

los músculos rápidos. Estos cambios causan serias dificultades a los astronautas cuando regresan a la Tierra y casi no pueden caminar (atrofia muscular). Los estudios que se realizan actualmente tratan de buscar un proceso que prevenga o anule los efectos de este fenómeno y para ello se analizan la histología de los tejidos, los niveles y actividad de nucleótidos de alta energía como el ATP y el creatin-fosfato, los cambios en los eventos pre y post sinápticos en la unión neuromuscular, la distribución de los receptores de acetilcolina y finalmente, los cambios en la fisiología del músculo como son la tensión de torsión y la tensión tetánica.

La contraparte humana a este trabajo de medicina espacial se realiza a través de especialistas en radiología y neurología. Estos grupos analizan los efectos de micro-gravedad simulada en el funcionamiento de los músculos en función y fatiga, por medio de nuevos métodos no invasivos de espectroscopia de resonancia magnética nuclear de  $^{31}\text{P}$ , misma que mide los compuestos de fósforo en estados energéticos del músculo. Además, las imágenes arrojadas por la resonancia magnética nuclear permiten evaluar los cambios morfológicos en los músculos y en los tejidos circundantes. Otra técnica utilizada es la del electromiograma integrado que da un promedio de la actividad eléctrica total, mismo que permite la determinación de las unidades motoras responsables de mantener la fuerza en el músculo, estos métodos no invasivos ya es posible buscar los tratamientos ortopédicos más apropiados para ayudar a los pacientes que, por diversas enfermedades crónicas o de larga recuperación, pasan periodos muy prolongados de reposo, en los que sus músculos sufren los cambios fisiológicos equivalentes a los de los astronautas y, por ende, dificultan y alargan su tratamiento médico.

### III. Actividades

1. Solicite a los alumnos que investiguen los siguientes términos o conceptos y los relacionen de alguna manera con el artículo de referencia: fisiología, farmacología, homeostasis, anemia y resonancia magnética nuclear.



culo de referencia: fisiología, farmacología, homeostasis, anemia y resonancia magnética nuclear.

2. Solicite a sus alumnos que realicen un debate (a favor y en contra) del avance de la medicina espacial a partir de la siguiente pregunta: la medicina espacial es un área de la medicina sumamente cara y especializada, ¿qué sentido tiene invertir en ella si sólo unas cuantas personas tienen posibilidad de viajar y permanecer en el espacio?
3. Química del cuerpo. Investigar la fórmula, propiedades, usos y función de algunas sustancias mencionadas en el artículo y la guía. Por ejemplo: acetilcolina, electrolitos, ATP, eritropoyetina, creatin-fosfato, etc.

### IV. Bibliografía

1. <http://nsbri.org/Educational/High-Act.html> (actividades para realizar con los alumnos de tipo experimental).
3. <http://www.mc.vanderbilt.edu/grc/space>
3. "Weightlessness in space", *Scientific American*, septiembre 1998.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56 22 72 97, fax 54 24 01 38, correo electrónico [comoves@universum.unam.mx](mailto:comoves@universum.unam.mx)

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



## Medicina espacial

Concepción Salcedo Meza  
(No. 31, p. 10)



### Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

### I. Ubicación de la temática en los programas de bachillerato de la UNAM

#### Sistemas ENP y CCH

El artículo y esta guía pueden abordarse en cursos medios y superiores de anatomía y biología para enriquecer la discusión. Asimismo, algunas de las técnicas que se utilizan para realizar los estudios médicos se relacionan con áreas como la física y la química, por lo que puede realizarse una actividad inte-

gradadora con otras materias (particularmente en Área II u Opción químico-biológica del CCH).

