Cuando se inserta el catéter por vía torácica debe hacerse en la dermatoma más próxima al sitio de la incisión quirúrgica.

La inserción de catéteres cualquiera que sea la vía debe ser hecha por anestesiólogos pediatras con experiencia para evitar complicaciones y de rutina siempre confirmar la posición final del catéter mediante el uso de rayos X o del ultrasonido<sup>(44,45)</sup>.



**Figura 8.** Neonato en decúbito prono, con aguja Tuohy pediátrica #20 que muestra la inserción del catéter por vía caudal.

Entre las complicaciones de la inserción del catéter por estas vías debemos mencionar:

- Infección.
- Celulitis.
- Absceso o hematoma.
- Fractura del catéter.

Las fallas que pueden ocurrir durante la inserción del catéter son:

- Perforación del espacio subaracnoideo.
- Inserción en una vena del plexo epidural.
- Inserción en el ligamento supra o interespinoso.
- Migración del catéter.

## SUBARACNOIDEO O ESPINAL

Aunque fue la primera técnica usada en niños en la primera mitad del siglo XX, cayó en desuso; no fue sino hasta la segunda mitad del siglo XX cuando Digby Leigh y Clark publican el primer libro de anestesia en pediatría y nos muestran su experiencia con anestesia regional<sup>(1)</sup>. En 1975 en un estudio prospectivo que incluyó desde lactantes hasta adolescentes comparamos esta técnica contra la epidural, comprobando sus beneficios, así como la desventaja que tiene por el corto tiempo de duración de la analgesia y por lo tanto, ésta no se extiende al postoperatorio inmediato<sup>(4)</sup>. En 1980, Abajian la reintrodujo en infantes de alto riesgo y dada la excelente estabilidad hemodinámica que proporciona, la ausencia de períodos de apnea y el casi inmediato inicio de acción la recomendó como la técnica de elección en este grupo de pacientes, con el inconveniente ya referido de la corta duración de acción<sup>(46)</sup>.

Las indicaciones y contraindicaciones de esta técnica son las comunes para las técnicas en el neuroeje, con énfasis en que en neonatos se puede efectuar sin tener que recurrir a sedación ni adición de adyuvantes en procedimientos urgentes, cortos e infraumbilicales<sup>(47)</sup>, aunque la adición de éstos prolonga el tiempo de analgesia.

En 2010 Hoezle y Weiss publicaron un estudio comparativo en dos grupos de prematuros programados para herniplastía inguinal sin sedación; un grupo con anestesia espinal ( $n = 339$ ) y otro con epidural caudal ( $n = 236$ ), reportando que la vía caudal es técnicamente más fácil de aplicar y finalmente tiene los mismos beneficios que la espinal<sup>(48)</sup>.

Es importante recalcar que la punción lumbar en menores de un año debe ser por debajo de L3, ya que la médula alcanza su posición definitiva a esta edad; el espacio intervertebral recomendable es L4/L5 o L5/S1. El volumen de LCR es de 4 mL/k, es decir, el doble que el del adulto, razón que explica la necesidad de dosis mayores por kilo de peso y la menor duración del tiempo de acción de los ALs.

Una vez efectuada la punción y administrado el anestésico deben evitarse cambios bruscos de posición del paciente como posicionarlos con los miembros inferiores alzados y, sobre todo, la posición de Trendelenburg para evitar la extensión no intencional del bloqueo a los segmentos cervicales, con el compromiso respiratorio consecuente<sup>(47,49)</sup>.

La dosis de bupivacaína hiperbárica o isobárica, o ropivacaína sin adyuvantes que proporcionan analgesia con una duración promedio de 60-75 min es:

$$\begin{aligned} < 5 \text{ kg: } & 0.4-0.5 \text{ mg/kg} \\ 5-15 \text{ kg: } & 0.3 \text{ a } 0.4 \text{ mg/kg} \\ > 15 \text{ kg: } & 0.25-0.3 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

El tiempo de acción con el uso de adyuvantes (adrenalina) se prolonga aproximadamente de 30 a 50% más. Las agujas utilizadas deben ser específicas de uso pediátrico, con estilete, longitud no mayor de 50 mm y muy finas, G 25 o 27, para evitar complicaciones como la cefalea postpunción que se reporta con poca frecuencia en niños, quizás porque el neonato no la percibe o no la manifiesta, pero el niño en edad escolar sí la reporta, aunque no se manifiesta con la frecuencia con la que ocurre en el adulto<sup>(47)</sup>.

