

Ciencias Básicas

Factores que influyen en la difusión de los anestésicos locales en la anestesia Peridural y Subaracnoidea

Dr. Carlos Reyes Tayabas

CUANDO en Anestesiología hacemos referencia a la Difusión de los Agentes Anestésicos Locales, nos estamos refiriendo a la Extensión del Bloqueo Nervioso, es decir, a el Area de Anestesia que se produce a partir del sitio donde se inyectan.

En "FISICA", Difusión es la mezcla molecular de dos cuerpos que se ponen en contacto, sin reaccionar entre sí, constituyendo una mezcla homogénea en ausencia de fuerzas exteriores y que obedecen a ciertas leyes que dependen de su naturaleza, de su diferencia de densidades y, tratándose de disoluciones salinas, de su concentración.

La difusión de líquidos a través de membranas se llama Osmosis y necesita que la membrana sea permeable por lo menos para uno de ellos.

La difusión entre gases es muy rápida, mientras que entre líquidos el proceso es extremadamente lento (1).

En Anestesiología, la Difusión es un proceso más complicado, en el que intervienen otros fenómenos como son: Dispersión, Dilución, Absorción, Fijación, Eliminación

y Destrucción de los anestésicos locales, además de la Difusión física propiamente dicha, la cual por ser tan lenta, prácticamente no influye "per se" en la difusión anestésica (2).

Entendido esto, vemos que la difusión anestésica es sinónimo de Extensión o Grado de Bloqueo y hacemos la aclaración para evitar confusiones.

En este trabajo nos vamos a referir a los factores que influyen en la Difusión de la Anestesia Espinal, la cual tiene dos modalidades: A) Anestesia Peridural y B) Anestesia Subaracnoidea.

A) ANESTESIA PERIDURAL.

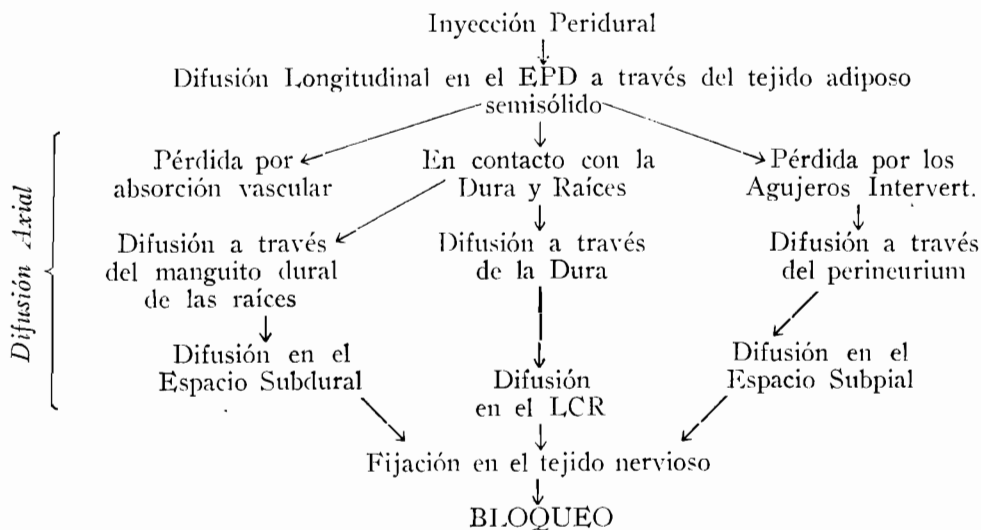
El Anestésico Local inyectado en el Espacio Peridural se difunde a través del tejido adiposo semisólido en todas direcciones, poniéndose en contacto directo con la duramadre que cubre a la médula y a las raíces nerviosas (3). Una parte del agente anestésico se pierde por absorción vascular, otra se fuga por los agujeros intervertebrales y el resto se difunde hacia los espacios subdural y subpial por las siguientes vías (4):
1) Puede atravesar la dura con la cual está

