Ultrasonografía en la disrafia espinal y la médula anclada

Cristián García B.¹; Claudio Daza B.²; Arturo Zuleta F.⁴;
Isidro Huete L.¹; Augusto Winter G.³

Ultrasound in the diagnosis of spinal dysraphism in children: diagnosis of tethered cord

Spinal dysraphism is relatively common in children and includes a wide spectrum of congenital anomalies in the normal closure of the posterior elements of the spine. The prognosis will depend mostly on early diagnosis and treatment. Occult spinal dysraphism may present without external anomalies and the diagnosis could be suspected lately, when neurological symptoms are present and often irreversible. Occult spinal dysraphism is frequently associated to a tethered cord, most commonly secondary to the presence of a lipoma. Ultrasonography has been proven highly sensitive in the detection of intraspinal anomalies, especially in the diagnosis of tethered cord, in children under two years of age due to lack of ossification of the posterior elements of the spine. Today ultrasonography should be the examination of choice in all those patients in whom some kind of spinal dysraphism is suspected. We report our experience with three infants with occult spinal dysraphism in whom diagnosis was initially made by US and later on proved by either computed tomography, magnetic resonance or myelography. All of them had corrective surgery and neurological abnormalities were not detected afterwards.

(Key words: spinal dysraphism, ultrasound, diagnosis.)

La disrafia espinal es una anomalía congénita de la columna vertebral, caracterizada por defecto de la fusión de los tejidos del dorso, que puede comprometer estructuras nerviosas, sus envolturas, el mesénquima, los planos cutáneos y óseos vertebrales. Esto incluye un amplio espectro, que abarca desde las disrafias espinales mínimas ocultas y sin significado patológico, hasta las formas más graves como el mielomeningocele y la raquisquisis. En aquellas con significación clínica, el diagnóstico y tratamiento quirúrgico precoces son fundamentales para evitar o disminuir las alteraciones neurológicas secundarias¹⁻⁷. Las disrafias espinales ocultas son aquellas que presentan integridad de los planos cutáneos posteriores^{4, 5}. Estas pueden o no presentar alteraciones externas, tales como masa de partes blandas, hemangioma, vello^{1-3, 5-10}.

El concepto de médula anclada se refiere a una posición anormalmente baja de la médula espinal y puede acompañar a varios tipos de disrafia espinal, pero habitualmente se ha asociado con la disrafia espinal oculta y es secundaria, con mayor frecuencia, a la presencia de un lipoma.

Clásicamente los métodos de diagnóstico por imágenes en el estudio de la disrafia espinal han incluido radiografía simple, mielografía, tomografía axial computadorizada (TAC) y más recientemente resonancia nuclear magnética. Desde que en 1980 Leopold¹¹ describiera el uso de ultrasonografía (US) en el estudio de la columna vertebral y específicamente de las estructuras intrarraquídeas en niños, numerosas publicaciones han aparecido al respecto y hoy en día este método es considerado el examen de rastreo de elección en niños menores de 18 a 24 meses, donde se sospecha disrafia espinal^{1-4, 8, 12, 13}.

Su alto rendimiento se basa en la osificación incompleta de los elementos posteriores de la columna vertebral, que normalmente presentan los niños de esta edad, lo que permite excelente visualización de las estructuras intrarraquídeas con US, especialmente en recién nacido y lac-

1. Departamento de Radiología, Hospital Clínico Universidad Católica de Chile.
2. Médico Becario del Departamento de Radiología, Hospital Clínico Universidad Católica de Chile.
3. Departamento de Pediatría, Hospital Clínico Universidad Católica de Chile.
4. Instituto de Neurocirugía de Santiago.

tante menor^{4, 7, 14-17}. Este método alcanza su máximo rendimiento en las disrafias espinales ocultas, donde las manifestaciones clínicas externas pueden ser discretas o no evidentes y el diagnóstico puede ser tardío, cuando ya existen alteraciones neurológicas. En seguida se describen tres niños con diarafia espinal oculta y médula anclada, en quienes la US jugó un rol fundamental en su diagnóstico precoz y en la prevención de alteraciones neurológicas futuras.

