

Estudio del Origen, Trayecto y  
Distribución de las Arterias de  
la Médula Espinal Humana

Alfonso Rodriguez Baeza

Universitat Autònoma de Barcelona  
Servei de Biblioteques



1500410025

UNIVERSITAT AUTONOMA  
DE BARCELONA

Facultat de Medicina

Departament  
de Ciències Morfològiques  
Càtedra d'Anatomia Humana

ESTUDIO DEL ORIGEN,  
TRAYECTO Y DISTRIBUCION  
DE LAS ARTERIAS DE LA  
MEDULA ESPINAL HUMANA.

Trabajo realizado por D. Alfonso Rodríguez Baeza.  
para optar al grado de Doctor.

Bellaterra, Septiembre 1987.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

FACULTAD DE MEDICINA

ANATOMÍA HUMANA

BELLATERRA (Barcelona)

PROF. DR. J. M.<sup>a</sup> DOMÉNECH MATEU

JOSE MARIA DOMENECH MATEU, CATEDRATICO NUMERARIO DE ANATOMIA HUMANA Y DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MORFOLOGICAS DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA

Hace constar que la Tesis Doctoral " ESTUDIO DEL ORIGEN, TRAYECTO Y DISTRIBUCION DE LAS ARTERIAS DE LA MEDULA ESPINAL HUMANA", de la que es autor D. ALFONSO RODRIGUEZ BAEZA, ha sido realizada bajo mi dirección en el Laboratorio de Anatomia Humana de la Facultad de Medicina.

Del mismo modo, considero que reúne todas las condiciones para su presentación, lectura y defensa.

Y para que surta los efectos oportunos, firmo el presente certificado en Bellaterra a veinte y cuatro de Septiembre de mil novecientos ochenta y siete.

Fdo. Prof. Dr. J.M. Doménech Mateu.

A mi esposa Montse y a mis  
hijos, Begoña y Alfonso, por  
su cariño y comprensión.

A mis padres, por sus  
muestras continuas de amor y  
generosidad, que han estado  
conmigo a pesar de la  
distancia.

## AGRADECIMIENTOS.

Mi primer agradecimiento es, sin duda alguna, para el Profesor Doctor Josep María DOMENECH MATEU. A él debo mi inquietud y dedicación a las Ciencias Morfológicas inspiradas en sus enseñanzas, tanto humanitarias como científicas, desde que inicié mis estudios de Licenciatura. Además, me siento muy honrado de que haya aceptado la dirección de esta tesis doctoral.

Al Profesor Doctor Manuel RODRIGUEZ PAZOS el cuál me ha brindado su amistad y entusiasmo desde que le conocí y que sin su colaboración no hubiese sido factible el presente trabajo.

A D. Alexandre MUSET LARA que con su inestimable dedicación y buen hacer me ha demostrado siempre sus grandes cualidades humanas y científicas.

Un agradecimiento muy especial para D. José Ramón SANUDO, D. Bartolomé FERREIRA, D. Manuel ROIG, D. Jesús RUBERTE y D. Diego HARO. Todos y cada uno de ellos, con su amistad y preocupación constantes, me han hecho sentir siempre en

familia; además por su participación activa en la consecución de la presente tesis doctoral.

A todos los miembros del DEPARTAMENTO DE ANATOMIA HUMANA de la UNIVERSITAT AUTONOMA DE BARCELONA.

A los alumnos que en cada promoción participan desinteresadamente en las tareas del DEPARTAMENTO; entre estos alumnos quiero destacar la ayuda de MARIA JOSE, YOLANDA y LOLA.

Agradezco también la colaboración del DEPARTAMENTO DE BIOESTADISTICA de nuestra Facultad, y muy especialmente al Prof. Dr. Miguel MARTIN, D. Leonardo PARDO y Dña. Mercedes CAMPILLO.

Al personal del INSTITUTO ANATOMICO FORENSE, especialmente a D. José.