### BLOQUEOS DE NERVIOS PERIFÉRICOS POR ULTRASONIDO

Uno de los avances tecnológicos más trascendentales en anestesia regional (AR) en pediatría fue el ultrasonido basado en la introducción de imágenes anatómicas para facilitar la localización nerviosa. Las técnicas de AR mediante bloqueos de nervios periféricos en niños fueron reportadas por P. Marhofer en Viena, en niños mayores de tres meses cuyas estructuras relevantes pueden ser visualizadas, aunque esta visibilidad gradualmente disminuye de manera dependiente de la edad. Las estructuras neuroaxiales pueden ser fácilmente visualizadas, aun en niños mayores; la dura madre es tan visible como el ligamento amarillo en infantes y niños mayores<sup>(50)</sup>.

El índice de éxito, la eficacia y complicaciones de los bloqueos de nervios periféricos con ultrasonido comparado con técnicas de neuroestimulación o basado en marcaje anatómico fueron reportados en 2009, demostrando que la guía por ultrasonido tiene ventajas sobre las técnicas de neuroestimulación: tiempo de realización de bloqueo más corto, índice de éxitos mayor, tiempo de inicio más corto, duración mayor del bloqueo, menos volumen de anestésico local y visibilidad de las estructuras neuroaxiales. Las mediciones en estudios clínicos de bloqueos neuroaxiales, llevados a cabo con ultrasonido contra la pérdida de la resistencia, mostraron que las epidurales ejecutadas con USG fueron más rápidas que con la pérdida de la resistencia y que la analgesia intra- y postoperatoria obtenida fue mejor en el grupo de ultrasonido,

al igual que la colocación del catéter y la visualización y administración del anestésico local o solución salina<sup>(1)</sup> (Cuadro I).

La AR por ecografía en pediatría se revolucionó gracias a los transductores de alta frecuencia (8-18 MHz) y por ende la visibilidad de alta resolución hasta al menos 0.5 cm de profundidad en una imagen ecogénica estándar. A continuación se muestra uno de los modelos de transductor más usados actualmente en la práctica clínica (Figura 9).

### BLOQUEOS DE EXTREMIDAD SUPERIOR

El abordaje ideal más recomendado en el paciente pediátrico sometido a cirugía de mano, brazo y antebrazo es el infraclavicular; este abordaje tiene la ventaja respecto al interescalénico

**Cuadro I.** Principales bloqueos descritos en el paciente pediátrico por ultrasonido.

Extremidad superior	Supraclavicular Infraclavicular Axilar	
Extremidad inferior	Femoral Safeno Glúteo Subglúteo Ciático poplítneo Plexo lumbar	
Bloqueos de pared	Ilio-inguinal/Ilio-hipogástrico	
Abdominal	TAP Vaina recto anterior Dorsal del pene	
Neuroeje	Abordaje lumbar Abordaje caudal	
Bloqueos especiales	Bloqueos continuos en dolor crónico o agudo con colocación de catéteres	Intercostales PETS



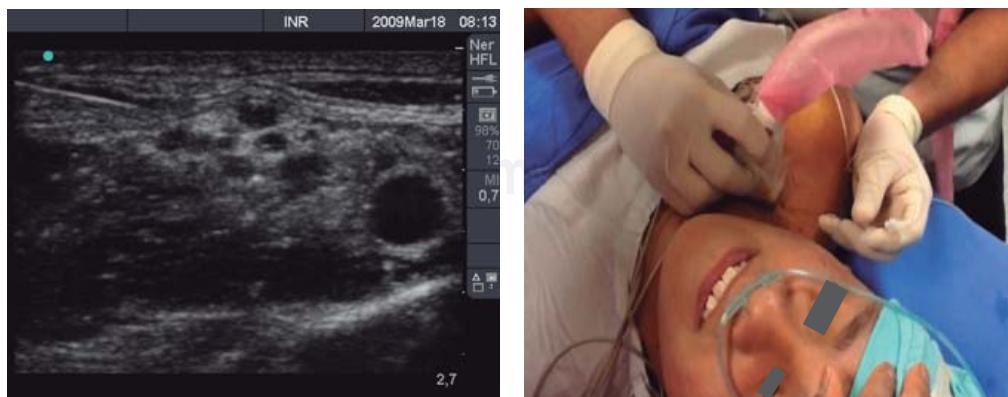
**Figura 9.** Transductor lineal pediátrico de Alta Frecuencia 18MHz.