Pacientes y Métodos

La US de columna requiere de un equipo de ultrasonografía de tiempo real y alta resolución, con traductores de frecuencia entre 5 y 10 MHz, idealmente 7,5 MHz y de preferencia lineal. Se efectúan cortes sagitales y transversales de la columna dorsal y lumbosacra en la línea media, con el paciente en decúbito prono. Para definir la altura de la columna en cada corte pueden usarse varios métodos, como identificar el extremo anterior de la última costilla, que marca el nivel de L2³; ubicar la línea que une ambas crestas ilíacas, que señala L4³ o contar los cuerpos vertebrales desde el coxis en sentido craneal; este último es probablemente el procedimiento más fidedigno y el empleado por nosotros. El examen es sencillo, inocuo, no requiere sedación, dura aproximadamente entre 5 y 15 min^{2, 3} y alcanza su máximo rendimiento durante el período de osificación de los elementos posteriores, inicialmente cartilaginosos, de la columna vertebral, que se completa alrededor de los 18 meses de vida. Pasado este período, las estructuras óseas vertebrales constituyen un serio factor limitante al procedimiento^{4, 7, 14-17}, que sólo se puede realizar en forma satisfactoria cuando existen defectos óseos en los elementos posteriores, congénitos—como en el caso de mielomeningocele—o adquiridos—como laminectomía—, que ofrezcan ventana de acceso apropiada^{3, 14, 15, 17}. De la misma manera la US puede ser de alto rendimiento, como procedimiento de control intraoperatorio en casos de cirugía de columna y en la evaluación de anomalías vertebrales en el período intrauterino^{3, 4, 18}.

La médula espinal normalmente es móvil y se ubica en la cara anterior del canal raquídeo, estando el paciente en decúbito prono. Es una estructura de baja ecogeneidad, presenta en su centro el epéndimo o canal central y termina en el cono medular, continuando hacia el caudal con el filum terminal. El cono medular se encuentra normalmente a la altura de L3 en el recién nacido, para alcanzar su posición definitiva a los 2 ó 3 meses de edad a nivel de L1 a L2. Las raíces nerviosas conforman hacia distal la cola de caballo. La US permite visualizar las arterias epidurales con sus latidos característicos y definir con exactitud los límites y la dimensión del canal raquídeo. Es posible identificar también las estructuras vertebrales incluyendo cuerpos vertebrales, apófisis espinosas, láminas, apófisis transversas y discos intervertebrales, así como las partes blandas de la región dorsal a la columna vertebral (Figura 1)^{1-4, 14-19}. Por último, la US

Figura 1: US de columna. Anatomía normal en un recién nacido: (a) Corte sagital de columna dorsolumbar, con el paciente en decúbito prono. Son visibles dentro del canal raquídeo la médula espinal (flechas pequeñas), el cono medular (cabezas de flechas), el epéndimo o canal central (e) y la cola de caballo (cc). Además se identifican los cuerpos vertebrales (cv) en situación anterior y las apófisis espinosas (ae) en la cara posterior. (b) Corte transversal de la columna dorsal muestra la médula espinal en situación central (flechas pequeñas), el epéndimo (e), el cuerpo vertebral (cv) y los elementos óseos posterolaterales de la columna (pl) y los músculos paravertebrales (m). (c) Corte transversal a nivel de L1-L2 muestra además el cono medular (flechas pequeñas) y las raíces nerviosas de la cola de caballo (cabezas de flechas).

con tiempo real permite apreciar la movilidad y las pulsaciones normales tanto de la médula espinal como de las raíces nerviosas.

