

mayores de 6 meses y neonatos. Hassler (1966) estudia 32 cadáveres procedentes de autopsias, con edades comprendidas entre 57 y 89 años. Tveten (1976) emplea cadáveres de edades que oscilan entre 7 meses prenatal y 6 meses postnatal. Por último, Domnisse (1975) investiga 30 neonatos, 1 niño, 4 adolescentes y 7 adultos.

El análisis de estos datos permite señalar la escasez de estudios efectuados en adultos jóvenes. Sin embargo, este hecho es comprensible, ya que las Cátedras de Anatomía Humana no suelen disponer de cadáveres de edades intermedias. Para obtener este tipo de material es imprescindible, a nuestro entender, la colaboración de Servicios de Anatomía Patológica o de Institutos Anatómico Forenses, tal y como sucede en nuestro caso.

En resumen, nos interesa resaltar, que nuestro material es estadísticamente representativo, y a diferencia de otros autores, la edad media del mismo es aproximadamente de 34 años.

A.2. - Productos de inyección.

Como ya hemos indicado en el apartado de material y métodos, nuestra experiencia en estudios vasculares (Rodríguez Baeza, 1986) nos ha permitido confeccionar un gráfico de las aplicaciones técnicas para los productos básicos de inyección que hemos utilizado. Cada uno de ellos tiene ventajas e inconvenientes, que dependerán en gran medida de la pieza anatómica concreta en la que se efectúe el estudio vascular. El análisis de los diferentes productos de inyección, en relación al estudio de la irrigación arterial de la médula espinal humana, nos permite establecer las siguientes consideraciones:

a.- El sulfato de bario en solución acuosa de formaldehído, tal y como fue descrito por Lazorthes y Poulhès (1957-1958) y posteriormente utilizado por muchos autores (Salamon, 1971), permite realizar estudios muy finos de angiografía y diafanización; aunque, también, permite la microdissección. En este último aspecto, las posibilidades de la técnica son limitadas, ya que los vasos presentan una gran fragilidad.

b.- El Rhodopas AX 85/15 (resina vinílica) presenta grandes ventajas para la inyección-corrosión de órganos que reciben uno o pocos pedículos vasculares (corazón, riñón, bazo, etc.), sin embargo, posee diversos inconvenientes, la gran retracción del molde y la alteración de los colorantes que se le adicionan (Morel, 1954). Para el estudio de la irrigación arterial de la médula espinal, autores tan consagrados como Lazorthes y col. (1958) y Corbin (1961) utilizan el Rhodopas AX, aunque ellos mismos critican la fiabilidad del método. El primero hace referencia a la viscosidad de la solución, y el segundo observa la falta de repleción de toda la red intramedular.

Nosotros creemos que esta resina vinílica no es adecuada para la inyección completa de la médula espinal, ya que ésta posee numerosos aportes susceptibles de suministrarle irrigación. Además, la rapidez de su polimerización unido a las abundantes anastomosis extra e intramedulares, dificultan la inyección completa de la médula espinal. Estos hechos fueron comprobados en los primeros cadáveres de nuestra serie, en ellos se observaba una repleción vascular perirraquídea satisfactoria, aunque las arterias medulares no estaban nunca

inyectadas en su totalidad. Este hecho aparece referido en la tabla n^o 1.

c.- El látex natural coloreado es el producto que nos ha dado mejores resultados. Ha sido utilizado también por Domnisse (1974-1975) y por Crock y Yoshizawa (1977). Se colorea fácilmente con las dispersiones pigmentarias (Unispers). El proceso de coagulación es lento, lo que permite la inyección pausada de toda la red arterial. Sin embargo, no alcanza el nivel capilar.

La microdissección se puede realizar con facilidad. No obstante, hemos encontrado dificultades al realizar la diafanización: la fragilidad del producto y su decoloración al contacto con el bencol o derivados. Estas dificultades no las hemos observado cuando utilizábamos el verde de la gama Unispers o al añadir sulfato de bario al látex natural. Precisamente, la mezcla anterior se efectúa , con la intención de realizar un estudio angiográfico.

El látex sintético (Neoprene) empleado por Torr (1957) y por Chakravorty (1971), entre otros, no ha sido utilizado por nosotros.

A.3. - Métodos de estudio.

