

# Técnicas de identificación del espacio epidural

E. Figueredo\*

Servicio de Anestesia. Hospital Torrecárdenas. Almería

## Resumen

Gran parte del éxito de una anestesia epidural se basa en la correcta identificación del espacio epidural. En los últimos 100 años se han descrito numerosas técnicas intentando localizar el espacio de la manera más simple, efectiva, segura y fiable. Para juzgar las técnicas empleadas para la identificación del espacio epidural, sus ventajas, inconvenientes y/o complicaciones se ha realizado una búsqueda en Medline entrecruzando las palabras clave "epidural analgesia", "epidural anesthesia", "epidural space", "identification" y "loss of resistance". Se analizan las técnicas clásicas de identificación del espacio epidural, así como los principales métodos complementarios o instrumentales. Se evalúan los resultados de los ensayos clínicos en los que se comparan las distintas técnicas de pérdida de resistencia (LOR). Las técnicas basadas en la LOR, mediante el uso de aire, solución salina isotónica o una combinación de ambos, han demostrado ser las más simples y efectivas. Con respecto a la seguridad, la técnica de LOR con aire es la que presenta más complicaciones (neumoencefalo, embolismo aéreo, analgesia insuficiente, mayor incidencia de punciones derales accidentales, compresión de raíces nerviosas, enfisema subcutáneo). Si a la técnica de LOR con solución salina, se le agrega una pequeña burbuja de aire dentro de la jeringa, la técnica, además de efectiva y segura, resulta más fiable y su enseñanza más didáctica.

### Palabras clave:

Técnica anestésica: epidural, pérdida de resistencia.  
Complicaciones: neumoencefalo, punción dural.

## Techniques for identifying the epidural space

### Summary

A large part of the success of epidural anesthesia rests on correct identification of the epidural space. The last hundred years have seen the description of numerous techniques for locating the space in the most straightforward, effective, safe, and reliable manner. To evaluate the advantages and disadvantages of these approaches and the complications associated with each, we carried out a MEDLINE search using the following key words: "epidural analgesia," "epidural anesthesia," "epidural space," "identification," and "loss of resistance" (LOR). Traditional, complementary, and instrument-guided techniques used to identify the epidural space were analyzed. The results of clinical trials comparing different LOR techniques were evaluated. LOR with air, with isotonic saline, or a combination of both were the techniques shown to be simplest and safest. With respect to safety, LOR with air led to the greatest number of complications (pneumocephalus, air embolism, insufficient analgesia, higher incidence of dural puncture, nerve root compression, subcutaneous emphysema). When a small air bubble is created inside the syringe, LOR with saline solution is reliable and teachable, as well as safe and effective.

### Key words:

Anesthetic technique: epidural, loss of resistance. Complications: pneumocephalus, dural puncture.

## Introducción

La administración de fármacos por vía epidural es una técnica con más de 100 años de historia. Todos los anesthesiólogos conocen las indicaciones del bloqueo,

los efectos principales y secundarios de los fármacos administrados y las limitaciones de la técnica, pero saben que gran parte del éxito o del fracaso dependerá de la correcta identificación del espacio epidural (EE). Se han descrito innumerables técnicas de abordaje del EE, algunas manuales, otras con el auxilio de dispositivos con distinto grado de complejidad. Con la intención de evaluar las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas se ha realizado una búsqueda en Medline entrecruzando las siguientes frases: "epidural analgesia", "epidural anesthesia", "epidural space", "identification" y "loss of resistance". Se han revisado los artículos en los que se describen o comparan las dife-

\* Facultativo Especialista de Área

Correspondencia:  
Eduardo Figueredo  
Ps. del Palmeral, 4 – Edf. Capri, 6-C  
04720 Aguadulce. Almería  
e-mail: eduardofigueredo@hotmail.com

Aceptado para su publicación en marzo de 2005.

rentes técnicas y se ha completado la bibliografía con las referencias pertinentes obtenidas de dichos artículos.

A pesar de la importancia del tema, en las últimas décadas, sólo se han publicado dos revisiones y en la misma revista<sup>1,2</sup>. En ellas sólo se hace referencia a dos técnicas de identificación del EE: el método de pérdida de resistencia al aire (*loss of resistance-air*; LOR-A) y al suero salino (*loss of resistance-saline*; LOR-S).

En la presente revisión, tras un breve recordatorio histórico, se enumerarán las técnicas directas de identificación del EE, se describirá someramente la forma de realizarlas, se documentarán las desventajas y complicaciones descritas para cada una de ellas y se expondrán los resultados de los ensayos clínicos en las que se comparan directamente las dos técnicas más utilizadas en la actualidad: LOR-A y LOR-S. Finalmente se mencionarán los métodos instrumentales que se han descrito (habitualmente con poco éxito) como sustitutivos o complementarios de las técnicas manuales clásicas.

## Reseña histórica

El primer informe sobre la aplicación de anestésicos locales en el EE corresponde al neurólogo norteamericano James Leonard Corning, quien inyectó cocaína entre las apófisis espinosas de un perro, logrando anestesia del tren posterior del animal en el año 1885<sup>3</sup>.

A principios del siglo pasado (1901), el médico francés Jean-Anthanase Sicard describió la inyección de soluciones diluidas de cocaína a través del hiato sacro<sup>4</sup>. Tres semanas más tarde, trabajando en forma independiente del anterior, otro francés, Fernand Cathelin reportó un trabajo similar<sup>5</sup>.

Las primeras punciones epidurales a nivel lumbar en humanos fueron realizadas por el cirujano español Fidel Pagés Mirave en 1920, utilizando la técnica indirecta retrógrada o "de dentro afuera" (realizando una punción aracnoidea y retirando la cánula, poco a poco, hasta que deje de salir líquido). En 1921 publica simultáneamente en dos revistas españolas su experiencia con la denominada "anestesia metamérica" en 43 pacientes<sup>6,7</sup>, describiendo las técnicas retrógrada y anterógrada; con respecto a esta última dice: "*El segundo procedimiento de punción de la cavidad epidural es positivamente más elegante, y no resulta difícil, una vez adquirida cierta práctica en estas maniobras. Consiste en detenerse una vez atravesado el ligamento amarillo, e inyectar la solución anestésica correspondiente...*"

Los estudios de Pagés pasaron inadvertidos durante más de 10 años, hasta que en 1931 el cirujano italiano Achille Mario Dogliotti la dio a conocer, como origi-

nal, en revistas europeas y americanas<sup>8,9</sup>, describiendo el método de "pérdida de resistencia", logrando que a partir de entonces la anestesia epidural lumbar se denominara "el método de Dogliotti".

El cirujano argentino Alberto Gutiérrez realizó diversos cursos y trabajos sobre anestesia metamérica epidural y, basándose en los estudios de Jansen<sup>10</sup> sobre presión negativa en el EE, publicó en 1933 un artículo en el que llama la atención sobre la importancia de la aspiración de líquidos hacia el EE<sup>11</sup>. De ahí surge el signo conocido como "aspiración de la gota" o "gota pendiente" de Gutiérrez.

Las agujas que se utilizan habitualmente para realizar anestesia epidural tienen la punta tipo Huber. Esta aguja fue patentada en EE.UU. por Ralph L Huber quien la describe como una aguja hipodérmica con el extremo distal de su pared curvado transversalmente (Patente N° 2.409.979). Sin embargo no existe en la literatura científica ningún artículo que describa su introducción en la práctica médica.

En 1945 Edward B. Tuohy, utilizando una aguja con punta de Huber (gauge 15), introduce un catéter ureteral dentro del EE y lo dirige, según se desee, en dirección cefálica o caudal<sup>12</sup>. En su artículo no hace referencia al nombre de Huber, por lo que la aguja se popularizó con su propio nombre.

## Técnicas manuales directas de identificación del espacio epidural

Existen dos características básicas por las que se puede identificar la entrada de la aguja en el EE: la pérdida de resistencia que se percibe en el émbolo cuando la aguja entra en el espacio y la presión negativa que podría existir en él. En la tabla I se muestran los métodos manuales clásicos que se han descrito para identificar el espacio.

### *Pérdida de resistencia con gases*

*Descripción del método.* El nombre de la técnica se debe a que cuando la punta de la aguja se encuentra en el ligamento amarillo o en el ligamento interespinoso, se puede ejercer una fuerza considerable sobre el émbolo sin que el aire pueda ser expulsado de la jeringa y, al entrar en el EE, se percibe una clara pérdida de resistencia en el émbolo que permite que el aire se introduzca en dicho espacio. Existen al menos tres modalidades para realizar la técnica de LOR-A: a) a medida que se avanza en forma continua el conjunto aguja-jeringa, se ejerce con el dedo pulgar de la mano hábil una presión constante sobre el émbolo; b) igualmente, avanzando en forma continua el conjunto aguja-jeringa pero ejerciendo una presión intermitente sobre el émbolo (compr-

TABLA I  
**Métodos directos de identificación  
 del espacio epidural**

a) Pérdida de resistencia con fluidos	
Líquido:	solución salina isotónica anestésicos locales agua destilada
Gases:	aire CO <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O
Combinados: líquido con burbuja de aire	
b) Pérdida de resistencia por tacto	
c) Presión negativa en el espacio epidural: Gota colgante de Gutiérrez	

miendo y liberando alternativamente), mediante movimientos rápidos, de manera tal que la descompresión del aire confiere una serie de rebotes en el émbolo; c) se avanza la aguja en forma intermitente, aproximadamente 1 mm cada vez, probando después de cada avance la resistencia a la presión que ofrece el émbolo. Independientemente de la modalidad utilizada, una vez localizado el EE se debe interrumpir la presión ejercida, evitando toda inyección subsiguiente de aire. A continuación se puede realizar un test de aspiración con lo que, teóricamente, se extraería el aire inyectado<sup>13</sup>. Se calcula que con éste método la cantidad promedio de aire que entra en el EE es de aproximadamente 3 mL<sup>14</sup>.