**INDICE**

INTRODUCCION. . . . .	1
Recensión histórica . . . . .	4
A.- MATERIAL. . . . .	18
A.1.- Cadáveres.. . . .	18
A.2.- Instrumental. . . . .	21
A.3.- Productos de inyección. . . . .	22
B.- METODOS.. . . .	26
B.1.- Cadáveres adultos.. . . .	26
B.2.- Fetos.. . . .	31
B.3.- Otros métodos de estudio. . . . .	34
B.4.- Medida de los aportes radículo-medulares. . . . .	35
B.5.- Métodos estadísticos. . . . .	36
RESULTADOS. . . . .	38
A.- PROCEDENCIA DE LAS ARTERIAS QUE IRRIGAN LA MEDULA ESPINAL. . . . .	39
A.1.- Arterias vertebrales. . . . .	40
A.2.- Arterias cervicales ascendentes. . . . .	43
A.3.- Troncos cérvico-intercostales. . . . .	43
A.4.- Arterias intercostales y lumbares aórticas. . . . .	44
A.5.- Arterias de la región lumbo-sacra.. . . .	46
B.- ORIGEN Y DISTRIBUCION DE LAS ARTERIAS ESPINALES ANTERIORES. . . . .	47
Tipo I. . . . .	49
Tipo Ia o compensado. . . . .	52
Tipo Ib o de predominio derecho.. . . .	57
Tipo Ic o de predominio izquierdo. . . . .	63
Tipo II.. . . .	67
Tipo III. . . . .	70
C.- VIA ANASTOMOTICA LONGITUDINAL ANTERIOR. . . . .	75
C.1.- Constitución. . . . .	75
C.1.1.- Origen. . . . .	75
C.1.2.- Aportes radículo-medulares anteriores. . . . .	78
C.2.- Morfología de la vía anterior.. . . .	97
C.2.1.- Descripción.. . . .	97
C.2.2.- Variaciones morfológicas de la vía. . . . .	97
C.3.- Colaterales de la vía anastomótica . . . . .	100
longitudinal anterior.	
C.3.1.- Arterias centrales. . . . .	101
C.3.2.- Arterias para el cordón anterior. . . . .	108
C.3.3.- Arterias para el cordón lateral.. . . .	110
C.4.- Anastomosis de la vía anastomótica longitudinal anterior con las vías anastomóticas longitudinales posteriores. . . . .	113
C.4.1.- Asa anastomótica del cono medular. . . . .	114
C.4.2.- Otras anastomosis entre las vías longitudinales anterior y posteriores. . . . .	133
D.- ORIGEN Y DISTRIBUCION DE LAS ARTERIAS ESPINALES POSTERIORES. . . . .	135
D.1.- Origen en el segmento intracraneal ( $V_4$ ) de la arteria vertebral. . . . .	138
D.2.- Origen en la porción superior del segmento $V_3$ de la arteria vertebral. . . . .	139

D.3.- Origen en la porción inferior del segmento V <sub>3</sub> de la arteria vertebral. . . . .	. 140
D.4.- Origen en la arteria cerebelosa pósteroinferior. . . . .	. 142
D.5.- Formas simétricas. . . . .	. 144
D.6.- Formas asimétricas. . . . .	. 150
E.- VIAS ANASTOMOTICAS LONGITUDINALES POSTERIORES. . . . .	. 159
E.1.- Constitución. . . . .	. 159
E.1.1.- Origen. . . . .	. 163
E.1.2.- Arterias radículo-medulares posteriores. . . . .	. 163
E.2.- Arterias radículo-medulares anterior y posterior a un mismo nivel. . . . .	. 163
E.3.- Morfología de las vías anastomóticas longitudinales posteriores. . . . .	. 174
E.4.- Colaterales de las vías anastomóticas longitudinales posteriores. . . . .	. 178
E.4.1.- Arterias para el cordón posterior. . . . .	. 178
E.4.2.- Arterias para el cordón lateral. . . . .	. 181
E.5.- Anastomosis de las vías anastomóticas longitudinales posteriores. . . . .	. 183
F. RESUMEN DE LA IRRIGACION SEGMENTARIA DE LA MEDULA ESPINAL. . . . .	. 187
F.1.- Según los aportes radículo-medulares. . . . .	. 187
F.2.- Irrigación segmentaria "ideal". . . . .	. 197
DISCUSION. . . . .	. 201
A. DISCUSION SOBRE MATERIAL Y METODOS. . . . .	. 202
A.1.- Material. . . . .	. 202
A.2.- Productos de inyección. . . . .	. 205
A.3.- Métodos de estudio. . . . .	. 208
B.- DISCUSION SOBRE LA PROCEDENCIA DE LAS ARTERIAS QUE IRRIGAN LA MEDULA ESPINAL. . . . .	. 214
C.- DISCUSION SOBRE EL ORIGEN Y DISTRIBUCION DE LAS ARTERIAS ESPINALES ANTERIORES. . . . .	. 228
D.- DISCUSION DE LA VIA ANASTOMOTICA LONGITUDINAL ANTERIOR. . . . .	. 235
D.1.- Constitución de la vía anastomótica longitudinal anterior. . . . .	. 235
D.2.- Arterias radículo-medulares anteriores. Arteria radicularis magna. . . . .	. 236 . 247
D.3.- VARIACIONES MORFOLOGICAS DE LA VIA ANASTOMOTICA LONGITUDINAL ANTERIOR. . . . .	. 251
D.3.1.- Desviaciones angulares y alternantes de la vía anastomótica longitudinal anterior. . . . .	. 252
D.3.2.- Desdoblamientos de la vía anastomótica longitudinal anterior. . . . .	. 254
D.3.3.- Interrupciones o discontinuidad de la vía anastomótica longitudinal anterior. . . . .	. 255
D.4.- COLATERALES DE LA VIA ANASTOMOTICA LONGITUDINAL ANTERIOR. . . . .	. 256
D.4.1.- Arterias centrales. . . . .	. 258

