

## Características generales del remo. Deporte cíclico del programa olímpico.

### *General features of rowing. Cyclical sport of olympic the program.*

Muniesa, C.<sup>1</sup>, Díaz, G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Europea de Madrid

Dirección de contacto

Carlos Muniesa Ferrero: calberto.muniesa@uem.es

Fecha de recepción: 20 de julio de 2010

Fecha de aceptación: 20 de octubre de 2010

#### RESUMEN

El remo es un deporte náutico de carácter cíclico, presente en el programa olímpico desde su primera edición. Pasa por ser uno de los deportes más completos, dada su importante implicación muscular y sus grandes demandas en cuanto a resistencia. El empleo de un implemento mecánico (bote) condiciona su desempeño técnico, que tiende a favorecer al deportista de gran estatura. Se considera un deporte de fuerza resistencia con una competición, siempre sobre 2000 metros, que viene a suponer un esfuerzo de ~6 minutos a una velocidad de contracción relativamente baja, en torno a 34-40 paladas por minuto. En este trabajo se recoge información sobre la valoración de las exigencias fisiológicas y predictores del rendimiento del remo.

Palabras clave: deporte cíclico, fisiología, predictores del rendimiento.

#### ABSTRACT

Rowing is a water sport cyclical, present in the Olympic program since its first edition. This is one of the most complete sports, given their extensive involvement and big muscular demands in terms of endurance. The use of a mechanical implement conditions its technical model, which tends to favor the athlete of great stature. It is considered a strength and endurance sport with competition, 2000 meters long, which comes to assume a stress of ~ 6 minutes at a speed of contraction relatively low, about 34-40 strokes per minute. This paper provides information on assessing and predicting the physiological demands of rowing performance.

Keywords: Sports cyclical, physiology, predictive performance.

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Las primeras representaciones gráficas del hombre remando se encuentran en una inscripción funeraria del antiguo Egipto, datada en el 1400 a. C., donde aparece remando Amenofis II y que se conserva en el Royal Scottish Museum. Las más antiguas referencias escritas sobre una competición de remo se encuentran en el canto V de la Eneida de Publio Virgilio Marón, que data del 29 a. C. El término Regata con el que se denominan todas las competiciones de remo, y por extensión todas las realizadas por embarcaciones sin motor, nace en la edad media. Fueron los gondoleros venecianos quienes comenzaron a disputar multitud de competiciones que culminaron en “la gran regata”, que se disputaba sobre un recorrido de cuatro millas venecianas, unos 6950 m. La primera regata con un formato similar al actual data de 1715, disputada en Putney por los barqueros del Támesis en honor al Rey, siendo Thomas Doggett su organizador. La primera regata universitaria data de 1829, enfrentando a Oxford y Cambridge.

En España las competiciones de remo más antiguas son las regatas de traineras del Cantábrico. La primera de ellas, acreditada entre la leyenda y la historia, data del 22 de julio de 1719, fecha de la festividad de Santa María Magdalena, y fue disputada por las embarcaciones de Bermeo y Mundaka, con la soberanía sobre la isla de Izaro en juego. La regata fue ganada por los remeros de Bermeo y terminó con las aspiraciones de sus vecinos por aquella pequeña isla. La primera regata de traineras datada de manera fehaciente se remó en 1854 con motivo de las fiestas locales entre dos equipos de Pasajes de San Juan y uno de Pasajes San Pedro. La clásica regata de la Concha data de 1879, como curiosidad hacer notar que de manera reciente, desde 2008, se ha incluido la categoría femenina.

La Federación Internacional de Remo, (Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron, FISA), es una de las



**Figura 1. Pierre de Coubertin remando en el Lago Lemán**

más antiguas Federaciones Internacionales y la primera afiliada al Comité Olímpico Internacional. Fue fundada el 25 de junio de 1892 en Turín. El primer Campeonato de Europa bajo la tutela de la FISA se disputó el 10 de septiembre de 1893 en el italiano lago de Orta.

El remo está presente en el programa olímpico desde los primeros Juegos de Atenas (1896). Las regatas se debían disputar en el Pireo, pero las condiciones climáticas lo hicieron imposible. Fue necesario esperar hasta los Juegos parisinos de 1900. Pierre de Coubertin (1863-1937), fundador de los Juegos Olímpicos Modernos (Figura 1), fue un acérrimo defensor del deporte del remo y practicante activo hasta la edad de 72 años, del remo dijo que era “el más hermoso de los deportes”.

