

# Remo olímpico y remo tradicional: aspectos biomecánicos, fisiológicos y nutricionales

José M. González Aramendi

Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea.

---

**Recibido:** 24.06.2013  
**Aceptado:** 12.02.2014

## Resumen

Se revisan dos modalidades de remo: el remo olímpico o remo de banco móvil, practicado en todo el mundo, y el remo tradicional o de banco fijo, en su modalidad de *traineras*, de gran popularidad en el País Vasco, la costa del Cantábrico y Galicia. Se parte de un breve recuerdo histórico de los orígenes del remo como deporte y se destaca la gran influencia de las universidades inglesas en su promoción.

Se resaltan las principales características técnicas, biomecánicas, antropométricas y fisiológicas de ambas modalidades, con la consideración de que son muy numerosos los estudios en el remo de banco móvil y, por contra, relativamente escasos en el caso de las *traineras*. Se destaca el gran potencial aeróbico de los remeros de alto nivel.

La nutrición juega un papel fundamental en el rendimiento en remo, y es elemento principal en los programas de ajuste de peso, especialmente en la categoría ligeros del remo olímpico. Se realiza una revisión de los aspectos más significativos de la nutrición y la hidratación en remo y su relación con el rendimiento, incidiendo en los estudios realizados específicamente en este deporte.

## Palabras clave:

Remo olímpico. Remo tradicional. Biomecánica. Fisiología. Nutrición. Hidratación. Rendimiento.

## Olympic rowing and traditional rowing: biomechanical, physiological and nutritional aspects

### Summary

We review two types of rowing: the olympic rowing, practiced all over the world, and one modality of traditional rowing, in the modality of *traineras*, very popular in the Basque Country, the Cantabrian Sea and Galicia.

It starts with a brief historical review of the origins of rowing as a sport, and highlights the great influence of the English universities in promoting this sport.

It highlights the main techniques, biomechanical, anthropometric and physiological characteristics of both types of rowing, with the consideration that there are a lot of studies in olympic rowing, but few in the case of *traineras*. The great potential of aerobic high-level rowers is emphasized.

Nutrition plays a key role in rowing performance, and is the main element in the weight adjustment programs, especially in the lightweight category of Olympic rowing. A review of the most significant aspects of nutrition and hydration in rowing and its relation to performance is performed, focusing primarily on studies conducted specifically in this sport.

### Key words:

Olympic rowing. Traditional rowing. Biomechanics. Physiology. Nutrition. Hydration. Performance.

---

**Correspondencia:** José M. González Aramendi  
E-mail: jmgaramendi@gmail.com

## Introducción

### Remo de banco fijo y remo de banco móvil. Breve recuerdo histórico y características generales

El ser humano ha navegado desde su pasado más remoto, valiéndose entonces de los medios y materiales que la naturaleza le ofrecía: troncos huecos, cañas atadas y pellejos de animales inflados de aire; elementos que serían impulsados primero con los propios brazos y piernas, y después con la ayuda de palos, esbozos de remos y velas. Aunque los primeros registros datan de hace más de 5.000 años, es unos siglos antes de nuestra era cuando el arte y a la ciencia del remo toma auge para empresas comerciales y militares<sup>1</sup>.

En el Golfo de Vizcaya, el mar Cantábrico y Galicia, las labores de pesca a remo y las pugnas entre las embarcaciones a remo para labores de ataje de buques de gran tamaño fueron el caldo de cultivo de las regatas de traineras. Fue en el año 1879 cuando se organizaron en San Sebastián las primeras regatas de traineras de La Concha, durante muchos años la única competición regular de remo del Cantábrico. En otros lugares fue el transporte de personas y mercancías lo que propició el remo como deporte. Así, en 1715, tuvo lugar en Londres la primera edición de la *Doggett's Coat and Badge Race*, la regata de remo en vigor más antigua, y uno de los eventos deportivos vigentes más antiguos del mundo. En 1793 el Eton College organizó cursos de remo para sus alumnos, y más tarde, en 1815, la universidad de Oxford. El remo adquirió carácter de deporte distinguido y su práctica se extendió entre colegios y universidades, y más allá de las costas inglesas<sup>2</sup>. La rivalidad académica se trasladó al ámbito deportivo, organizándose en 1829 la célebre regata entre las universidades de Oxford y Cambridge.

Inicialmente, y en cualquier tipo de embarcación, el remero se sentaba en una tabla fijada a la estructura del bote. Este remo "de banco fijo" era la única forma de remo existente hasta que, en el siglo XIX,

el desarrollo tecnológico e industrial permitió cuatro innovaciones destacadas: el apoyo del remo fuera del propio bote por medio de barras adosadas al casco, de madera –en 1828– y más tarde de hierro –en 1830–; la sustitución de la quilla exterior por una interior, en 1854; el asiento deslizante o banco móvil, en 1869; y la chumacera o tolete girable, introducida en América en 1874<sup>1</sup>.

El remo, en su modalidad de banco móvil, es deporte olímpico desde la misma creación de los Juegos Olímpicos de la Era Moderna, en 1896, siendo 11 las modalidades oficiales de la Federación Internacional de Remo (FISA). La categoría femenina se introdujo en los Campeonatos del Mundo en 1974, y en los Juegos Olímpicos en 1976. Los primeros campeonatos con participación de remeros ligeros (peso medio inferior a 70,0 kg) tuvieron lugar en 1975, y con remeras ligeras (peso medio inferior a 57,0 kg) en 1983.

El remo tradicional de banco fijo no es olímpico, pero cada especialidad goza de su propia popularidad en muchos países. En Cataluña y la Comunidad Valenciana, el Llaüt o Llagut, embarcación de 8 metros de eslora y unos 150 kg de peso, porta una tripulación de 8 remeros y un timonel; las regatas se disputan sobre 700 y 1.400 metros y una a tres ciabogas o giros. Similar pero mucho más pesado (300 - 500 kg) es el Falucho. Y en el litoral de Málaga se usan aún las Barcas de Jábega, embarcaciones de madera de 8-9 metros de eslora y entre 480 y 1150 kg, propulsadas por 7-8 remeros. En este ensayo se hace referencia a dos especialidades: al ya presentado remo de banco móvil o remo olímpico y, en menor medida, por haber sido menos estudiado, al remo tradicional de banco fijo en su modalidad de traineras, cuyas regatas, en bahías y mar abierto, son normalmente de 4 largos y 3 ciabogas.

En la Tabla 1 se muestran las principales características técnicas de las embarcaciones de remo olímpico y remo tradicional, las distancias a recorrer en las regatas más relevantes y la composición de las tripulaciones; y en la Figura 1 la diferente estructura de las embarcaciones.