Trabajo presentado en la Sesión Ordinaria del Servicio de Anestesiología del Hospital de Ginecología y Obstetricia No. 3. Centro Médico "La Raza", I.M.S.S. Agosto 22, 1968.

en contacto, 2) Puede atravesar el manguito dural de las raíces nerviosas y 3) Al pasar por los agujeros intervertebrales queda en contacto con las raíces mixtas, penetrando al epineurium; y una vez dentro del espacio subneural, se difunde por los espacios perivasculares de las redes capilares y linfáticas de la vasa nervorum, las que le constituyen vías retrógradas por las cuales las soluciones pueden llegar hacia las raíces espinales y hacia los espacios subpiales de

la médula. De ahí el gradiente de concentración permite difusión gradual hacia el LCR (4).

Así pues, la difusión de los anestésicos locales dentro del espacio peridural tiene dos componentes (5): I) Difusión Longitudinal, o sea la difusión dentro del espacio peridural mismo y II) Difusión Axial, o sea la difusión hacia los espacios subdural y subpial.



I) DIFUSIÓN LONGITUDINAL.

La Difusión Longitudinal de los anestésicos locales en el espacio peridural está determinada por un gran número de variables o factores que pueden ser Intrínsecos o Extrínsecos.

Los primeros son de orden anatómico y pueden ser alterados por ciertas condiciones como el embarazo o algunas entidades patológicas.

Los segundos se pueden agrupar en físicos y químicos.

FACTORES ANATÓMICOS.

Se refieren exclusivamente a la consti-

tución del espacio peridural, de la cual deriva su capacidad.

a) *Capacidad del Espacio Peridural.*—El espacio peridural es un reservorio de forma tubular que rodea el contenido del canal espinal, cuya capacidad es variable y está determinada por el tamaño de las estructuras contenidas en él (5). Este reservorio está formado por la separación de dos capas de la duramadre espinal. Está limitado: En la parte superior por la inserción de estas dos capas en el foramen magnum, en la parte inferior por el ligamento sacrococcigeo que cierra el hiato sacro, por fuera por el canal espinal vertebral y por dentro

por las meninges que contienen la médula, las raíces nerviosas y el LCR. Está constituido por un tejido grasoso en el cual se encuentran los plexos linfáticos y venosos extradurales, que reciben tributarias de las estructuras óseas adyacentes y de la médula espinal. Estos constituyen una red que corre verticalmente dentro del espacio peridural distribuidos en un par anterior y un solo plexo posterior, que al conectar con las venas vertebrales forman anillos venosos a nivel de cada una y cuyo volumen varía según las alteraciones de la presión venosa del individuo y pueden soportar una distensión considerable. Este reservorio tiene varias salidas o vías de escape que son los agujeros intervertebrales por donde drenan los plexos venosos y linfáticos.

Las soluciones que se inyectan en el espacio peridural como ya vimos anteriormente, se difundirán hacia arriba y hacia abajo en una extensión determinada por las variaciones de volumen de los elementos contenidos en él y saldrá hacia los lados por los agujeros intervertebrales. A mayor volumen de las estructuras ocupativas, habrá menor capacidad y por lo tanto tolerará menor volumen de inyección, la cual si no progresa hacia arriba o hacia abajo, buscará salida por los agujeros intervertebrales. Si estas salidas son muy amplias, las soluciones escaparán rápidamente y no habrá oportunidad de que se difundan para dar lugar a un bloqueo extenso. Si por el contrario las salidas son reducidas, habrá oportunidad de que las soluciones permanezcan más tiempo en contacto con los nervios y la extensión e intensidad del bloqueo será mayor.