D.4.2.- Arterias para el cordón anterior. . . . .	.263
D.4.3.- Arterias para el cordón lateral.. . . .	.263
D.5.- Asa anastomótica del cono medular.. . . .	.264
E.- DISCUSION SOBRE EL ORIGEN DE LAS ARTERIAS ESPINALES POSTERIORES. . . . .	.267
F.- DISCUSION SOBRE LAS VIAS ANASTOMOTICAS LONGITUDINALES POSTERIORES. . . . .	.273
F.1.- Constitución de las vías anastomóticas longitudinales posteriores. . . . .	.273
F.2.- Arterias radículomedulares posteriores. . . . .	.276
F.3.- Arterias radículomedulares anteriores y posteriores a un mismo nivel medular. . . . .	.282
F.4.- Colaterales de las vías anastomóticas longitudinales posteriores. . . . .	.284
F.5.- Anastomosis que se establecen entre las vías anastomóticas longitudinales.. . . .	.286
CONCLUSIONES. . . . .	.289
BIBLIOGRAFIA. . . . .	.299

## INTRODUCCION

## INTRODUCCION.

El interés por el conocimiento de la vascularización de los diferentes aparatos y sistemas del cuerpo humano es para el anatomista una finalidad primordial, tanto desde el punto de vista macroscópico como microscópico. Pero este interés se ve realzado aún más cuando se considera el sistema nervioso central. Sin embargo, la mayor fuente de inspiración, dentro de este sistema, ha correspondido clásicamente, al encéfalo.

Desde finales del siglo XIX, las técnicas más perfeccionadas de estudio vascular, así como la preocupación etiopatogénica por las medulopatías, llevan a las primeras consideraciones sobre la irrigación de la médula espinal humana. Los aportes realizados por los autores clásicos (Adamkiewicz, Kadyi, Tanon, etc.) son la base para el desarrollo posterior del tema.

Desde estos trabajos y coincidiendo con el auge de los métodos incruentos de diagnóstico y las técnicas quirúrgicas, especialmente, cardio-

vasculares, ortopédicas y neuroquirúrgicas, dan a la irrigación de la médula espinal un gran protagonismo.

A pesar de los trabajos publicados, se mantienen hoy en día una serie de lagunas e incluso descripciones contrapuestas, véase, por ejemplo, la falta de acuerdo en la dependencia de las intumescencia de uno ó mas aportes radículo-medulares, el carácter continuo o no de las vías anastomóticas longitudinales e incluso en la terminología empleada, indistintamente, para vasos de muy diferente significado. Este hecho es comprensible ya que nos encontramos ante una irrigación que si bien durante el desarrollo es segmentaria y simétrica, en su maduración se transforma en territorial, y por lo tanto no se observan patrones uniformes.

Con el ánimo de contribuir al conocimiento de este fascinante sistema vascular es por lo que realiza el presente trabajo.

## RECENSION HISTORICA.

En la mayor parte de los libros escritos en lengua francesa, las consideraciones históricas sobre la irrigación arterial de la médula espinal (Corbin, 1961; Djindjian y col., 1970; Lazorthes y col., 1973) se realizan desde finales del siglo XIX. Sin embargo, Tureen (1938) realiza una revisión a partir del siglo XVII. Posteriormente, en 1957, Torr en su tesis para optar al doctorado por la Universidad de Manchester, y más recientemente Luyendijk (1982), realizan una extensa revisión histórica considerando las aportaciones más clásicas.

Nosotros nos hemos basado fundamentalmente en estos trabajos, para establecer una reseña histórica de la evolución de los conceptos sobre la irrigación arterial de la médula espinal humana.

Andreas Vesalius (1555) en su "De Humani Corporis Fabrica. Libri septem" señala la existencia de arterias para la médula espinal. Estas arterias se distribuyen segmentariamente a lo largo de la médula espinal y proceden de las arterias vertebrales, intercostales aórticas y lumbares

aórticas. Es decir, los 62 nervios raquídeos están acompañados de una arteria radicular, y cada una de ellas participa por igual en la irrigación de la médula.

T. Willis (1667) utiliza fetos inyectados con tinta de diferentes colores, consiguiendo un acceso fácil al canal vertebral. Con este material, considera que los vasos se disponen de un modo similar a los nervios raquídeos, con una rama anterior de mayor diámetro que la posterior. Este autor representa un esquema de irrigación medular segmentario y simétrico a partir de las arterias vertebrales. Sin embargo, también observa la presencia de un vaso situado en la línea media anterior medular que establece relación con las arterias segmentarias.

Molinetti (1675) define la arteria espinal anterior como un vaso simple que se origina en las arterias vertebrales. Este vaso, también posee aportes segmentarios de las arterias vertebrales y de la arteria aorta.

Vieussens (1684) representa numerosos vasos que se originan en la arteria espinal anterior, para

luego introducirse por la fissura mediana. A estos vasos, les denomina "arterial canaliculi". Por otra parte, ilustra la arteria espinal anterior originándose a partir de tres ramas arteriales, dos de ellas proceden de las arterias vertebrales y la otra procede del tronco basilar. La representación es simétrica, tanto para las ramas de origen como para las arterias segmentarias. Este autor representa el origen de las arterias espinales posteriores.

El concepto de irrigación segmentaria y simétrica, expuesto en las anteriores referencias, corresponde a la idea dominante de "perfección" que caracterizaba la segunda mitad del siglo XVIII. Albinus y Boerhaave, personajes célebres de esta época, defienden el concepto de "Homo Perfectus". Este se caracteriza por la elegancia, la fuerza y la armonía. A estos caracteres se añade la simetría.