La mayor ventaja que ofrece el método radica en que, al no emplearse líquido en la realización, cualquier líquido que retorne por el pabellón de la aguja de Tohuy debería ser LCR. No obstante, podría presentarse la rara circunstancia de que refluya parte del anestésico local empleado para infiltrar el trayecto o, incluso líquido de edema del EE<sup>15</sup>.

Una alternativa al uso del aire es la utilización de CO<sub>2</sub>; por su mayor difusibilidad en los tejidos disminuiría la incidencia de anestias parcheadas y consecuentemente se obtendría una mejor calidad de la anestesia, con menor riesgo de embolismo aéreo<sup>16</sup>. Algo semejante sucedería con la utilización de N<sub>2</sub>O en las jeringas; este gas podría disminuir el tamaño de las burbujas en el EE a casi la décima parte del tamaño que tienen con aire<sup>14</sup>. A pesar de la fácil disponibilidad de los cilindros de estos gases en quirófano (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O), su técnica es más compleja y no han prosperado en la práctica.

**Desventajas de LOR-A.** En pacientes obesos o en parturientas (donde los ligamentos son más blandos por efecto de la progesterona)<sup>17</sup>, y donde es más factible que la aguja se desvíe de la línea media, la sensación de LOR parece ser más confusa con aire, exis-

tiendo una mayor posibilidad de falsos positivos<sup>18,19</sup>. Las técnicas que emplean una comprobación intermitente de la resistencia originan, por tanto, una pérdida intermitente del control, con el correspondiente incremento de fallos<sup>20</sup>.

**Complicaciones.** Ocurren cuando se inyecta una considerable cantidad de aire en el intento de verificar la correcta ubicación de la punta de la aguja<sup>21</sup>. Habitualmente les sucede a anestesiólogos poco habituados a la técnica y en situaciones en las que la identificación del EE resulta dificultosa. Se postula que con una buena técnica la anestesia se realiza con menos de 2 ml de aire, mientras que las complicaciones que se han comunicado indican que se han administrado cantidades superiores a 3 ml o bolos repetidos en bloqueos complicados<sup>22</sup>.

El uso concomitante de N<sub>2</sub>O en el intraoperatorio de pacientes en quienes se ha empleado LOR-A puede agravar todas las patologías que se describen a continuación<sup>23</sup>.

**a. Neumoencéfalo:** La literatura científica recoge innumerables casos de neumoencéfalo<sup>24-48</sup>. Seguramente no se reportan a las revistas científicas todos los casos de neumoencéfalo que se detectan, y, dada la cotidianeidad con el que se observa, es probable que las revistas ya no consideren su publicación.

La sintomatología es de lo más variable, incluso pudiendo provocar crisis convulsivas, dependiendo de la zona afectada<sup>41,45</sup>. Habitualmente ocurre de forma repentina, cuando el aire es inyectado involuntariamente en los espacios subaracnoideo o subdural. Generalmente el aire se absorbe de forma espontánea en pocos días, sin dejar secuelas. La administración de oxígeno en altas concentraciones puede acelerar la recuperación del paciente, por recaptación del nitrógeno de la colección de aire<sup>46</sup>. Inversamente, la administración de N<sub>2</sub>O durante las intervenciones en las que ya se ha producido un neumoencéfalo incrementará el volumen de aire atrapado<sup>49</sup>. Si el aire hubiera sido inyectado accidentalmente en el espacio subdural, el mecanismo de acción se correspondería con el de una válvula unidireccional. En este caso no fluye LCR espontáneamente, ni tras intentos de aspiración; sin embargo, la inyección de aire o de medicación puede realizarse con facilidad en este espacio, dando lugar a confusión<sup>34</sup>. Por lo tanto hay que estar precavido porque una punción "seca" puede no corresponderse con el EE<sup>50</sup>.

No se ha determinado cuál es la cantidad de aire que puede inyectarse de forma segura pero se sabe que cuánto mayor es la cantidad de aire inyectado en el EE, mayor será la posibilidad de efectos secundarios. Si se utiliza la modalidad de avanzar en forma continua el conjunto aguja-jeringa, ejerciendo presión continua o intermitente rápida sobre el émbolo con LOR-

A, una punción accidental de la duramadre podría producir un neumoencéfalo, incluso con cantidades tan pequeñas como 3 mL.<sup>34,38,51</sup>

*b. Embolismo aéreo:* Establecer la incidencia de esta complicación resulta difícil puesto que depende de la especificidad del método con el que se busque. En un estudio en el que se inyectaron 2 mL de aire en el EE, no se observó ningún caso de embolismo aéreo mediante el uso de Doppler precordial<sup>52</sup>, mientras que en otro estudio prospectivo similar, en parturientas, se ha encontrado una incidencia de un 43% cuando se inyectaron 5 ml de aire<sup>53</sup>. Cuando las burbujas de aire se analizaron mediante ecocardiografía transesofágica (mayor sensibilidad que el Doppler), se detectaron microburbujas en todos los pacientes en quienes se inyectó aire<sup>54</sup>. Naulty et al<sup>53</sup> han establecido que el volumen de aire inyectado en las venas del EE que puede producir manifestaciones clínicas leves es de aproximadamente 0,07 ml por kg de peso corporal. Si bien es improbable que el volumen usual de aire inyectado sea realmente peligroso, la persistencia de un foramen oval permeable puede dar origen a una sintomatología imprevista<sup>55,56</sup>. El mecanismo habitual por el que se produce es la punción accidental traumática directa del plexo venoso epidural durante la maniobra de detección del EE. Sin embargo, se debe destacar que éste no es el único mecanismo posible. Aún sin lesión aparente del plexo venoso epidural, podría ocurrir una entrada ulterior del aire previamente inyectado y atrapado en el EE. La inyección subsiguiente de anestésicos locales puede comprimir y forzar la entrada de este aire atrapado hacia la circulación venosa a través de pequeñas aberturas traumáticas de la microcirculación. Tanto el aire como las sustancias que se inyectan en el EE pasan a la circulación general en 15 segundos<sup>54</sup>. Aún realizando una correcta técnica de LOR-A, se producirá una embolia de microburbujas hacia la circulación general.

*c. Mayor incidencia de punciones dures accidentales:* La incidencia de punciones dures accidentales parecen duplicarse cuando se utiliza LOR-A; así Stride y Cooper<sup>57</sup> comunican una incidencia de 0,6% con LOR-S y del 1% con LOR-A, McArthur et al.<sup>58</sup> informan de 0,8% con LOR-S y 1,6% con LOR-A, mientras que Glesson y Reynolds<sup>59</sup> reportan en su encuesta 0,69% con LOR-S y 1,11% con LOR-A. En un estudio en el que un solo anestesiólogo administró 3730 anestésicos epidurales con ambas técnicas, la incidencia de punciones accidentales fue similar para ambas (2,6% vs. 2,7%), pero la incidencia de cefaleas post punción dural (CPPD) fue superior en el grupo LOR-A<sup>60</sup>. También se ha visto que en las instituciones donde los residentes aprenden con la técnica de LOR-S, la incidencia de punciones dures oscila entre 0,3 y

0,4%<sup>61-63</sup>; mientras que los que utilizan LOR-A tienen una incidencia superior al 2% durante su período de aprendizaje<sup>64</sup>.

Para explicar esta diferencia en la incidencia se postula que puede ser debido a que muchos de quienes utilizan la LOR-A avanzan la aguja en forma intermitente, con la posibilidad de que en uno de estos avances (sin el control de la LOR), la aguja pueda atravesar el EE perforando la duramadre. Incluso quienes avanzan la aguja y la jeringa en forma continua, pero ejerciendo sobre el émbolo presión en forma intermitente, dejan pequeños períodos en los que la aguja avanza sin la comprobación de la resistencia<sup>65</sup>. Esto le sucede con menos frecuencia a quienes utilizan la LOR-S, puesto que la mayoría de ellos ejercen una presión continua sobre el émbolo mientras van avanzando la aguja, detectando la entrada en el EE incluso cuando ha penetrado sólo una parte del bisel. Adicionalmente, se sugiere que cuando se emplea la LOR-S, disminuyen las punciones accidentales porque el líquido inyectado empujaría la duramadre, alejándola de la punta de la aguja<sup>66-68</sup>.