La capacidad del espacio peridural es afectada por otros factores como son:

b) *Edad*.—Esta afecta tanto el tamaño del espacio peridural como el calibre de las vías de escape en los agujeros interverte-

brales. En la niñez la capacidad del espacio peridural es pequeña, aumenta con el crecimiento hasta obtener su mayor desarrollo entre los 16 y los 20 años, siendo en esta época de la vida el tamaño máximo del espacio peridural y la eficiencia máxima de las vías de escape, siendo mayor también el drenaje de los plexos venosos y linfáticos, según los ajustes de la presión venosa que acompaña a la gran actividad de esta edad. Por lo tanto, en esta edad hay mayor pérdida de la solución tanto por la amplitud de los agujeros intervertebrales como por una circulación más activa de los plexos venosos (6b). Después de los 20 años, la dosis requerida disminuye considerablemente por: El escape de los agujeros intervertebrales es menor y los vasos son menos permeables (7). A partir de esta edad empieza a haber una regresión a medida que progresa el envejecimiento produciéndose formaciones calcáreas en el espacio y opérculos fibrosos en los agujeros intervertebrales, disminuyendo entonces la capacidad del espacio peridural y la eficacia de las vías de salida.

c) *Estatura*.—Es de pensarse que el volumen del espacio peridural fuera proporcional a su longitud y sería de esperarse que la estatura debería tener una relación directa y ser menor la difusión en individuos más altos por lo que se requerirían mayores dosis (7), sin embargo, ésta correlación es mínima por sí sola y únicamente tiene importancia la estatura asociada a la edad, es decir, cuando con el envejecimiento disminuye la estatura (5).

d) *Sitio*.—Lógicamente el sitio de punción lumbar influye en la difusión (3), ya que el espacio peridural es más amplio en la región lumbar que en la dorsal y que en la cervical respectivamente, por lo tanto, la selección del sitio de inyección es un factor importante, porque el sitio de la pun-

ción corresponde casi exactamente a la mitad del área de bloqueo que se va a producir (7).

e) *Posición*.—La posición sería importante desde el punto de vista de que las soluciones fluyen bajo la influencia de la gravedad. Aunque las soluciones anestésicas inyectadas en el espacio peridural se difunden simétricamente a ambos lados en posición sentada o lateral, se ha demostrado que la posición de Trendelenburg favorece la difusión hacia arriba y un volumen dado puede difundirse de 3 a 5 segmentos más con esta posición (7). También se ha demostrado que cuando se adopta la posición sentada y no la horizontal para iniciar el bloqueo, hay mayor cantidad de LCR en la porción baja del canal vertebral, lo cual disminuye la capacidad del espacio peridural y favorece la difusión hacia arriba (8). Por otra parte, se ha demostrado que en la posición lateral hay mayor difusión cefálica que caudal, mientras que la inversa también es cierta en la posición erecta.

f) *Embarazo*.—Se ha visto que durante el embarazo el bloqueo tiene tendencia a extenderse más ampliamente y requiere una dosis mucho menor que un individuo normal. Las causas de este fenómeno son las siguientes: 1) Distensión de las venas extradurales ocupando mayor espacio. 2) Cambios de presión sanguínea que acompañan a las contracciones uterinas ocasionando ondas rítmicas de presión que se transmiten al espacio peridural y tienden a dispersar las soluciones. 3) Vascularidad de las meninges aumentada, lo cual las hace más permeables (6b).

g) *Entidades patológicas*.—1) Arterioesclerosis.—La difusión en pacientes con arterioesclerosis es mayor que en pacientes normales por: 1º El engrosamiento de los vasos arterioescleróticos puede reducir el

espacio peridural y disminuye la absorción. 2º Produce cambios en la permeabilidad de las meninges y perineurium permitiendo mayor penetración al tejido nervioso y 3º La arterioesclerosis se acompaña de procesos seniles exagerados como cambios en el tejido conectivo y en las cubiertas de mielina, lo que permite que la solución anestésica entre más rápidamente en contacto con los axones de las raíces posteriores. Esto explicaría algunos casos reportados de bloqueo espinal total y aunque muchos autores no estén de acuerdo con esto, es conveniente tener presente que los pacientes severamente arterioescleróticos tienen una peculiar susceptibilidad a la difusión amplia del bloqueo, con objeto de adoptar una dosis apropiada y evitar accidentes (5).