Pese al trabajo desarrollado en común junto a Albinus y Boerhaave, en Leiden, Albrecht Von Haller es el primer anatomista que se enfrenta a la idea de una irrigación medular segmentaria y simétrica. En su obra "Iconum Anatomicarum Corporis Humani" (1743-1756), séptimo volumen, realiza una detallada

descripción de la irrigación de la médula espinal de 6 cadáveres humanos, concluyendo que sólo algunas raíces de los nervios raquídeos están acompañadas de arterias que alcanzan la médula espinal. Estas arterias las denomina arterias principales, estas no presentan siempre el mismo diámetro y su nivel de entrada al canal vertebral es variable. Las arterias principales se sitúan preferentemente en los niveles cervicales, C<sub>6</sub> y C<sub>7</sub>, y los dorsales, D<sub>9</sub> y D<sub>10</sub>. En algunos casos también las observa en D<sub>4</sub> o D<sub>5</sub>. Unicamente en un espécimen encuentra una arteria principal en L<sub>5</sub>. Por último, se describe la presencia de arterias de pequeño diámetro que se dirigen a la superficie medular posterior.

Además de esta descripción, este autor clásico, indica la presencia de anastomosis entre las arterias anteriores y posteriores. Estas anastomosis que circundan la médula espinal, se localizan preferentemente en los niveles C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>, D<sub>4</sub>-D<sub>5</sub>, D<sub>9</sub>-D<sub>10</sub> y L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub>.

Mayer (1777) proporciona igualmente una correcta descripción e ilustración de las arterias medulares. Es el primer autor que describe la

anastomosis que se establece a nivel del cono medular.

Continuando con la secuencia histórica de los estudios de irrigación de la médula espinal entramos en un periodo en el que decrece el interés por la anatomía de los vasos medulares. Algunos autores, reflejan los conocimientos aportados por Haller en sus libros de Anatomía (Caldani, 1810; Longet, 1842), mientras que otros mantienen la concepción de irrigación segmentaria y simétrica.

En este sentido, Krause (1833) y Henle (1868-1876) discrepan respecto de la dirección que presenta el flujo sanguíneo de las arterias segmentarias. Así, Krause considera que el sentido es centrípeto, desde el exterior hacia la arteria espinal anterior, mientras que Henle cree que el flujo sanguíneo se dirige desde la arteria espinal anterior hacia las arterias segmentarias.

Por otra parte, Henle hace referencia al origen de la arteria espinal anterior, que puede ser único o doble. En el primer caso, la arteria espinal anterior nace siempre de la arteria vertebral izquierda. Desde este origen, inicia un trayecto

descendente, sin variaciones importantes de diámetro, hasta el filum terminale. Esta arteria presenta desdoblamientos y la anastomosis en forma de arco que se establece en el cono medular.

En 1873, Duret describe tres ordenes de arterias en la médula espinal, las arterias medianas, radicales y periféricas, estableciéndose en cada una de ellas una situación anterior o posterior.

Ross (1880) dedica su trabajo a la irrigación intraneural de las arterias medulares. Estudiando cortes seriados, describe las arterias de la fissura mediana las cuáles se dividen para irrigar cada una de las hemimédulas.

Pese a las aportaciones anteriores, es Albert Wojciech Adamkiewicz el que publica en 1881-1882 pruebas concluyentes del carácter no segmentario de las arterias que irrigan la médula espinal. En sus dos excelentes trabajos, este autor describe la irrigación intra y extramedular destacando que las arterias espinales anteriores se presentan en número variable de 3 a 10, existiendo únicamente de forma constante, la arteria magna spinalis que acompaña a

una raíz anterior entre D<sub>8</sub> y L<sub>3</sub>. El análisis detallado de las arterias vértebro-espinales, anterior y posterior; así como, de las arterias espinales anterior y posterior le lleva a la conclusión de que existe una rica red vascular ampliamente anastomosada en la superficie medular. Esta red posee una mayor cantidad de vasos a nivel de las intumescencias medulares, siendo menor el número de vasos que aparecen en la zona central de la médula dorsal. Este hecho, según el autor, se debería al incremento de la sustancia gris de las intumescencias. La menor cantidad de vasos en la zona central de la médula dorsal determinaría en ella una mayor proporción de procesos mielíticos.

Posteriormente, Kadyi (1889) confirmará plenamente los hallazgos de Adamkiewicz, aunque, y debido seguramente a una coincidencia cronológica y de lugar (Viena), Adamkiewicz va a acusar a Kadyi de plagio de su obra. No obstante, Kadyi aporta nuevos conocimientos a la irrigación arterial de la médula espinal. Considera que 1 de cada 4 arterias segmentarias irriga la médula espinal. Por otra parte demuestra la existencia, en la superficie medular, de tres troncos primarios, uno anterior y dos póstero-laterales, que corresponden a los

troncos anastomóticos constituidos por las arterias que acompañan a las raíces nerviosas. También describe tres pares de troncos secundarios, discontinuos e inconstantes, las cadenas laterales o interradiculares, las cadenas ántero-laterales y las cadenas póstero-laterales. Las arterias "sulci" de Adamkiewicz, las denomina arterias centrales. Estas arterias se describen como vasos no ramificados que se dirigen alternativamente hacia la derecha o hacia la izquierda. Su número es aproximadamente de 200 en toda la médula espinal.

