

otras características estructurales como sus mitocondrias grandes y numerosas los diferencian netamente de los adipocitos 'blancos'. Sin embargo, la principal diferencia entre ambos tipos de grasa es funcional, ya que los ácidos grasos que acumulan los adipocitos 'pardos' no se liberan a la sangre para que sean utilizados por otras células, sino que son 'quemados' en sus propias mitocondrias para producir calor. En estas células, la respiración mitocondrial está normalmente desacoplada de la síntesis de ATP, debido a la existencia en las membranas internas de estas mitocondrias de una proteína especial de transporte que permite que los protones, generados por la oxidación de los ácidos grasos, 'fluyan' a través de la membrana a favor de gradiente electroquímico sin activar la sintasa del ATP. Como resultado, los adipocitos 'pardos' oxidan sus reservas de grasa a una alta velocidad produciendo calor en lugar de ATP.

Por mecanismos no completamente aclarados, cuando llega la 'hora' del despertar de la hibernación hay una señal del sistema nervioso, en forma de noradrenalina liberada por los terminales axónicos que inervan ampliamente el tejido pardo, que activa a la lipasa de los adipocitos. Esta enzima comienza a hidrolizar la grasa almacenada en las gotitas lipídicas dando lugar a ácidos

grasos que serán oxidados en las mitocondrias para producir calor. El calor generado por estos adipocitos se transfiere al rico plexo vascular que está en contacto íntimo con ellos y este calor se transmite al resto del cuerpo. Durante el despertar, la temperatura en la grasa parda, particularmente en algunas grandes masas como las que están situadas entre los omóplatos, está entre las más altas de todo el organismo. Curiosamente, la elevación de la temperatura en los animales que se reactivan tras la hibernación no es homogénea por todo el cuerpo, sino que las regiones que primero comienzan a recalentarse son las anteriores, aquellas donde se encuentran los órganos vitales, corazón, pulmones y cerebro, para finalmente alcanzar toda la anatomía del animal.

Así pues, la grasa parda actúa a modo de 'almohadillas calefactoras' participando de forma importante en el recalentamiento de los fríos tejidos animales tras el largo período de la hibernación. En los bebés humanos, en los cuales la grasa parda está ampliamente distribuida, protege las áreas sensibles frente al frío. Sin embargo, en el adulto este tejido se halla muy reducido y su contribución funcional es más que discutida.

J.C. Dávila (Profesor Titular de Biología Celular).

connotación evolutiva. Se acuñó para designar una equivalencia estructural entre partes de dos organismos diferentes, es decir, que dos órganos o estructuras diferentes presentasen una organización de sus elementos similar. Sin embargo, la aparición, pujanza y difusión de las ideas de Darwin hicieron que la idea de la evolución biológica se infiltrara e impregnara todos los campos de la Biología y naturalmente esto también ocurrió en la Anatomía Comparada que entonces cobró un protagonismo inusitado. Las implicaciones evolutivas del concepto de homología son obvias: el parecido estructural entre estructuras de dos especies diferentes puede ser debido a que ambas tienen un origen evolutivo común. Así se estableció una segunda "versión" del concepto de homología que podría resumirse como "parecido estructural debido a un origen evolutivo común". (Este concepto dio lugar a una tercera "versión", la más extendida actualmente, en la que el concepto de homología se entiende únicamente como un origen evolutivo común entre dos estructuras, independientemente de su parecido estructural).

Ahora bien, ¿es un origen común la única causa que puede explicar que dos estructuras presentes en especies diferentes se parezcan? La respuesta es no. Las estructuras en los organismos cumplen una determinada función y el desarrollar determinada función exige unas determinadas características básicas en su diseño estructural. Por ejemplo, las alas, ya sean de un ave o un insecto necesitan contar en su diseño estructural con una amplia superficie de resistencia al aire de forma que el empuje que desarrolla su rozamiento contra este sea suficiente para vencer la fuerza de la gravedad. De esta forma es razonable admitir que dos estructuras que presenten unos mismos requerimientos funcionales, es decir, que cumplan papeles similares, deberán presentar ciertas semejanzas estructurales.