**Tabla 1. Características técnicas de las embarcaciones, distancias de regata y composición de las tripulaciones. La distancia de regata se refiere a la categoría senior.**

| Embarcación                    | Eslora<br>Máxima (M) | Peso mínimo<br>(Kg) | Distancia<br>de regata (M) | Remos por<br>remero | Tripulación          |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Remo de banco fijo</b>      |                      |                     |                            |                     |                      |
| Bateles                        | 7,00                 | 70                  | 2.000                      | 1                   | 1 patrón, 4 remeros  |
| Trainerillas                   | 9,50                 | 100                 | 3.500                      | 1                   | 1 patrón, 6 remeros  |
| Traineras                      | 12,00                | 200                 | 5.556                      | 1                   | 1 patrón, 13 remeros |
| <b>Remo de banco móvil</b>     |                      |                     |                            |                     |                      |
| Skiff (1x)                     | 8,2                  | 14,0                | 2.000                      | 2                   | 1 remero             |
| Doble scull (2x)               | 10,4                 | 27,0                | 2.000                      | 2                   | 2 remeros            |
| Cuatro scull sin timonel (4x-) | 13,4                 | 52,0                | 2.000                      | 2                   | 4 remeros            |
| Cuatro scull con timonel (4x+) | 13,4                 | 53,0                | 2.000                      | 2                   | 4 remeros + t.       |
| Ocho scull con timonel (8x+)   | 18,9 – 19,9          | 98,0                | 2.000                      | 2                   | 8 remeros + t.       |
| Dos sin timonel (2-)           | 10,4                 | 27,0                | 2.000                      | 1                   | 2 remeros            |
| Dos con timonel (2+)           | 10,7                 | 32,0                | 2.000                      | 1                   | 2 remeros + t.       |
| Cuatro sin timonel (4-)        | 13,4                 | 50,0                | 2.000                      | 1                   | 4 remeros            |
| Cuatro con timonel (4+)        | 13,7                 | 51,0                | 2.000                      | 1                   | 4 remeros + t.       |
| Ocho con timonel (8+)          | 18,9 – 19,9          | 96,0                | 2.000                      | 1                   | 8 remeros + t.       |

t.: timonel.

**Figura 1. Izquierda: Cuatro sin (4-). Los portantes posibilitan el apoyo del remo fuera del casco; los carros posibilitan el deslizamiento del cuerpo ampliando así el arco de movimiento del remo. Derecha: Trainera. El apoyo del remo es en el borde del propio casco y el banco es fijo.**



Fotografías del autor.

Los mejores tiempos en regatas de 2000 metros informados por la FISA van en categoría masculina desde los 5:19.35 del M8+ a los 6:46.93 del LM1x (skiff ligero); y en categoría femenina desde los 5:54.16 del W8+ a los 7:28.15 del LW1x<sup>3</sup>. El mejor tiempo de la Regata de la Concha, sobre 5.550 metros, es de 18:59.94. La duración de estos eventos indica bien a las claras que tanto el remo tradicional como el olímpico son actividades predominantemente aeróbicas (ver aspectos fisiológicos).

## Aspectos biomecánicos

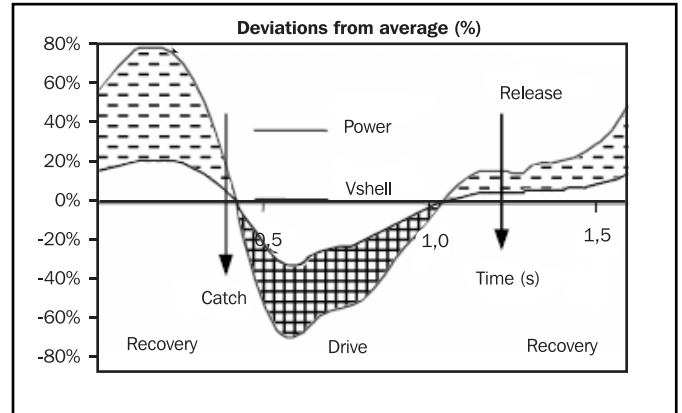
La velocidad del bote es el parámetro que va a determinar el rendimiento en remo. Los factores que inciden en esta velocidad, tanto los fisiológicos del remero como los hidrodinámicos de la embarcación y los biomecánicos del sistema remero-bote, han sido ampliamente estudiados en el remo olímpico.

En la remada se distinguen dos fases principales: la fase de impulso o palada, que se aplica sobre un arco horizontal total de unos 110 grados, y la fase de recuperación. En competición, cada ciclo completo dura un segundo y medio aproximadamente, correspondiendo algo menos de la mitad a la fase de impulso. Durante este ciclo la velocidad del bote no es constante, siendo las variaciones de resistencia más acusadas que las de la velocidad, en relación con la velocidad media del bote<sup>4</sup> (Figura 2).

La palanca se define por la relación entre la longitud total del remo y la longitud de la porción interna del remo, aunque la relación real viene ajustada por el punto central de agarre del remo y el punto central de impulso de la pala (Figura 3). En el remo olímpico, la longitud del remo varía según cuál sea el bote: en el 1x, 2x y 4x es de 2,88-2,89 m, y en el 2-, 4- y 8+ de 3,72-3,73 m. Las palancas reales vienen a ser: en el 1x y en el 2x de 2,119; en 4x de 2,150; en el 2- de 2,223; en el 4- 3,73; y en el 8+ de 3,73. En el remo de banco fijo, la longitud del remo es de 3,00 m en los bateles, de 3,27 m en las trainerillas y de 3,60 m en las traineras; y las palancas reales de 3,06, 3,03 y 3,25, respectivamente.

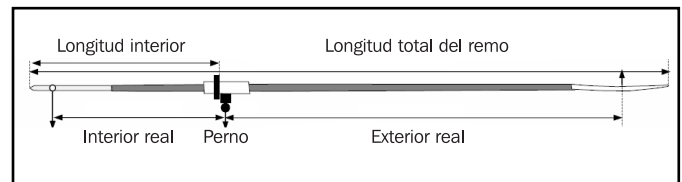
El remo actúa como una palanca de segundo grado, siendo la resistencia el bote, que se encuentra entre la potencia (remero) y el fulcro o punto de apoyo (agua). Se calcula que el 85% es resistencia hidrodinámica y el restante 15% resistencia aerodinámica<sup>5</sup>. La resistencia hidrodinámica es proporcional al cuadrado de la velocidad del bote. Puede formularse como  $R = a \cdot v^2$ , donde  $v^2$  es el cuadrado de la

**Figura 2. Desviaciones de la velocidad del bote y de la resistencia sobre la media. La línea de potencia es la más alejada del eje de abscisas.**



Tomada, con permiso, de Kleshnev V. Rowing Biomechanics, 2006<sup>4</sup>.