1. Niña de 4 meses de edad, con discreta escoliosis y menor desarrollo de la mitad derecha del sacro, detectadas en radiografía de pelvis efectuada para descartar displasia de caderas (figura 2a). El examen físico, incluyendo el neurológico, era normal, excepto por discreta incurvación del pliegue interglúteo. La US de columna lumbosacra mostró una médula espinal anclada, en posición baja, secundaria a lipoma intrarraquídeo (figura 2b) y la resonancia magnética confirmó los hallazgos del US (figura 2c). La paciente fue sometida a cirugía, donde se demostraron exactamente las alteraciones descritas y un defecto óseo posterior. Se liberó la médula anclada, luego de resear el lipoma intrarraquídeo. La paciente evolucionó satisfactoriamente.

2. Niño de 14 meses de edad, con pequeña masa congénita, de 4,5 cm de diámetro mayor, de partes blandas en la región lumbosacra, interrupción del arco aórtico y pie bot bilateral, sin alteraciones neurológicas o de otra índole. La radiografía simple de columna lumbosacra no mostró alteraciones. La US mostró médula anclada, con el cono medular a nivel de L5, ensanchamiento del canal raquídeo y una pequeña imagen ecogénica intrarraquídea, compatible con lipoma (figura 3). Una tomografía axial computarizada confirmó todos los hallazgos descritos en el US (figura 3). En la cirugía se comprobó la existencia de un defecto óseo posterior y un pequeño lipoma lumbosacro responsable de la médula anclada. Se reseó el lipoma, liberando la médula espinal. El paciente evolucionó en forma satisfactoria.

3. Niña de 3 meses de edad, con masa de partes blandas congénita, de aproximadamente 7 cm de diámetro mayor, en la región lumbosacra. El examen físico era por lo demás normal y no presentaba alteraciones neurológicas. La radiografía simple no mostró alteraciones en la columna vertebral y sólo confirmó la masa de partes blandas lumbosacra. La US mostró médula anclada secundaria a lipoma lumbosacro parcialmente intrarraquídeo, aparentemente comunicado con la masa de partes blandas externa (figura 4). En este caso se efectuó una mielografía lumbosacra que reveló una médula en posición baja y una masa intrarraquídea que ensanchaba y deformaba las raíces nerviosas y la cola de caballo (figura 4). La paciente fue sometida a cirugía, donde se demostró un defecto óseo posterior y se confirmó la presencia de un lipoma con extensión intrarraquídea y médula anclada secundaria. La evolución postoperatoria fue satisfactoria.

Comentario

La disrafia espinal comprende diversas anomalías en el cierre del tubo neural que normalmente ocurre en el embrión entre la tercera y quinta semanas de gestación. Al cerrar el tubo neural, el ectodermo se diferencia en tejidos neural y epitelial^{1-3, 7, 18, 20, 21}. Cualquier alteración en este proceso puede llevar a anomalías de la colum-

Figura 2: Caso 1. (a) Radiografía de pelvis de rutina muestra escoliosis del sacro (flechas). (b) US de columna lumbar, corte sagital, muestra la médula espinal anclada, en posición baja y dorsal (flechas pequeñas) que se continúa con masa ecogénica intrarraquídea (m, demarcada con cruces) compatible con un lipoma. (c) Resonancia magnética de columna lumbosacra, corte sagital, muestra masa de alta intensidad (m) característica de tejido graso en el canal raquídeo, región sacra, asociada a médula espinal anclada (mc) y discreta siringomielia.