**Cuadro II.** Volúmenes de anestésico local según abordaje.

Abordaje	Dosis x USG	Dosis x anatomía
Supraclavicular	0.3 mL/kg	0.5 mL/kg
Infraclavicular	0.2 mL/kg	0.5 mL/kg
Ciático	0.2 mL/kg	0.2 mL/kg
Femoral	0.15 mL/kg	0.3 mL/kg
Vaina del recto anterior	0.10 mL/kg	0.3 mL/kg
Ilio-inguinal	0.10 mL/kg	0.4 mL/kg

**Figura 10.** Bloqueo infraclavicular.**Figura 11.**

Abordaje axilar.

**Figura 12.**

Abordaje supraclavicular a la izquierda la sonoa-anatomía.

La cirugía de hombro en niños no es frecuente y dado que el bloqueo del nervio frénico se presenta en el 100% de los casos no es común el abordaje interescalénico en la práctica cotidiana.

El bloqueo supraclavicular puede realizarse a partir de los cinco años, edad en la que ya se identifica plenamente la sonoanatomía cervical y no hay influencia en la musculatura ventilatoria propiamente dicha. A continuación se muestra una imagen de sonoanatomía y procedimiento supraclavicular (Figura 12).

### BLOQUEOS DE EXTREMIDAD INFERIOR

El miembro inferior está inervado principalmente por los plexos lumbar y sacro que abarcan desde L3 hasta S5; el abordaje de cada una de las ramas principales se muestra a continuación y cada una representa una inervación metamérica que corresponde al área de cirugía que se pretende bloquear (Figura 13).

Actualmente el nervio ciático puede ser anestesiado a lo largo de todo su trayecto desde la salida del agujero obturador hasta cada una de sus ramas principales: peroneal y tibial, ya sea por la vía anterior, lateral o posterior<sup>(52)</sup>. En las figuras 14 y 15 se muestra el abordaje poplíteo bilateral y la imagen de la sonoanatomía respectiva.

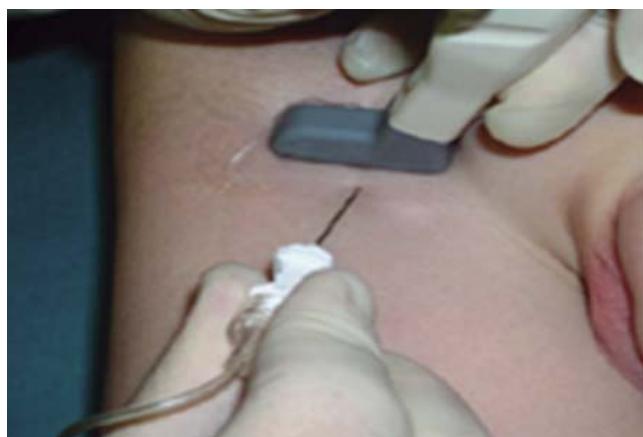


Figura 13. Abordaje femoral.



Figura 14.

Abordaje del nervio ciático poplíteo.

### NEUROEJE POR ULTRASONIDO

En una ventana acústica paramedia se visualizan los procesos articulares superiores e inferiores y la aguja se introduce justo a la mitad; por lo que es considerado una Técnica de Aprendizaje Avanzado. El USG en el neuroeje no se usa de forma rutinaria, como se indicó arriba, es una herramienta en caso de identificar un Neuroeje Potencialmente Difícil y cuando se requiere precisión y exactitud en el nivel del bloqueo.

Los bloqueos neuroaxiales pueden ser sustituidos por el uso del bloqueo TAP (*transversus abdomino plane*) (Figura 16), bloqueo ilioinguinal o iliohipogástrico, por el bloqueo de la vaina de los rectos abdominales, bloqueo del nervio dorsal del pene, bloqueo femoral, y del ciático en el glúteo, o a nivel poplíteo o subglúteo. Es importante tener en mente y pensar que los bloqueos de la pared abdominal no son adecuados para eliminar el dolor visceral producido de la tracción peritoneal o la manipulación del cordón espermático. El bloqueo TAP guiado por ultrasonido (USG) se ha sugerido para laparotomía, apendicectomía, piloromiomatía, funduplicatura tipo Nissen, cirugía de pared abdominal, colocación y/o cierre de colostomía, donde el bloqueo de la vaina del recto anterior ha llegado a ser muy popular para producir analgesia durante la reparación de la hernia umbilical y epigástrica, así como en la cirugía laparoscópica y otras pequeñas incisiones de la línea media (Figura 17). Los bloqueos ilioinguinal e iliohipogástrico son considerablemente más efectivos que las técnicas basadas en marcaje anatómico, por lo que se obtiene una mejor calidad analgésica intra- y postoperatoria alcanzada con muy bajas dosis de AL.<sup>(52)</sup>

La neuroestimulación en la anestesia regional moderna ha quedado en tres indicaciones de uso<sup>(53)</sup>:

1. Cuando no se cuenta con USG.
2. Con fines totalmente académicos-demostrativos para los anestesiólogos en formación que deben conocer la técnica.