**Figura 3. Segmentos en un remo de remo olímpico.**

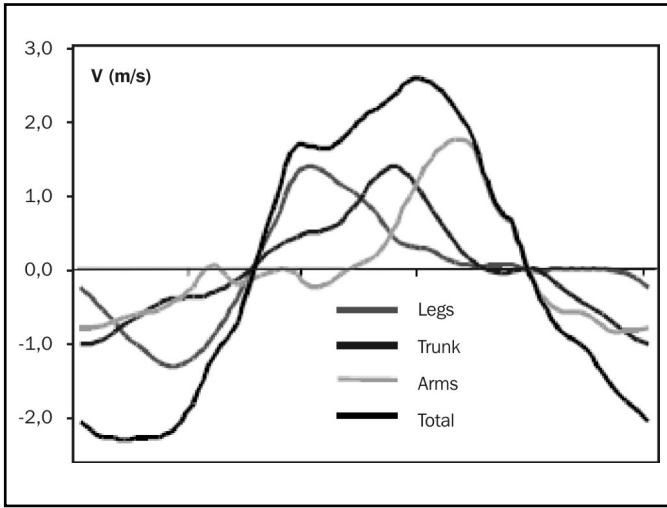


velocidad y a una constante que depende de la superficie mojada del casco y de la forma del mismo. Para mantener una velocidad dada la fuerza aplicada debe ser igual a la resistencia a vencer, por lo que la potencia media requerida es  $P = a \cdot v^3$ . Así, para duplicar la velocidad del bote es necesaria una potencia 8 veces mayor ( $2^3 = 8$ ), mientras que doblar la potencia sólo consigue aumentar la velocidad 1,26 veces ( $2^{1/3}$ )<sup>5</sup>. Las fuerzas y los momentos de fuerza se miden habitualmente en la empuñadura y en el perno o tope de la chumacera. Las gráficas fuerza/tiempo y las curvas de fuerza en relación al arco horizontal son los indicadores más válidos de la técnica de remada.

En remo olímpico, las piernas aportan cerca de la mitad de la potencia requerida (un 46%), el tronco un tercio de la potencia total (32%) y los brazos algo más que un quinto (22%)<sup>4</sup> (Figura 4). En el remo de banco fijo la participación de las piernas es menor, mientras que el tronco se moviliza en mayor medida. *Grosso modo*, las piernas aportarían cerca de un 40% de la potencia total de la palada, repartiéndose el 60% restante entre tronco y brazos.

La eficiencia del remero es la relación entre la potencia mecánica total aplicada y el consumo energético necesario, evaluable por análisis de intercambio de gases, está en torno al 23% en remeros de alto nivel<sup>6,7</sup>. Para la mejora de la eficiencia y para mantener la velocidad del bote lo más constante posible, es importante optimizar el movimiento del remero tanto en la fase del impulso como en la de recuperación<sup>8</sup>; y dado que el remero es unas 5 veces más pesado que el bote, las fluctuaciones de la velocidad del bote aumentan a medida que aumenta la frecuencia de paladas.

**Figura 4. Gráfica de velocidades lineales de las piernas (velocidad del carro), del tronco y de los brazos, obtenidas por medio de varios dispositivos.**



Tomada, con permiso, de Kleshnev V. Rowing Biomechanics: Technology and Technique, 2004<sup>4</sup>.

## Características antropométricas de los remeros

Los remeros de elite son de gran estatura y desarrollo muscular, con porcentajes de tejido graso bajos. Hagerman y Toma<sup>9</sup> informan de los cambios en las características físicas de los remeros del 8+ del equipo nacional de USA desde 1972 a 1997. En estos 25 años, la estatura media ha pasado de 189,4±2,92 a 196,3±3,0 cm y el peso medio de 87,4±6,1 a 93,8±2,7 kg, mientras que el porcentaje de grasa corporal ha disminuido del 12,3±2,3 al 8,9±0,7%. Las remeras de alto nivel son también deportistas de gran estructura corporal. Las del equipo olímpico USA de 1992 tenían una estatura media de 178,6 cm y un peso medio de 73,6 kg<sup>9</sup>. Rakovac, *et al.*<sup>10</sup>, analizando remeros y remeras juveniles en el período 1997–2007, encuentran valores de estatura significativamente más altos en 2007 (1,0 y 2,1 cm respectivamente) sin encontrar diferencias significativas en el peso corporal.

Los varones de categoría ligeros rondan los 70 kg de peso y 177 cm de altura, y las mujeres los 57 kg y 172 cm de estatura, con porcentajes de grasa entre el 5 y el 9% en hombres y 10-14% en mujeres. En los Campeonatos del Mundo Junior de 1997 se registraron valores de 187,4±5,8 cm y 82,2±7,4 kg en varones, y de 174,± 6,2 cm y 69,5± 6,2 kg en mujeres. Las finalistas resultaron tener más peso (+3,6 kg) y más estatura (+3,9 cm) que las no finalistas, sin diferencias significativas en los pliegues cutáneos<sup>11,12</sup>.

Kerr, *et al.*<sup>13</sup> estudiaron a los remeros y remeras participantes de los JJ.OO de Sidney (2000), realizando 38 evaluaciones antropométricas. En la Tabla 2 se resumen algunos de los resultados más relevantes:

En la trainera son necesarios remeros de menor talla y peso corporal para determinadas localizaciones, especialmente en la proa, por lo que

**Tabla 2. Algunos parámetros antropométricos de los remeros y remeras participantes en los JJ.OO de Sydney 2000<sup>11</sup>.**

|                     | Masculinos        |                | Femeninos         |                 |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|
|                     | Absolutos (n=140) | Ligeros (n=50) | Absolutas (n= 69) | Ligeras (n= 14) |
| Edad                | 26,6 ± 3,6        | 27,1 ± 4,1     | 27,8 ± 4,4        | 26,0 ± 2,9      |
| Peso                | 94,3 ± 5,9        | 72,5 ± 1,8     | 76,6 ± 5,2        | 58,5 ± 1,5      |
| Estatura            | 193,3 ± 4,9       | 182,1 ± 3,8    | 180,8 ± 4,7       | 169,2 ± 5,1     |
| Sum. 8 pliegues (*) | 65,3 ± 17,3       | 44,7 ± 8,1     | 89,0 ± 23,6       | 59,7 ± 12,4     |

(\*) Pliegues medidos: Tríceps, subescapular, bíceps, cresta ilíaca, supraespinal, abdominal, muscu anterior y pantorrilla.

las tripulaciones conformadas no resultan ser tan uniformes como en los botes de remo olímpico. Como ejemplo, en la temporada 2013, la tripulación de la trainera “Telmo Deun” de Zumaia, participante en la liga ACT de traineras (primera división de la liga de remo), presentaba un peso medio de 78,6±7,3 kg (rango 68,5 – 91,9 kg), una estatura media de 182,6±5,8 cm (rango 173,0 – 196,0) y un porcentaje graso del 7,8±1,1%, utilizando la fórmula de Yuhasz y Carter<sup>14</sup>. Las remeras de este mismo club, ganadoras de la Liga Femenina de Traineras y de la Regata de la Concha, tenían un peso medio de 61,2±4,4 kg (rango: 55,0 – 68,5 kg), una estatura media de 168,2±6,3 cm (rango: 159,0 – 180,0) y un porcentaje graso del 16,3±5,5% (rango: 14,6 – 21,7).