*d. Bloqueo incompleto:* Macintosh sugirió que la presencia de burbujas de aire en el EE podrían impedir que el anestésico local actuase sobre las raíces nerviosas<sup>69</sup>; posteriormente Dalens et al<sup>70</sup> demostraron mediante epidurografía que los dermatomas en los que había analgesia insuficiente coincidían con la posición de las burbujas en el EE, cercanas a las raíces nerviosas correspondientes. A este inconveniente se le denomina comúnmente "anestesia parcheada" y su coexistencia con la LOR-A ha sido documentada por algunos autores<sup>71-73</sup>.

*e. Compresión medular o de raíces nerviosas:* En este caso el aire actúa como una masa ocupante de espacio que ejerce presión sobre las estructuras neurales, produciendo una gran diversidad de complicaciones que afectan a las raíces nerviosas, incluso pudiendo producir paraplejias<sup>74-79</sup>.

*f. Enfisema subcutáneo:* Es el resultado de localizaciones dificultosas del EE, con intentos múltiples, en los que presumiblemente se inyectaron entre 20 y 40 mL de aire. Se ha observado en: abdomen<sup>80</sup>, región supraclavicular<sup>81</sup>, toraco-lumbar<sup>21</sup> y cervical<sup>82-84</sup>. Podrían generar un riesgo potencial de compresión extrínseca de la vía aérea, pero en todos los casos descritos, el enfisema se resolvió espontáneamente en unos pocos días.

#### *Pérdida de resistencia con líquidos*

*Descripción del método.* Similar en concepto a la LOR-A, se diferencia de ésta en que el contenido de la jeringa es líquido (solución salina isotónica o anestésico local) y en que la presión sobre el émbolo habitual-

mente se hace en forma continua mientras simultáneamente se progresa el conjunto aguja-jeringa hasta percibir la pérdida de la resistencia en el momento en que la punta de la aguja perfora el ligamento amarillo. Sin embargo, algunos anestesiólogos prefieren rebotar el émbolo intermitentemente como en la LOR-A o avanzar el conjunto aguja-jeringa y comprobar su ubicación mediante presión sobre el émbolo. Bromage ha señalado que un sistema lleno con líquido es teóricamente el ideal, porque proporciona una sensación nítida e inequívoca; debido a que el líquido es incompresible, la transición desde la resistencia completa (ligamento amarillo) a la falta de resistencia es inmediata y convincente<sup>85</sup>. Debido a la incompresibilidad del líquido, será necesario un menor desplazamiento del émbolo en el preciso momento de entrar en el EE que si se efectúa con aire<sup>86</sup>. La pérdida de resistencia se ha medido con un transductor de presión con el que se ha observado una caída de 689 cm H<sub>2</sub>O a 22 cm H<sub>2</sub>O al pasar del ligamento amarillo al EE<sup>87</sup>.

Si bien se pueden emplear distintos líquidos para la técnica de LOR, la solución salina es la más utilizada<sup>57</sup>. Algunos anestesiólogos argumentan que utilizando solución salina se diluirá el anestésico local que se administre posteriormente y que se enlentece el comienzo de la anestesia por lo que prefieren buscar la LOR directamente con anestésicos locales<sup>68</sup>. El inconveniente de esta última técnica es que en caso de una punción accidental de la duramadre se inyectaría directamente en el espacio subaracnoideo una cantidad no controlada de anestésico local.

El agua destilada no se debería utilizar para la LOR puesto que produce un intenso dolor durante la inyección (sensación quemante)<sup>88</sup>, que es probablemente ocasionado por el edema de los tejidos epidurales debido a la migración intracelular del agua inyectada<sup>89</sup>. Se ha sugerido que el dolor producido por esta maniobra podría considerarse como un test positivo para confirmar la correcta ubicación de la aguja o catéter<sup>90</sup>, maniobra que, obviamente, nunca ha llegado a ser popular<sup>91</sup>.

*Desventajas de LOR-S.* a) En caso de una punción dural accidental, su diagnóstico resulta más dificultoso puesto que el LCR que fluye podría ser confundido con el suero inyectado<sup>92</sup>. Habitualmente, ante una punción de la duramadre, el LCR fluye libre, abundante y continuamente, mientras que si es solución salina lo que refluye, ésta rápidamente deja de gotear, constituyendo el denominado "signo de la gota que se agota". En algunos casos de duda será necesario aplicar alguna prueba de diferenciación entre la solución salina y el LCR (glucosa, pH, proteínas, temperatura)<sup>93</sup>. El empleo de las tirillas para realizar el test puede demostrar el procedimiento y aumentar el riesgo de contami-

nar el campo. Estos métodos, que son totalmente fiables tras la identificación del EE con la aguja, pueden originar dudas tras una punción durante la colocación de un catéter (la sangre de una punción venosa accidental o la difusión de LCR al EE pueden originar falsos positivos a los test de glucosa y proteína)<sup>94</sup>. Debe mencionarse que con el uso de la LOR-A también puede ocurrir una inyección subaracnoidea en forma inadvertida<sup>29</sup>.

b) Quienes abogan a favor de la técnica de LOR-A invocan la posibilidad de que cuando se utiliza la técnica con líquidos se asume mayor riesgo de inyectar una sustancia equivocada<sup>95,96</sup>; aunque también se han descrito accidentes similares realizando la técnica con LOR-A<sup>97</sup>.

c) El suero salino diluye la concentración de los anestésicos locales, resultando en una menor efectividad del bloqueo sensitivo. Esta lógica afirmación resultó como consecuencia de dos estudios en los que se compararon la inyección de 1-2 mL vs. 10 mL de suero salino (una cantidad excesiva y pocas veces necesaria para la LOR-S) que diluyeron los 12 mL de mepivacaína al 1-2% administrados posteriormente para la analgesia<sup>98,99</sup>. Sin embargo en la práctica, el inconveniente real es la dilución que ocasiona en la dosis de prueba, haciéndola menos fiable, por lo que algunos anestesiólogos prefieren utilizar directamente anestésicos locales para detectar la LOR<sup>20</sup>.

d) Dado que el suero salino es incompresible, cuando se emplean jeringas de cristal para identificar la LOR, eventualmente se puede atascar el émbolo con el cilindro, impidiendo su deslizamiento; en esta situación es imposible diferenciar la resistencia que opone la punta de la aguja cuando atraviesa el ligamento amarillo con la resistencia intrínseca de la jeringa debida al atascamiento. Esto puede originar que se atravesara el EE inadvertidamente, produciendo punciones dures involuntarias por defecto del material. Con las jeringas de plástico de baja resistencia se evita este problema.

*Complicaciones.* Se ha descrito un caso de compresión nerviosa tras técnica de LOR-S<sup>100</sup>. La resonancia magnética evidenció la presencia de una burbuja de 5 ml de aire comprimiendo el saco dural a nivel de L3-L4. Los autores propusieron que la presión negativa dentro del EE pudo producir una entrada espontánea de aire a través de la aguja de Tuohy durante la realización de la anestesia con el paciente en posición lateral.

*Pérdida de resistencia con líquido y burbuja de aire*

*Descripción del método.* Basándose en la idea original de Zorraquin<sup>101</sup>, el anestesiólogo argentino Juan A. Nesi fue quien difundió esta técnica describiendo la

falta de deformación de una burbuja de aire dentro de una jeringa con solución salina cuando se ejerce presión sobre el émbolo mientras se está atravesando el ligamento amarillo<sup>102</sup>.

Tal como lo han descrito posteriormente otros autores en adultos y en niños<sup>103-107</sup>, en una jeringa de baja resistencia, se debe dejar una pequeña burbuja de aire (aproximadamente 0,25-0,5 mL). La técnica es exactamente igual a la de la LOR-S, con la salvedad de que habrá una burbuja de aire siempre visible fácilmente para el operador, debido a que el menor peso específico del aire permitirá que flote. Cuando la punta de la aguja se halle en el ligamento amarillo, si se ejerce presión sobre el émbolo, la burbuja se comprimirá (observándose la reducción de su tamaño), presentando el émbolo una resistencia semejante a la observada con la LOR-S y no habrá salida de líquido de la jeringa. Cuando la punta de la aguja haya atravesado el ligamento amarillo, el líquido se expulsará en el EE, mientras que la burbuja (ante la falta de resistencia/presión), volverá a adquirir su tamaño original. De esta manera, el EE puede ser identificado con la efectividad de la LOR-S, pero con el beneficio adicional de poder comprobar mediante la visualización de la compresibilidad de la burbuja, la resistencia que está venciendo la punta de la aguja, tanto durante la identificación del espacio como durante la administración del anestésico local. La técnica es más fácil de enseñar para los instructores, por cuanto la visión directa de la modificación del tamaño de la burbuja les permite reconocer cuando la punta de la aguja pasa del ligamento amarillo al EE<sup>106</sup>.

A pesar de ser éste el método de elección recomendado por el Tratado de Anestesia de mayor prestigio internacional<sup>108</sup>, parece ser desconocido o, al menos, desestimado por los anestesiólogos españoles (datos sin publicar).

**Desventajas.** Son las mismas que para la LOR-S, a excepción de lo referente al atascamiento de las jeringas de cristal. En este caso, el aumento de resistencia del émbolo, sin una disminución concomitante del tamaño de la burbuja, hará sospechar un atascamiento del émbolo cuando se utilizan este tipo de jeringas. No se observan las complicaciones de la LOR-A, puesto que la burbuja de aire flota y nunca entrará en el EE, a no ser que se inyecte el contenido completo de la jeringa.