3. Cuando la falta de experiencia en el reconocimiento de las estructuras neurales no permite identificar con precisión el objetivo por bloquear (target).

La figura 18 muestra un bloqueo del plexo lumbar guiado por neuroestimulación en un paciente en edad escolar.



**Figura 15.** Abordaje lateral del nervio ciático.

### BLOQUEO CAUDAL POR ULTRASONIDO

La técnica por USG tiene su uso principal en pacientes con dismorfias como el mielomeningocele, obesidad; es decir, todo aquel paciente que presente dificultad técnica. Para este bloqueo, el transductor se coloca de forma transver-



**Figura 16.** Bloqueo TAP (*transversus abdominus plane*).

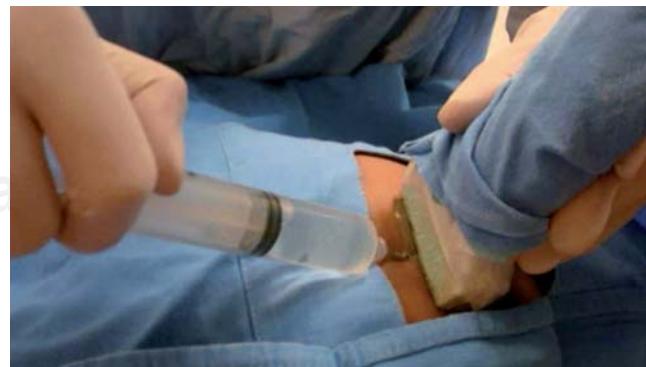


**Figura 17.**

Neuroeje por ultrasonido.



**Figura 18.** Bloqueo de plexo lumbar por neuroestimulación.



**Figura 19.** Bloqueo caudal por ultrasonido.

sal y la entrada se realiza «fuera de plano» (*out of plane*) (Figura 19).

Podemos concluir que la anestesia regional continúa en desarrollo y mejorando. «La transición de una técnica ciega

basada en marcaje anatómico o con neuroestimulación fue un gran salto que nos ha permitido ver y explorar el cuerpo del niño, mejorando la calidad y seguridad de las técnicas de anestesia regional en la práctica diaria»<sup>(54)</sup>.

