

GLIOARQUITECTONIA DE LA MEDULA ESPINAL

Jesús Vaquero Crespo *

RESUMEN

Se estudia por medio de una variante del método de Golgi, la distribución de elementos astrocitarios en la médula espinal del perro, describiéndose zonas de mayor densidad de estas células en las distintas regiones medulares. Las características de las agrupaciones neuróglicas parecen indicar una organización de estas células similar a la que presentan las neuronas, sugiriéndose su posible participación en la transmisión nerviosa, ya sea formando un sistema estructural con una función coordinada con la de la neurona, o bien, como es más probable, regulando la actividad de ésta.

INTRODUCCION

Los primeros datos referentes a la neuroglia se deben a Virchow (1846) quien consideró a estos elementos como un simple tejido de unión dispuesto entre las células nerviosas. Desde su descubrimiento hasta la actualidad se han sucedido diversas teorías que tratan de otorgar una función específica a la célula neuróglia. Así, para Weigert es un elemento de relleno; para Golgi es una célula encargada de la nutrición neuronal; Ramón y Cajal (4) supone que el astrocito cumple una misión aislante; Achúcarro (1) señala una posible función secretora, etc. (Vaquero Crespo: Significado neurobiológico de la célula astrocitaria. En prensa).

Ultimamente se está considerando que el elemento astrocitario pueda participar de un modo activo en la transmisión nerviosa, existiendo, según parecen demostrar estudios histológicos e histoquímicos, una homología morfofuncional entre neuroglia y neurona (8, 9).

* Villaamil 31, Madrid 29, España.

La microscopía electrónica, en este sentido, describe contactos entre el astrocito y la neurona, y también interastrocíticos (Gray, 1961). Algunos autores, sin embargo, niegan la catalogación como sinápticas a este tipo de conexiones aún no bien estudiadas (2,7).

El desarrollo de una variante al método de Golgi con afinidad especial para poner en evidencia la neuroglia astrocitaria, nos ha llevado a estudiar de una forma esquemática la disposición de estas células en la médula espinal, con vistas a efectuar posteriormente una observación topográfica más detallada de las mismas. Ese es el objetivo del presente trabajo.

MATERIAL Y METODO

Se han utilizado 8 perros en edades comprendidas entre los 7 y los 30 días. Tras ligera anestesia con éter etílico se sacrificaron los animales extrayendo rápidamente las piezas a estudiar.

El método empleado ha sido el siguiente:

- 1) Las piezas, enteras, se fijaron 8 horas en la mezcla:

Tetraóxido de osmio al 1%	1 cc
Dicromato potásico al 3% (reducido a la luz solar).....	50 cc

- 2) Las piezas, ya cortadas en bloques, se pasaron a:

Formol puro	10 cc
Dicromato potásico al 3% (reducido)	100 cc
Hidrato de cloral	8 g.

Los bloques se dejaron 3 días en esta solución, cambiándola cada 24 horas.

- 3) Se lavaron los bloques con nitrato de plata al 2% y se dejaron en 50 cc de esta misma solución durante 3 días.
- 4) Lavado ligero en agua destilada y pase de las piezas a alcohol absoluto, pudiendo ya ser cortadas con el microtomo de congelación 24 horas más tarde.
- 5) Los cortes se recogieron en alcohol absoluto y se montaron con resina dammar, previo aclaramiento en xilol.

Todo el proceso de fijación e impregnación se hizo en frasco topacio, en la oscuridad, y a baja temperatura.

RESULTADOS

Las células neuróglas se manifiestan sobre un fondo amarillo apreciándose, si el método resulta bien ejecutado, gran número de apéndices filamentosos con abultamientos, que dan un aspecto arrosariado a las prolongaciones del astrocito. Los resultados cuantitativos sobre la distribución celular deben observarse con cierto recelo por las caprichosas características de la impregnación argéntica. A pesar de ello, se pueden apreciar constantemente algunas zonas donde la neuroglia experimenta una mayor condensación. Este hecho es más fácilmente observado en los astrocitos fibrilares de la sustancia blanca.