Figura 3: Caso 2. (a) US de columna lumbosacra, corte sagital muestra médula anclada, en posición baja y dorsal (cabezas de flechas), en contacto con pequeña masa ecogénica de la cara posterior (flechas cortas) y ensanchamiento del canal raquídeo. (b) Tomografía axial computarizada de columna lumbosacra, reconstrucción sagital confirma la médula anclada (flechas).

na vertebral, de las estructuras intrarraquídeas y de la piel. La disrafia espinal es relativamente frecuente en niños. En el Instituto de Neurocirugía de Santiago, principal centro de referencia neuroquirúrgico de nuestro país, se operaron 783 niños en 1990, de los cuales 125 (16%) correspondieron a disrafias espinales. De éstos, 32 eran disrafias espinales ocultas, 28 asociadas

Figura 4: Caso 3. (a) US de columna lumbar, corte sagital, muestra la médula (cabeza de flecha) en posición baja y en íntima relación con masa ecogénica intrarraquídea (flechas) compatible con un lipoma. (b) Mielografía lumbosacra, proyección anteroposterior muestra masa intrarraquídea lumbosacra (flechas), con pérdida del cono medular y ensanchamiento de la cola de caballo.

a distintas variedades de lipoma intrarraquídeo y 4 a diastematomielia; todos ellos presentaban médula anclada. El resto de las disrafias espinales correspondieron a mielomeningoceles (86 casos) y meningoceles (7 casos). La disrafia espinal, también llamada espina bífida, es más común en la región lumbosacra^{3-6, 14, 23} y su presentación clínica es muy variable, dependiendo de la gravedad y extensión del defecto de la región dorsal¹⁻³.

Las disrafias espinales ocultas deben ser conocidas y sospechadas por los médicos generales y pediatras, ya que muchas no son diagnosticadas oportunamente, con el consecuente riesgo de daño neurológico permanente^{1, 2, 4-6}. Entre ellas destacan por su frecuencia las que se acompañan de médulas ancladas, si bien estas últimas también pueden asociarse a formas no ocultas de disrafia espinal, como son el mielomeningocele y el lipomielomeningocele. Para comprender el concepto de médula anclada es necesario recordar que durante el desarrollo la médula espinal experimenta una migración cefálica con respecto al canal vertebral óseo, debido principalmente al crecimiento más acelerado de la columna vertebral que de la médula y también a la atrofia de los segmentos medulares que pasarán a constituir el filum terminal, fijo en su extremo a la primera vértebra coxígea. De esta manera, en el feto de 30 semanas, la médula espinal tiene la misma longitud que el canal vertebral y sus raíces discurren paralelas desde su origen hasta su emergencia a través de los agujeros de conjunción correspondientes. Posteriormente en el niño de 2 a 3 meses, con el cono medular a nivel de L1 - L2, las raíces nerviosas siguen un trayecto oblicuo en dirección caudal desde su origen, constituyendo la cola de caballo^{1-3, 7, 18, 20, 21}.

En los casos de médula anclada ésta no ha completado su proceso de migración cefálica, persistiendo en posición baja, por algún motivo. Este último es, con mayor frecuencia, la presencia de un lipoma con extensión intrarraquídea (50 - 75%), como ocurrió en nuestros tres pacientes y, con menor frecuencia, diastematomielia, filum terminal corto, bandas fibrosas, quistes dermoides intratecales asociados a seno dermal, mielomeningocele, lipomielomeningocele^{3-6, 8, 10}. Estas lesiones impiden el ascenso normal de la médula espinal y producen alteraciones neurológicas por presión o tracción sobre la médula espinal y las raíces

nerviosas^{5, 6}. Sólo 50% de los pacientes con médula anclada presenta algún estigma cutáneo en la región lumbosacra, que hace sospechar su existencia. Entre estos hallazgos destacan cambios pigmentarios y tróficos de la piel, nevus, hipertrichosis localizada, hemangiomas, seno dermal, masas de partes blandas subcutáneas^{1-3, 5-7, 9, 10, 14} o simple asimetría del pliegue interglúteo, como ocurrió en uno de nuestros casos. La gran mayoría de estos pacientes permanece asintomática hasta la edad preescolar, momento en que aparecen las primeras manifestaciones neurológicas, que suelen ser sutiles y lentamente progresivas, hasta que una vez establecidas se hacen irreversibles. Entre las manifestaciones neurológicas destacan las alteraciones sensitivas y motoras de extremidades inferiores, acortamiento de extremidades inferiores, cojera, deformación de los pies, escoliosis, trastornos en el control vesical o intestinal^{1-6, 9}. Estos hechos realzan la extrema importancia del diagnóstico oportuno y del tratamiento quirúrgico precoz, que consiste en resecar la lesión causal del anclamiento, liberando la médula espinal y las raíces nerviosas, con lo que se previene el daño neurológico o se evita su progresión¹⁻⁶.

