

SEBBM DIVULGACIÓN

ACÉRCATE A NUESTROS CIENTÍFICOS

Forma, función y fertilidad de los espermatozoides

Eduardo Roldan

Grupo de Ecología y Biología de la Reproducción, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)



Biografía

Profesor de Investigación del CSIC en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Licenciado en Veterinaria y Doctor en CC. Biológicas por la Universidad de Buenos Aires. Ha sido investigador posdoctoral en la Universidad de Hawaii (USA), en el Institute of Animal Physiology (Cambridge, GB), y en el Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC). Ha sido Senior Research Scientist en el Babraham Institute (Cambridge), e investigador contratado en el Dpto. de Reproducción Animal del INIA y en el Instituto de Bioquímica (CSIC-UCM). Fue Catedrático y director del Programa de Reproducción y Biología del Desarrollo en el Royal Veterinary College de la Universidad de Londres. Es autor de 150 publicaciones, y ha sido invitado a presentar ponencias en varios congresos internacionales. Ha recibido el Prize of Science and Technology de la República Popular China y el Wolfson Research Merit Award de la Royal Society of London. Es Académico Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Veterinarias. Actualmente co-dirige con Montserrat Gomendio el Grupo de Ecología y Biología de la Reproducción..

Resumen

Los espermatozoides difieren en forma, tamaño y función, lo que afecta su capacidad de fecundar. Esta diversidad obedece a fuerzas selectivas vinculadas al ambiente donde se produce la fecundación, y competencia entre espermatozoides de diferentes machos por alcanzar el óvulo. La velocidad de natación determina en gran medida la fertilidad espermática y modificaciones en tamaño celular, forma de la cabeza, y metabolismo espermático explican las diferencias entre especies. Los genes que controlan funciones reproductivas también están bajo fuerte presión selectiva

Summary

Spermatozoa differ in shape, size and function, which affects their fertilizing ability. This diversity is due to selective forces linked to the environment where fertilization takes place and competition between spermatozoa from rival males to reach the ovum. Swimming velocity determines, to a large extent, the sperm's fertilizing capacity and modifications in cell size, head shape and sperm metabolism account for differences between species. Genes controlling reproductive function are also under strong selective pressure

<http://www.sebbm.es/>

HEMEROTECA:

http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/acercate-a-nuestros-cientificos_107

El espermatozoide es una célula única por varias razones. Por una parte, ha evolucionado originando una enorme diversidad, que no tiene parangón en ningún otro tipo celular. La estructura básica más común de esta célula, con una cabeza conteniendo el genoma paterno y un flagelo que le confiere motilidad, ha dado lugar a una enorme diversidad morfológica. Existen espermatozoides ameboides sin flagelo, con flagelos múltiples, gigantes, y aquellos que no portan genoma paterno, entre otras múltiples especializaciones.

Existe también una gran diversidad en los mecanismos celulares y moleculares que subyacen a las funciones espermáticas. Hay diferencias en estructuras subcelulares, en la composición de membranas (por ejemplo, en la proporción de los distintos tipos de fosfolípidos, o de ácidos grasos poliinsaturados), en los mecanismos que regulan el calcio intracelular, y todas ellas afectan a la señalización intracelular durante los procesos que transcurren en la vida del espermatozoide. La multiplicidad de funciones que han de realizar para lograr fecundar hace que sea una célula altamente especializada y compartimentalizada. Además, el espermatozoide tiene una vida independiente. Una vez formado y madurado en el sistema reproductor masculino, el espermatozoide es transferido a un ambiente extraño donde desarrolla su vida "libre".

Desde un punto de vista evolutivo, el espermatozoide está bajo fuertes presiones selectivas, pues la selección actúa sobre el éxito reproductivo de los individuos y éstos dependen, en última instancia, del éxito que tengan sus espermatozoides en la fecundación, es decir, de su fertilidad. Por todo ello, el espermatozoide es la diana de fuerzas selectivas que van más allá de aquellas que operan sobre el organismo.

SEBBM
SEBBM

Sociedad Española
de Bioquímica y
Biología Molecular

SEBBM DIVULGACIÓN

Para comprender cómo se ha originado esta enorme diversidad a lo largo de la evolución, y la variación que ello ha generado en los mecanismos subyacentes, se recurre a una integración de niveles evolutivo, ecológico, fisiológico, celular y molecular. El énfasis en la diversidad de mecanismos que han evolucionado ofrece nuevas claves sobre su significado adaptativo y funcional. Una de las principales fuerzas evolutivas que ha promovido la diversidad de espermatozoides es la adaptación a los diferentes ambientes donde tiene lugar la fecundación, que abarca desde el medio marino en el que sobreviven poco tiempo, hasta su transferencia al tracto reproductivo femenino, con diferentes características morfológicas y funcionales en distintas especies, y donde han de sobrevivir mucho tiempo. Además, en muchas especies, las hembras se aparean con más de un macho por lo que los espermatozoides de machos rivales han de competir por fecundar los óvulos en un proceso denominado "competición espermática". Esta presión selectiva favorece caracteres que aportan ventajas a la competitividad del espermatozoide.