Sin embargo, y pese al gran avance instaurado por los estudios anteriores, los libros de Anatomía posteriores a estos autores no suelen dar una información completa de la irrigación arterial de la médula espinal, e incluso, en ocasiones, esta información es contradictoria. Así por ejemplo, Henle (1883) añade en su obra los trabajos de Adamkiewicz, pero no modifica sustancialmente el contenido.

En esta sentido, los libros de Braus (1932) y Cunningham (1937) tampoco indican que la irrigación arterial de la médula espinal se realice por arterias principales.

Mientras que la descripción es correcta, según los trabajos de Adamkiewicz, en las obras de Testut (1900) y Poirier, Charpy y Nicolas (1921).

Así en 1904, Preobrajensky publica una observación anátomo-clínica de oclusión de la arteria espinal anterior, siendo la etiología probablemente luética. Posteriormente, en 1905, Stanilowski señala otro caso análogo, pero de etiología arteriosclerótica. Spiller (1909) confirma el síndrome de la arteria espinal anterior. Por último Tureen (1938) presenta una extensa revisión de los conceptos anatómicos considerados hasta la fecha, con el fin de correlacionarlos con la patología medular. Hace referencia a tres troncos o canales arteriales longitudinales principales que son intersegmentarios y se forman por las anastomosis de las ramas ascendentes y descendentes de las arterias radicales principales.

L. Tanon (1908) dedica su tesis doctoral al estudio de las arterias que irrigan la médula espinal en las regiones dorsal y lumbar. Inyecta selectiva y aisladamente las arterias segmentarias aórticas en 35 cadáveres humanos. Aportando así

nuevos conocimientos a la vascularización de la médula espinal, en especial la observación de la distribución de las arterias segmentarias a los territorios medulares de las mismas. A partir del estudio de 35 cadáveres humanos, este autor llega a la conclusión de que existen tres grupos de arterias: las arterias delgadas o radicales, las arterias medianas o radículo-piales y las arterias principales o radículo-medulares. Esta clasificación ampliamente aceptada, incluso en nuestros días, y aunque se realizó en las regiones dorsal y lumbar se puede extrapolar a toda la médula espinal.

En 1939 aparecen tres trabajos de interés. Uno de ellos (Herren y Alexander) en el que consideran la individualidad de las arterias centrales para irrigar alternativamente cada lado de la médula espinal. Sin embargo, en la región lumbo-sacra estas arterias pueden presentar un tronco común.

El segundo de estos trabajos es el de la señora Bolton, en el que se considera el flujo sanguíneo de las arterias espinales anterior y posterior. Además, se asigna a la arteria espinal anterior la mayor

parte de irrigación de la médula espinal, excepto las astas y cordones posteriores.

Suh y Alexander, en un estudio realizado en 26 piezas anatómicas, clasifican a las arterias en 7 ordenes, según el diámetro que presentan. Estos autores establecen un patrón teórico de la irrigación arterial de la médula espinal ("average version").

Zulch (1954), en la línea de los trabajos que estudian la delimitación de la vascularización de la médula espinal, considera 3 grandes territorios en la irrigación de la misma: el primero de ellos se establece entre la arteria espinal anterior y la arteria radicular principal del nivel  $C_5-C_6$ , el segundo hasta  $D_9-D_{10}$  y finalmente el tercero hasta el cono medular. Describe asimismo "zonas críticas" de escasa vascularización, localizadas en  $D_4$  y en  $L_1$ , donde se instauran los reblandecimientos medulares "en crayon".

Llegados a esta punto, aparecen en el horizonte histórico los trabajos de la escuela francesa de

Lazorthes y col., en Toulouse. Estos autores inician en 1957 una serie de publicaciones relacionadas con la irrigación arterial de la médula espinal. Entre sus aportaciones cabe destacar la descripción de los tres territorios en que se divide la médula espinal: un territorio superior (desde C<sub>1</sub> hasta D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>) de rica vascularización, un territorio intermedio (hasta D<sub>9</sub>-D<sub>10</sub>) pobremente vascularizado y un territorio inferior (de la intumescencia lumbo-sacra) muy bien vascularizado pero dependiente de una sola arteria ("artère du renflement lombaire"). Además, describe la anastomosis del cono medular, como una anastomosis constante, para la que propone el nombre de "l'anse anastomotique du cône medullaire". En 1966 realiza un detallado estudio de los "tipos medios" de distribución de las arterias centrales.

Coincidiendo con estos trabajos, en los años sesenta, Djindjian y col. inician la angiografía medular practicando los primeros aortogramas. Sistematizan la técnica permitiendo que en 1968 se practique la primera embolización terapéutica (Doppman, Di Chiro y Newton).

En esta época, Perrier y col. (1960) describen el síndrome de las arterias espinales posteriores.