De un modo esquemático, y estudiando cortes transversales a distintos niveles de la médula espinal, podemos considerar las siguientes zonas con mayor densidad neuróglas:

MEDULA CERVICAL

En la médula cervical se aprecian, en la sustancia blanca:

1. Elementos neuróglas del cordón dorsal.

En el cordón dorsal de la médula cervical existen astrocitos que no parecen tener una ordenación aparente. Existe una mayor densidad a los lados del septum dorsal. A nivel del engrosamiento cervical se aprecia una gran cantidad de células astrocitarias que ocupan uniformemente todo el cordón posterior. Ocasionalmente se observan prolongaciones de estas células que establecen contacto con neuronas del asta posterior. En la parte más dorsal del cordón posterior suele observarse una mayor condensación de astrocitos que constituirían una capa glial limitante.

2. Grupo astrocitario para-radicular dorsal.

Es una agrupación de astrocitos que suele observarse lateralmente al sitio de entrada en la médula de las raíces dorsales. Se pueden apreciar prolongaciones de estas células hacia la pía y ocasionalmente hacia astrocitos situados más ventralmente en la sustancia blanca.

3. Grupo neuróglas lateral..

Ocupa preferentemente una región comprendida entre los fascículos espinocerebelosos y retículoespinal lateral. En el engrosamiento cervical los astrocitos de este grupo parecen introducirse hacia la sustancia gris,

siguiendo la disposición del haz rubroespinal y estableciendo contactos con la neuroglia existente en el límite entre sustancia blanca y sustancia gris medular. Externamente, hacia la pía madre, hay una mayor condensación astrocitaria, fenómeno que en líneas generales se observa en todos los niveles metaméricos y en toda la periferia medular.

4. Grupo para-radicular ventral.

Ocupa la zona correspondiente al fascículo espinotalámico anterior y parte del fascículo vestibuloespinal. Estos astrocitos están íntimamente relacionados con los que ocupan los bordes del surco ventral de la médula. En ocasiones se aprecian prolongaciones astrocitarias de esta zona que acaban sobre el soma o las prolongaciones de neuronas motoras.

5. Grupo surco-marginal.

Comprende una agrupación de astrocitos fibrosos que se disponen a los lados del surco anterior de la médula, con el cuerpo preferentemente perpendicular a la dirección de éste. A nivel del engrosamiento cervical estos astrocitos se confunden dorsalmente con los que ocupan la región pre-ependimaria. Preferentemente ocupan una zona correspondiente a los fascículos serticoespinal anterior, surcomarginal y tactoespinal anterior. En la sustancia gris de la médula cervical se aprecian difícilmente zonas de condensación neuróglia. Destacaremos solamente:

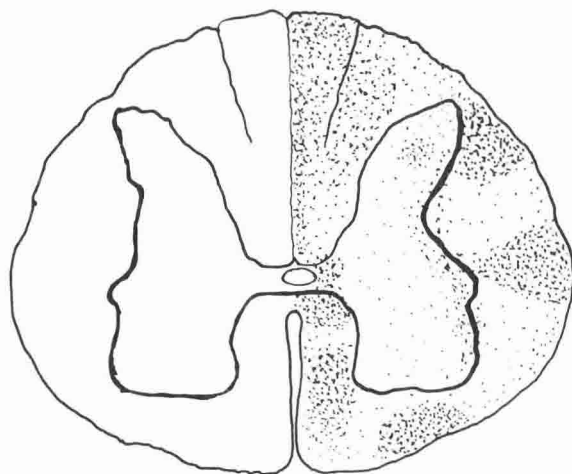


Figura 1.- Representación esquemática de las zonas de mayor densidad astrocitaria en la médula cervical.

1. Elementos neuróglícos del asta posterior, con una mayor densidad a nivel del núcleo propio.

2. Elementos neuróglícos que se disponen longitudinalmente siguiendo el límite entre sustancia blanca y sustancia gris, con una mayor densidad a la altura del engrosamiento cervical.