## APROXIMACIÓN AL ESFUERZO COMPETITIVO EN REMO

El deporte del remo exige una elevada demanda a nivel tanto físico como técnico, ya que para la ejecución del gesto técnico se deben superar tres grandes dificultades. En primer lugar, los condicionantes implícitos del trabajo con una máquina, en segundo lugar el trabajo con apoyos acuáticos, y, por último, al estar la mayoría de los barcos configurados como equipo, se exige un gran esfuerzo de sincronización entre los integrantes de la embarcación.

Según Sanderson y Martindale (1986) el rendimiento en remo está condicionado por tres factores, la potencia generada por el remero, la potencia necesaria para mover el bote a una velocidad dada y por la eficiencia en la aplicación de la potencia por parte del remero, es decir su nivel técnico.

Según Secher (1993) el consumo de energía en el deporte del remo provendría, principalmente, de las resistencias hidrodinámicas y del viento, aproximadamente un tercio del total, mientras que el resto se produciría como consecuencia de las resistencias internas y por el desplazamiento a proa y popa del remero.

Como en todo deporte de resistencia, un aspecto clave en el deporte del remo es la eficiencia técnica, que podría definirse, según Van Ingen et al., (1990) como la diferencia entre la energía mecánica liberada por el remero y la energía perdida en la palada. Esta eficiencia se ve mermada por dos factores, el primero sería la cantidad de energía que se pierde en el momento de búsqueda de apoyo propulsivo de la pala en el agua, esta eficiencia propulsiva estaría cifrada, según Affeld et al., (1993) en valores comprendidos entre el 78.5% para el skiff y el 85.3% para el ocho con timonel, el segundo factor lo constituiría la pérdida de energía por circunstancias relacionadas con el desplazamiento y su fluctuación de velocidad, en este sentido Sanderson y Martindale (1986) cifran esta pérdida de eficien-

cia entre un 5% y 10%, a ello hay que añadir las resistencias hidrodinámicas, que según Zatsiorsky y Yakunin (1991) se incrementan según una función cúbica de la velocidad del bote. La pérdida de eficiencia mecánica en el deporte del remo según Henry y col. (1995) oscila en el rango del 16% al 24%. Según Secher (1993) la resistencia al avance experimentada por un bote de competición progresa al cuadrado del incremento de la velocidad, lo que supone un incremento de 3.2 veces en el gasto de energía, sin embargo el incremento del costo metabólico es tan solo 2.4 veces superior.

El diseño del material de remo, como consecuencia de las limitaciones reglamentarias definidas por la FISA, implica una propulsión alternativa y la consecuente alternancia entre aceleraciones y deceleraciones (Wagner et al., 1993), produciendo un efecto de cabeceo del bote que incrementa la resistencia hidrodinámica, lo que repercute negativamente en la eficiencia. Esta forma de deslizarse discontinuamente, a golpe de palada, supone una concatenación de sucesivos lanzamientos hacia proa de la masa de la embarcación más la del remero o remeros, durante un tiempo que puede llegar a ser prolongado. A tenor de esta mecánica de desplazamiento se desprende el perfil deportivo del remero, que se podría definir como un deportista paradójico, que combinaría las cualidades de un deportista de fuerza como un lanzador, y las de un deportista de resistencia, ya que su trabajo tendrá una ejecución caracterizada por una reiteración de lanzamientos en un espacio prolongado de tiempo.

Una vez definidas las exigencias de la palada en remo y con el objeto de concretar el tipo de requerimiento físico en este deporte, sería necesario considerar la distancia y el tiempo de competición. En categoría absoluta la distancia de regata es única, 2000 m en aguas muertas. Los mejores tiempos, en la élite masculina, suelen oscilar entre los 6'34" del skiff, y los 5'20" del ocho con timonel.

También sería necesario tener en cuenta la distancia promedio de avance por palada, la cual se aproxima a los 10 m, esto supone que en condiciones normales el gesto cíclico se repetirá entre unas 220 y 260 veces por regata. Según los datos de los Juegos Olímpicos de Atenas, el ganador del ocho con timonel masculino desarrolló un avance promedio por palada de 9.15 m, mientras el ganador del skiff masculino desarrolló un avance promedio por palada de 7.86 m, lo que les supuso un total de 218 y 254 paladas, respectivamente, para cubrir los 2000 m de regata. Estas embarcaciones representan los valores extremos en cuanto a avance por palada, el resto de los botes se sitúan entre ambas referencias.

Y por último, es muy importante tener en cuenta un valor como la frecuencia de palada, que en el tra-

mo central de la regata oscila entre las 34-40 paladas/minuto.