Por último y ya en nuestros días, encontramos dos trabajos relacionados con la vascularización arterial de la médula espinal. Maillot y Koritke (1970) realizan un estudio muy detallado del origen de las arterias espinales posteriores.

Domnisse (1974-1975) señala una serie de principios en la irrigación arterial de la médula espinal, y relaciona esta irrigación con el diámetro del canal raquídeo, estableciendo así una "zona crítica" entre los niveles medulares D<sub>4</sub> y D<sub>9</sub> que corresponde a la zona de mayor frecuencia de producción de paraplejas post-quirúrgicas (en escoliosis severas) y post-traumáticas.

MATERIAL Y METODOS

## A. - MATERIAL.

### A. 1. - Cadáveres.

Hemos utilizado 53 cadáveres humanos, de edades comprendidas entre los 4-5 meses pre-natal (150 m.m. CV) y los 75 años, procedentes de la Cátedra de Anatomía Humana de la Facultat de Medicina de la Universitat Autònoma de Barcelona (Prof.Dr. J.M. Doménech Mateu) y del Instituto Anatómico Forense de Barcelona (Prof.Dr. M. Rodríguez Pazos).

En todos ellos se valoraba previamente la causa de muerte, excluyéndose cualquier patología medular ó raquídea que pudiera interferir en la técnica de estudio; sin embargo, hemos encontrado lesiones anátomo-patológicas de modo casual: dos casos de contusión medular en politraumatizados (médulas n<sup>o</sup> 3 y 32) y un caso de varicosidades venosas en la región cérico-dorsal posterior (médula n<sup>o</sup> 17). Queremos dejar constancia de que en 5 ocasiones y después de seccionar la duramadre se observaron placas mineralizadas, de color blanquecino, en las leptomeninges; este hecho es también referido por Minkler en "The Spinal Cord" (Austin, 1983).

**TABLA 1:** Material utilizado en el estudio de las arterias de la superficie medular.

REF	EDAD	PRODUCTO INYECCION	TECNICA ESTUDIO	OBSERVACIONES
3	68 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: desde D <sub>7</sub>
4	24 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: cérvico dorsal lumbar
5	52 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: cervical-lumbar
6	58 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: cervical baja lumbar
7	20 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: completa
8	35 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: lumbar
9	20 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: desde C <sub>6</sub>
10	23 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: cervical-lumbar POST.: cervical
11	65 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: completa
12	54 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: lumbar
13	40 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: cervical-lumbar
15	59 años	gelatina (Romeis)	microdissección	(P) ANT.: lumbar
16	27 años	Rhodopas	microdissección	(P) ANT.: cervical-lumbar
17	68 años	sulfato bario formolado	microdissección angiografía	(P) ANT.: completa
20	19 años	látex natural	microdissección	(T)
21	39 años	sulfato bario formolado	microdissección angiografía	(T)
22	19 años	látex natural	microdissección	(T)
23	32 años	látex natural	microdissección	(T)
24	17 años	látex natural	microdissección	(T)
25	24 años	látex natural	microdissección	(T)
26	19 años	látex natural	microdissección	(T)
27	23 años	látex natural	microdissección	(P) extravasaciones
28	38 años	látex natural	microdissección	(T)
29	21 años	látex natural	microdissección	(T)
30	25 años	látex natural	microdissección	(T)
31	30 años	látex natural	microdissección	(T)
32	24 años	látex natural	microdissección	(T)
33	35 años	látex natural	microdissección	(T)
36	36 años	látex natural baritado	microdissección angiografía	(T)
37	41 años	látex natural	microdissección	(T)
38	21 años	látex natural	microdissección	(T)
39	31 años	látex natural	microdissección	(T)
40	15 años	látex natural	microdissección	(T)
41	30 años	látex natural	microdissección	(T)
42	26 años	látex natural	microdissección	(T)
43	47 años	látex natural	microdissección	(T)
44	29 años	látex natural	microdissección	(T)
45	22 años	látex natural	microdissección	(T)
46	21 años	látex natural	microdissección	(T)
47	22 años	látex natural	microdissección	(T)
49	23 años	látex natural	microdissección	(T)
49	34 años	látex natural	microdissección	(T)
50	41 años	látex natural	microdissección	(T)
51	36 años	látex natural	microdissección	(T): tronco encefálico
52	17 años	látex natural	microdissección	(T)

(P): inyección parcial. ANT y/o POST.

(T): inyección total.

**TABLA 2:** Material utilizado en el estudio de los aportes radiculares y arterias perirraquídeas.

REF.	EDAD	PRODUCTO INYECCION	TECNICA ESTUDIO
1	feto 185 m.m. CV.	---	microdissección
2	70 años	---	microdissección
18	feto 180 m.m. CV.	sulfato bario formolado	angiografía
19	feto 280 m.m. CV.	sulfato bario formolado	microdissección angiografía
35	feto 350 m.m. CV.	látex natural baritado	microdissección angiografía
53	75 años	Rhodopas	microdissección

**TABLA 3:** Material utilizado en el estudio de las art. intra-neurales medulares.

REF.	EDAD	PRODUCTO INYECCION	TECNICA ESTUDIO
14	40 años	Rhodopas	cortes transversales
20	19 años	látex natural	diafanización
34	feto 150 m.m. CV.	látex natural	microscopía electr. barrido
40	15 años	látex natural	diafanización
49	34 años	látex natural	diafanización
50	41 años	látex natural	diafanización
52	17 años	látex natural	diafanización

En las tablas 1, 2 y 3 se detalla el material según el objetivo al que se destinaba.