2.—En la Deshidratación, Shock y Caquexia la difusión está disminuida (7).

FACTORES FÍSICOS:

a) *Gravedad*.—La Gravedad es menos importante en la difusión de las soluciones anestésicas en el espacio peridural que en el subaracnoideo, sin embargo, conservando al paciente en posición de Trendelenburg, Fowler o Sentada, durante algunos minutos después de la inyección, permitirá que la solución se difunda predominantemente en una dirección desde el sitio de la inyección (6). Sin embargo, esta influencia es mínima, pues una vez que la inyección ha creado una marca de analgesia, las inyecciones sucesivas a través de un catéter no parecen depender de la gravedad, porque la solución sigue la vía inicial como si se efectuara por atracción capilar aún en dirección cefálica ascendente estando el paciente por ejemplo, en posición de Fowler.

b) *Gravedad Específica de las Soluciones*.—Tiene una influencia relativa.

c) *Velocidad de Inyección*.—Tiene alguna influencia en la difusión porque la resistencia es menor en el espacio peridural que en los agujeros intervertebrales, sin embargo es muy difícil de estandarizar (9). La velocidad de escape de la solución anestésica a través de los agujeros intervertebrales varía directamente con el tamaño de éstos, siendo el factor físico principal que limita la extensión de la difusión de estas soluciones, además, al hacer una inyección rápida, se producirá una amplia dispersión de la droga, siendo removida más rápidamente por absorción venosa quedando una menor distribución de la droga a cada segmento, así que la intensidad y duración de la analgesia disminuye (6b). Por lo tanto, cuando no haya necesidad de una anestesia extensa, la inyección debe hacerse lentamente (7). Mientras mayor sea la velocidad de inyección, mayor será la difusión, pero menor su intensidad y duración (3).

d) *Volumen*.—A mayor volumen de la solución anestésica, mayor difusión, pero estará en relación con la amplitud de las vías de escape y la absorción. Normalmente se requieren de 1 a 2 cc. de solución anestésica para bloquear un neurotoma o un par de nervios espinales; la cantidad más pequeña es suficiente en la región cervical, mientras que la cantidad mayor es requerida para la región lumbar. Aunque clínicamente es aparente que el concepto de que cierto volumen de solución anestésica bloqueará un predeterminado número de nervios espinales es erróneo, el volumen de la solución anestésica es por supuesto el factor físico más importante que afecta la extensión de la difusión. Ha sido bien establecido clínicamente que un volumen específico de solución anestésica se extiende a niveles segmentarios más altos en presencia de ciertas condiciones fisiológicas y patológicas tales como el embarazo, senilidad o

arterioesclerosis que en pacientes normales (5).

FACTORES QUÍMICOS.

a) *Absorción*.—La mayor parte del anestésico es removida por absorción de los vasos del plexo venoso peridural (3) y está en relación directa con la circulación activa. La absorción se realiza por la delgada pared de los plexos venosos y linfáticos y por las tunicas de los nervios que pasan a través del espacio peridural, así como también por la dura misma (9).

b) *Vasopresores*.—La presencia o ausencia de vasopresores juega un papel importante. Cuando se usan, se reduce la absorción (3) permaneciendo mayor cantidad de solución anestésica en el espacio peridural (6b), por lo que aumenta la difusión. Disminuye el tiempo de instalación del bloqueo y aumenta la intensidad y duración de la analgesia en un 40 a 50% (6b).