3. Elementos láteroependimarios, que situados a los lados del conducto ependimario, guardan íntimas relaciones con la pared de éste, con neuronas de la sustancia gris adyacente y con astrocitos vecinos, sobre todo en la parte preependimaria. Identificamos estas células con las que ya describiera Weigert (5) bajo la denominación de plexo neuróglíco periependimario.

MEDULA TORACICA

En las metámeras torácicas la población neuróglíca difiere muy poco de la que hemos reseñado en la médula cervical, excepción hecha de la mayor densidad que hemos apuntado en el engrosamiento cervical. Unicamente es posible apreciar en algunos cortes, que el agrupamiento neuróglíco que hemos denominado como para-radicular ventral se desdobla en dos subgrupos, uno de los cuales ocupa la región de emergencia de las raíces anteriores, por lo que a éste podemos designarle como grupo radicular ventral. Se observa, igualmente, con el método empleado, una mayor cantidad de astrocitos diseminados difusamente y sin agrupaciones características, con respecto a los primeros segmentos cervicales. En comparación con la médula cervical, destaca igualmente el mayor número de astrocitos que integran el grupo para-radicular dorsal.

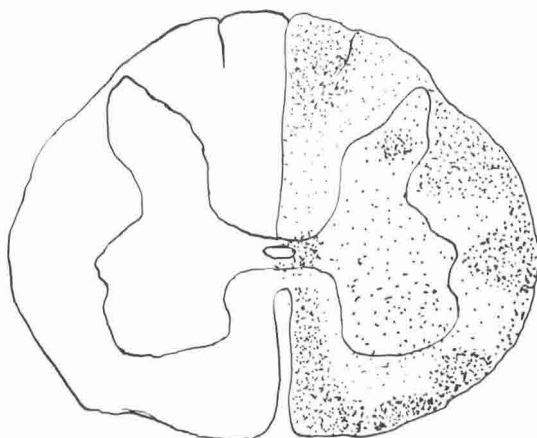


Figura 2.- Esquema que muestra las zonas de distribución de astrocitos en la médula torácica.

MEDULA LUMBAR

En la médula lumbar, los astrocitos de la sustancia gris están ordenados irregularmente, de modo análogo a como hemos reseñado en niveles superiores. Señalaremos únicamente, que parece esbozarse una agrupación en la zona del ápex del asta posterior que se confunde con los astrocitos que ocupan la zona marginal de Lissauer, algunos de los cuales forman parte de los elementos neuróglícos limitantes, ya en la proximidad de la pía. A la altura del engrosamiento lumbar se aprecia, de modo análogo a como hemos observado en el engrosamiento cervical, la existencia de elementos astrocitarios que se disponen a lo largo del límite entre sustancia blanca y sustancia gris, sobre todo en las partes laterales de ésta. Es posible observar un agrupamiento algo más característico en la zona en que las raíces ventrales abandonan la sustancia gris. A estos elementos, no fácilmente visibles, los denominamos como grupo dorso-radicular ventral.

En la región periependimaria apreciamos una condensación de astrocitos, sobre todo en las partes laterales del epéndimo, siendo fácil ver cómo estas células rodean el conducto central de la médula, siendo en su mayor parte astrocitos fibrosos, a pesar de la mayor proporción en esa zona de astrocitos del tipo protoplásmico. En la región periependimaria hay igualmente gran número de fibras neuróglícas sobre todo en la porción ventral, siendo mas escasas en la parte dorsoependimaria.

En algunos cortes puede apreciarse cómo los astrocitos de la sustancia gris se entremezclan con las neuronas, y en ocasiones existen agrupaciones poco características entre las células nerviosas de las láminas 3, 4, 8 y 9 de la clasificación de Rexed (6).

En la sustancia blanca, lo más aparente es la disgregación de las agrupaciones neuróglícas que hemos señalado en niveles superiores, en otras menos numerosas. Así, el grupo para-radicular dorsal que se observa en la región torácica podemos dividirlo, en la región lumbar, en dos subgrupos a los que llamamos retrodorso-lateral y dorso-lateral, tomando como referencia para esta denominación, la presencia constante, en la zona lateral de la sustancia blanca y en situación periférica, de una condensación que se corresponde con el grupo que hemos descrito en la médula cervical y torácica como grupo lateral. En la región lumbar este grupo lateral es menos numeroso en los astrocitos que lo integran y presenta ventralmente, también en situación periférica, otra condensación neuróglíca que designamos como grupo ventrolateral.