El seno dermal corresponde a una pequeña depresión cutánea dorsal, por encima del pliegue interglúteo, localizada con mayor frecuencia en la región lumbar, que puede continuar con un trayecto fistuloso comunicado con el canal raquídeo y ser causa frecuente de meningitis. En otros casos continúa con una banda fibrosa que puede alcanzar el canal raquídeo, fijando y traccionando la médula espinal^{5, 6}. Ocasionalmente puede también asociarse con un quiste dermoides intrarraquídeo⁶. Estas lesiones deben ser exploradas y resecadas quirúrgicamente⁶. El seno o foseta pilonidal corresponde también a una depresión cutánea dorsal, pero localizada en la región sacra, en el pliegue interglúteo y raramente se asocia a anomalías intrarraquídeas⁵.

Se dispone actualmente de varios métodos de diagnóstico por imágenes para estudiar la disrafia espinal. La radiografía simple de columna vertebral tiene bajo rendimiento, especialmente en las formas ocultas y en menores de un año, debido a la escasa osificación de los elementos vertebrales posteriores, puede no mostrar alteraciones aun cuando existan defectos en los elementos posteriores de la columna, como sucedió en dos de nuestros casos, pero también puede

revelar fallas de la fusión de dichos elementos vertebrales posteriores, ensanchamiento del canal vertebral con aumento de la distancia interpedicular, falta de desarrollo de algunos segmentos vertebrales^{1, 2, 14, 23}.

La mielografía tiene en general buen rendimiento en el estudio de la disrafia espinal y puede mostrar una médula en posición baja, filum terminal corto, horizontalización de raíces nerviosas lumbares y sacras, ensanchamiento del canal y defectos de llenamiento por masas intrarraquídeas. Desgraciadamente es un método invasivo, a veces técnicamente difícil, no exento de riesgos, y en niños suele requerir sedación o anestesia general^{1, 2, 14}.

La tomografía axial computadorizada es un excelente método de estudio de las disrafias espinales, por los detalles anatómicos que permite identificar. Sin embargo, tiene como desventajas su alto costo, la irradiación, la frecuente necesidad de sedación del paciente, a veces con anestesia general y por último y la ocasional de tener que complementarla a veces con inyección de medio de contraste intrarraquídeo^{1, 2, 14, 24}.

La resonancia nuclear magnética (RM) es una técnica relativamente nueva, no usa radiación y permite una excelente reproducción gráfica de las alteraciones anatómicas en los casos de disrafia espinal, en cortes de cualquier orientación. Sus desventajas son el costo alto, la necesidad de sedar a los niños^{14, 25, 26} y la falta de disponibilidad en la mayor parte de nuestro país.

Desde la primera experiencia en US de columna en 1980¹¹, esta técnica ha sido de gran valor en la evaluación de pacientes con disrafia espinal, alcanzando su mayor rendimiento en las disrafias espinales ocultas y específicamente en las médulas ancladas^{8, 18}. Por este motivo en la mayoría de los centros este examen se utiliza hoy en día como método de rastreo en pacientes bajo sospecha de disrafia espinal, para seleccionar los casos que pueden requerir estudios más complejos como mielografía, tomografía axial o resonancia magnética^{1-4, 8, 10, 13, 18}. En todos nuestros casos, la US fue el examen fundamental para el diagnóstico y alertó de la existencia de disrafia espinal oculta con médula anclada, confirmada por métodos más complejos. Los hallazgos que, en la US, permiten identificar la médula anclada incluyen posición anormalmente baja de la médula espinal y del cono medular, localización ventral de la médula espinal en decúbito prono, pérdida de

la imagen normal del cono medular, masa sólida o quística en la región caudal, ensanchamiento del canal raquídeo, motilidad disminuida o ausente de la médula y raíces nerviosas^{1, 3, 4, 8}.