La competición espermática favorece un aumento en la velocidad de natación, que es el principal determinante de la fertilidad. El aumento en la velocidad de natación se consigue a través de varios mecanismos. Por una parte, un aumento en el tamaño del espermatozoide (que se produce por un incremento en el tamaño de cada uno de sus componentes) resulta en células que nadan más deprisa. Por otra, los cambios en la forma de la cabeza espermática también inciden sobre la velocidad de natación: una elongación de la cabeza mejora la eficiencia hidrodinámica de las células disminuyendo la resistencia que se opone al medio en el que nadan. Otros cambios en la forma, tales como la aparición de apéndices, y el aumento del volumen de la cabeza, también influyen en la velocidad. Estos cambios en la cabeza espermática obedecen, en parte, a cambios en la forma del núcleo celular que, a su vez, están relacionados con el grado de compactación de la cromatina. Las protaminas, unas proteínas nucleares básicas, son esenciales en este proceso de compactación del ADN y por ello es esperable que estén bajo fuerte selección. Se ha encontrado que existen cambios muy rápidos tanto en la secuencia codificante como en los promotores de las protaminas 1 y 2, que están promovidos por la selección sexual, y que influyen sobre la velocidad de natación.

Otra forma de aumentar la velocidad es mediante el aumento de la energía producida tanto por fosforilación oxidativa, en parte por un incremento del tamaño de la pieza intermedia del flagelo donde se encuentran las mitocondrias, y en parte por un aumento de la glicólisis que tiene lugar en el resto del flagelo. Un mayor tamaño de este componente espermático conduce también a un aumento de la fuerza de propulsión. El aumento en la cantidad de ATP producida por el espermatozoide puede tener lugar en dos pasos evolutivos. Primero se aumenta la concentración de energía por unidad de tamaño de espermatozoide, que presumiblemente se consigue gracias a un aumento en la eficacia del metabolismo energético. Posteriormente,

se da un aumento en la producción total de energía que va asociado a un aumento en el tamaño del espermatozoide.

Así, los cambios en todos los componentes del espermatozoide contribuyen de forma complementaria al aumento en la velocidad de natación. Esto requiere que muchos procesos de desarrollo y diferenciación de la célula, que son esenciales en la formación del espermatozoide, se modifiquen de forma coordinada.

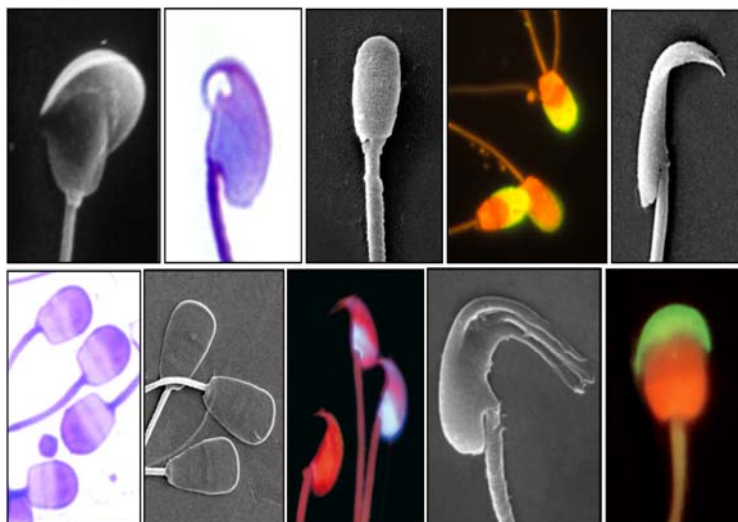


FIGURA. Diversidad en la forma de la cabeza de espermatozoides de mamíferos. La longitud total de los espermatozoides varía entre 30 y 350 μm .

Referencias

1. Gomendio M, Tourmente M, Roldan ERS (2011) Why mammalian lineages respond differently to sexual selection: metabolic rate constrains the evolution of sperm size. *Proc. R. Soc. B* 278:3135-41.
2. Gómez Montoto L, Varea Sánchez M, Tourmente M, Martín-Coello J, Luque-Larena JJ, Gomendio M, Roldan ERS (2011) Sperm competition differentially affects swimming velocity and size of spermatozoa from closely related murid rodents: head first. *Reproduction* 142:819-30.
3. Gomendio M, Martín-Coello J, Crespo C, Magaña C, Roldan ERS (2006) Sperm competition enhances functional capacity of mammalian spermatozoa. *PNAS* 103:15113-7.
4. Lüke L, Vicens A, Serra F, Luque-Larena JJ, Dopazo H, Roldan ERS, Gomendio M (2011) Sexual selection halts the relaxation of protamine 2 among rodents. *PLoS One* 6:e29247.
5. Martín-Coello J, Dopazo H, Arbiza L, Ausió J, Roldan ERS, Gomendio M (2009) Sexual selection drives weak positive selection in protamine genes and high promoter divergence, enhancing sperm competitiveness. *Proc. R. Soc. B* 276:2427-36.
6. Roldan ERS, Shi QX (2007) Sperm phospholipases and acrosomal exocytosis. *Front. Biosci.* 12:89-104.