Estos grupos, lateral, ventro-lateral, dorso-lateral y retrodorso-lateral, emiten prolongaciones hacia la sustancia gris, formando una especie de

sistema de fibras gliales que se dirigen hacia las neuronas medulares (10). Igualmente se aprecian conexiones fibrilares entre los grupos descritos.

Con similares características a las que hemos señalado en metámeras superiores, se observan elementos astrocitarios en el cordón dorsal, en la zona radicular ventral y en los lados del surco anterior (grupo surcomarginal), donde en ocasiones vemos fibras gliales cruzar de un lado a otro de este surco apoyándose sobre la arteria surcocomisural, rama de la espinal anterior. En la zona radicular ventral no se aprecia la división en dos subgrupos como hemos señalado en la médula torácica.

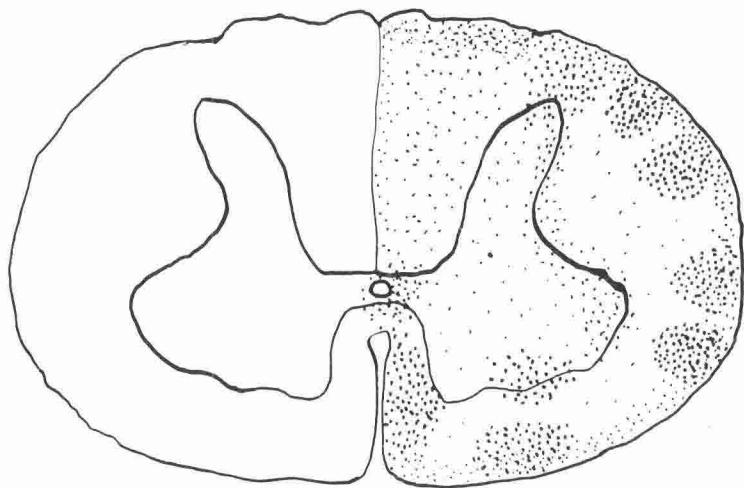


Figura 3.- Representación esquemática de la gliarquitectura astrocitaria a nivel del engrosamiento lumbar.

MEDULA SACRA

En la médula sacra destaca la menor cantidad de células astrocitarias según descendemos hacia metámeras inferiores. En la sustancia gris únicamente merece ser destacada una condensación astrocitaria en las vecindades del epéndimo, sobre todo en su parte anterior y extendiéndose lateralmente. Estos astrocitos están en íntima relación, y gozan de análogas características morfológicas, con los situados en la comisura blanca medular.

En la sustancia blanca, podemos distinguir esquemáticamente, las siguientes agrupaciones:

1. Elementos neuróglícos del cordón posterior.

Son relativamente escasos, agrupándose a los lados del septum dorsal. En algunos cortes se aprecia una mínima condensación en una zona dorsomedial al centro del cordón dorsal.

2. Grupo radicular ventral.

Estos elementos parecen ser continuación de la columna celular que con este nombre hemos descrito a niveles más altos de la médula. La neuróglia de esta región suele agruparse en una doble fila de células que emiten gran número de prolongaciones tanto en dirección ventral, hacia la pía, como dorsalmente, hacia las motoneuronas, entremezclándose estas últimas prolongaciones con las pertenecientes a astrocitos de aspecto protoplásmico que siendo poco numerosos y situados en la sustancia gris en su mayor parte, ocupan la zona dorso-radicular ventral.

3. Grupo surcomarginal.

A los lados del surco anterior de la médula existe casi constantemente una hilera de cinco o seis células neuróglícas que extendiéndose a lo largo de la **fissura mediana ventralis**, envían prolongaciones en dirección preferentemente perpendicular a la misma. Los elementos más próximos al surco suelen enviar prolongaciones en forma de abanico hacia la parte dorsal, siguiendo longitudinalmente el sistema arterial surcocomisural. Englobamos a todos estos elementos como integrantes de un reguero celular que se extendería longitudinalmente a lo largo de la médula y que designamos como columna neuróglíca surcomarginal.