## Aspectos fisiológicos

En el remo olímpico, Volianitis y Secher<sup>15</sup> informan de valores de consumo máximo de oxígeno de 6,9 l/min, siendo los valores de VO<sub>2max</sub> expresados en ml//kg/min y en ml/kg<sup>2/3</sup>/min similares en remeros grandes y pequeños. Los valores de VO<sub>2max</sub> absolutos (l/min) tienen una relación más directa con los resultados en competición que los valores expresados en relación al peso corporal (ml/kg/min). Pero el metabolismo anaeróbico es también determinante para el éxito en competición. Henning Nielsen informa de concentraciones plasmáticas de lactato de hasta 32 mmol/l, con pH de 6,74<sup>16</sup>, encontrando nosotros un valor de 27,18 mmol/l en un remero en una prueba máxima de 10 minutos en banco fijo<sup>17</sup>. Los valores medios de lactato registrados tras regatas reales de remo de banco móvil se encuentran entre los 15 y los 17 mmol/l<sup>18</sup>, siendo el valor medio encontrado inmediatamente tras las regatas de traineras, de 10,23 mmol/l<sup>19</sup>.

Hagerman, *et al.*<sup>20</sup> establecen que la contribución del metabolismo aeróbico en las regatas de 2000 metros es del 70-80%, siendo el 20-30% glucólisis anaeróbica. Estas estimaciones son similares a las de Roth<sup>21</sup> quien calculó, en base a mediciones metabólicas y a biopsias musculares, que la energía para una regata simulada de 7 minutos se suministraba en un 67% por la vía aeróbica y el 33% restante lo era por la vía anaeróbica (21% metabolismo anaeróbico aláctico y 12% metabolismo láctico). En estas regatas de 2000 metros de remo olímpico de alto nivel, cada miembro de la tripulación genera una potencia media de unos 590 W durante las más de 200 paladas de la regata<sup>15</sup>. En las regatas de traineras se estima, en base a las pruebas en ergómetro, que se mantiene una potencia de entre 270 y 330 W durante las 700-760 paladas que se registran en las regatas.

En remo olímpico, además de valores muy elevados de consumo de  $O_2$ , se observan otras adaptaciones relevantes:

- Una alta proporción de fibras oxidativas ST (70-85%), siendo la mayor parte de las restantes fibras FTa, también con alto poder oxidativo. E hipertrofia de ambos tipos de fibras, siendo específico de los remeros tener fibras ST de mayor sección que las fibras FT<sup>22</sup>.
- Una red capilar muy desarrollada, con una proporción capilares/fibra de 2,6 en sujetos muy entrenados, lo que hace que puedan cuantificarse 600 capilares/mm<sup>2</sup> (320-350 cap/mm<sup>2</sup> en controles)<sup>15</sup>.
- Una elevada capacidad funcional respiratoria, con registros de ventilaciones pulmonares de 270 l/min, a expensas tanto de la frecuencia respiratoria como de unos volúmenes corrientes (VC) extraordinariamente altos: medias de 7,0 litros, con un registro máximo de 9,1 litros<sup>18</sup>.
- Unos tamaños cardíacos muy grandes que posibilitan gastos cardíacos de 30-40 l/min<sup>15</sup>. En el remo se trabaja a menudo a frecuencias cardíacas cercanas a las máximas (190 lpm) con picos de tensión arterial sistólica de 200 mm Hg<sup>23</sup>. Y es esta combinación de trabajos de gran volumen y de gran presión la que puede explicar el gran aumento de las dimensiones ventriculares izquierdas encontrado en remeros.

Bartram, *et al.*<sup>24</sup> informan de diferencias significativas con  $p < 0,001$  en los espesores del tabique interventricular y de la pared posterior, y en el índice de masa del VI entre deportistas jóvenes (55% remeros, edad media 26 años) y controles (edad media 30 años); diferencias que se mantienen con menor significación estadística ( $p < 0,01$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$  respectivamente) entre remeros mayores (edad media 76 años) y controles (edad media 70 años). Y se han medido diámetros telediastólicos de ventrículo izquierdo de 65 mm, relacionados con los grandes volúmenes de entrenamiento de fondo asociados a alta intensidad<sup>25,26</sup>.

Volianitis, *et al.* informan de limitaciones en el gasto cardíaco impuestas por una precarga reducida, que hacen que la presión arterial media sea mantenida por medio de una vasoconstricción no solo en los órganos internos sino también en los músculos activos y en el cerebro<sup>27</sup>. Así, durante el remo de alta intensidad, el flujo sanguíneo muscular se vería reducido y la difusión de gas restringida.

En relación a la función cerebral durante esfuerzos máximos en remo, cabe destacar dos hechos. El primero es que la oxigenación cerebral disminuye debido a una eventual desaturación arterial y a la hipocapnia relativa a la hiperventilación<sup>28</sup>; Nielsen, *et al.*<sup>29</sup> observaron un descenso de la oxigenación cerebral del orden de un 10%, similar a la observada por Madsen y Secher<sup>30</sup> durante los desvanecimientos. Y el segundo que esta menor oxigenación cerebral, a su vez factor de fatiga central afectando al reclutamiento de unidades motoras<sup>28</sup>, no parece alterar el metabolismo cerebral. Volianitis, *et al.*<sup>31</sup> informan de disminuciones del ratio metabólico cerebral (consumo de  $O_2$  en relación al consumo de glucosa) de 6 en reposo a 1,7 en máximo esfuerzo en remoergómetro, que suceden independientemente de la disponibilidad de  $O_2$  por parte del cerebro. Sin embargo, Ainslie, *et al.* informan que en situaciones de hipoxemia, el aporte de oxígeno al cerebro se mantiene por medio de un aumento del flujo sanguíneo cerebral, lo que permite la oxidación de carbohidratos<sup>32</sup>.

Por otra parte, se ha informado que la hipoxemia inducida por el ejercicio estimula la secreción de eritropoyetina, lo que provocaría altas concentraciones de hemoglobina y hematocrito, llegando un 10% de ellos a hematocrito del 50%, límite de no participación<sup>33</sup>. Este hecho no ha sido constatado en remo de banco fijo; con volúmenes de entrenamiento de alrededor de 12 horas semanales, los valores de recuento de hematíes, hemoglobina y hematocrito encontrados en 101 remeros (101 muestras) de la ACT en la temporada 2013 son de  $4,83 \pm 0,33$  ( $\times 10^9$ ),