Las ventajas de la US son la inocuidad, ausencia de radiación, no necesita medio de contraste ni sedación, rapidez, economía, posibilidad de ser repetida cuantas veces se considere conveniente. Permite excelente visualización de las estructuras intra y extrarraquídeas en niños menores de 18 meses o en niños mayores con algún defecto en los elementos vertebrales posteriores^{1, 3-6, 15-17} y estudiar en forma simultánea otras anomalías asociadas como hidrocefalia, anomalía de Arnold-Chiari en niños con mielomeningocele^{2, 3, 8}, anomalías renales. Su principal desventaja con respecto a la tomografía axial y la resonancia nuclear magnética es su menor resolución anatómica y espacial que pueden ser de importancia en los casos que requieren cirugía. Las indicaciones de US de columna se resumen en tabla 1.

Tabla 1

Indicaciones de US de columna en niños

Masas de partes blandas en la región dorsal, línea media.

Alteraciones cutáneas del dorso, región lumbosacra: nevus, alteraciones tróficas, hipertrichosis localizada, hemangiomas.

Seno dermal.

Seno o foseta pilonidal.

Disrafia espinal o espina bífida u otras anomalías congénitas de la columna, especialmente del sacro, demostradas en radiografía.

Masas de partes blandas paravertebrales para descartar extensión intrarraquídea.

Evaluación pre, intra y postoperatoria de tumores intrarraquídeos.

Alteraciones en el pliegue interglúteo.

Resumen

La disrafia espinal es relativamente frecuente en niños y su pronóstico depende en gran parte de su diagnóstico y tratamiento precoz. La disrafia espinal oculta, con mayor frecuencia asociada a médula anclada, puede no presentar alteracio-

nes externas o ser éstas muy sutiles. Es una patología que el pediatra debe conocer, ya que si ésta no es pesquisada precozmente, aparecerán más tarde alteraciones neurológicas irreversibles. La ultrasonografía de columna es un método rápido, inocuo, relativamente económico, que no requiere de sedación y que ha demostrado tener alto rendimiento en el estudio de los niños menores con sospecha de disrafia espinal, especialmente de la forma oculta. De esta manera permite seleccionar a aquellos pacientes que requerirán de estudios más sofisticados y de mayor costo como son la mielografía, la tomografía axial computadorizada y la resonancia magnética. Por estos motivos, recomendamos el uso de esta técnica, cuando se dispone de ella, en todos aquellos niños menores en quienes exista la mínima sospecha de disrafia espinal o presenten algunos de los factores de riesgos mencionados.

(Palabras clave: disrafia espinal, ultrasonido, diagnóstico.)