#### *Estudios comparativos entre distintas técnicas de pérdida de resistencia*

A pesar de la gran cantidad de publicaciones en las que se relatan complicaciones atribuibles exclusivamente a la LOR-A, en algunos foros aún continúa el debate de cuál es la técnica de LOR más conveniente<sup>66</sup>. Habitualmente la

elección del método sólo se basa en la preferencia del anestesiólogo y se ve fuertemente influenciada por la técnica con la que ha aprendido. Poco se puede argumentar con respecto a la facilidad para su realización, por cuanto ésta se basa fundamentalmente en la experiencia que cada uno ha adquirido y en informes anecdóticos, sin que existan estudios que avalen la supremacía de ninguna de ellas en este aspecto<sup>109</sup>. Hasta la fecha se han publicado en revistas incluidas en MedLine cinco estudios en los que se compara directamente a ambas técnicas de LOR evaluando diversos parámetros e incidencia de complicaciones<sup>60,68,110-112</sup>. Cada uno de estos estudios ha demostrado algún tipo de ventaja de LOR-S sobre LOR-A, exceptuando el estudio de Sarna et al<sup>110</sup> que no encontró ninguna diferencia en ninguno de los parámetros estudiados, posiblemente por el reducido número de la muestra (Tabla II).

Al analizar estos estudios hay que tener en consideración que las comparaciones intergrupos son perfectamente válidas dentro de cada ensayo clínico, pero no se pueden comparar los resultados entre los distintos estudios por cuanto no dependen exclusivamente de la técnica de LOR empleada, sino también de los distintos materiales y métodos utilizados. Por ejemplo, la cantidad de fluidos utilizados para la LOR ha sido diferente en cada uno de los estudios (Sarna<sup>110</sup> = 10 mL, Aida<sup>60</sup> = 5 mL, Valentine<sup>111</sup> = 4 mL, Evron<sup>68</sup> = 3 mL y Beilin<sup>112</sup> = 2 mL). Otro de los factores a considerar es el tipo de aguja empleada que podría originar variaciones en la incidencia de punciones intravasculares en un rango entre 1,6% y 10,6%<sup>70</sup>, o la posición del paciente en el momento de realizar la técnica, con variaciones entre el 2% y el 10,7%<sup>113</sup>.

En la tabla II se detallan los parámetros analizados en los distintos estudios comparativos con la incidencia de complicaciones observados en cada uno. En ninguno de los estudios, ni en ninguno de los parámetros analizados se ha demostrado una ventaja significativa de la LOR-A con respecto a la LOR-S.

**Punción accidental de la duramadre.** Con respecto a la incidencia de esta complicación, los estudios aportan resultados disímiles. Evron et al<sup>68</sup> encuentran diferencias significativas entre ambas técnicas, mientras que Aida et al<sup>60</sup> en un estudio con mayor cantidad de pacientes, no encuentran diferencias. En el estudio de Sarna et al<sup>110</sup> (67 pacientes) no se han producido punciones accidentales.

Además de estos ensayos clínicos, en un estudio retrospectivo se observó una mayor incidencia de punciones accidentales tras LOR-A (0,69) que tras LOR-S (1,11)<sup>59</sup>. Se debe destacar que en este estudio también se analizó la naturaleza de la punción, constatándose que si bien la mayoría se atribuía a la punción con la aguja, un 6% se debía a la introducción del catéter.

TABLA II  
**Ensayos clínicos que analizan las complicaciones entre LOR-A y LOR-S**

Tipo de complicación	LOR-A (n)	Incidencia	LOR-S (n)	Incidencia	Significación estadística*
Perforación de la duramadre					
Sarna MC. <sup>110</sup>	32	0	35	0	NS
Aida S. <sup>60</sup>	1812	48 (2,6%)	1918	51 (2,7%)	NS
Evron S. <sup>68</sup>	180	3 (1,7%)	185	0 (0%)	P < 0,02
Cefalea post punción					
Aida S. <sup>60</sup>	1812	32 (1,8%)	1918	5 (0,3%)	P < 0,01
Evron S. <sup>68</sup>	180	1 (0,6%)	185	0 (0%)	NS
Analgesia insuficiente					
Sarna MC. <sup>110</sup>	32	1 (3%)	35	2 (6%)	NS
Valentine SJ. <sup>111</sup>	25	8 (32%)	25	2 (8%)	P < 0,01
Beilin Y. <sup>112</sup>	80	28 (36%)	80	15 (19%)	P < 0,02
Evron S. <sup>68</sup>	180	12 (6,6%)	185	6 (3,2%)	P < 0,02
Punción venosa con el catéter					
MC Sarna. <sup>110</sup>	32	3 (9%)	35	2 (6%)	NS
Beilin Y. <sup>112</sup>	80	4 (5%)	80	6 (8%)	NS
Evron S. <sup>68</sup>	180	30 (17%)	185	11 (6%)	P < 0,02
Parestesias					
Sarna MC. <sup>110</sup>	32	18 (56%)	35	20 (57%)	NS
Beilin Y. <sup>112</sup>	80	33 (42%)	80	40 (51%)	NS
Dificultad para progresar el catéter					
Sarna MC. <sup>110</sup>	32	4 (12,5%)	35	5 (14%)	NS
Evron S. <sup>68</sup>	180	29 (16%)	185	7 (3,8%)	P < 0,001

LOR-A = Pérdida de resistencia con aire. LOR-S = Pérdida de resistencia con solución salina. NS = No significativo.

\* Siempre que se exprese una p < 0,05 en la tabla, ésta se entiende como favorable a LOR-S

**Cefalea post-punción dural.** Habitualmente se atribuye a la pérdida de LCR tras una punción accidental de la duramadre; sin embargo cuando se ha realizado una anestesia epidural con la técnica de LOR-A, la cefalea puede ocurrir por la inyección de aire en el espacio subaracnoideo. Cuando la CPPD se produce rápidamente después de la punción dural (menos de una hora) y es de corta duración, se considera que pudo haber sido producida por la presencia de aire intratecal. Cuando la cefalea es de aparición más retardada, se considera que debe haberse producido por pérdida de LCR. Cuando es de aparición rápida y de larga duración, se debería sospechar la coexistencia de ambos mecanismos de producción<sup>60</sup>. En el estudio de Aida et al<sup>60</sup>, si bien no hubo diferencias en la incidencia de punciones accidentales de la duramadre, se ha observado una mayor cantidad de CPPD con LOR-A (Tabla II). Aunque la CPPD pudiera parecer una dolencia leve y de fácil tratamiento, los síntomas pueden persistir durante meses en la cuarta parte de quienes la han padecido<sup>58</sup>.

**Calidad de la analgesia.** Si bien en estudios con escasa cantidad de pacientes la incidencia de anestésias "parcheadas" debidas a la LOR-A oscilan en un rango entre el 3% y el 36%<sup>110,112</sup>, se estima que la inci-

dencia real de anestesia insuficiente puede ser de aproximadamente 6-8%<sup>68,72</sup>. En los estudios comparativos (Tabla II) se ha visto una mayor incidencia de analgesia insuficiente con la técnica de LOR-A, a excepción del estudio de Sarna et al<sup>110</sup>, en el que curiosamente, a pesar de haberse inyectado una mayor cantidad de aire (10 mL) no se detectaron diferencias entre ambas técnicas. En cualquier caso, estas deficiencias en la analgesia se han corregido con dosis suplementarias de anestésicos locales<sup>111</sup>.

**Punción intravascular durante la introducción del catéter.** Sólo en uno de tres estudios comparativos se encontró una mayor incidencia (17%) de punciones venosas al insertar el catéter en los pacientes a quienes se les había localizado el EE mediante LOR-A (Tabla II)<sup>68</sup>. Además, se han realizado otros estudios en los que después de localizar el EE con LOR-A se ha inyectado a los pacientes de uno de los grupos 10 ml de solución salina<sup>114-116</sup>, o 10 ml de bupivacaína al 0,5%<sup>117</sup>, antes de la colocación del catéter, mientras que en el grupo control se insertó el catéter directamente ("en seco"). En tres de estos estudios se observó un descenso de las punciones venosas del 16% al 0%<sup>115</sup>, del 20% al 2%<sup>116</sup> y del 9% al 3%<sup>117</sup> en los

pacientes del grupo LOR-S, mientras que en el estudio restante<sup>114</sup> no hubo diferencias en la incidencia de punciones venosas entre ambos grupos. Se postula que el líquido inyectado ensancha el EE empujando a las venas epidurales lejos de la punta de la aguja de punción. Con cantidades menores de líquido, como las empleadas para la localización del espacio con la LOR-S, habitualmente no se obtiene este beneficio<sup>118</sup>.

**Parestesias con la introducción del catéter.** Se debe destacar la elevada incidencia de parestesias que se han observado durante la introducción de los catéteres con ambas técnicas (42-57%), aunque no se han observado diferencias significativas entre ellas. El material con el que se fabrican los catéteres es un factor decisivo en la aparición de este síntoma<sup>118,119</sup>. Los nuevos materiales utilizados en la actualidad, sin duda, determinarán una reducción en la incidencia de parestesias.