4. Grupo surcoterminal.

Muy manifiesto en la médula sacra, está integrado por células neuróglícas dispuestas en la parte central de la comisura blanca, donde acaba el surco ventral. En cortes a niveles superiores de la médula sacra, puede observarse una disgregación en dos pequeños grupos que tienden a situarse lateralmente. En cualquier caso, son evidentes prolongaciones que acaban con aspecto de garra, y que se entremezclan con las de los astrocitos heterolaterales en esta región. Se aprecia ocasionalmente, como ya describió Cajal (4), que las prolongaciones periféricas de las células ependimarias ventrales, con aspecto arrosariado, acaban sobre la pía que reviste el surco ventral. Se puede apreciar igualmente que estas prolongaciones pueden acabar entremezclándose con las fibras gliales de esta zona.

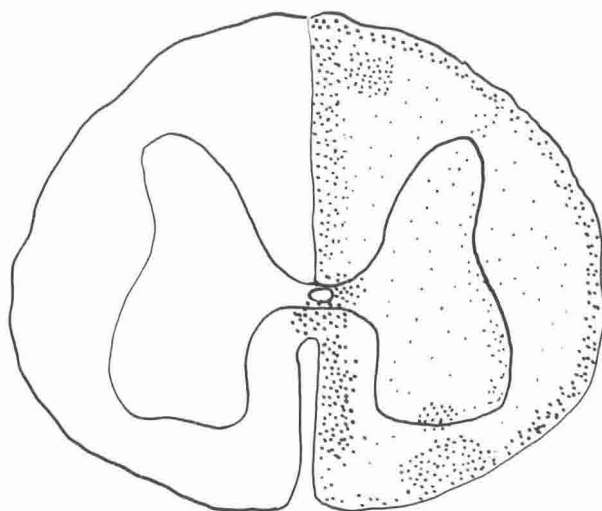


Figura 4.- Distribución de los astrocitos en la médula sacra.

DISCUSION

Según estos resultados, creemos poder llegar a las siguientes conclusiones:

- 1) En la sustancia blanca de la médula espinal la densidad de astrocitos es mayor que en la sustancia gris.
- 2) Existen evidencias morfológicas de que los astrocitos están agrupados en la médula espinal de modo análogo a como lo están las neuronas.
- 3) Estas agrupaciones se corresponden en los distintos niveles medulares, siendo más patentes y mayores en las metámeras de intensa actividad funcional, como son los engrosamientos cervical y lumbar.
- 4) Los grupos de astrocitos están casi exclusivamente en la sustancia blanca medular, y sus elementos integrantes pertenecen a la variedad de astrocitos fibrosos.
- 5) Dentro de la sustancia blanca estos grupos están situados preferentemente en la zona periférica de la misma, formando un sistema de proyección fibrilar hacia la sustancia gris de la médula.