Referencias

1. Raghavendra BN, Epstein FJ, Pinto RS *et al.*: The tethered spinal cord: diagnosis by high-resolution real-time ultrasound. *Radiology* 1983; 149: 123-128.
2. Scheible W, James HE, Leopold GR, Hilton SV: Occult spinal dysraphism in infants: screening with high-resolution real-time ultrasound. *Radiology* 1983; 146: 743-746.
3. Miller JH, Reid BS, Kemberling CR: Utilization of ultrasound in the evolution of spinal dysraphism in children. *Radiology* 1982; 143: 737-740.
4. Kangaroo H, Gold RH, Diamant MJ *et al.*: High-resolution spinal sonography in infants. *Am J Neuroradiol* 1984; 5: 191-195.
5. Behrman RE, Vaughan VC, Nelson WE: *Nelson Textbook of Pediatrics*. 13ª Edición. WB Saunders Co., Philadelphia. 1987: 1298-1301.
6. Anderson FM: Occult spinal dysraphism. *J Pediatr* 1968; 73: 163-177.
7. Raghavendra BN, Epstein FJ: Sonography of the spine and spinal cord. *Radiol Clin North Am* 1985; 23: 91-105.
8. Zieger M, Dörr U, Schulz RD: Pediatric spinal sonography. Part II: Malformations and mass lesions. *Pediatr Radiol* 1988; 18: 105-111.
9. Higginbottom MC, Jones KL, James HE *et al.*: Aplasia cutis congenita: A cutaneous marker of occult spinal dysraphism. *J Pediatr* 1980; 96: 687-689.
10. Hall DE, Udvarhelyi GB, Altman J: Lumbosacral skin lesions as markers of occult spinal dysraphism. *JAMA* 1987; 246: 2606-2608.
11. Leopold GR: Ultrasonography of superficially located structures. *Radiol Clin North Am* 1980; 18: 161-173.
12. Naidich TP, McLone DG, Shkolnik A, Fernbach SK: Sonographic evaluation of caudal spine anomalies in children. *Am J Neuroradiol* 1983; 4: 661-664.
13. García CJ, Keller MS: Intraspinal extension of paraspinal masses in infants: detection by sonography. *Pediatr Radiol* 1990; 20: 437-439.
14. Zieger M, Dörr U: Pediatric spinal sonography. Part I: anatomy and examination technique. *Pediatr Radiol* 1988; 18: 9-13.
15. Braun IF, Raghavendra BN, Kricheff II: Spinal cord imaging using real-time high-resolution ultrasound. *Radiology* 1983; 147: 459-465.
16. Naidich TP, Fernbach SK, McLone DJ, Shkolnik A: Sonography of the caudal spine and back: congenital anomalies in children. *Am J Neuroradiol* 1984; 5: 221-234.
17. Birnholz JC: Fetal lumbar spine: measuring axial growth with US. *Radiology* 1986; 158: 805-807.
18. Kawahara H, Andou Y, Takashima S *et al.*: Normal development of the spinal cord in neonates and infants seen on ultrasonography. *Neuroradiology* 1987; 29: 50-52.
19. Gusnard DA, Naidich TP, Yousefzadeh DK, Houghton VM: Ultrasonic anatomy of the normal neonatal and infant spine: correlation with cryomicrotome sections and CT. *Neuroradiology* 1986; 28: 493-511.
20. Langman J: *Embriología Médica. Desarrollo humano normal y anormal*. Editorial Interamericana. México 1964: 249-253.
21. Moore KL: *The developing human. Clinically oriented embryology*. 3ª Edición. WB Saunders Co., Philadelphia. 1982: 375-383.
22. *Memoria Anual 1990. Instituto de Neurocirugía e Investigaciones Cerebrales*. Santiago.
23. Silvermann FN: *Caffey's Pediatric X-Ray Diagnosis*. 8ª Edición. Year Book Medical Publishers. Chicago. 1985: 249.
24. Genant HK, Shafaz N, Helms CA: *Computed tomography of the lumbar spine*. Apuntes Universidad de California. San Francisco. 1982.
25. Modic MT, Weinstein MA, Pavlicek W *et al.*: Nuclear magnetic resonance of the spine. *Radiology* 1983; 148: 757-762.
26. Hans JS, Hausman B, El Yousef SJ *et al.*: NMR imaging of the spine. *Am J Roentgenol* 1983; 141: 1137-1145.
27. Raghavendra BN, Epstein FJ, McCleary L: Intramedullary spinal cord tumors in children: localization by intraoperative sonography. *Am J Neuroradiol* 1984; 5: 395-397.