### Táctil

Fue la técnica descrita por Fidel Pagés. Aún en la actualidad hay quienes localizan el EE sin necesidad de jeringas, simplemente con la sensación táctil de la aguja de Tuohy atravesando el ligamento amarillo. Esta demostración de "maestría" que algunos colegas aún realizan con sorprendente éxito, también se ha reportado en la literatura científica<sup>120,121</sup>. Sin embargo, la mayor seguridad que ofrecen las técnicas de LOR la han relegado a la calificación de "anecdótica".

### Gota colgante de Gutiérrez

**Descripción del método.** Una vez introducida la aguja de Tuohy hasta el ligamento interespinoso, se deposita una pequeña cantidad de solución salina en el cono de la aguja, a la que ya se ha quitado el mandril, de forma que una gota del líquido protruya ligeramente, y que, por la tensión superficial del líquido, quede "colgando" o "pendiendo" del cono. Luego, con los pulpejos de ambos pulgares apoyados en el pabellón de la aguja, y el dorso de ambas manos en la espalda del paciente, se hace progresar la aguja lentamente atravesando el ligamento amarillo hasta entrar en el EE. En este momento, además de percibir la sensación de haber atravesado un tejido más denso, la gota es aspirada hacia adentro, desapareciendo del pabellón.

El descubridor de la técnica ha observado que el signo de la gota pendiente es positivo únicamente en el 82% de los casos<sup>122</sup>. Posteriormente, algunos autores han demostrado la ausencia de presión negativa en el EE lumbar<sup>123</sup>, observando que, igualmente, el método resulta positivo en el 88% de los casos, un porcentaje insuficiente como para ser considerada como fiable a nivel lumbar<sup>120</sup>. No obstante, en la mayoría de los casos

TABLA III  
**Métodos instrumentales de identificación del espacio epidural**

Indicador de Odom (1936; 126)
Resorte de Brunner e Ikle (1949; 127)
Dispositivo con balón de Macintosh (1950; 128)
Agujas de Macintosh (estilete mecánico) (1953; 129)
Indicador de balón de Zelenka (1956; 130)
Fuerza hidráulica gravitacional
Dawkins (1963; 131)
Baraka (1972; 132)
Chester (1978; 133)
Michel (1991; 134)
Yamashita (1991; 135)
Métodos auditivos con la LOR-A (1971; 136 – 1997; 137)
Método ultrasónico (1980; 138)
Indicador de Oxford (1982; 139)
Cambio en la impedancia eléctrica de los tejidos (1987; 140)
Método electrónico - Episensor (1990; 141)
Jeringa con dos cámaras (1992; 142 – 2002; 143)
Transductor de presión (1998; 144)

Entre paréntesis año de publicación y número de la referencia bibliográfica correspondiente.

se puede detectar una presión negativa (transmitida a la gota colgante), generada por el repentino retroceso del ligamento amarillo en el momento de su perforación, que permite visualizar un ligero "movimiento" de la gota<sup>124</sup>. Estos signos permitieron la detección del EE en todos los casos estudiados por Hoffmann et al<sup>125</sup>. Esta técnica tiene mayor efectividad a nivel torácico donde realmente existe una presión negativa en el EE.

**Desventajas y complicaciones.** La gota no siempre es aspirada aunque la punta de la aguja esté dentro del EE (falsos negativos). También es posible que ocurran falsos positivos<sup>126</sup>. Esta técnica tiene mayor riesgo de punción dural involuntaria que la técnica de LOR<sup>125</sup>.

### Técnicas instrumentales de identificación

Basados fundamentalmente en los dos patrones clásicos de identificación del EE (pérdida de resistencia y presión negativa del EE), se han descrito diversos instrumentos o técnicas que intentan complementar o sustituir a las técnicas originales. En la tabla III se enumeran cronológicamente algunas de las más conocidas<sup>127-145</sup>. Hasta la actualidad no han conseguido superar los beneficios de la técnica de LOR. La incertidumbre que muchas veces originan a la hora de identificar el espacio, la mayor incidencia de punciones dures accidentales (hasta el 36%)<sup>142</sup>, y la mayor complejidad que suponen<sup>146</sup>, hacen que estos métodos no hayan podido superar la prueba del tiempo<sup>147</sup>.

### Dispositivo con balón de Macintosh

Basado en el principio de pérdida de resistencia, consiste en un pequeño balón de goma elástica que perma-



nece inflado (con aire) mientras la punta de la aguja está en el ligamento amarillo y que se desinfla al penetrar en el EE. Con él se producen el doble de punciones dures accidentales que con la técnica de LOR<sup>57</sup>. Aunque ha caído en desuso<sup>148</sup>, en algunos estudios recientes se ha comparado a otros métodos de LOR en los que se han confirmado sus desventajas, observándose una mayor incidencia de anestias parcheadas, debido a la mayor cantidad de aire inyectada<sup>149</sup>.

#### *Goteo de infusión conectado a la aguja de Tuohy*

Popularizado por Anis Baraka<sup>133</sup>, se basa en la diferencia entre la presión atmosférica y la presión dentro del EE. Una vez introducida la aguja de Tuohy en el ligamento intrerespinoso, se extrae el mandril y se conecta un sistema de suero en el conector distal de la aguja. La velocidad del goteo nos indicará la posición en la que se encuentra la punta de la aguja. Existen 3 posibilidades: 1.- Una columna estática significa que la punta de la aguja está en el ligamento interespinoso o en el ligamento amarillo. 2.- Un goteo de suero a baja velocidad indica que la punta de la aguja está alojada en los tejidos periligamentosos o en la masa muscular paraespinal. 3.- Un cambio abrupto en la velocidad del goteo, permitiendo una caída a flujo libre indica que la punta de la aguja ha penetrado en el EE. La velocidad del goteo dependerá de la altura a la que se coloque el frasco de suero, del diámetro de la aguja y de la presión dentro del EE. Este método, algo impreciso, puede resultar de mayor utilidad a nivel torácico por su presión negativa (al igual que el método de la gota pendiente). Con este sistema no es posible diferenciar entre el EE y el espacio subaracnoideo, puesto que la infusión continuará goteando libremente, aún si ha atravesado la duramadre.

Una modificación de este sistema incluye una columna de 40 ml de aire dentro del sistema de infusión, proximal al conector de la aguja<sup>150</sup>. Esta modificación permite que un eventual refluj de líquido (punción dural) sea identificado inmediatamente por el retroceso de la columna de aire.

#### *Episensor*

Diseñado en España, es un método electrónico de detección de la presión negativa del EE. En un primer estudio se produjo la punción accidental de la duramadre en el 36% de los pacientes<sup>142</sup>; en un estudio posterior se falló en la detección del EE en el 8,5% de los pacientes<sup>147</sup>, ambos resultados fueron más que suficientes para desestimar su uso.

#### *Jeringas con dos cámaras*

Se ha diseñado una jeringa con dos cámaras (Epi-dent®), la cámara distal en la que se introducen 3 mL

de solución salina y la proximal que contiene aire<sup>143</sup>. Permite obtener la sensación de compresibilidad que buscan los anestesiólogs que prefieren utilizar aire como método de LOR, a la vez que evita los inconvenientes atribuidos a la LOR-A. Posteriormente se han diseñado otras jeringas similares con una membrana que separa ambos fluidos<sup>144</sup>. El sistema tiene las mismas características que el método de la burbuja de aire, pero es más complejo y más costoso.

#### **Conclusiones**

A pesar del tiempo transcurrido y de los esfuerzos por mejorar o complementar la técnica de LOR, ésta continúa siendo la mejor opción en la actualidad debido, fundamentalmente, a la alta tasa de éxitos y la reducida incidencia de complicaciones en manos experimentadas.

Entre ambas técnicas de LOR y en virtud del análisis de las complicaciones que presentan, parece ser que la controversia que existía acerca de cuál de ambas técnicas es más conveniente ya no tendría razón de ser.

A pesar de que la evidencia en menoscabo de la LOR-A está demostrada desde hace años por diversos ensayos clínicos y advertida en algunos editoriales<sup>56,151</sup>, los anestesiólogs que aprendieron esta técnica, presumiblemente por comodidad, se aferran a lo ya conocido<sup>86</sup>, incluso hay quienes admiten que si ya se tiene una buena práctica con LOR-A, con una buena tasa de éxitos, se debería continuar con ella, puesto que durante el período de transición necesario para el cambio de técnica se podrían producir aún más inconvenientes<sup>86</sup>. La defensa que esgrimen los adeptos a la LOR-A no está fundamentada por ningún ensayo clínico y solo se basa en la experiencia personal que manifiestan a través de Cartas al Director<sup>13, 22, 120, 152-155</sup>.

Una de las pocas ventajas de la LOR-A sobre la LOR-S es la mayor facilidad para detectar una punción dural accidental. Con respecto a esta circunstancia Reynolds manifestó, con bastante contundencia, que es mejor usar una técnica que reduzca la incidencia de complicaciones en lugar de buscar una que facilite su diagnóstico<sup>63</sup>.