**Tabla 3. Valores medios y desviaciones estándar de los parámetros estudiados más relevantes en cada una de las pruebas realizadas.**

| <b>Pruebas en ergómetro</b> |                        |                     |                      |                 |                         |
|-----------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|
|                             | <b>Ritmo (pal/min)</b> | <b>Potencia (W)</b> | <b>Distancia (m)</b> | <b>FC (lpm)</b> | <b>Lactato (mmol/l)</b> |
| Progresiva                  | 22-38                  | 274 ± 4,9           |                      | 188,3 ± 4,2     | 13,42 ± 0,54            |
| Máxima 10 minutos           | 32-33                  | 304 ± 7,4           | 2.930 ± 24           | 188,3 ± 5,1     | 17,78 ± 0,73            |
| Máxima 20 minutos           | 32-33                  | 268 ± 7,0           | 5.633 ± 109          | 189,8 ± 4,3     | 14,87 ± 0,83            |
| <b>Pruebas de remo real</b> |                        |                     |                      |                 |                         |
| Fondo                       | 29                     |                     |                      |                 | 1,70 ± 0,12             |
| Series de 1 minuto          | 40                     |                     |                      |                 | 6,68 ± 0,70             |
| Series de 2 minutos         | 40                     |                     |                      |                 | 6,63 ± 1,07             |
| Series de 8 minutos         | 37                     |                     |                      |                 | 6,83 ± 0,72             |
| 1000m a 29 pal/min          | 29                     |                     |                      | 163,0 ± 3,2     | 3,93 ± 0,69             |
| 1000m a 32 pal/min          | 32                     |                     | 1.000                | 171,8 ± 4,1     | 5,62 ± 0,46             |
| 1000m a 34 pal/min          | 34                     |                     | 1.000                | 178,0 ± 5,1     | 8,29 ± 1,05             |
| 1000m a 37 pal/min          | 37                     |                     | 1.000                | 185,0 ± 4,1     | 10,62 ± 1,04            |
| <b>Regatas</b>              |                        |                     |                      |                 |                         |
| (n=31)                      | 36-40                  |                     | 5.556                |                 | 10,23 ± 0,51            |

14,90±0,77 g/100ml, y 43,20±2,08 %, respectivamente (Gabinete Análisis Clínicos, San Sebastián, información personal).

En remo de banco fijo son relativamente escasos los estudios sobre fisiología y biomecánica publicados: los del autor de este artículo<sup>17,19,34,35</sup> sobre cinética del lactato, el de Badiola, *et al.*<sup>36</sup> sobre lactato y prescripción de entrenamientos, el de Izquierdo-Gabarren, *et al.*<sup>37</sup> sobre fisiología, y el de Mújica, *et al.*<sup>38</sup> sobre calentamiento y rendimiento. En nuestros estudios pudimos analizar la cinética del lactato en pruebas de laboratorio y de remo real. La Tabla 3 muestra un resumen de los datos más relevantes.

## Nutrición y rendimiento en remo

Como ocurre en otras actividades deportivas, entre los macronutrientes requieren especial atención los hidratos de carbono (HC) y las proteínas, para asegurar los depósitos de glucógeno y para la reparación y crecimiento tisular, respectivamente.

### Hidratos de carbono

Recordemos que los depósitos corporales de glucosa son limitados: unos 500 gr de glucógeno en los músculos, 110 gr de glucógeno en el hígado y unos 15 gr de glucosa en los líquidos corporales<sup>39</sup>. La dieta diaria del remero ha de aportar altas cantidades de HC, capaces de restituir el glucógeno gastado. Hace ya más de 40 años, Bergstrom y Hultman<sup>40</sup> comprobaron los efectos beneficiosos en este sentido de las dietas hiperglucídicas mantenidas durante días consecutivos. De cara a las regatas, los remeros deberían realizar una correcta carga de glúcidos, asegurando la ingesta de 9 gr/kg de peso y día de HC. Ivy, *et al.*<sup>41</sup> recomiendan que la comida antes de la competición contenga 2 gr/kg de peso corporal de HC. Cuando los ingresos calóricos son de 4.000 a 5.000 kcal/día, una dieta que contenga tan sólo un 50% de HC suministrará de 500 a 600 gr de glúcidos, cantidad suficiente para mantener los depósitos musculares de glucógeno; pero cuando los ingresos calóricos sean menores de 2.000 kcal/día, una dieta relativamente rica en HC (60% del total de calorías) puede no ser suficiente a este fin<sup>42,43</sup>. Dado que cada gramo de HC se almacena junto a 3 gramos de agua, debería calcularse la demanda energética de la regata a fin de evitar depósitos de glucógeno y de agua innecesariamente altos. Lemon<sup>44</sup> sugiere realizar experimentos con diferentes cantidades de HC en regatas simuladas.

### Proteínas

Necesarias para la reparación tisular y los procesos anabólicos, y como componente estructural de las enzimas, proporcionan poca energía para la contracción muscular. En general, las recomendaciones son de 1,2 a 1,4 gr/kg/día para los atletas de resistencia, y de 1,6 a 1,7 gr/kg/día para los de fuerza-resistencia<sup>43,45-47</sup>. Una dieta equilibrada en calorías en la que el 12 al 15% de las mismas deriven de las proteínas sería adecuada para cualquier deportista<sup>43,48,49</sup>, aunque con ingresos calóricos altos, sería suficiente con el 10%. Mayores aportes no parece que den lugar a ventajas añadidas<sup>50</sup>.

## Grasas

La grasa es el macronutriente que más energía aporta (9,1 kcal/gr). Las recomendaciones en remeros de alto nivel son de 1,5 gr/kg/día siempre que no deriven en sobrepeso, y cuidando el consumo de grasas saturadas<sup>44</sup>.

## Vitaminas y minerales

El riesgo de un balance deficiente de micronutrientes en las poblaciones físicamente activas se reduce a los folatos, la vitamina B6, el calcio, el hierro y el zinc. La mayor parte de los deportistas tienen un adecuado estatus de cromo, zinc, magnesio y fósforo, pero algunos pueden experimentar depleciones de hierro, en especial los adolescentes y las mujeres. Las carencias de vitamina B12 se dan sobre todo en mujeres vegetarianas físicamente activas<sup>51</sup>. Los atletas que realizan dietas hipocalóricas severas para reducir su masa corporal (remeros ligeros), pueden no tener suficientes ingresos vitamínicos y de minerales<sup>43,52</sup>. Se les recomienda una ingesta rica en antioxidantes y minerales y, si fuera necesario, suplementación de vitaminas y minerales médicamente controlada.

## Momentos especiales para las ingestas

Numerosos estudios han observado el efecto ergogénico de algunos nutrientes cuando éstos se ingresan en momentos específicos en relación a las sesiones de ejercicio<sup>53,54</sup>. De entrada recordar el efecto insulínico de la contracción muscular, lo que desaconseja la ingesta de HC, sobre todo de alto índice glucémico, durante los 15-45 minutos que preceden al ejercicio, por riesgo de hipoglucemia<sup>55</sup>.

La recuperación del glucógeno muscular gastado resulta clave en el remo. El patrón de resíntesis de glucógeno muscular tiene lugar en dos fases<sup>53</sup>. Inicialmente hay una resíntesis rápida, fase insulino-independiente<sup>56,57</sup>, que sólo acontece si las concentraciones de glucógeno post-ejercicio son bajas (< 128-150 mmol/kg de músculo seco) y se suministran HC inmediatamente tras la finalización del esfuerzo. Esta fase se mantiene generalmente entre 30 y 60 minutos. Tras esta fase rápida, la resíntesis de glucógeno se torna mucho más lenta, siendo esta segunda fase insulino-dependiente.