## REFERENCIAS

- Brown TC. History of pediatric regional anesthesia. *Pediatr Anaesth.* 2012;22:3-9.
- Ruston FG. Epidural anaesthesia in infants and children. *Canad Anaes Soc J.* 1954;1:37-39.
- Fortuna A. Caudal analgesia: a simple and safe technique in paediatric surgery. *Brit J Anaesth.* 1967;39:165-170.
- Melman E, Penuelas JA, Marrufo J. Regional anesthesia in children. *Anesth Analg.* 1975;54:387-390.
- Eyres RL, Kidd J, Oppenheim R, Brown TC. Local anaesthetic plasma levels in children. *Anaesth Intensive Care.* 1978;6:243-247.
- Melman E. Regional anesthesia. In: Meursing AE, Steward DJ (eds.): *Basic considerations of paediatric anaesthesia*. Rotterdam, 1992, 54-60.
- Greenblatt GM, Denson JS. Needle nerve-stimulator-locator: nerve blocks with a new instrument for locating nerves. *Anesth Analg.* 1962;41:599-602.
- Bösenberg AT, Raw R, Boezaart AP. Surface mapping of peripheral nerves in children with a nerve stimulator. *Pediatr Anesth.* 2002;12:398-402.
- Kapral S, Kraft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. US-guided supraclavicular approach for regional anaesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg.* 1994;78:507-513.
- Marhofer P, Bösenberg A, Sitzwohl C, Willschke H, Wanzel O, Kapral S. Pilot study of neuraxial imaging by ultrasound in infants and children. *Paediatr Anaesth.* 2005;15:671-676.
- Center for Drug Evaluation and Research Anesthetic and Life Support Drugs Advisory Committee. Available in: [www.fda.gov/ohrms/dockets/ac/07/minutes/2007-4285m1-Final.pdf](http://www.fda.gov/ohrms/dockets/ac/07/minutes/2007-4285m1-Final.pdf).
- Craven PD, Badawi N, Henderson-Smart DJ, O'Brien M. Regional (spinal, epidural, caudal) versus general anesthesia in preterm infants undergoing inguinal herniorraphy in early infancy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003;3:CD003669.
- Raghavan M, Montgomerie J. Anesthetic management of gastroschisis: a review of our practice over the past 5 years. *Paediatr Anaesth.* 2008;18:731-735.
- Bösenberg AT, Hadley GP, Wiersma R. Oesophageal atresia: caudothoracic epidural anaesthesia reduces the need for post-operative ventilatory support. *Pediatric Surgery International.* 1992;7:289-291.
- Ecoffey C, Dubousset AM, Samii K. Lumbar and thoracic epidural anesthesia for urologic and upper abdominal in infants and children. *Anesthesiology.* 1986;65:87-90.
- Wilson GA, Brown JL, Crabbe DG, Hinton W, McHugh PJ, Stringer MD. Is epidural analgesia associated with an improved outcome following open Nissen fundoplication? *Paediatr Anaesth.* 2001;11:65-70.
- Murat I, Delleur MM, Esteve C, Egu JF, Raynaud P, Saint-Maurice C. Continuous epidural anesthesia in children: clinical and haemodynamic implications. *Br J Anaesth.* 1987;59:1441-1150.
- Hong JY, Ahn S, Kil HK. Changes of dorsalis pedis artery flow pattern after caudal block in children; observational study using a duplex sonography. *Paediatr Anaesth.* 2011;21:116-120.
- Murat I, Walker J, Esteve C, Nahoul K, Saint-Maurice C. The effect of continuous epidural anaesthesia on plasma cortisol levels in children. *Can J Anaesth.* 1988;35:20-24.
- Wolf AR. Effects of regional analgesia on stress responses to pediatric surgery. *Paediatr Anaesth.* 2012;22:19-24.
- Snyder GL, Greenberg S. Effect of anaesthetic technique and other perioperative factors on cancer recurrence. *Br J Anaesth.* 2010;105:106-115.
- Hollmann MW, Durieux ME. Local anaesthetics and the inflammatory response. *Anesthesiology.* 2000;93:858-875.
- Bösenberg AT. Epidural analgesia for major neonatal surgery. *Paediatr Anaesth.* 1998;8:479-483.
- Hoehn T, Jetzek-Zader M, Blohm M, Mayatepek E. Early peristalsis following epidural analgesia during abdominal surgery in an extremely low birth weight infant. *Paediatr Anaesth.* 2007;17:176-179.
- Walker SM, Yaksh T. Neuraxial analgesia in neonates and infants: a review of clinical and preclinical strategies for the development of safety and efficacy data. *Anesth Analg.* 2012;115:638-662.
- Giaufré E, Dalens B, Gombert A. Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children: a one-year prospective survey of the French-Language Society of Paediatric Anaesthesiologists (ADARPEF). *Anesth Analg.* 1996;83:904-912.
- Ecoffey C, Lacroix F, Giaufré E, Orliaguet G, Courrèges P; Association des Anesthésistes Réanimateurs Pédiatriques d'Expression Française (ADARPEF). Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children: a follow-up one-year prospective survey of the French-Language Society of Pediatric Anaesthesiologists (ADARPEF). *Paediatr Anaesth.* 2010;20:1061-1069.
- Llewellyn N, Moriarty A. The national pediatric epidural audit. *Paediatr Anaesth.* 2007;17:520-533.
- Mazoit JX. Local anesthetics and their adjuncts. *Pediatr Anesth.* 2012;22:31-38.
- Lerman J, Strong HA, LeDez KM, Swartz J, Rieder MJ, Burrows FA. Effects of age on the serum concentration of Alpha 1-acid glycoprotein and the binding of lidocaine in pediatric patients. *Clin Pharmacol Ther.* 1989;46:219-225.
- American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine. Checklist for treatment of local anesthetic toxicity. Available in: [www.asra.com/content/documents/asra\\_last\\_checklist\\_2018.pdf](http://www.asra.com/content/documents/asra_last_checklist_2018.pdf)
- Lönnqvist PA. Toxicity of local anesthetic drugs: a pediatric perspective. *Paediatr Anaesth.* 2012;22:39-43.
- Weinberg GL. Treatment of local anesthetics systemic toxicity (LAST). *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:188-193.
- Hansen TG, Henneberg SW, Walther-Larsen S, Lund J, Hansen M. Caudal bupivacaine supplemented with caudal or intravenous clonidine in children undergoing hypospadias repair: a double-blind study. *Br J Anaesth.* 2004;92:223-227.
- Akin A, Ocalan S, Esmagliou A, Boyaci A. The effects of caudal or iv clonidine on postoperative analgesia produced by caudal levobupivacaine in children. *Paediatr Anaesth.* 2010;20:350-355.
- Melman E. Pediatría. En: Aldrete JA, Guevara U, Capmourteres EM eds.: *Texto de anestesiología teórico-práctica*. 2<sup>a</sup> ed. México. El Manual Moderno, 2004, pp. 1071-1112.
- Ecoffey C. Safety in pediatric regional anesthesia. *Paediatr Anaesth.* 2012;22:25-30.
- Moyao-García D, Garza-Leyva M, Velázquez-Armenta EY, Navarro-Ocampo AA. Caudal block with 4 mg•kg<sup>-1</sup> (1.6 mg•L<sup>-1</sup>) of bupivacaine 0.25% in children undergoing surgical correction of congenital pyloric stenosis. *Pediatr Anesthesia.* 2002;12:404-410.