A.3.1. - Técnicas de inyección.

El material fetal es inyectado vía femoral por Torr (1957) y Dommissé (1974-1975), vía umbilical por Ferri y Frignani (1964) y por Parke (1981), o bien, se inyecta desde la aorta ascendente o el ventrículo izquierdo (previa esternotomía media), como en el caso de Torr (1957) y por Tveten (1976).

Nosotros hemos elegido la vía umbilical para la inyección del material fetal, ya que esta vía es de fácil acceso y no necesita de incisiones en el cadáver.

En el material adulto, las vías de inyección elegidas por los diferentes autores son variadas. Así, Tanon (1908) efectúa inyecciones aisladas de cada arteria segmentaria a partir de su origen aórtico, en un intento de delimitar los territorios vasculares medulares. Es evidente que esta técnica de inyección solo es posible si se dispone de una serie muy amplia de cadáveres. Además, los resultados obtenidos solo serán valorables si se logra desprestigiar la variabilidad de las arterias

medulares. Chakravorty (1971) estudia la región cervical mediante la inyección selectiva de grupos de arterias, valorando la importancia de cada uno de los ramos arteriales. Perese y Fracasso (1959) consideran que la inyección total de las arterias de la médula, es satisfactoria siempre que se haga por cuatro puntos como mínimo. Ellos utilizan el tronco basilar, las dos arterias vertebrales y una arteria segmentaria aórtica, entre D₁₀ y L₅. Por último, Djindjian (1963), Houdart y col. (1965) y Julian (1965) inyectan la médula espinal a partir de cada una de las arterias segmentarias.

La inyección completa del cadáver, la realizan Corbin (1961) y Lazorthes y col. (1957-1958). Esta técnica ofrece resultados interesantes pero queda limitada solo al material cadavérico de la sala de disección, que es normalmente de edad avanzada.

Todas estas vías de inyección señaladas anteriormente, se realizan previa apertura del conducto raquídeo. Sin embargo, otros autores realizan la inyección directamente en los vasos medulares una vez extraída la pieza. Este es el caso de Corbin (1961) o de Ferri y Frignani (1964), quienes inyectan una arteria radicular y las vías

longitudinales, o Hassler (1966) que cateteriza todas las arterias radículo-medulares con un diámetro mayor de 0.50 m.m. Este método nos parece inadecuado, ya que debido a la dificultad que presenta la identificación de las arterias radículo-medulares, algunas de ellas pueden pasar desapercibidas.

Nosotros hemos optado por la inyección selectiva desde su origen de cada una de las arterias que teóricamente pueden participar en la irrigación medular.

A.3.2.- Técnicas de visualización.

Siendo la disección el método de estudio por excelencia en Anatomía, es el que hemos utilizado preferentemente . Sin embargo, y debido al diámetro de las arterias medulares, se hace imprescindible el empleo de medios de magnificación, como por ejemplo el microscopio quirúrgico.

Este mismo método es empleado por Torr (1957) Djindjian y col. (1963), Julian (1965), Houdart (1965), Hassler (1966) y Domnisse (1974-1975-1980) entre otros.

Otro método de estudio es el angiográfico. La inyección de sustancias radio-opacas en cadáveres es una técnica empleada por muchos autores, entre ellos destacan Lazorthes y col (1957-1958), Torr (1957), Houdart (1965), Julian (1965), Hassler (1966), Turnbull, Brieg y Hassler (1966), Chakravorty (1971), Domnisse (1975) y Tveten (1976). Nosotros también hemos realizado angiografía en alguna ocasión, especialmente en fetos.

El estudio angiográfico "in vivo" es una técnica iniciada por Djindjian en los años sesenta. Se origina a partir de los primeros aortogramas, quedando sistematizada desde de 1965. En 1968 se practica la primera embolización terapéutica (Solé Llenas y Wackenheim, 1981). Fauré (1967) revisa 80 casos de aortografías realizadas en niños, concluyendo que la arteria radicularis magna aparece tardíamente, en tiempo arteriolar, y es visible entre 1 y 3 segundos.

Schechter (1965) visualiza en el 51 % de los casos la arteria espinal anterior en proyección lateral, pero solamente en el 4 % visualiza la arteria espinal posterior.