Ivy, *et al.*<sup>58,59</sup> demostraron que si la ingesta de HC se retrasa 2 horas tras la finalización del ejercicio, la tasa de resíntesis de glucógeno es significativamente menor (un 45% menor) que si el aporte se realiza justo tras acabar el ejercicio. Y aunque Blom, *et al.*<sup>60</sup> informan que la mayor tasa de resíntesis de glucógeno acontece con ingestas de HC de entre 0,18 y 0,35 g/kg/h sin posibilidad de aumentarla con consumos mayores de HC, otros autores sí han demostrado mayores tasas de resíntesis<sup>61-64</sup>. Así pues, son recomendables ingestas de grandes cantidades de HC (1,5 gr/kg cada 2 horas) e incluso de 1,2 a 1,5 g/kg/h cada 30 minutos durante 5-6 horas tras la finalización de entrenamientos y regatas<sup>59</sup>.

En la mayor parte de los estudios revisados se encuentra que la ingesta de HC y proteínas da lugar a una mejoría en la resíntesis de glucógeno<sup>53,59,65-69</sup> y en la resíntesis proteica<sup>70</sup>, una mejora en el rendimiento deportivo<sup>71-73</sup> y un menor daño tisular<sup>72,74</sup>; sin embargo, otras investigaciones no encuentran mejoras significativas ni en la resíntesis

de glucógeno<sup>75-78</sup> ni en la resíntesis de proteínas<sup>78</sup> ni en el rendimiento<sup>79</sup> ni en la función inmune<sup>80</sup>.

## Hidratación y rehidratación

Está bien aceptado que el ejercicio de larga duración, especialmente el realizado en ambiente caluroso, provoca deshidratación corporal con reducción del volumen plasmático<sup>81</sup>. Como respuesta adaptativa, se produce una migración de proteínas desde el espacio intersticial al espacio vascular, lo que hace aumentar la presión oncótica, ayudando así a mantener el volumen plasmático<sup>82,83</sup>. A pesar de las reposiciones, son habituales pérdidas hídricas del 2% del peso corporal total, lo que conlleva una pérdida de rendimiento<sup>84-87</sup>.

Una hidratación adecuada antes, durante y después de los entrenamientos y competiciones asegurará el rendimiento, evitará el estrés térmico, mantendrá el volumen plasmático, retrasará la fatiga, y ayudará a prevenir lesiones asociadas a la deshidratación<sup>87-89</sup>. Dado que la osmolaridad del sudor es aproximadamente un tercio de la del plasma, en base fundamentalmente a los iones Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, y que la cantidad excretada de iones K<sup>+</sup> y Mg<sup>++</sup> es muy baja, incluso grandes pérdidas de sudor no deberían provocar deficiencias significativas en la concentración intramuscular de estos iones, ni efectos sobre el rendimiento deportivo<sup>39</sup>. No se han descrito casos de hiponatremia durante entrenamientos ni competiciones de remo.

Así las cosas, el remero ha de asegurar una ingesta adecuada de líquidos las 24 horas anteriores al evento, beber unos 500 ml de agua durante las dos horas que preceden al entrenamiento o competición, y unos 200-250 ml cada 10-15 minutos durante el ejercicio. La adición de cantidades apropiadas de carbohidratos (6%) y electrolitos (< 25 mmol/l) sólo se recomienda para sesiones de ejercicio de duración mayor a una hora<sup>90</sup>.

## Control del peso en remeros ligeros

Es fundamental el ajuste del peso de cara a la competición, pero este ajuste debe ser realizado con suficiente antelación, para evitar que restricciones de último momento conlleven pérdidas de masa muscular, glucógeno y agua.

Sykora, *et al.*<sup>91</sup>, en un estudio realizado con 162 remeros, encontraron que los remeros varones se veían más afectados que las remeras por la restricciones alimenticias; que los varones ligeros eran los que tenían mayores fluctuaciones de peso entre temporada y fuera de temporada; que los remeros ligeros empleaban métodos más extremos de pérdida de peso que los remeros pesados; y que las remeras cometían, en general, más irregularidades en las prácticas dietéticas.

Slater, *et al.* comprobaron que los remeros ligeros más exitosos son los que tienen menor peso graso y mayor masa muscular<sup>92</sup>; que la pérdida aguda de peso compromete el rendimiento, sobre todo en ambiente caluroso<sup>93</sup>; y que en muchas ocasiones las prácticas de control de peso, ingesta y rehidratación tras el pesaje son incorrectas<sup>94</sup>. También que las estrategias agresivas de recuperación nutricional tras una pérdida de peso muy aguda (4% en 24 horas) pueden minimizar el impacto sobre el rendimiento<sup>95,96</sup>.

La Comisión Médica de la FISA<sup>97</sup> recomienda que los remeros ligeros y los timoneles no superen en Enero en más de 3 kg el peso de competición, ni en más de 2 kg en Marzo, y que 24 horas antes de la competición la reducción de peso no exceda de 1 kg. También monitorizar el nivel de hidratación por medio de tiras reactivas de orina.

## Bibliografía

- Dodd C. *The Story of World Rowing*. London. Stanley Paul & Co. Ltd., 1992. 29.
- Mallory PD. *The Sport of Rowing, Two Centuries of Competition*. London. River & Rowing Museum, 2011. 34.
- FISA. Result Database. Best Times. Disponible en: <http://www.worldrowing.com/results>.
- Kleshnev V. Rowing Biomechanics: Technology and Technique, 2004. Disponible en: [http://www.biorow.com/Papers\\_files/2004%20Rowing%20Technology%20and%20Technique.pdf](http://www.biorow.com/Papers_files/2004%20Rowing%20Technology%20and%20Technique.pdf)
- Basic Physic of Rowing – University of Oxford. Department of Physics. Disponible en: <http://www.atm.ox.ac.uk/rowing/physics/basics.html>
- Kleshnev V. Biomechanics of rowing. En: Nolte V. *Rowing Master*, second edition (2011): p.116.
- Fukunaga T, Matsuo A, Yamamoto K, Asami T. Mechanical efficiency in rowing. *Eur J Appl Physiol*. 1986;55(5):471-5.
- Sanderson B, Martindale W. 1986. Towards optimizing rowing technique. *Med Sci Sports Exerc*. 1986;18(4):454-68.
- Hagerman F, Toma K. Physiological Evolution of the Rowing Athlete: a 25-year Study. FISA Coaching Development Programme Course - Level III. Disponible en: <http://www.remo2016.com.br/Fisa-Nivel3/PDF%20Level%20III/Chapter%204/4C%20Physiological%20Evolution%20-%20FH.pdf>.
- Rakovac M, Smoljanović T, Bojanić I, Hannafin JA, Hren D, Thomas P. Body size changes in elite junior rowers: 1997 to 2007. *Coll Antropol*. 2011;35(1):127-31.
- Bourgois J, Claessens AL, Vrijens J, Philippaerts R, Van Renterghem B, Thomis M, *et al.* Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *Br J Sports Med*. 2000;34: 213-7.
- Bourgois J, Claessens AL, Janssens M, Van Renterghem B, Loos R, Thomis M, *et al.* Anthropometric characteristics of elite female junior rowers. *J Sports Sci*. 2001;19(3):195-202.
- Kerr DA, Ross WD, Norton K, Hume P, Kagawa M, Ackland TR. Olympic lightweight and open-class rowers possess distinctive physical and proportionality characteristics. *J Sports Sci*. 2007;25(1):43-53.
- Carter JEL, Yuhasz MS. Skinfolts and body composition of Olympic athletes. En: Carter L ed. *Physical structure of Olympic athletes*, Part II: Kinanthropometry of Olympic athletes. Basel: Karger; 1984:144-82.
- Volianitis S, Secher NH. Rowing, the ultimate challenge to the human body – implications for physiological variables. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2009;29:241-4.
- Nielsen HB. pH after competitive rowing: the lower physiological range? *Acta Physiol Scand*. 1999;165:113-4.
- Gonzalez Aramendi JM. *Cinética del lactato en remo de banco fijo* (tesis doctoral). Leioa. Universidad del País Vasco; 1994.
- Secher NH. Physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med*. 1993;15(1):24-42.
- González Aramendi JM, Ainz González LF. Cinética del lactato en remeros de banco fijo durante pruebas de laboratorio y de remo real. *Arch Med Deporte*. 1996;55:339-47.
- Hagerman FC, Connors MC, Gault JA, Hagerman GR, Polinski WJ. Energy expenditure during simulated rowing. *J Appl Physiol*. 1978;45(1):87-93.
- Roth W. Ergebnisse leistungsphysiologischer und muskelbiopischer Untersuchungen an Ruderern und Ruderinnen. *Fisa Bull*. 1983;12:172-83.
- Roth W, Schwanitz P, Pas P, Bauer P. Force-time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. *Int J Sports Med*. 1993;14 Suppl 1:32-4.
- Clifford PS, Hanel B, Secher NH. Arterial blood pressure response to rowing. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:715-9.
- Bartram P, Toft J, Hanel B, Ali S, Gustafsson F, Mortensen J, *et al.* False-positive defects in technetium-99 m sestamibi myocardial single-photon emission tomography in healthy athletes with left ventricular hypertrophy. *Eur J Nucl Med*. 1998;25:1308-12.
- Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan MA, Spirito P. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med*. 1991;324:295-301.
- Pelliccia A, Avelar E, De Castro S, Pandian N. Global left ventricular shape is not altered