c) *Permeabilidad de las membranas*.—Intimamente ligado a los dos factores anteriores. Las condiciones de permeabilidad de las tunicas neurales, pueden ser las variables más significantes (9). Se ha demostrado la permeabilidad de la duramadre a las soluciones anestésicas y se ha encontrado que es la misma en toda su extensión, siendo mayor a las substancias de molécula pequeña y menor a las de molécula grande (3). El saco dural y aracnoideo que cubre las raíces nerviosas, tiene el mismo grado de permeabilidad que el resto de la dura. Los agentes anestésicos locales, inyectados en el espacio peridural, pueden ser recuperados en el cerebro y en la médula (4). Los cambios en las cubiertas neurales que aumenten su permeabilidad, aumenta la difusión, como sucede en la arterioesclerosis y en el anciano.

d) *Concentración*.—Este factor tiene mucha importancia porque tiende a ser independiente de las demás variables antes mencionadas (5). El aumento de la concentración “per se” produce aumento de la difusión de la analgesia segmentaria, dependiendo así más bien de la dosis actual del agente anestésico administrado que del volumen. En otras palabras la dosis total de los agentes anestésicos es el factor más significativo.

e) *Potencia de los anestésicos*.—Está en relación directa con el factor anterior y además se le suma el tiempo de contacto (3). A mayor potencia habrá mayor difusión.

II) DIFUSIÓN AXIAL.

La difusión axial es determinada por los factores físico-químicos siguientes (5):

1) *Coefficiente de Difusión*.—Varía con la potencia de los anestésicos locales, cambios iónicos y la permeabilidad de las túncas neurales.

2) *Area de contacto*.—Varía directamente con el volumen de la solución presente en relación a la capacidad del espacio peridural y de la amplitud de los agujeros intervertebrales.

3) *Tiempo de contacto*.—Depende de la velocidad de eliminación de la droga del espacio peridural, lo cual también depende de la amplitud de las vías de escape y del estado físico de los vasos epidurales, por lo que varía inversamente con la velocidad de escape de la solución anestésica a través de los agujeros intervertebrales, absorción de los vasos sanguíneos peridurales y permeabilidad de las membranas.

4) *Gradiente de concentración*.—Varía directamente con la concentración de la solución anestésica. Parece ser muy importante, aún en relación al volumen, ya que

pequeños volúmenes de solución concentrada pueden producir amplia difusión; la difusión longitudinal en el espacio peridural queda confinada a pocos segmentos, pero la difusión axial es extensa debido al alto gradiente de concentración.

B) ANESTESIA SUBARACNOIDEA.

Son muchos los factores que influyen en la extensión a que se difundirán los anestésicos locales inyectados en el espacio subaracnoideo y los estudiaremos en orden de importancia (10).

1) *Efecto de la Gravedad*.—El efecto de la Gravedad sobre la difusión de las soluciones anestésicas en el espacio subaracnoideo depende de tres factores distintos: 1) La gravedad específica del LCR, 2) La gravedad específica de las soluciones anestésicas y 3) La posición del paciente.

1) *Gravedad específica del LCR*.—La gravedad específica del LCR normal es de 1.007, pero tiene variaciones individuales, por lo que su límite normal se extiende desde 1.004 a 1.009. Estas variaciones dependen:

a) *Sitio*.—En un mismo individuo, la gravedad específica del LCR ventricular es menor que la del cisternal y ésta a su vez menor que la del lumbar. Este aumento a medida que se desciende está en relación directa con un aumento de la concentración proteínica, a mayor concentración, mayor peso específico. Así, una solución anestésica hiperbárica en posición de Trendelenburg, puede aumentar su baricidad a medida que se asciende en el espacio subaracnoideo.

b) *Edad*.—La gravedad específica del LCR es mayor en los ancianos (considerablemente en los que tienen alteraciones sistémicas como Uremia, Hiperglicemia). (En la Ictericia se encuentra disminuida).