Saber si el parecido entre dos estructuras en especies diferentes se debe a un origen evolutivo común o a procesos de aparición independientes condicionados por determinados requerimientos funcionales (en cuyo último caso hablaríamos de homoplasia) se convierte en una cuestión nada vanal ya que afecta a nuestra valoración de la evolución biológica de forma global. ¿Hasta qué punto son realmente excepcionales y únicos los diseños estructurales que han surgido a través de los mecanismos evolutivos? ¿Con qué frecuencia "inventa" la naturaleza un diseño repetidas veces a lo largo de la historia de la vida? ¿Hasta

NEUROBIOLOGÍA

DISEÑOS ESTRUCTURALES Y EVOLUCIÓN EN EL SISTEMA NERVIOSO DE AMNIOTAS

El mayor obstáculo al que habitualmente se enfrentan los estudios evolutivos es el reconocimiento con ciertas garantías de relaciones de homología entre estructuras pertenecientes a especies diferentes, esto es, que dos estructuras presentes en diferentes organismos hayan derivado evolutivamente de una misma estructura presente en una especie ancestral común. La justificación última del concepto de homología, tal como hoy es entendido por la mayor parte de autores, se asienta en el principio de la comunidad de descendencia propuesto por Darwin a mediados del siglo XIX. Si el conjunto de seres vivos que hoy pueblan la Tierra es el resultado de un proceso de cambio diversificador en el que dos o más especies actuales

han podido surgir de una sola forma ancestral, entonces es muy posible que estructuras presentes en especies actuales diferentes deriven también de una sola estructura.

A veces, la importancia primordial que se le da al hecho de reconocer qué estructuras son homólogas y cuáles no, puede parecer, vista desde fuera, una cuestión excesivamente académica, ligada más a un purismo científico que a una cuestión verdaderamente significativa. Sin embargo, no es así, y para entender este punto es conveniente conocer algo de la historia del término de homología.

Originalmente, el término de homología surgió en una época predarwiniana desligado de cualquier

dónde llega el potencial generador y creador de los procesos evolutivos? Todas estas son cuestiones importantes que están íntimamente relacionadas con los argumentos que hemos expuesto. Una preponderancia de relaciones de homología frente a homoplasia, indicaría que en la naturaleza los diseños estructurales tienen un carácter excepcional y que posteriormente estos se extienden a diferentes formas de vida a través de procesos evolutivos de diversificación. Por el contrario, la abundancia de homoplasias respaldaría que en los procesos evolutivos los diseños estructurales surgen con frecuencia repetidamente.

Pero la cuestión no es nada fácil. ¿Cómo puede saberse si un determinado parecido entre dos estructuras es resultado de una relación de homología o de homoplasia? En el caso de que sean estructuras que fosilicen bien y que su registro fósil sea bastante completo el problema puede estar resuelto. El único inconveniente es que ambas son condiciones muy restrictivas en la evolución de amniotas que sólo son aplicables a determinados ejemplos de estructuras músculo-esqueléticas.

En este sentido, el estudio de la evolución del sistema nervioso de amniotas, más concretamente de su telencéfalo, se convierte en un ejemplo paradigmático. En lo que respecta al sistema nervioso, los fósiles son prácticamente inexistentes, y los escasos ejemplares que existen son únicamente moldes fósiles que sólo dan idea de la forma general y tamaño del encéfalo. Existe además otra particularidad; probablemente, los condicionamientos morfofuncionales son muy intensos en el sistema nervioso debido a una característica patente: su complejidad. En sentido amplio, cuanto más complejo es un sistema dinámico menor es el número de variaciones o modificaciones que permiten que ese sistema sea estable. Es decir, la complejidad que requieren determinados circuitos nerviosos para desarrollar las tareas bajo su responsabilidad podría limitar drásticamente el número de diseños estructurales que posibilitarían cumplir dichas funciones. Habitualmente se acepta que cuanto mayor sea el número de detalles semejantes entre dos estructuras, mayor es la probabilidad de que ambas estructuras sean homólogas pero ¿hasta dónde pueden llegar a parecerse dos estructuras originadas independiente debido a condicionamientos funcionales?