- as a consequence of physiologic remodelling in highly trained athletes. *Am J Cardiol*. 2000;86:700-2.
27. Volianitis S, Yoshiga CC, Nissen P, Secher NH. Effect of fitness on arm vascular and metabolic responses to upper body exercise. *Am J Physiol*. 2004;286:H1736-41.
  28. Secher NH, Seifert T, Van Lieshout JJ. Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue. *J Appl Physiol*. 2008;104:306-14. Disponible en: <http://jap.physiology.org/content/104/1/306.full.pdf+html>
  29. Nielsen HB, Boushel R, Madsen P, Secher NH. Cerebral desaturation during exercise reversed by O2 supplementation. *Am J Physiol*. 1999;277:H1045-52.
  30. Madsen PL, Secher NH. Near-infrared oximetry of the brain. *Prog Neurobiol*. 1999;58:541-60.
  31. Volianitis S, Fabricius-Bjerre A, Overgaard A, Strømstad M, Bjarrum M, Carlson C, et al. The cerebral metabolic ratio is not affected by oxygen availability during maximal exercise in humans. *J Physiol*. 2008;586:107-12.
  32. Ainslie PN, Shaw AD, Smith KJ, Willie CK, Ikeda K, Graham J, et al. Stability of cerebral metabolism and substrate availability in humans during hypoxia and hyperoxia. *Clin Sci (Lond)*. 2014 May 1;126(9):661-70. doi: 10.1042/CS20130343.
  33. Johansson PI, Ullum H, Jensen K, Secher NH. A retrospective cohort study of blood hemoglobin levels in blood donors and competitive rowers. *Scan J Med Sci Sports*. (2009);19:92-5.
  34. González Aramendi JM, Santisteban Martínez JM, Ainz González LF. Valoración funcional en laboratorio del remero de banco fijo. *Arch Med Deporte*. 1996;52: 99-105.
  35. González Aramendi JM, Ainz González LF. Relación lactato - velocidad - frecuencia cardiaca en pruebas de 1000 metros de remo de banco fijo. *Arch Med Deporte*. 1996;54:253-8.
  36. Badiola JJ, Aparicio AC, Fernandez-García B. Cinética del lactato y variables fisiológicas relacionadas con el rendimiento en una regata de traineras. *Infocoes*. 2001;1:36-48.
  37. Izquierdo-Gabarrón M, Expósito RG, de Villarreal ES, Izquierdo M. Physiological factors to predict on traditional rowing performance. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(1):83-92.
  38. Mujika I, González de Txabarri R, Maldonado-Martín S, Pyne DB. Warm-up Intensity and Duration Affect Traditional Rowing Time Trial Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2012;7:186-8.
  39. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sports and Exercise*. Third Edition. Ed. Human Kinetics; 2004, 121.
  40. Bergström J, Hultman E. Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man. *Nature*. 1966;210:309-10. Citado por Astrand PO et Rodahl K. Précis de Physiologie de l'exercice musculaire. Deuxième édition. Paris: Ed. Masson, 1980.
  41. Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, Coyle EF. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol*. 1988; 64(4):1480-5.
  42. Dunford M. *Sports Nutrition: A Practice Manual for Professionals*. 4th ed. Chicago, IL: American Dietetic Association; 2006. 33.
  43. Rodríguez NR, DiMarco NM, Langley S; American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada and the American College of Sports Medicine. Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc*. 2009;109(3):509-27.
  44. Lemon PWR. Improving Performance with Nutrition. En: *Rowing Faster*, 2 ed. Volker Nolte editor. Leeds LS28 6AT, United Kingdom. Human Kinetics; 2011. 183-95.
  45. Kreider RB, Campbell B. Protein for exercise and recovery. *Phys Sportsmed*. 2009;37(2):13-21.
  46. Paul GL. Dietary protein requirements of physically active individuals. *Sports Med*. 1989; 8(3):154-76.
  47. Tarnopolsky M. Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*. 2004;20(7-8): 662-8.
  48. Lemon PW, Proctor DN. Protein intake and athletic performance. *Sports Med*. 1991; 12(5):313-25.
  49. Lemon PW. Effects of exercise on dietary protein requirements. *Int J Sport Nutr*. 1998; 8(4):426-7.
  50. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr*. 2009;89(1):161-8.
  51. Butterfield GE and Tremblay A. Physical Activity and Nutrition in the Context of Fitness and Health. En: *Physical activity, Fitness and Health: International Proceedings and Consensus Statement*. Claude Bouchard, Roy J. Shephard & Thomas Stephens Editors. *Human Kinetics*. 1994:263-5.
  52. Clarkson PM. Micronutrients and exercise: anti-oxidants and minerals. *J Sports Sci*. 1995;13:S11-24.
  53. Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med*. 2003;33(2):117-44.
  54. Pritchett KL, Pritchett RC, Bishop P. Nutritional strategies for post-exercise recovery: a review. *SAJSM*. 2011;23(1):20-5.
  55. Costill DL, Coyle E, Dalsky G, Evans W, Fink W, Hoopes D. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J Appl Physiol*. 1977;43(4): 695-9.
  56. Maehlum S, Høstmark AT, Hermansen L. Synthesis of muscle glycogen during recovery after prolonged severe exercise in diabetic and non-diabetic subjects. *Scand J Clin Lab Invest*. 1977;37(4):309-16.
  57. Piehl K. Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibres following exercise-induced glycogen depletion. *Acta Physiol Scand*. 1974;90(2):297-302.
  58. Ivy JL, Lee MC, Brozinick JT Jr, Reed MJ. Muscle glycogen storage after different amounts of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol*. 1988;65(5):2018-23.
  59. Ivy JL. Dietary strategies to promote glycogen synthesis after exercise. *Can J Appl Physiol*. 2001; 26 Suppl:236-45.
  60. Blom PC, Høstmark AT, Vaage O, Kardel KR, Maehlum S. Effect of different post-exercise sugar diets on the rate of muscle glycogen synthesis. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19(5): 491-6.
  61. Casey A, Short AH, Hultman E, Greenhaff PL. Glycogen resynthesis in human muscle fibre types following exercise-induced glycogen depletion. *J Physiol*. 1995;483:265-71.
  62. Piehl Aulin K, Söderlund K, Hultman E. Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81(4):346-51.
  63. Tarnopolsky MA, Bosman M, Macdonald JR, Vandeputte D, Martin J, Roy BD. Postexercise protein-carbohydrate and carbohydrate supplements increase muscle glycogen in men and women. *J Appl Physiol*. 1997;83(6):1877-83.
  64. van Hall G, Shirreffs SM, Calbet JA. Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: no effect of additional protein ingestion. *J Appl Physiol*. 2000;88(5):1631-6.
  65. Beelen M, Burke LM, Gibala MJ, van Loon L JC. Nutritional strategies to promote postexercise recovery. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010;20(6):515-32.
  66. Berardi JM, Price TB, Noreen EE, Lemon PW. Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(6):1106-13.
  67. Ivy JL, Goforth HW Jr, Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol*. 2002;93(4):1337-44.
  68. Williams MB, Raven PB, Fogt DL, Ivy JL. Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *J Strength Cond Res*. 2003;17(1):12-9.
  69. Zawadzki KM, Yaspelkis BB 3rd, Ivy JL. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol*. 1992;72(5):1854-9.
  70. Gibala MJ. Protein metabolism and endurance exercise. *Sports Med*. 2007;37(4-5):337-40.
  71. Karp JR, Johnston JD, Tecklenburg S, Mickleborough TD, Fly AD, Stager JM. Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16(1):78-91.
  72. Saunders MJ, Kane MD, Todd MK. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(7):1233-8.
  73. Stearns RL, Emmanuel H, Volek JS, Casa DJ. Effects of ingesting protein in combination with carbohydrate during exercise on endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2010;24(8):2192-202.
  74. Luden ND, Saunders MJ, Todd MK. Postexercise carbohydrate-protein- antioxidant ingestion decreases plasma creatine kinase and muscle soreness. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17(1):109-23.
  75. Carithers JA, Williamson DL, Gallagher PM, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW. Effects of postexercise carbohydrate-protein feedings on muscle glycogen restoration. *J Appl Physiol*. 2000;88(6):1976-82.
  76. Howarth KR, Moreau NA, Phillips SM, Gibala MJ. Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *J Appl Physiol*. 2009;106(4):1394-402.
  77. Jentjens RL, van Loon LJ, Mann CH, Wagenmakers AJ, Jeukendrup AE. Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *J Appl Physiol*. 2001;91(2):839-46.
  78. Wilkinson SB, Kim PL, Armstrong D, Phillips SM. Addition of glutamine to essential amino acids and carbohydrate does not enhance anabolism in young human males following exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2006;31(5):518-29.
  79. Betts JA, Stevenson E, Williams C, Sheppard C, Grey E, Griffin J. Recovery of endurance running capacity: effect of carbohydrate-protein mixtures. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005;15(6):590-609.