## A.2.- Instrumental

### A.2.1.- Microdisecciones.

Las microdisecciones se realizan con ayuda de un microscopio quirúrgico (OPMI-1, Zeiss) dotado de equipo fotográfico (139 Quartz, Contax), con objetivo f200 y oculares 12,5x, a 0.6x, 1x y 1.6x.

### A.2.2.- Diafanizaciones.

El estudio de las piezas anatómicas sometidas al proceso de diafanización se realiza con ayuda de una lupa estereoscópica (Wild Heerbrugg Photomakroskop M400) con Makrozoom 1:5, dotada de equipo fotográfico.

### A.2.3.- Microscopia Electrónica de Barrido (SEM).

Los moldes de microcorrosión se observaron con microscopio electrónico de barrido (ISI super III A) a 20 kw. con cámara fotográfica (Assai Pentax).

### A.3. - Productos de inyección:

#### A.3.1. - Rhodopas AX 85/15. (Rhône Poulenc, France)

Resina vinílica de polimerización, cuya composición es de un 85% de copolímero de cloruro de vinilo y un 15% de acetato de vinilo.

Introducida como técnica anatómica por Narat, Loef y Narat (1936) y en España por Domenech Mateu (1974).

Como disolventes utilizamos acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) a concentraciones que varían del 25 al 50%.

Los colorantes pueden ser polvo de tiza o el rojo Unispers 2B-E (Ciba-Geigy S.A.).

#### A.3.2. - Látex Natural. (cedido por A. FERNANDEZ S.A., Cerdanyola)

Se obtiene por sangría del árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), presenta una concentración de caucho (cis 1-4, polisopreno) del 32 al 40%; sin embargo, el látex de utilización tecnológica debe

tener un 60% de caucho.

El látex natural es un líquido blanco opaco, de una densidad de 0.973 y una viscosidad de 40-120 centipoises. Las partículas de caucho (cis 1-4, polisopreno) tienen un tamaño medio de 1 a 2 micrómetros.

Para evitar su fermentación se le adiciona una solución de hidróxido amónico (NHOH) al 0.7-1.5%; en estas condiciones el pH oscila entre 10.3-10.4. Esta suspensión coloidal precipita en medios ácidos y esta propiedad se utiliza posteriormente en el proceso de fijación (solución de formaldehído).

Los colorantes utilizados son fundamentalmente de la gama Unispers (Ciba-Geigy S.A.). Son dispersiones pigmentarias en pasta, desarrolladas para teñir el látex natural y el sintético. Los pigmentos base son sólidos en presencia de la luz, los ácidos y los alcalis diluídos. Otro de los colorantes ha sido el rojo lutetia.

#### A.3.3.- Sulfato de bario (SO<sub>4</sub>Ba).

Hemos utilizado el sulfato de bario precipitado

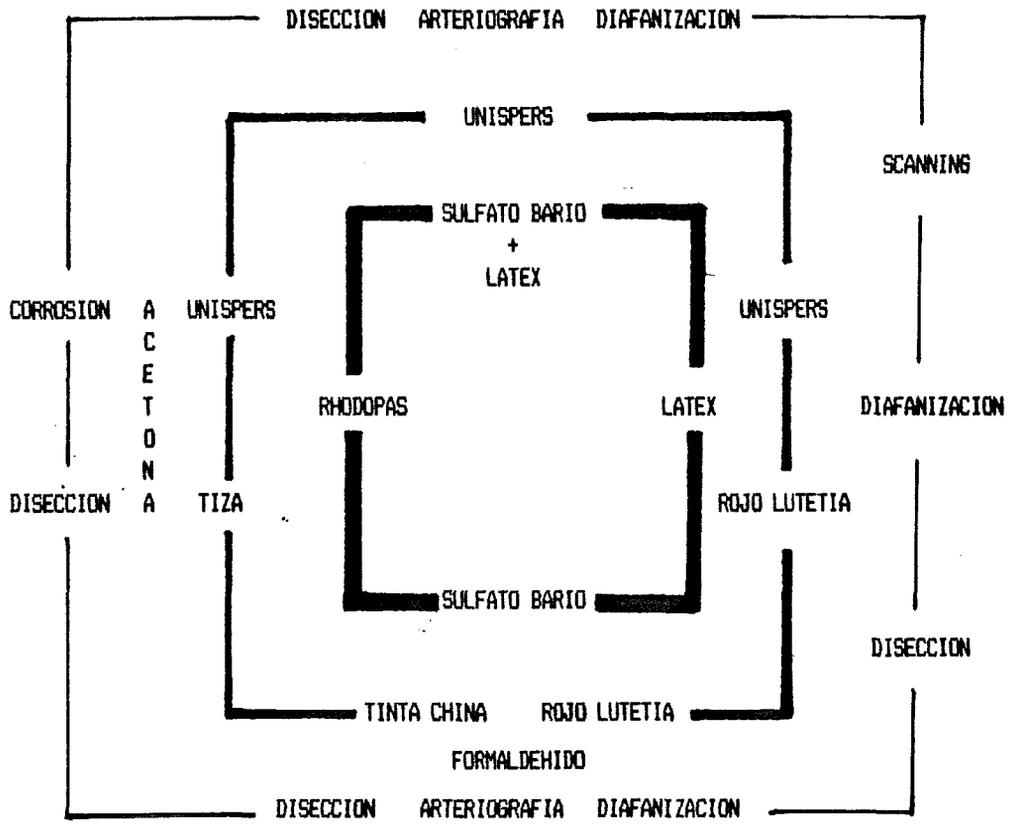
(Probus S.A.) y el sulfato de bario en suspensión (Dispersión Rovi S.A.).