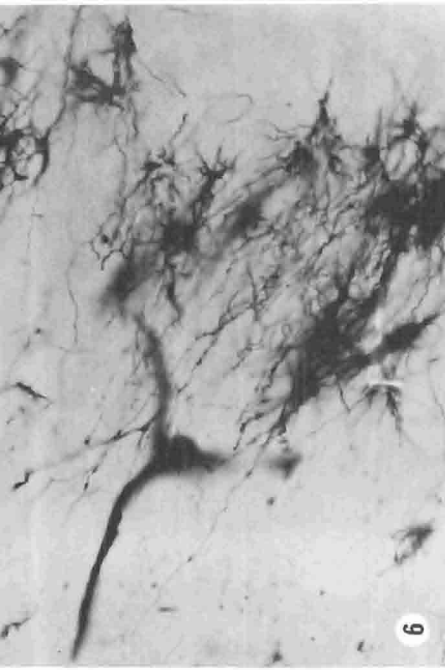
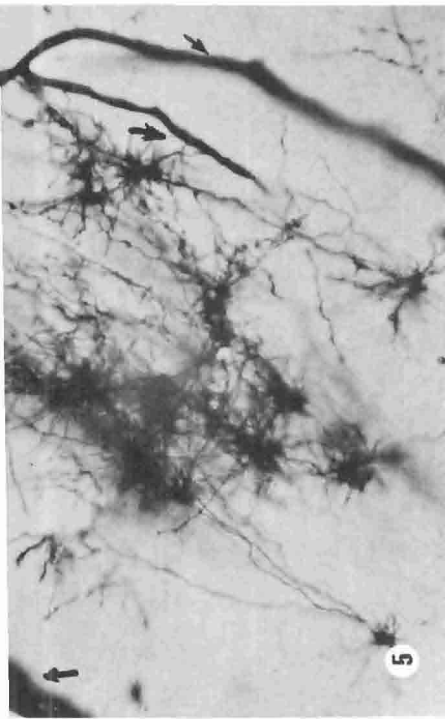
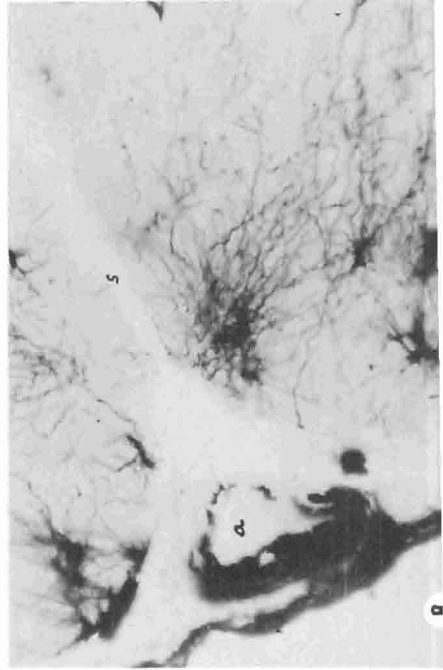
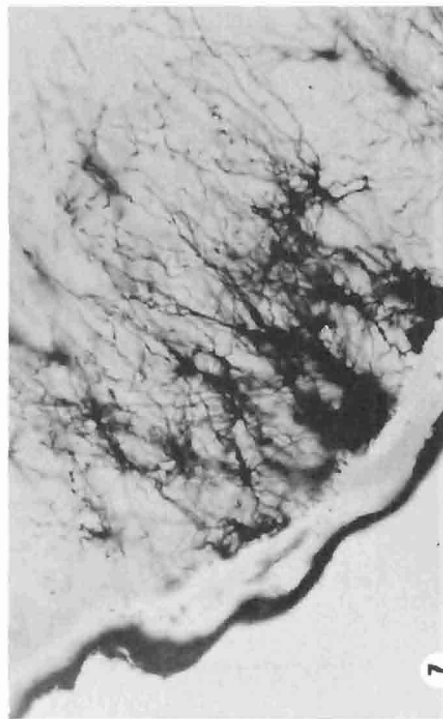


Figura 5.— Médula espinal. Engrosamiento lumbar. Grupo de astrocitos ventrolateral. Las flechas señalan vasos sanguíneos pertenecientes al sistema vascular periférico medular. Figura 6.— Médula torácica. Grupo astrocitario para-radicular ventral. Figura 7.— Médula. Engrosamiento lumbar. Grupo neuróglia radicular ventral. Figura 8.— Astrocitos en la zona ventromedial de la médula torácica. a: arteria espinal anterior; s: surco ventral.