80. Hargreaves MH, Snow R. Amino acids and endurance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001;11(1):133-45.
81. Costill DL, Fink WJ. Plasma volume changes following exercise and thermal dehydration. *J Appl Physiol.* 1974;37(4):521-5.
82. Harrison MH, Edwards RJ, Leitch DR. Effect of exercise and thermal stress on plasma volume. *J Appl Physiol.* 1975;39(6):925-31.
83. Senay LC Jr. Changes in plasma volume and protein content during exposures of working men to various temperatures before and after acclimatization to heat: separation of the roles of cutaneous and skeletal muscle circulation. *J Physiol.* 1972;224(1):61-81.
84. Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17(4):456-61.
85. Burge CM, Carey MF, Payne WR. Rowing performance, fluid balance, and metabolic function following dehydration and rehydration. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(12):1358-64.
86. Goulet ED. Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2011;45(14):1149-56.
87. Maughan RJ, Greenhaff PL, Hespel P. Dietary supplements for athletes: Emerging trends and recurring themes. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1: 57-66.
88. International Olympic Committee. Group of the Medical Commission. Nutrition for Athletes. A practical guide to eating for health and performance. Lausanne, 2003. 9. Disponible en: [http://www.olympic.org/Documents/Reports/EN/en\\_report\\_833.pdf](http://www.olympic.org/Documents/Reports/EN/en_report_833.pdf)
89. Von Duvillard SP, Braun WA, Markofski M, Beneke R, Leithäuser R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition.* 2004;20(7-8):651-6.
90. Barr SI, Costill DL, Fink WJ. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(7):811-7.
91. Sykora C, Grilo CM, Wilfley DE, Brownell K. Eating, weight, and dieting disturbances in male and female lightweight and heavyweight rowers. *Int J Eat Disord.* 1993;14(2):203-11.
92. Slater GJ, Rice AJ, Sharpe K, Mujika I, Jenkins D, Hahn AG. Body-mass management of Australian lightweight rowers prior to and during competition. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(5):860-6.
93. Slater GJ, Rice AJ, Mujika I, Hahn AG, Sharpe K, Jenkins DG. Physique traits of lightweight rowers and their relationship to competitive success. *Br J Sports Med.* 2005;39(10):736-41.
94. Slater GJ, Rice AJ, Sharpe K, Tanner R, Jenkins D, Gore CJ, et al. Impact of acute weight loss and/or thermal stress on rowing ergometer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(8):1387-94.
95. Slater G, Rice AJ, Tanner R, Sharpe K, Gore CJ, Jenkins DG, et al. Acute weight loss followed by an aggressive nutritional recovery strategy has little impact on on-water rowing performance. *Br J Sports Med.* 2006;40(1):55-9.
96. Penkman MA, Field CJ, Sellar CM, Harber VJ, Bell GJ. Effect of hydration status on high-intensity rowing performance and immune function. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(4):531-46.
97. FISA Medical Commission. Weight Loss by Lightweight Rowers and Coxswains. Disponible en: <http://www.worldrowing.com/files/download/5476%E2%80%8E>.