### II. Más información

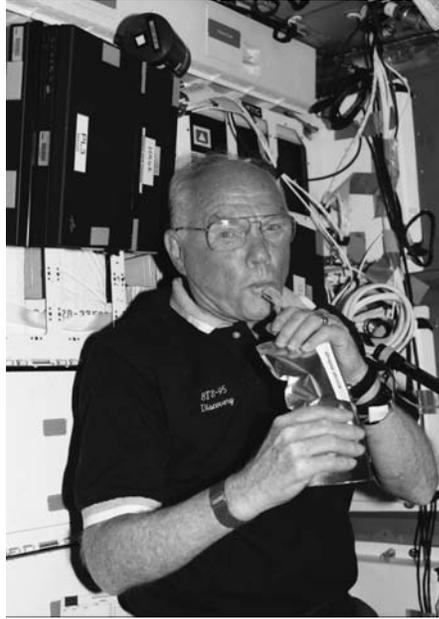
#### El Centro Vanderbilt: todo sobre fisiología y medicina del espacio

De entre varias referencias consultadas vía Internet sobre el tema del artículo, el sitio que presenta el *Vanderbilt Medical Center for Space Physiology and Medicine* es uno de los más completos y atractivos, ya que desde sus laboratorios ubicados en Nashville y que operan desde 1989, numerosos estudios han marcado la frontera del estudio del funcionamiento del cuerpo humano en el espacio. Bajo la dirección del doctor David Robertson, profesor de medicina, farmacología y neurología y del doctor Andrew Gaffney, profesor de medicina, la misión de este centro es la de dirigir y coordinar la investigación que realiza todo el centro médico en su conjunto alrededor de la medicina espacial. De acuerdo a los currículos de los otros colaboradores del centro, no hay duda de que todo el per-

sonal consiste de verdaderas autoridades médicas y de muchas otras áreas relevantes dentro del estudio de los vuelos tripulados al espacio. El Centro también está en constante y estrecho contacto con los científicos de la NASA, así como con investigadores rusos del Instituto para Problemas Biomédicos y con el Centro de Investigación en Cardiología de Moscú. Los primeros estudios relacionados con medicina espacial realizados en el Centro Vanderbilt se remontan a la década de los setenta, cuando el doctor Raphael Smith llevó a cabo los estudios fisiológicos durante las misiones Skylab de la NASA. Recientemente participaron en la misión Neurolab de la NASA y en las misiones Mir, hasta su reciente desaparición. Actualmente también realizan investigaciones en conjunto con las agencias espaciales rusa y alemana.

#### La misión Neurolab

La Neurolab fue una misión del transbordador espacial dedicada a la investigación del sistema nervioso y su comportamiento. Este proyecto utilizó el módulo Spacelab para llevar a cabo un programa integrado de ciencias biológicas en el espacio. Su propósito fue realizar trabajos de investigación básica sobre el área de las neurociencias, a través de preguntas que incrementaran el conocimiento y comprensión de los mecanismos responsables de los cambios neurológicos y de comportamiento en un medio de gravedad cero o, más propiamente, en el caso de las naves, microgravedad. Esta información ha ayudado a los científicos a comprender las condiciones neurológicas normales y patológicas, y puede aplicarse también a la búsqueda de tratamientos efectivos para este tipo de padecimientos en personas que los sufren en nuestro planeta. El Neurolab se diseñó para probar cómo son las funciones del sistema nervioso autónomo en microgravedad. Se realizaron cuidadosos estudios sobre la norepinefrina y su metabolismo, así como del tráfico microneurográfico del sistema simpático, lo cual llevó a una mejor comprensión de la fisiología del cerebro en este medio particular. Actualmente se siguen



analizando e interpretando la enorme cantidad de datos que se recabaron durante los experimentos en el espacio.

#### Homeostasis cardiovascular en el espacio

La respuesta del volumen intravascular, la presión sanguínea y la adaptación del músculo cardiovascular a la microgravedad, son factores de obvia importancia para el diseño de mobiliario y acondicionamiento de espacios tanto orbitales como extra-orbitales durante los viajes al espacio. De igual y hasta de mayor importancia es la respuesta de esos factores fisiológicos al regreso de los astronautas a la gravedad 1 (o mayor).