La técnica de LOR-A es insegura por cuanto puede producir complicaciones que, aunque en la mayoría de los casos son leves y transitorias, en algunas oportunidades pueden ocasionar lesiones potencialmente graves. La cantidad de aire que puede inyectarse con seguridad dentro del EE queda aún por determinarse, pero más importante aún, nunca se podrá estar libre de realizar una punción dural o venosa accidental, y en estos casos, un volumen aún pequeño de aire ya puede resultar nocivo.

El reconocimiento de las ventajas de la LOR-S sobre la LOR-A ha motivado que en el Reino Unido el 23% de los anestesiólogs obstétricos que utilizaban la

LOR-A hayan cambiado de técnica, argumentando fundamentalmente una menor incidencia de punciones durales, una menor cantidad de anestias parcheadas e incluso, una más clara sensación de la pérdida de resistencia<sup>148</sup>; de manera tal que, en la actualidad, parece ser el método más utilizado en este país<sup>59</sup>.

Si bien es difícil hacer cambiar las costumbres a quienes ya han adquirido el hábito, sería conveniente que, al menos, inculquemos a nuestros nuevos residentes el uso de las técnicas que han demostrado ser menos lesivas<sup>148</sup>. Posiblemente, la técnica de LOR con solución salina isotónica, con el agregado de una burbuja de aire, aporte la fiabilidad, seguridad y simpleza que requiere una técnica para constituirse en la mejor opción.

### BIBLIOGRAFÍA

- Saberski LR, Kondamuri S, Osinubi OY. Identification of the epidural space: is loss of resistance to air a safe technique? A review of the complications related to the use of air. *Reg Anesth* 1997;22(1):3-15.
- Shenouda PE, Cunningham BJ. Assessing the superiority of saline vs air for use in the epidural loss of resistance technique: A literature review. *Reg Anesth Pain Med* 2003;28(1):48-53.
- Corning JL. Spinal anesthesia and local medication of the cord. *NY Med J* 1885;42:483-485.
- Sicard A. Les injections medicamenteuses extra-durales par voie sacro-coccygienne. *Compt Rend Soc De Biol* 1901;53:396-398.
- Cathelin F. Une nouvelle voie d'injection rachidienne: methode des injections epidurales par le procede du canal sacre- applications a l'homme. *Compt Rend Soc De Biol* 1901;53:452-453.
- Pagés F. Anestesia metamérica. *Rev Esp Cir* 1921;3:121-148.
- Pagés F. Anestesia metamérica. *Rev San Mil* 1921;11:351-65,385-396.
- Dogliotti AM. Un promettente metodo di anestesia tronculare in studio: la rachianestesia peridurale segmentaria. *Bollettino della Società Piemontese di Chirurgia* 1931;9:1
- Dogliotti AM. A new method of block anesthesia. Segmental peridural spinal anaesthesia. *Am J Surg* 1933;20:107-118.
- Janzen E. Der negative vorschlag bei lumbal punktion. *Deutsch Z Nerveheukj* 1926; 94:280.
- Gutiérrez A. Valor de la aspiración líquida en el espacio peridural. *Rev Cirug (Buenos Aires)* 1933;12:225.
- Tuohy EB. Continuous spinal anesthesia: A new method utilizing a ureteral catheter. *Surg Clins N Am* 1945;25:834-840.
- Busoni P, Messeri A. Loss of resistance technique to air for identifying the epidural space in infants and children. Use an appropriate technique! *Paediatr Anaesth* 1995;5(6):397.
- Gaur V, Gupta RK, Agarwa IA, Tripathi M, Gaur A. Air or nitrous oxide for loss of resistance epidural technique. *Can J Anaesth* 2000;47(6):503-505.
- Zeidel A, Gingold A, Satunovsky E, Harow EE, Beilin BZ. Bedside test for diagnosis of oedema fluid after extradural anaesthesia. *Can J Anaesth* 1998;45(7):664-666.
- Yamashita M. Airless identification of the epidural space in infants and children. *Anesth Analg* 1994;78(3):610.
- Grau T, Leipold RW, Horter J, Conradi R, Martin E, Motsch J. The lumbar epidural space in pregnancy: visualization by ultrasonography. *Br J Anaesth* 2001;86(6):798-804.
- Glantz L, Gozal Y, Gertel M. Loss of resistance technique using both air and saline (in reply). *Reg Anesth* 1995;20(5):462-463.
- Sharrock NE. Recordings of, and an anatomical explanation for, false positive loss of resistance during lumbar extradural analgesia. *Br J Anaesth* 1979;51(3):253-258.
- Missen J. Identification of the epidural space. *Anaesthesia* 2000;55(11):1040-1041.
- Viel EJ, de la Coussaye JE, Bruelle P, Saissi G, Bassoul BP, Eledjam JJ. Epidural anesthesia: a pitfall due to the technique of the loss of resistance to air. *Reg Anesth* 1991;16(2):117-119.
- Errando CL. Identification of the epidural space: air or saline? *Can J Anaesth* 2003;50(8):860-861.
- Petty R, Stevens R, Erickson S, Lucio J, Kao TC. Inhalation of nitrous oxide expands epidural air bubbles. *Reg Anesth* 1996;21(2):144-148.
- Abram SF, Cherwenka RW. Transient headache immediately following epidural steroid injection. *Anesthesiology* 1979;50(5):461-462.
- Ahlering JR, Brodsky JB. Headache immediately following attempted epidural analgesia in obstetrics. *Anesthesiology* 1980;52(1):100-101.
- Harrell LE, Drake ME, Massey EW. Pneumocephaly from epidural anesthesia. *South Med J* 1983;76(3):399-400.
- Fedder SL. Air ventriculogram serendipitously discovered after epidural anesthesia. *Surg Neurol* 1988;30(3):242-244.
- Flora GS, Tuchs Schmidt JA, Sharma OP. Pneumocephalus in association with lumbar punctures. *Chest* 1990;98(4):1041.
- Katz Y, Markovits R, Rosenberg B. Pneumoencephalos after inadvertent intrathecal air injection during epidural block. *Anesthesiology* 1990;73(6):1277-1279.
- Ash KM, Cannon JE, Biehl DR. Pneumocephalus following attempted epidural anaesthesia. *Can J Anaesth* 1991;38(6):772-774.
- Katz JA, Lukin R, Bridenbaugh PO, Gunzen Hauser L. Subdural intracranial air: an unusual cause of headache after epidural steroid injection. *Anesthesiology* 1991;74(3):615-618.
- Kreitzer JM, Reed AP, Dauro AT, Brodman ML, Bronster DJ. Ascending back pain and headache during attempted epidural placement. *J Clin Anesth* 1991;3(5):414-417.
- Nguyen Ngoc Q, Tanguy M, Malledant Y. Cerebral pneumatocele after peridural anesthesia in an obstetrical setting. *Can J Anaesth* 1992;39(4):406-407.
- Hogan QH, Haddox JD. Headache from intracranial air after a lumbar epidural injection: subarachnoid or subdural? *Reg Anesth* 1992;17(5):303-305.
- Baylot D, el Khouri Z, Aarab A, Navez ML, Hajjar J, Auboyer C. Cerebral pneumocephalus after epidural anesthesia: a rare complication? *Ann Fr Anesth Reanim* 1993;12(4):431-433.
- Gonzalez-Carrasco FJ, Aguilar JL, Llubia C, Nogues S, Vidal-Lopez F. Pneumocephalus after accidental dural puncture during epidural anesthesia. *Reg Anesth* 1993;18(3):193-195.
- Krisanda TJ, Laucks SO. Pneumocephalus following an epidural blood patch procedure: an unusual cause of severe headache. *Ann Emerg Med* 1994;23(1):129-131.
- Vasdev GM, Chantigian RC. Pneumocephalus following the treatment of a postdural puncture headache with an epidural saline infusion. *J Clin Anesth* 1994;6(6):508-511.
- Avellanal M, Olmedilla L, Ojea R, Rueda ML, Navia J. Pneumocephalus after spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1996;85(2):423-425.
- Lin HY, Wu HS, Peng TH, Yeh YJ, Cheng IC, Lin IS, et al. Pneumocephalus and respiratory depression after accidental dural puncture during epidural analgesia - a case report. *Acta Anaesthesiol Sin* 1997;35(2):119-123.
- Rodrigo P, García JM, Ailagas J. Crisis convulsiva generalizada relacionada con neumoencéfalo tras punción dural inadvertida en una paciente obstétrica. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1997;44(6):247-249.
- Laviola S, Kirvela M, Spoto MR, Tschuor S, Alon E. Pneumoencephalus with intense headache and unilateral pupillary dilatation after accidental dural puncture during epidural anesthesia for cesarean section. *Anesth Analg* 1999;88(3):582-583.
- Sherer DM, Onyeije CI, Yun E. Pneumocephalus following inadvertent intrathecal puncture during epidural anesthesia: a case report and review of the literature. *J Matern Fetal Med* 1999;8(3):138-140.
- Mateo E, Lopez-Alarcon MD, Moliner S, Calabuig E, Vivo M, De Andres J, et al. Epidural and subarachnoid pneumocephalus after epidural technique. *Eur J Anaesthesiol* 1999;16(6):413-417.
- Zubero Imaz MJ, Armijo Simón J, Cuartero Lobera J, Cantin Golet A, Aparicio Abiol R, Esteban Trullengue JA. Neumoencéfalo y crisis convulsivas tras punción dural inadvertida en una paciente obstétrica. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 2002;49(5):280-282.
- McMurtrie R Jr, Jan R. Subarachnoid pneumocephalus: a rare complication of epidural catheter placement. *J Clin Anesth* 2002;14(7):539-542.

