

# ENCUENTROS EN LA BIOLOGÍA

ISSN 1134-8496

*Editor: Salvador Guirado. Comité editorial: Ramón Muñoz-Chápuli, Antonio de Vicente, José Carlos Dávila, Francisco Cánovas, Francisca Sánchez Jiménez, Luis Javier Palomo, Antonio Flores, Félix L. Figueroa, Juan A. García Galindo. Editado con la colaboración del I.C.E. de la Universidad de Málaga.*

## BIOLOGÍA CELULAR

### EL "CALENTAMIENTO" DE LOS HIBERNANTES

La hibernación es una de las estrategias más sorprendentes del mundo animal. Con la llegada del invierno y el descenso de la temperatura ambiente, algunos animales entran en un estado de entumecimiento generalizado, durante el cual las funciones vitales casi se paralizan (las frecuencias cardíaca y respiratoria caen hasta unos pocos latidos o inspiraciones por minuto), la tasa metabólica disminuye y la temperatura corporal baja casi hasta el nivel de la temperatura ambiente, pudiendo llegar hasta 5°C por encima de cero (recordemos que la temperatura corporal normal de la mayoría de los mamíferos está por encima de los 36°C). Este estado de entumecimiento se conoce con el nombre de hibernación y durante el mismo los animales muestran muy poca respuesta a los estímulos externos tales como ruidos o si son tocados. Muchos mamíferos (entre ellos algunos roedores como el hamster o las marmotas, y también insectívoros como el erizo) y algunas aves hibernan.

El mantenimiento de una temperatura corporal elevada en un ambiente frío es un proceso que requiere, sobre todo en especies de pequeño tamaño, un gran consumo de energía, por lo que la hibernación puede considerarse como una estrategia para ahorrar esa energía necesaria para mantener la temperatura corporal. Además, los tejidos fríos utilizan menos combustible, por lo que las reservas energéticas acumuladas duran más tiempo. Antes de entrar en hibernación, las especies hibernantes suelen acumular grandes reservas en forma de grasa, con lo que, sin tener que mantenerse calientes, los animales pueden sobrevivir en ese estado largos períodos de tiempo.

La hibernación es un proceso fisiológico cuya entrada, duración y término están controlados principalmente por el

sistema nervioso central. A pesar del entumecimiento generalizado y la falta de respuesta a estímulos externos durante la hibernación, el animal hibernante mantiene su sistema nervioso central completamente funcional y si, por ejemplo, la temperatura externa al animal baja por debajo de 0°C, con el consiguiente riesgo de congelación, el sistema nervioso 'provocará' que el animal se despierte y vuelva a una situación de actividad o bien resistirá el descenso de la temperatura con un aumento controlado en la producción de calor, manteniendo la temperatura, por ejemplo a 5°C. Al final de la hibernación, se produce el despertar del animal. El funcionamiento normal de los tejidos y órganos animales opera a temperaturas de alrededor de los 36-40°C, con lo que en el despertar de la hibernación debe producirse, por algún mecanismo, una elevación relativamente rápida de la temperatura para pasar de los pocos grados por encima de cero a los valores normales.

¿Cómo consiguen los animales ese rápido aumento de la temperatura corporal, para salir del entumecimiento de su organismo tras la hibernación? Aunque el animal que despierta muestra un temblor violento y contracciones musculares que indudablemente generan calor, hay una estructura que juega un papel central en el recalentamiento de los animales en el despertar de la hibernación: el denominado tejido adiposo pardo o grasa parda.

Como ya se ha comentado, las especies hibernantes acumulan reservas ener-

géticas en forma de grasa en el período previo a la hibernación. El tejido especializado en la acumulación de grasa es, sin embargo, el tejido adiposo blanco o grasa blanca, funcionalmente diferente de la grasa parda. Las células del tejido adiposo blanco, denominados adipocitos, actúan como verdaderos reservorios energéticos, acumulando gran cantidad de ácidos grasos en forma de una gran gota lipídica que ocupa prácticamente todo el volumen celular. Estas células van liberando a la sangre su 'combustible', cuando la demanda energética así lo requiere, para que pueda ser utilizado por las células de otros tejidos para obtener energía. De esta forma, las especies que hibernan tienen 'combustible' suficiente para que sus células sobrevivan durante largos períodos de tiempo, más teniendo en cuenta que el metabolismo está muy disminuido. Sin embargo, los adipocitos del tejido adiposo blanco no son las únicas células que almacenan lípidos para la hibernación. Las células del tejido adiposo pardo, denominados igualmente adipocitos, también acumulan ácidos grasos. El color pardo rojizo característico de la grasa parda cuando se examina en fresco se debe, por una parte, al alto contenido en citocromos de sus células y, por otra, a la gran vascularización que posee. El color no es, obviamente, la única diferencia entre el tejido adiposo blanco y el pardo. Este último abunda especialmente en los animales hibernantes, mientras que en otros mamíferos, incluido el hombre, su presencia es meramente testimonial, sobre todo en el adulto (en recién nacidos, sin embargo, sí está ampliamente distribuido). Los adipocitos 'pardos' acumulan ácidos grasos en forma de múltiples gotitas lipídicas en vez de una gran gota, aunque

<i>El "calentamiento" de los hibernantes .....</i>	<i>1</i>
<i>Diseños estructurales y evolución en el sistema nervioso de amniotas.....</i>	<i>2</i>
<i>La segmentación cefálica en los vertebrados.....</i>	<i>3</i>
<i>Sistemas de autoincompatibilidad en plantas con flores (II) .....</i>	<i>5</i>
<i>Noticias .....</i>	<i>6</i>
<i>Algunas aportaciones relevantes de la Geología a la enseñanza de las Ciencias.....</i>	<i>7</i>

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