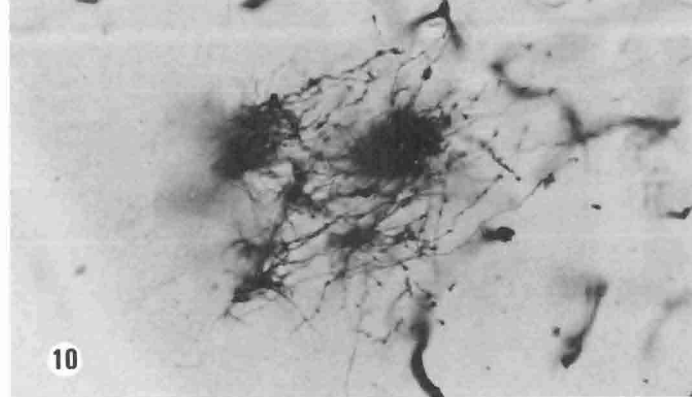
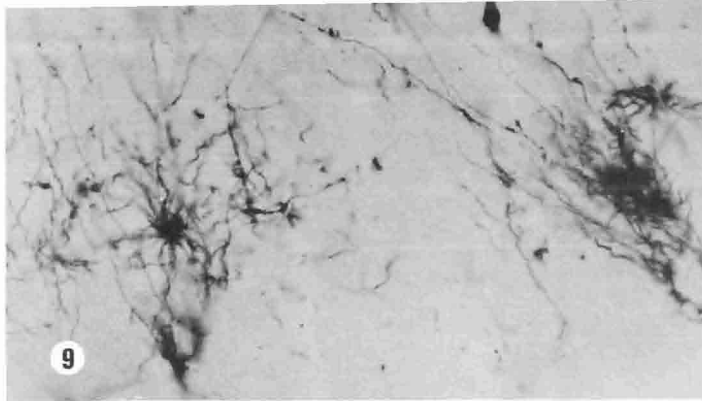
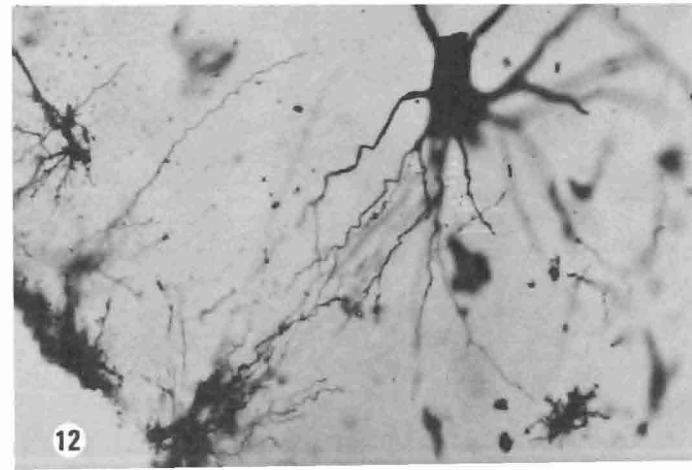
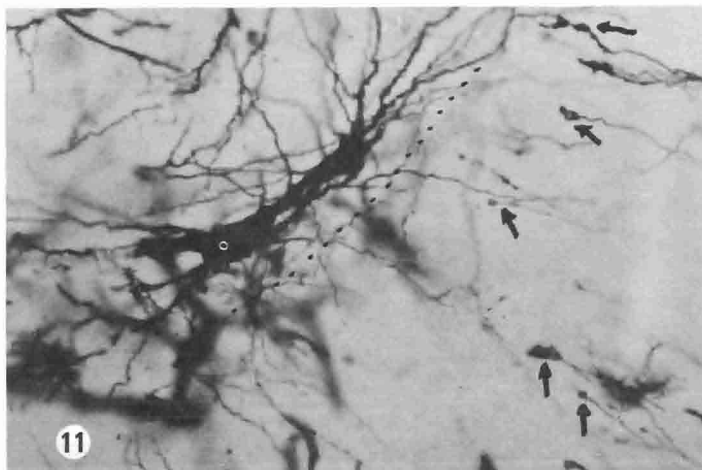


Figura 9.— Médula lumbar; segmentos altos. Astrocitos de los grupos lateral y ventrolateral. Figura 10.— Engrosamiento lumbar. Grupo neuróglico retrodorso-lateral. Figura 11.— Médula lumbosacra. Sistema de fibras neuróglicas que, procedentes de los grupos astrocitarios periféricos, se dirigen hacia la sustancia gris. Las dos neuronas que se observan pertenecen al núcleo motor ventrolateral. Las flechas señalan algunos de los característicos botones en la terminación de las fibras neuróglicas. Figura 12.— Médula lumbosacra. Región ventrolateral. Relaciones entre estructuras neuróglicas periféricas y una neurona.