47. Kuczkowski KM, Benumof JL. Images in Anesthesia: Headache caused by pneumocephalus following inadvertent dural puncture during epidural space identification: is it time to abandon the loss of resistance to air technique? *Can J Anaesth* 2003;50(2):159-160.
48. Pastor Juan MR, Poyatos C, Soto-Sarrión C. Neumoencefalo tras anestesia epidural. *Rev Neurol* 2003;36(10):998-999.
49. Petty R, Stevens R, Erickson S, Lucio J, Kao TC. Inhalation of nitrous oxide expands epidural air bubbles. *Reg Anesth* 1996;21(2):144-148.
50. Aldrete JA. Identification of the epidural space: is loss to air a safe technique? *Reg Anesth* 1997;22(6):590-591.
51. Abram SF, Cherwenka RW. Transient headache immediately following epidural steroid injection. *Anesthesiology* 1979;50(5):461-462.
52. Leighton BL, Gross JB. Air: an effective indicator of intravenously located epidural catheters. *Anesthesiology*. 1989;71(6):848-851.
53. Naulty JS, Ostheimer GW, Datta S, Knapp R, Weiss JB. Incidence of venous air embolism during epidural catheter insertion. *Anesthesiology* 1982;57(5):410-412.
54. Jaffe RA, Siegel LC, Schnittger I, Propst JW, Brock-Utne JG. Epidural air injection assessed by transesophageal echocardiography. *Reg Anesth* 1995;20(2):152-155.
55. Schwartz N, Eisenkraft JB. Probable venous air embolism during epidural placement in an infant. *Anesth Analg* 1993;76(5):1136-1138.
56. Sethna NF, Berde CB. Venous air embolism during identification of the epidural space in children. *Anesth Analg* 1993;76(5):925-927.
57. Stride PC, Cooper GM. Dural taps revisited. A twenty year survey from Birmingham Maternity Hospital. *Anaesthesia* 1993;48(3):247-255.
58. MacArthur C, Lewis M, Knox EG. Accidental dural puncture in obstetric patients and long term symptoms. *BMJ* 1993;306(6882):883-885.
59. Glesson CM, Reynolds F. Accidental dural puncture rates in UK obstetric practice. *Int J Obstet Anesth* 1998;7(4):242-246.
60. Aida S, Taga K, Yamakura T, Endoh H, Shimoji K. Headache after attempted epidural block: The role of intrathecal air. *Anesthesiology* 1998;88(1):76-81.
61. Doughty A. Epidural analgesia in labour: the past, the present and the future. *J R Soc Med* 1978;71(12):879-884.
62. MacDonald R. Dr. Doughty's technique for the location of the epidural space. *Anaesthesia* 1983;38(1):71-72.
63. Reynolds F. Dural puncture and headache: avoid the first but treat the second. *BMJ* 1993;306(6882):874-876.
64. Huffnagle SL, Norris MC, Arkoosh VA, Huffnagle HJ, Ferouz F, Boxer L, et al. The influence of epidural needle bevel orientation on spread of sensory blockade in the laboring parturient. *Anesth Analg* 1998;87(2):326-330.
65. Scrutton MJ, Kinsella SM. Continuous or intermittent loss of resistance for identifying the epidural space. *Anaesthesia* 2000;55(5):497-498.
66. Russell R. Loss of resistance to saline is better than air for obstetric epidurals. *Int J Obstet Anesth* 2001;10:302-306.
67. Vakharia SB, Thomas PS, Rosenbaum AE, Wasenko JJ, Fellows DG. Magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid leak and tamponade effect of blood patch in postdural puncture headache. *Anesth Analg*. 1997;84(3):585-590.
68. Evron S, Sessler D, Sadan O, Boaz M, Glezerman M, Ezri T. Identification of the epidural space: loss of resistance with air, lidocaine, or the combination of air and lidocaine. *Anesth Analg* 2004;99(1):245-250.
69. Macintosh R. Lumbar puncture and spinal analgesia, 5ta Ed. Churchill Livingstone, editores. Londres: WB Saunders; 1978; p.558-559.
70. Dalens B, Bazin JE, Haberer JP. Epidural bubbles as a cause of incomplete analgesia during epidural anaesthesia. *Anesth Analg* 1987;66(7):679-683.
71. Boezaart AP, Levendig BJ. Epidural air filled bubbles and unblocked segments. *Can J Anaesth* 1989;36(5):603-604.
72. Ducrow M. The occurrence of unblocked segments during continuous lumbar epidural analgesia for pain relief in labour. *Br J Anaesth* 1971;43(12):1172-1174.
73. Bromage PR. Unblocked segments in epidural analgesia for relief of pain in labour. *Br J Anaesth* 1972;44(7):676-679.
74. Nay PG, Milaszkiwicz R, Jothilingam S. Extradural air as a cause of paraplegia following lumbar analgesia. *Anaesthesia* 1993;48(5):402-404.
75. Kennedy TM, Ullman D, Harte FA, Saberski LR, Greenhouse B. Lumbar root compression secondary to epidural air. *Anesth Analg* 1988;67(12):1184-1186.
76. Hirsch M, Katz Y, Sasson A. Spinal cord compression by unusual epidural air accumulation after continuous epidural analgesia. *AJR Am J Roentgenol* 1989;153(4):887-888.
77. Miguel R, Morse S, Murtagh R. Epidural air associated with multiradicular syndrome. *Anesth Analg* 1991;73(1):92-94.
78. Cheng ACK. Intended epidural anesthesia as possible cause of cauda equina syndrome. *Anesth Analg* 1994;78(1):157-159.
79. Overdiek N, Grisales DA, Gravenstein D, Bosek V, Nishman R, Modell JH. Subdural air collection: a likely source of radicular pain after lumbar epidural. *J Clin Anesth* 2001;13(5):392-397.
80. Rozenberg B, Tischler S, Glick A. Abdominal subcutaneous emphysema: an unusual complication of lumbar epidural block. *Can J Anaesth* 1988;35(3):325.
81. Laman EN, McLeskey CH. Supraclavicular subcutaneous emphysema following lumbar epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1982;48(3):219-221.
82. Thomas JE, Schachner S, Reynolds A. Subcutaneous emphysema as a result of loss-of-resistance identification of epidural space. *Reg Anesth* 1982;7(1):44-45.
83. Carter MI. Cervical surgical emphysema following extradural analgesia. *Anaesthesia* 1984;39(11):1115-1116.
84. Prober A, Tverskoy M. Soft tissue emphysema associated with epidural anesthesia. *AJR Am J Roentgenol* 1987;149(4):859-860.
85. Bromage PR. Identification of the epidural space. En Bromage PR, editor. *Epidural Analgesia*. Philadelphia: WB Saunders;1978.p.195.
86. Scott DB. Identification of the epidural space: loss of resistance to air or saline. *Reg Anesth* 1997;22(1):1-2.
87. Rodiera J, Calabuig R, Aliaga L, Espinosa W, Hobeich F, Oferil F, et al. Mathematical analysis of epidural space location. *Int J Clin Monit Comput* 1995;12(4):213-217.
88. Lund PC. Peridural anesthesia: a review of 10.000 administrations. *Acta Anaesthesiol Scand* 1962;6:143-159.
89. Fortuna A, Fortuna A de O. Saline versus water for epidural injection. *Anesth Analg* 1993;77(4):864-865.
90. Lund PC. Peridural analgesia and anesthesia. Springfield (IL): Charles C Thomas; 1966.p.68-86.
91. Taylor DR. Water-saline controversy or deficient regional anesthesia training? *Anesth Analg* 1994;78(6):1203-1204.
92. Hollway TE, Telford RJ. Observations on deliberate dural puncture with a Tuohy needle: depth measurements. *Anaesthesia* 1991;46(9):722-724.
93. El-Behesy BAZ, James D, Koh KF, Hirsch N, Yentis SM. Distinguishing cerebrospinal fluid from saline used to identify the epidural space. *Br J Anaesth* 1996;77(6):784-785.
94. Waters JH, Ramanathan S, Chuba JV. Glucose in epidural catheter aspirate. *Anesth Analg* 1993;76(3):546-548.
95. Cay DL. Accidental epidural thiopentone. *Anaesth Intensive Care* 1984;12(1):61-63.
96. Tessler MJ, White J, Naugler-Colville M, Biehl DR. Inadvertent epidural administration of potassium chloride. A case report. *Can J Anaesth* 1988;35(6):631-633.
97. Gentili ME, Samii K. Accidental epidural injection of hypertonic sodium chloride solution. *Ann Fr Anesth Reanim* 1991;10(4):401-403.
98. Okutomi T, Hoka S. Epidural saline solution prior to local anaesthetic produces differential nerve block. *Can J Anaesth* 1998;45(11):1091-1093.
99. Iwama H. Injection volume of saline with loss of resistance method may affect the spread of epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1997; 86(2):507-508.
100. Gracia J, Gomar C, Rimbau V, Cardenal C. Radicular acute pain after epidural anaesthesia with the technique of loss of resistance with normal saline solution. *Anaesthesia* 1999;54(2):168-171.
101. Zorraquin G. Anesthésie métamerique péridurale et physiologie de l'espace péridurale. *Presse Med* 1936;52:783.
102. Nesi JA. Anestesia peridural continua. En: Finochietto E, Finochietto R. *Técnica Quirúrgica*. Buenos Aires: Ediar Ed; 1952; (14): 531.
103. Jabot J. Paramedian approach of the epidural space in obstetrics. *Acta Anaesth Belg* 1986;37:187-192.
104. Wait CM. Identification of the epidural space. *Anaesthesia* 1987;42(11):1231.
105. Barros S. Loss of resistance technique using both air and saline. *Reg Anesth* 1995;20(5):462-463.