2) *Gravedad específica de las soluciones anestésicas.*—Tomando como base de comparación la gravedad específica del LCR, se consideran soluciones Isobáricas las que tengan una gravedad específica de 1.007, Hipobáricas las menores de 1.004 e Hiperbáricas las que sean mayores de 1.009. Cualquiera solución formada a base de cristales del agente anestésico disuelto en el LCR, será más pesada que dicho líquido. Esta baricidad está en relación con los siguientes factores:

1º *Baricidad del LCR.*—Una solución hiperbárica en posición de Trendelenburg se hará más hiperbárica conforme asciende en el espacio subaracnoideo, porque entre más alto está el LCR es menos pesado como ya vimos; por tal motivo, las soluciones isobáricas son difíciles de controlar en la clínica, ya que pueden actuar con soluciones hiperbáricas o hipobáricas según el sitio o la edad del paciente.

2º *Temperatura.*—La gravedad específica de una solución varía inversamente con la temperatura, dependiendo de la composición química del soluto. La gravedad específica del LCR disminuye 0.001 por cada 5º C. de aumento de la temperatura. Esto determinaría el que una solución actúe como hiper, iso o hipobárica, ya que al ser inyectada en el espacio subaracnoideo adquirirá la temperatura corporal antes de fijarse en las raíces nerviosas.

3) *Posición del paciente.*—Si se conoce la gravedad específica de una solución inyectada en el espacio subdural, es posible controlar su difusión mediante alteraciones de la posición del paciente. Si la gravedad específica de la solución y las variantes que se verán más adelante permanecieran constantes, con sólo cambiar la posición del paciente sería posible predecir y limitar los niveles de analgesia (10).

II) *Volumen.*—El efecto que tiene el volumen sobre la difusión de las soluciones anestésicas es el resultado del desplazamiento del LCR y es independiente de la gravedad específica y de la concentración. Un volumen grande de una solución anestésica al ser inyectada dentro de una cavidad de volumen limitado como es el espacio subaracnoideo, producirá un área mayor de anestesia.

III) *Absorción.*—La absorción del agente anestésico en el espacio subaracnoideo se produce por: a) La fijación del mismo sobre el tejido nervioso y b) La absorción vascular. Siendo pues la velocidad de absorción un factor fundamental en la difusión y duración de la anestesia. Esta velocidad puede alterarse por dos factores:

1º *Empleo de vasopresores.*—Disminuyen la superficie vascular de absorción, prolongando el efecto del bloqueo.

2º *Disminución del flujo sanguíneo.*—Ciertas entidades patológicas como la arteriosclerosis y el shock (hipotensión) disminuyen el flujo sanguíneo hacia los vasos del espacio subaracnoideo, disminuyendo por esto la velocidad de absorción, prolongando la duración del bloqueo.

IV) *Concentración.*—Está en relación con el factor anterior. La concentración del agente anestésico en la solución inyectada va a influir directamente sobre el nivel de la analgesia, siendo independiente del volumen y de la gravedad específica, pero dependiente de la velocidad de absorción y dispersión que sufre la solución en el LCR. A mayor absorción menor concentración por mayor dilución y menor difusión. La concentración disminuye inmediatamente después de inyectada, a partir del sitio de inyección, es más rápida en los primeros 5 minutos, siguiendo después una reducción lenta y gradual. La primera fase se debe a

la dilución del agente en el LCR y a la fijación del mismo en el tejido nervioso, la segunda corresponde al paso del agente a la circulación general por la absorción vascular.

V. *Dosis total*.—A mayor dosis de droga inyectada, mayor difusión y duración de la analgesia.

VI) *Velocidad y fuerza de inyección*.—A mayor velocidad de inyección, mayor altitud del nivel de analgesia. Esta influencia en el nivel del bloqueo se debe a la producción de turbulencia. Las corrientes turbulentas que se derivan de la inyección rápida son causa de la difusión de la solución. La inyección rápida con producción de turbulencia se facilita más con jeringas pequeñas y agujas gruesas. Con agujas finas es difícil inyectar suficientemente rápido para producir una gran turbulencia y difundir ampliamente la anestesia (2).