## FACTORES FISIOLÓGICOS Y ANTROPOMÉTRICOS RELACIONADOS CON EL RENDIMIENTO EN REMO

Mäestu et al., (2005) categorizan el remo, desde el punto de vista fisiológico, como un deporte de fuerza resistencia. En la vertiente resistencia el principal valor fisiológico a tener en cuenta es el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\max}$ ). En el deporte del remo tiene gran importancia el  $VO_{2\max}$  en valores absolutos frente a otros deportes como la carrera atlética, donde el  $VO_{2\max}$  en relación al peso es muy importante. Aunque el remero tenga un elevado peso corporal no penaliza tanto su rendimiento como en otros deportes, ya que el deportista no debe soportar su propio peso y su desplazamiento se ve favorecido por el deslizamiento en el medio acuático, coincidiendo con este planteamiento Russo y col. (1992) encontraron una alta densidad corporal en los remeros. Normalmente encontraremos aparejado al incremento de estatura un proporcional incremento de peso corporal, algo que beneficiaría a la vertiente de lanzador, anteriormente descrita, que caracteriza al remero. Las demandas, en cuanto a amplitud de de la palada, suponen una clara ventaja para aquellos remeros de mayor estatura, al poder cubrir este recorrido ideal sin necesidad de forzar la flexión articular. Esta situación es más acusada, si cabe, en la modalidad de punta [un remo por remero (Figura 2)]. Hirata (1979) encontró una diferencia de estatura en los remeros de elite a favor de los especialistas en punta, que presentaban 0.02 m y 3.8 kg más en el caso de los hombres y 0.035 m y 3.5 kg en el caso de las mujeres, esta diferencia de estatura queda plenamente justificada porque en el caso de la modalidad de couple [dos remos por remero (Figura 3)] resulta más fácil que en la de punta alcanzar el arco óptimo de palada al no tener que rotar el tronco.



**Figura 2. Cuatro sin timonel masculino. .Modalidad de punta**



**Figura 3. Skiff masculino. Modalidad de couple**

Dado que las embarcaciones de remo son extremadamente estilizadas y consiguen deslizarse por el agua con un mínimo rozamiento, el incremento de peso corporal del remero no perjudica de manera sensible la velocidad del bote, por lo que el prototipo ideal del remero se ajusta al de un deportista de gran tamaño, más de 1.90 m, este modelo antropométrico pone en riesgo de exclusión a la mayor parte de la población, ya que se encuentra por debajo de estos valores, estas circunstancias motivaron que la Federación Internacional de Remo se plantease una modificación reglamentaria que fomentase la participación de remeros con tipología más diversa. La solución encontrada fue la creación de la categoría de peso ligero, comenzando por la masculina en la que se limitaba el peso promedio de la tripulación a 70 kg permitiendo una desviación al alza de hasta 2,5 kg, siempre que sea compensada por sus compañeros.

Independientemente del peso corporal del deportista, el factor fuerza seguirá siendo muy importante, tanto para remeros de la categoría peso ligero como peso pesado. Lormes et al., (1990) afirman que el remero es un deportista capaz de generar inusuales niveles de fuerza a bajas velocidades de contracción. El tipo de fuerza demandada en el deporte del remo, según Secher (1993) es relativamente lenta (contracciones musculares de 0.3-0.4 seg), y en consecuencia el remero expresa altos valores de fuerza a baja velocidad de movimiento, implicando un 70-75% de fibras musculares de contracción lenta. Steinacker (1993) ofrece datos similares con presencia de un 70% de fibras lentas, en el mismo sentido se expresan Roth et al., (1993), afirmando que las características de las fibras musculares del remero son altamente específicas, pero con

una mayor proporción de fibras rápidas en los músculos que intervienen en el ataque.

Por otra parte Steinacker et al., (1998) encontraron que en una regata de remo, con duraciones de entre 5.5 y 8 m se produce un trabajo, tanto estático como dinámico, que llega a involucrar aproximadamente al 70% de la masa muscular corporal, desarrollando un promedio de potencia por palada de 450 a 500 W, datos similares fueron presentados por Dal Monte y Komor (1989). Utilizando un ergómetro Gjessing al que se le aplicó un sistema de galgas extensiométricas, Hartmann et al., (1993) registraron picos de potencia en remeros de nivel mundial de hasta 3230 W en hombres y 1869 W en mujeres en un test de 5-10 paladas.

Ya se ha tratado anteriormente la distancia y tiempos promedios de una regata de remo, pero es preciso definir el tipo de esfuerzo exigido en este modelo competitivo. En la regata de remo se van a demandar grandes cantidades de energía a través de las vías aeróbica y anaeróbica (Gayer, 1994). Vermulst et al., (1991) cifran en un 70-80% la contribución aeróbica en la competición de remo; Shephard (1998) afirma que el esfuerzo del deporte del remo en una distancia de 2000 m sería aproximadamente un 70% aeróbico, y el pico de lactato en sangre se cifraría entre 11-19 mmol l<sup>-1</sup>, llegando en casos excepcionales hasta 25 mmol l<sup>-1</sup>. De todos modos, en función del momento de la regata, variarían sensiblemente los requerimientos metabólicos, frente a los datos de predominancia aeróbica en el conjunto de la regata, según Kramer et al., (1994) en el primer tramo de la competición cobra gran importancia la componente anaeróbica, al igual que en regatas de menos duración (Secher, 1990).