Di Chiro (1967), Djindjian y col. (1970, 1973 y 1978), Vogelsang (1981) y Doppman (1983) son los autores que aportan más datos sobre la angiografía medular, tanto en su empleo diagnóstico como terapéutico. De estos autores, recogemos únicamente la información anatómica ya que no tenemos elementos de juicio para discutir sus aplicaciones clínicas.

Las técnicas de diafanización como método de estudio de la irrigación intraneural ha sido ampliamente utilizada por diversos autores. Entre estas, destacan dos: la de Spalteholz (1914) y la del tetralin. Esta última técnica ha sido empleada por Torr (1957) aunque nosotros no tenemos experiencia con ella. La técnica de Spalteholz es utilizada por Gillilan (1958), Tveten (1976) y Crock y Yoshizawa (1977). Poulhès y Galy (1965) presentan una técnica modificada de la anterior, en ella, después del paso por xilol se coloca la pieza diafanizada en resina de poliéster sin catalizador. La técnica anterior también ha sido modificada esta técnica por Crock y Yoshizawa (1977) los cuales excluyen el paso por benzol.

Nosotros hemos realizado la técnica de Spalteholz en todos sus pasos.

Finalmente, creemos oportuno discutir el empleo del microscopio electrónico de barrido en la irrigación arterial de la médula espinal. Nuestra experiencia se basa en el estudio de un feto humano inyectado con látex natural. Salvo modificaciones hemos seguido el procedimiento propuesto por Miller, Woods, Bohlen y Evans (1982) para la visualización de los microvasos del intestino delgado de la rata. El resultado obtenido no es satisfactorio, entre las imperfecciones encontradas, cabe destacar la fragilidad del molde y la dificultad de controlar la microcorrosión. No obstante, la utilización del microscopio electrónico de barrido en las arterias de la médula espinal humana debe ser un objetivo, que con modificaciones a esta u otra técnica, se alcance en breve plazo. En este sentido, y después de consultar los trabajos realizados en animales por Hodde y Nowell (1980) y Hodde (1981), consideramos que una buena técnica consistiría en la inyección de una resina del tipo metil-metacrilato de nueva adquisición (Mercox).

B. - DISCUSION SOBRE LA
PROCEDENCIA DE LAS
ARTERIAS QUE IRRIGAN LA
MEDULA ESPINAL.

Las arterias segmentarias perirraquídeas, procedentes de troncos arteriales próximos, se dividen en cada agujero de conjunción en ramas para las raíces y los ganglios raquídeos, médula espinal, envolturas meníngicas, ligamentos vertebrales, vértebras y músculos paravertebrales. Es por esto que Domnisse (1974) le llama el "punto de distribución" de las arterias segmentarias.

Para Lazorthes y Gouaze (1968), Domnisse (1968) y Tveten (1976), las anastomosis ipsi y contralaterales que se establecen entre aquellas ramas, tienen importancia como vías de suplencia.

La procedencia de las arterias segmentarias no está exenta de discusión. La mayor parte de autores (Garcin, 1968; Lazorthes y Gouaze, 1968; Djindjian, Hurth y Houdart, 1970; Tveten, 1976; etc.) coinciden en que se originan de las arterias vertebrales, las cervicales ascendentes, los troncos cérvico-intercostales, las intercostales aórticas, las

lumbares, las ileolumbares y las arterias sacras laterales y media.

Sin embargo, Domnisse (1974 y 1980) encuentra que en un 60 % de los casos, hay arterias segmentarias que proceden de las arterias faríngeas ascendentes. Hassler (1963) considera también la participación de la arterias tiroideas caudales, mientras que Schechter (1965) de algunos vasos del cuello, vecinos a la arteria cervical ascendente y tronco cérvico-intercostal.

Nosotros no podemos participar de la opinión de estos últimos autores, tanto por el trayecto como por la distribución que presentan las arterias faríngeas ascendentes y tiroideas caudales.

Queremos mencionar la desafortunada afirmación de Brihaye (1961) cuando dice que las arterias destinadas a la médula espinal tienen una distribución segmentaria sobre toda la longitud del eje raquídeo.

Una vez considerados estos aspectos generales pasamos al análisis de cada una de las arterias que, por medio de sus ramas segmentarias, pueden irrigar

la médula espinal.