- 6) Los astrocitos establecen conexiones entre ellos mediante engrosamientos ampulosos de sus fibras, estableciendo igualmente conexiones con las neuronas, en especial con las de significación motora.

El hecho de que la densidad de elementos neuróglícos sea mayor en la sustancia blanca, a pesar de la menor vascularización que ésta presenta en comparación con la sustancia gris, nos hace dudar de la relación vásculo-glial en cuanto a que sea expresión morfológica de una función del astrocito como elemento intermediario entre la neurona y el torrente circulatorio (3,10). Hemos observado, sin embargo, que en determinadas zonas de la sustancia blanca parecen existir grupos neuróglícos que constituirían columnas celulares a lo largo de la médula espinal; estas células gliales emiten prolongaciones en el plano transversal hacia las neuronas de la sustancia gris.

Estas características morfológicas, constantes a pesar de las limitaciones que el estudio histológico de cualquier material con un solo método supone, nos hace sospechar que la neuroglia astrocitaria tiene una ordenación sistematizada, lo que hablaría en favor de la participación de estas células en la transmisión nerviosa, ya sea formando parte de una organización estructural con función específica, o bien regulando de algún modo la actividad de la célula neuronal.

The Glioarchitecture of the Spinal Cord.

Vaquero-Crespo J (Villaamil 31, Madrid-29, España) *Invest Clín* 13 (1): 15-27, 1972.- Using a variant to the Golgi method, a study is made of distribution of astrocytes in the spinal cord of dog, describing areas of major density of these cells in the distinct territories of spinal cord. The characteristics of groups of neuroglia seem to indicate an organization of these cells similar to that presented by the neurones, suggesting their possible participation in the nervous transmission, whether they form a structural system with coordinating function with that of the neurone or, as is more probable, regulating the activity of the latter.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- ACHUCARRO N: De l'évolution de la néuroglie et specialment de ses relations avec l'appareil vasculaire . *Trab Lab Invest Biol Univ Madrid* 13: 169-212, 1915.

- 2- DE ROBERTIS EDP: Some new electron microscopical contributions to the biology of neuroglia , en Progress in Brain Research, vol 15, Biology of Neuroglia (De Robertis y Carrea, ed) Amsterdam, Elsevier, 1965, p 11.
- 3- FRIEDE RL: Papel de los pies gliales en el equilibrio electrolítico del cerebro. Triángulo 9: 165-173, 1970.
- 4- RAMON Y CAJAL S: Histologie du Systema Nerveux de l'Homme et des Vertébrés. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1952-55.
- 5- RANVIER: Sur les éléments conjonctifs de la moelle épinière. Compte rendue de l'Acad. des Sciences, 1873.
- 6- REXED B: The cytoarchitectonic organization of the spinal cord in the cat. J Comp Neurol 96: 415-498, 1952.
- 7- SVAETICHEN G, y col: Nervous function based on interactions between neuronal and non neuronal elements, en Progress in Brain Research, Biology of Neuroglia (De Robertis y Carrea, ed) Amsterdam, Elsevier, 1965, p 243-266.
- 8- VALENZUELA Y CHACON J: Etude histochemique et histologique de la néuroglia du cerveau. Descriptions des prolongements épineux de la néuroglie et des boutons terminaux et leur participation dans l'influx nerveux. Acta Histochem Bd 35: 220-232, 1970.
- 9- VALENZUELA Y CHACON J: Sur les connexions des grains du cervelet avec les capillaires et identités du grain du cervelet et de la néuroglia. Acta Histochem Bd 37: 302-322, 1970.
- 10- VAQUERO-CRESPO J: Estudio de las relaciones anatómicas entre células y vasos sanguíneos en el territorio anterior de la médula espinal. Clínica IV: 2, 1972.

Recibido: 31-1-72

Aceptado: 15-3-72