El sulfato de bario puede emplearse en solución acuosa de formaldehído (Lazorthes, Poules y col., 1957, 1958) o con látex natural. Los colorantes utilizados son de la gama Unispers (Ciba-Geigy S.A.), el rojo lutetia y la tinta china (Pelikan).

#### A.4.- Aplicaciones de estos productos.

Nuestra experiencia en estudios vasculares realizados en la Cátedra de Anatomía Humana de la Facultat de Medicina de la Universitat Autònoma de Barcelona (Prof.Dr. J.M. Doménech Mateu) nos ha permitido confeccionar un gráfico de aplicaciones técnicas de estos productos ( Gráfico 1).

Gráfico 1.



- █** productos básicos de inyección
- ▬** colorantes
- técnicas de estudio

## B. - METODOS.

### B. 1. - Cadáveres adultos.

#### B.1.1.- Técnica de inyección.

La inyección arterial se realiza entre las 12 y las 24 horas "post-mortem".

#### Abordaje anterior.

En posición de decúbito supino se procede a la apertura de las "tres cavidades" (craneal, torácica y abdominal) y posterior evisceración, según la técnica necrópsica clásica descrita por Virchow

Las modificaciones realizadas en la misma, vienen condicionadas por la necesidad de mantener "in situ" parte del sistema arterial, y consisten:

en cavidad craneal: se seccionan los pedúnculos cerebrales, extrayendo el cerebro, y dejando la tienda del cerebelo y tronco encefálico. Así se conserva el tronco basilar en su totalidad.

en cavidades tóraco-abdominal: se secciona la arteria aorta ascendente en su porción extrapericárdica, se eviscera, manteniendo esta

arteria con sus colaterales parietales y los troncos del cayado aórtico.

Preparación de las arterias a inyectar.

Se lava el sistema arterial con agua corriente desde el cayado aórtico.

Se desinsertan los orígenes de los músculos esternocleidomastoideos y se desarticulan las clavículas a nivel esternocostoclavicular. Con ello se consigue acceder a la disección de las arterias subclavias.

Provistos de un angiocateter (Abbocath-T) se canulan en su origen las arterias vertebrales, cérico-intercostales y cervicales ascendentes.

La arteria aorta es incidida longitudinalmente por su cara ventral, posteriormente y a través de los ostia aórticos de las arterias intercostales y lumbares se colocan sendos angiocatéteres.

Para delimitar el territorio vascular se realizan ligaduras de las arterias intercostales y lumbares, las primeras a nivel de los ángulos

costales y las segundas en los márgenes laterales de los músculos psoas.

### Inyección de las arterias.

Las inyecciones se realizan manualmente, con jeringas de 10 ó 20 c.c.

Se inicia inyectando ambas arterias vertebrales, controlando su permeabilidad a nivel del tronco basilar. Utilizamos entre 20 y 40 c.c. del producto en cada una.

A continuación, se inyectan las arterias cervicales ascendentes y cérico-intercostales, utilizando de 5 a 10 c.c. en cada una de ellas.

Las arterias intercostales y lumbares se inyectan desde los ostia aórticos. El control de la cantidad de producto inyectado nos lo da la visualización directa de las finas ramificaciones parietales o paravertebrales, así como el reflujo por los ostia adyacentes. Por término medio se inyectan de 5 a 10 c.c. en cada una de estas arterias.

Finalmente se realiza la inyección en las arterias hipogástricas y sacra media, a nivel de sus orígenes.

En todas las arterias, y una vez hecha la inyección, se extrae el angiocateter y se efectúa la ligadura de las mismas, con lo que se evita el reflujo.

#### Abordaje posterior.

Con el cadáver en decúbito prono, se incide sobre las apófisis espinosas desde la región occipital hasta la lumbar. Se desinsertan los músculos de los canales vertebrales para conseguir una correcta visualización de las láminas vertebrales.

La laminectomía total, desde la región atlanto-axoidea hasta la lumbar baja ( $L_3-L_4$ ), se efectúa mediante sierra eléctrica (Aesculap Oscillant G-6100-05) con hoja de sierra vertical (GC 503).