39. Bosenberg A, Thomas J, Lopez T, Lybeck A, Huizar K, Larsson LE. The efficacy of caudal ropivacaine 1, 2 and 3 mg × 1 (-1) for postoperative analgesia in children. *Paediatr Anaesth.* 2002;12:53-58.
40. Jöhr M, Berger TM. Caudal blocks. *Paediatr Anaesth.* 2012;22:44-50.
41. Weatherall A, Venclovas R. Experience with a propofol-ketamine mixture for sedation during pediatric orthopedic surgery. *Paediatr Anaesth.* 2010;20:1009-1016.
42. Kasai T, Yaegashi K, Hirose M, Tanaka Y. Spinal cord injury in a child caused by an accidental puncture with a single-shot thoracic epidural needle. *Anesth Analg.* 2003;96:65-67.
43. Bösenberg AT, Bland BA, Schulte-Steinberg O, Downing JW. Thoracic epidural anesthesia via caudal route in infants. *Anesthesiology.* 1988;69:265-269.
44. Moriarty A. Pediatric epidural analgesia (PEA). *Pediatr Anesth.* 2012;22:51-55.
45. Rapp HJ, Folger A, Grau T. Ultrasound guided epidural catheter insertion in children. *Anesth Analg.* 2005;101:333-339.
46. Abajian JC, Mellish RW, Browne AF, Perkins FM, Lambert DH, Mazuzan JE Jr. Spinal anesthesia for surgery in the high-risk infant. *Anesth Analg.* 1984;63:359-362.
47. Kokki H. Spinal blocks. *Pediatr Anesth.* 2012;22:56-64.
48. Hoelzle M, Weiss M, Dillier C, Gerber A. Comparison of awake spinal with caudal anesthesia in preterm and ex-preterm infants for herniotomy. *Paediatr Anaesth.* 2010;20:620-624.
49. Wright TE, Orr RJ, Haberkern CM, Walberberg EJ. Complications during spinal anesthesia in infants: high spinal blockade. *Anesthesiology.* 1990;73:1290-1292.
50. Ivani G, Suresh S, Ecoffey C, Bosenberg A, Lonnqvist PE, Krane, et al. The European Society of Regional of Anesthesia and Pain Therapy and The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Joint Committee Practice Advisory on Controversial Topics in Pediatric Regional Anesthesia. *Reg Anest Pain Med.* 2015;40:526-532.
51. Lam DK, Corry GN, Tsui BC. Evidence for the use of ultrasound imaging in pediatric regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41:229-241.
52. Jöhr M. Practical pediatric regional anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2013;26:327-332.
53. Tsui BC, Suresh S. Ultrasound imaging for regional anesthesia in infants, children, and adolescents: a review of current literature and its application in the practice of neuraxial blocks. *Anesthesiology.* 2010;112:743-792.
54. Marhofer P, Ivani G, Suresh S, Melman E, Zaragoza G, Bosenberg A. Everyday regional anesthesia in children. *Paediatric Anaesthesia.* 2012;22:995-1001.