106. Goodyear P. Identification of epidural space using air and normal saline. *Anaesthesia* 2001;56(4):397-398.
107. Roelants F, Veyckemans F, Van Obbergh L, Singelyn F, Waterloos H, Gouverneur JM, et al. Loss of resistance to saline with a bubble of air to identify the epidural space in infants and children: a prospective study. *Anesth Analg* 2000;90(1):59-61.
108. Brown DL. Spinal, epidural and caudal anesthesia. En: Miller RD, ed. *Anesthesia*, 5th Ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2000.p. 1491-1519.
109. van den Berg AA, Nguyen L, von-Maszewski M, Hoefler H. Unexplained fitting in patients with post-dural puncture headache. Risk of iatrogenic pneumocephalus with air rationalizes use of loss of resistance to saline. *Br J Anaesth* 2003;90(6):810-813.
110. Sarna MC, Smith I, James JM. Paraesthesia with lumbar epidural catheters: a comparison of air and saline in a loss-of-resistance technique. *Anaesthesia* 1990;45(12):1077-1079.
111. Valentine SJ, Jarvis AP, Shutt LE. Comparative study of the effects of air or saline to identify the extradural space. *Br J Anaesth* 1991;66(2):224-227.
112. Beilin Y, Arnold I, Telfeyan C, Bernstein HH, Hossain S. Quality of analgesia when air versus saline is used for identification of the epidural space in the parturient. *Reg Anesth Pain Med* 2000;25(6):596-599.
113. Bahar M, Chanimov M, Cohen ML, Friedland M, Grinshpon Y, Brenner R, et al. Lateral recumbent head-down posture for epidural catheter insertion reduces intravascular injection. *Can J Anaesth* 2001;48(1):48-53.
114. Geernaert K, Hody JL, Adriaensen H, Van Steenberge A. Does epidural injection of physiological saline facilitate the advancement of catheters? *Eur J Anaesthesiol* 1993;10(5):349-351.
115. Mannion D, Walker R, Clayton K. Extradural vein puncture—an avoidable complication. *Anaesthesia* 1991;46(7):585-587.
116. Gadalla F, Lee SH, Choi KC, Fong J, Gomillion MC, Leighton BL. Injecting saline through the epidural needle decreases the iv epidural catheter placement rate during combined spinal-epidural labour analgesia. *Can J Anaesth* 2003;50(4):382-385.
117. Verniquet AJW. Vessel puncture with epidural catheters. *Anaesthesia* 1980; 35:660-662.
118. Rolbin SH, Halpern SH, Braude BM, Kapala D, Unger R, Radhakrishnan S. Fluid through the epidural needle does not reduce complications of epidural catheter insertion. *Can J Anaesth* 1990;37(3):337-340.
119. Juneja M, Kargas GA, Miller DL, Perry EA, Gupta B, Garcia E, et al. Comparison of epidural catheter's induced paresthesias in parturients. *Reg Anesth* 1995;20(Suppl):152.
120. Usubiaga JE, Wikinski JA, Usubiaga LE. Epidural pressure and its relation to spread of anesthetics solutions in epidural space. *Anesth Analg* 1967;46(4):440-446.
121. Ananthanarayan C, Fisher JA. Comment on syringe medium. *Reg Anesth* 1995;20(5):462.
122. Gutierrez A. Anestesia metamérica epidural. *Rev Cirug (Buenos Aires)* 1932;12:665-685.
123. Thomas PS, Gerson JI, Strong G. Analysis of human epidural pressures. *Reg Anesth* 1992;17(4):212-215.
124. Zarzur E. Genesis of "true" negative pressure in the lumbar epidural space. *Anaesthesia* 1984;39(11):1101-1104.
125. Hoffmann VL, Vercauteren MP, Vreugde JP, Hans GH, Coppejans HC, Adriaensen HA. Posterior epidural space depth: safety of the loss of resistance and hanging drop techniques. *Br J Anaesth* 1999;83(5):807-809.
126. Figueiredo RR. Nossa experiencia com 1201 casos de anestesia extradural. *Rev Bras Cir* 1948;17:133-151.
127. Odoms CB. Epidural anesthesia. *Am J Surg* 1936;34:547-558.
128. Brunner C, Ikle FA. Beitrag zur peridural anaesthetie. *Schweiz Med Wochenschr* 1949;79:799-801.
129. Macintosh RR. Extradural space indicator. *Anaesthesia* 1950;5:98-99.
130. Macintosh RR. Extradural space indicator. *Br Med J* 1953;1(4806):398.
131. Zelenka L. A new indicator for spinal epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1956;17(1):210-211.
132. Dawkins M. The identification of the epidural space. *Anaesthesia* 1963;18:66-67.
133. Baraka A. Identification of the peridural space by a running infusion drip. *Br J Anaesth* 1972;44(1):122.
134. Chester MH. A modified Dawkins epidural indicator – a useful teaching aid. *Anesth Analg* 1978;57(6):736-738.
135. Michel MZ, Lawes EG. Identification of epidural space by drip method. *Reg Anesth* 1991;16(4):236-239.
136. Yamashita M, Tsuji M. Identification of the epidural space in children. The application of a micro-drip infusion set. *Anaesthesia* 1991;46(10):872-874.
137. Sagarnaga A. Um sinal de identificacio do espaco peridural. *Rev Bras Anesthesiol* 1971;21:237-238.
138. Jacob S, Tierney E. A dual technique for identification of the epidural space. *Anaesthesia* 1997;52(2):141-143.
139. Cork RC, Kryc JJ, Vaughan RW. Ultrasonic localization of the lumbar epidural space. *Anesthesiology* 1980; 52(6):513-516.
140. Evans JM. The Oxford epidural space detector. *Lancet* 1982;2(8313):1433-1434.
141. Thomas PS, Arandia HY, Leal JJ, Chilcoat R. Tissue electrical impedance as an aid to identification of the epidural space. *Reg Anesth* 1987;12(3):169-171.
142. de Andrés J, Gomar C, Calatrava P, Gutiérrez MH, Rojas R, Nalda MA. Localización del espacio epidural lumbar por pérdida de resistencia y mediante el Episensor: estudio comparativo. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1990;37(1):19-22.
143. Cándido KD, Winnie AP. A dual-chambered syringe that allows identification of the epidural space using the loss of resistance technique with air and with saline. *Reg Anesth* 1992;17(3):163-165.
144. Lin BC, Chen KB, Chang CS, Wu KC, Liu YC, Chen CC, et al. A 'membrane in syringe' technique that allows identification of the epidural space with saline while avoids injection of air into the epidural space. *Acta Anaesthesiol Sin* 2002;40(2):55-60.
145. Suwa T, Inomata S, Saito S, Toyooka H. Pressure-guided method for identification of the epidural space in children. *Anesthesiology* 1998;89(2):546-548.
146. da Silva EJ. Keep epidurals simple. *Anaesthesia* 2000;55(10):1041.
147. de Andrés JA, Gomar C, Calatrava P, Nalda MA. Estudio comparativo del método de detección en anestesia epidural: Episensor y pérdida de resistencia. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1990;37(6):330-334.
148. Howell TK, Prosser DP, Harmer M. A change in resistance? A survey of epidural practice amongst obstetric anaesthetists. *Anaesthesia* 1998;53(3):238-243.
149. Kick O, Multon O, Legendre E, Lepelletier D. Loss of resistance to air or saline and patchy blockade in epidural analgesia for labor. *Anesthesiology* 2004;101(supl):A1211
150. Michel MZ, Lawes EG. Identification of epidural space by drip method. *Reg Anesth* 199;16(4):236-239.
151. Yentis SM. Time to abandon loss of resistance to air. *Anaesthesia* 1997;52(2):184.
152. Lang SA. The use of air for the identification of the epidural space. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26(4):383.
153. Okell RW, Sprigge JS. Unintentional dural puncture. A survey of recognition and management. *Anaesthesia* 1987;42(10):1110-1113.
154. Lang SA. Identification of the epidural space: air or saline? *Can J Anaesth* 2003;50(8):860-861.
155. MacDonald R, Lyons G. Unintentional dural puncture. *Anaesthesia* 1988;43(8):705.