B. 1. - Arterias vertebrales.

En el segmento V_1 de su trayecto no da colaterales a los forámenes intervertebrales. Este hecho es considerado también por otros autores (Argenson, Francke, Sylle, Dintimille, Papasian y Di Marino 1979).

En este primer segmento de las arterias vertebrales, hemos observado un caso de doble origen de la arteria vertebral izquierda. De acuerdo con Rath y Prakash (1984) que publican también un caso de doble origen subclavio de la arteria vertebral derecha, se considera este hecho como insólito.

El segmento V_2 se inicia cuando las arterias vertebrales alcanzan el agujero transversario de una vértebra cervical, con mayor frecuencia la sexta. Así Lippert y Pabst (1985) encuentran esta disposición en el 90 % de los casos.

Las colaterales radicales que emiten las arterias vertebrales durante su trayecto

transversario (V_2), se distribuyen, según Chakravorty (1971) y Tveten (1976), en todos los agujeros transversarios, desde C_6 hasta C_1 , pero solo un número limitado de ellas, llega hasta la médula espinal. Estos mismos autores encuentran constantemente dos arterias radicales entre C_3 y C_6 , una ventral, que procede las arterias vertebrales, y la otra dorsal, procedente de las arterias cervicales ascendentes. Pero en los niveles en que existe arteria radículo-medular, esta procede de la arteria vertebral o de la arteria cervical ascendente (Chakravorty, 1971).

En el segmento V_3 o atlanto-axoideo, las arterias vertebrales dan ramos musculares (Franke, Di Marino, Pannier, Argenson y Libersa, 1981) que participan en la red arterial anastomótica suboccipital. Esta red ha sido valorada como vía de suplencia por Lazorthes y Gouaze (1968). Nosotros veremos más adelante que en este segmento V_3 encontramos, en algunos casos, el origen de las arterias espinales posteriores.

En relación al segmento V_4 o intracraneal, trataremos únicamente de su morfología, ya que las colaterales se discutirán posteriormente.

Duret (1874) ya señalaba la desigualdad en el diámetro de las arterias vertebrales, siendo generalmente mayor el del lado izquierdo. En una serie de Stoppford (1915, 1916) de 150 disecciones, encuentra 22 casos (14.66 %) cuyo diámetro en un lado es la mitad o menos que en el otro. Silverstein (1964) refiere 9 casos de arteria vertebral muy delgada e incluso filiforme. Powers, Drislane y Landoli (1963) consideran que en el 3 % de los casos no existe la arteria vertebral en un lado.

Santos Ferreira, Margal y Levy (1968) encuentran 5 casos en una serie de 9, en que la arteria vertebral izquierda es mayor que la derecha. Lazorthes y Gouaze (1968) encuentran un valor de 5 m.m. para el diámetro medio de las arterias vertebrales, y dan la noción de la dominancia vertebral en relación a las colaterales radículo-medulares.

Obounou-Akong (1969) encuentra un diámetro medio de 2.91 m.m. para la arteria vertebral derecha, y de 3.10 m.m. para la izquierda.

Boudouresques, Vigouroux y Daniel (1970) también encuentran desigualdad en el diámetro medio

de las arterias vertebrales, con un predominio del lado izquierdo.

Chakravorty (1971), en 31 médulas espinales estudiadas, no observa nunca ausencia de una arteria vertebral, pero en 24 casos hay desigualdad en el diámetro, siendo mayor en el lado izquierdo. Asimismo, Tveten (1976) tiene dos casos de predominio de la arteria vertebral izquierda.

Nos llama la atención el que ninguno de los autores consultados establece un criterio para definir la desigualdad de las arterias vertebrales. En nuestra serie hemos encontrado un diámetro medio de 3.55 m.m. para la arteria vertebral derecha y de 3.72 m.m. para la izquierda. Si consideramos que existe asimetría de las arterias cuando tienen una diferencia de diámetro ≥ 0.90 m.m., son asimétricas en 6 de nuestras piezas (20 %), pero si la asimetría la establecemos para diferencias > 0.50 m.m. la cantidad de piezas asimétricas aumenta hasta 10 (33.33 %).

Otro aspecto a destacar es que en los casos con desigualdad moderada (entre 0.55 y 0.85 m.m.), siempre ha sido la arteria vertebral derecha la de