Todo ello se debe a que tanto en viajes cortos como en los de larga estancia (más conocidos y ensayados por los rusos) los astronautas experimentan fallas en los reflejos neurohumorales del control cardiovascular y severa intolerancia ortostática después del vuelo. La intolerancia ortostática consiste en complicaciones cardiovasculares que derivan en una caída o el aumento de la presión arterial y en el aumento hasta de 30 pulsaciones cardíacas por minuto cuando la persona está de pie. Gracias a los estudios

realizados a través de la medicina espacial en esta área, hoy en día también se están aplicando estos conocimientos al tratamiento y cura de pacientes que sufren de forma natural esos síntomas. Un caso específico es el de las personas que padecen el síndrome de ausencia congénita de norepinefrina y epinefrina, mismo que se manifiesta en una intolerancia ortostática crónica. Este síndrome es tan raro que ningún grupo médico del mundo se había especializado en su estudio, pero a través de la medicina espacial, estas personas tienen hoy la esperanza de que pronto se logren avances importantes en el conocimiento y tratamiento de su enfermedad. Sobre todo porque esta enfermedad es la única que se conoce que presenta los mismos síntomas que sufren los astronautas al volver a la Tierra, incluyendo las fallas en el baroreflejo y la anormalidad hemodinámica que se manifiesta en la hipotensión y el aumento del ritmo cardíaco.

Curiosamente estos síntomas también están presentes en otro padecimiento que cada día se vuelve más común entre las sociedades modernas: el síndrome de fatiga crónica, donde los pacientes, personas muy estresadas por trabajo o situaciones problemáticas prolongadas, exhiben cualquiera o la combinación de síntomas como taquicardia postural, pérdida del tono muscular y constantes situaciones idiopáticas de descontrol y falta de motivación. Como se ve, los avances en la medicina espacial pueden representar a corto plazo, grandes beneficios para la medicina tradicional en la Tierra.

#### Anemia en el espacio

Una de las complicaciones de vivir pesando menos por periodos prolongados es el desarrollo de anemia, misma que se asocia con la baja producción de glóbulos rojos y baja respuesta del reticulocito. En los estudios realizados por la medicina espacial, se ha observado la estrecha relación de esta patología y la eritropoyetina, hormona que regula la producción de células rojas en el organismo en un proceso llamado eritropoyesis. El mantenerse en reposo estricto en cama es una

situación equivalente en la Tierra, donde se observa también una disminución cuantitativa de la masa de células rojas en el flujo sanguíneo. Existen evidencias de que este síntoma, tanto en el espacio como en el reposo en cama, no es debido a la hemólisis (rompimiento celular) como se pensaba originalmente, sino una disminución de la producción de eritrocitos por falta de hormona eritropoyetina, cuyos índices se abaten debido a la falta de actividad del sistema nervioso simpático (SNS) en estados de reposo. Estos estudios ayudaron a otros médicos investigadores a conocer mejor el síndrome de Shy-Drager (atrofia sistémica múltiple), donde los pacientes también sufren de anemia debido a fallas en el sistema nervioso. Esta coincidencia en la sintomatología ha llevado a los dos grupos médicos a trabajar de forma conjunta en un tratamiento basado en la activación del SNS más que en el reemplazo por transfusiones u otras formas farmacológicas para aumentar la producción de eritrocitos (por ejemplo, tratamientos con hierro, etc.).

#### La adaptación de los músculos: todo un reto en microgravedad

Una de las quejas más frecuentes de los astronautas y probablemente uno de los efectos que más limitan la tolerancia a vivir en el espacio es la pérdida de tono muscular por falta de uso. Actualmente se están realizando estudios con ratas que muestran los factores de tipo morfológico, bioquímico y físico que varían durante los cambios temporales que se producen en los músculos lentos y rápidos cuando no se utilizan.

Los músculos rápidos, como su nombre lo indica, son músculos que se contraen rápidamente y se utilizan sobre todo para que el cuerpo se mueva y desplace. De forma equivalente, los músculos lentos se contraen lentamente y son los que se conocen como músculos antigravitatorios o de sostén.

Obviamente, todos los músculos se ven subutilizados en una estación espacial, sin embargo, los músculos lentos son los más afectados, tanto, que incluso cambian morfológicamente para adoptar características de