La neocorteza de mamíferos es la estructura más singular del telencéfalo de este grupo y constituye la base anatómica de las elaboradas capacidades mentales de los representantes de este

grupo en general y del hombre en particular. La neocorteza se estructura en láminas paralelas a la superficie externa del telencéfalo, en cada una de las cuales se distribuyen diferentes tipos de neuronas con conexiones también diferentes. La mayor parte de las neuronas de la neocorteza se orientan de una forma claramente radial, perpendicularmente a la superficie pial y a los límites de las láminas, de forma que los axones y dendritas de los somas situados en una capa determinada discurren también por otras capas estableciendo una complejísima red de contactos sinápticos. Las fibras que portan información sensitiva a la neocorteza penetran en esta siguiendo recorridos predominantemente radiales y por tanto atravesando perpendicularmente varias capas. Superficialmente se distingue una capa (denominada capa I, donde a diferencia del resto de capas, una buena parte de axones y dendritas se disponen de forma tangencial).

En el telencéfalo de reptiles existe otra estructura denominada cresta ventricular dorsal (CVD). Esta se halla estructurada en láminas concéntricas, paralelas a la superficie ventricular. Una buena parte de sus neuronas se halla orientada de forma radial, aunque su morfología es diferente de la que presentan los tipos más característicos de la neocorteza. La cresta, también recibe información sensitiva de centros nerviosos similares a los de mamíferos y las fibras que penetran en la cresta presentan una orientación claramente radial. Más aún existe una capa superficial, que denominamos zona periventricular, en la que dendritas y axones se orientan de forma tangencial, paralela a la superficie del ventrículo. Los parecidos que pueden establecerse entre ambas estructuras en cuanto a estos detalles estructurales pueden ser considerados cuando menos notables. ¿Podríamos decir, por tanto, que se trata de diseños estructurales homólogos? Sorprendentemente las respuestas más coherentes parecen apuntar en sentido contrario.

En primer lugar, en ningún anfibio estudiado hasta la fecha (recuérdese que los anfibios son el grupo diferente a reptiles y mamíferos más próximos al origen común de ambos grupos y que los amniotas surgieron durante la evolución a partir de anfibios) se ha hallado ninguna estructura que presente un diseño estructural comparable al de la cresta o la neocorteza. Además los moldes fósiles de los antepasados de los reptiles y mamíferos actuales sugieren que hasta mucho tiempo después de que ambas líneas divergieran no surgió cada una de estas estructuras independientemente y probablemente en momentos diferentes.

¿Cómo explicar entonces que ambos diseños sean similares? Una estructura que procesa información sensitiva variada y compleja debe en primer lugar contar con la posibilidad de discriminar y diferenciar inicialmente cada unidad de información para procesarla de una forma independiente aunque paralela. Para ello es necesario que al menos en principio cada neurona reciba contactos del menor número de fibras posible. Ello se consigue orientando fibras y neuronas receptoras en un mismo eje, en este caso, el eje radial.

Pero además, un procesamiento que permita elaborar respuestas mínimamente complejas, requiere relacionar entre sí o integrar las diferentes unidades de información. Si las unidades de procesamiento inicial se orientan radialmente, las conexiones que sean responsables de los procesos integrativos deberán orientarse de forma tangencial, es decir, perpendicularmente a las conexiones anteriores, tal como sucede en la capa I de neocorteza y la zona periventricular de la CVD.

De este modo, este ejemplo concreto permite ilustrar de qué modo determinadas restricciones funcionales pueden favorecer que en la naturaleza surjan más de una vez unos mismos diseños estructurales.

M.J. Andreu (Profesor de Enseñanza Secundaria).

BIOLOGÍA ANIMAL

LA SEGMENTACIÓN CEFÁLICA EN LOS VERTEBRADOS

Existen animales cuyo cuerpo está constituido por la repetición de un número determinado de segmentos similares. Este es el caso de los gusanos anélidos, como las lombrices de tierra. A este fenómeno se le denomina metamería. Los artrópodos son capaces de explotar

las posibilidades que ofrece la metamería de una forma que no es ajena, probablemente, a su éxito evolutivo. En estos animales los apéndices articulados pueden repetirse de forma similar a lo largo del cuerpo (como en los ciempiés), pero también pueden modificar su plan bási-