VII) *Calibre de la aguja*.—El calibre de la aguja influye en la difusión produciendo turbulencia. Se ha dicho que una inyección rápida a través de una aguja de pequeño calibre causará más turbulencia que la misma velocidad de inyección a través de una aguja gruesa (10).

VIII) *Dirección del bisel*.—A excepción de los biseles tipo Tuohy, no tiene la dirección del bisel ninguna influencia en la producción de turbulencia y por lo tanto en la difusión de la anestesia.

IX) *Sitio de la inyección*.—El nivel de la punción puede influir en la difusión del

agente anestésico, si se toma en consideración las curvaturas de la columna lumbar, asociadas a la posición del paciente y baricidad de las soluciones. (6a).

X) *Barboteo*.—Después de haber inyectado la solución, hacer repetidas aspiraciones y reinyecciones, mezcla y dispersa la dosis original del anestésico, lo cual produce una mayor difusión y un nivel más alto de analgesia (11).

XI) *Presión del LCR*.—Influye poco "per se" y no interfiere con los demás factores vistos. A mayor presión mayor desplazamiento de volumen. Se ha dicho que la presión aumentada fuerza al anestésico a fijarse más rápidamente en el tejido nervioso.

XII) *Difusión física*.—Prácticamente no tiene relación con la difusión de la anestesia, pues es un proceso tan lento que requiere horas o días en cubrir algunos cms. (1).

XIII) *Circulación del LCR*.—No tiene significación clínica.

XIV) *Embarazo*.—El embarazo influye en la difusión de la anestesia subaracnoidea, produciendo un bloqueo más alto con menos dosis por los siguientes factores: 1º Disminución del espacio subdural por la ingurgitación de las venas epidurales. 2º Aumentando la curva lordótica, lo cual contribuye a una mayor difusión con soluciones hiperbáricas. 3º Alteraciones de la presión del LCR y producción de ondas de turbulencia por el esfuerzo activo en los cambios de posición o en el período expulsivo (6a).

BIBLIOGRAFIA

- 1.—MACINTOSH, R., MUSHIN, W. W., EPSTEIN, H. G.—*Physics for the Anaesthetist*.—Davis Co. pp. 248-251, 1963.
- 2.—MACINTOSH, R.—*Lumbar Puncture and Spinal Analgesia*.—2nd. Ed. Livingstone LTD. pp. 102-125, 1957.
- 3.—BELMAR, Q. A.—*Analgesia Peridural*.—Conf. del curso de Especialización en Anestesiología. T. I. pp. 229-243, 1967.
- 4.—USUBIAGA, J. E. AND COLS.—*Transfer of Local Anesthetics to the Subarachnoid Space and Mechanisms of Epidural Block*.—*Anesthesiology*, V. 25, No. 6, Part I, pp. 752-759, 1964.
- 5.—BROMAGE, P. R.—*Spread of Analgesic Solutions in the Epidural Space and their site of Action: A Statistical Study*.—*Brit. J. of Anaesth.* V, XXXIV, No. 3, 1962.
- 6.—BONICA, J. J.—*Principles and Practice of Obstetrical Analgesia and Anesthesia*.—Davis Co. T. I, a) 553-55, b) 623-625, 1967.
- 7.—COLLINS, V. J.—*Principles of Anesthesiology*.—Lea and Febiger. p. 264, 1966.
- 8.—NISHIMURA, N. AND COIS.—*The spread of Lidocaine and I 131 Solution in the Epidural Space*.—*Anesthesiology*, 20. p. 785, 1959.
- 9.—LUND, P. C.—*Peridural Analgesia and Anesthesia*.—Thomas p. 37, 1966.
- 10.—GREENE, N. M.—*Physiology of Spinal Anesthesia*.—W. and W. Co. pp. 1-6, 1958.
- 11.—WYLIE, W. D., AND CHURCHILL-DAVIDSON, H. C.—*A practice of Anaesthesia*.—Lloyd-Luke. p. 1042, 1966.