Secher (1993), concluyó que el coste metabólico en una regata de 6.5 min, para los pesos pesado masculino, se encontraba en torno a 6.7 l min<sup>-1</sup> con una ventilación de 243 l min<sup>-1</sup>, la contribución anaeróbica en regatas de esta duración la estimó en un rango de entre el 21% y 30%. También detectó un incremento de la presión sanguínea en el momento del ataque cercano a los 200 mmHg, de igual manera describe un engrosamiento de las paredes cardíacas de los remeros de competición a la par que un incremento en el volumen de sus cavidades.

Mikulic et al., (2007) realizaron un estudio con remeros croatas en el que se establecían las diferencias entre sus representantes de alto nivel internacional y aquellos de nivel nacional, encontrando un VO<sub>2 max</sub> superior para los del primer grupo con 5.51 ± 0.40 l min<sup>-1</sup>, frente a 5.16 ± 0.39 l min<sup>-1</sup> en el caso de los remeros de nivel nacional; mientras que la potencia desarrollada en el umbral anaeróbico fue de 346 ± 17.9 W en los internacionales, frente a 319.2 ± 20.1 W en los nacionales; en el ámbito antropométrico presenta-

ron mayores dimensiones los remeros internacionales, salvo en dos apartados como el pecho y circunferencia de muslo donde eran superados por los nacionales.

Por otra parte Fiskerstrand y Seiler (2004) realizaron un estudio longitudinal, desarrollado entre 1970 y 2001 con remeros noruegos de alto nivel en la categoría peso pesado, en el que se recogían datos sobre  $VO_{2\max}$ , cifrándose entre  $5.8 \pm 0.2 \text{ l min}^{-1}$  en la década de los 70 y  $6.5 \pm 0.4 \text{ l min}^{-1}$  en el 2000, valores correspondientes a remeros de una gran corpulencia, con una estatura promedio de 1.91 m y un peso promedio de 89.5 kg.

Secher (1983) registró elevados valores de  $VO_{2\max}$  en remeros pesados de  $6.0\text{-}6.6 \text{ l min}^{-1}$ , datos igualmente coincidentes con los de los remeros noruegos de la misma época. En 1988 Howald publica datos de remeros ligeros entre los que destaca su consumo de oxígeno relativo de entorno a  $75 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , datos que coinciden con los publicados por Steinacker (1993). El  $VO_{2\max}$  se ve incrementado como consecuencia de la masa de muscular implicada (Secher et al., 1974; Secher et al., 1977), algo que justificaría las diferencias encontradas entre estos dos grupos de remeros de dos categorías diferentes.

Otro trabajo con remeros peso ligero fue el realizado por Yoshiga e Higuchi (2003a), donde comparaban los resultados obtenidos en test de remo con otro test de carrera. En este estudio se incluían 55 varones, de  $23 \pm 3$  años que remaban regularmente, de  $176 \pm 5$  cm con una masa corporal de  $72 \pm 6$  kg y un porcentaje de grasa del  $11 \pm 3\%$ , entre otros datos en este estudio se encontraron valores de  $VO_{2\max}$  de  $4.5 \pm 0.5 \text{ l min}^{-1}$  en el test progresivo de remo.

El corazón del remero también presenta unas características destacables con una notable hipertrofia cardiaca que puede ser debida, fundamentalmente, a las maniobras de Valsalva repetidas en cada palada (Clifford et al., 1994; Secher, 1993).

## PRINCIPALES FACTORES CONDICIONANTES DEL RENDIMIENTO EN REMO

Una vez definido el perfil de los remeros en cuanto a valores antropométricos, tipo y demanda de fuerza solicitada y valores fisiológicos de resistencia presentes en la alta competición, se puede avanzar un paso más en cuanto a intentar definir los principales factores predictores del rendimiento en remo.

Cosgrove et al., (1999) en un estudio sobre una muestra de 13 remeros, encontraron que los mejores predictores de la velocidad obtenida en una prueba de 2000 m sobre remoergómetro fueron el  $VO_{2\max}$  ( $r=0.85$ ) y la masa magra ( $r=0.85$ ). La fuerte asociación encontrada por estos autores entre el valor absoluto de  $VO_{2\max}$  y la velocidad es congruente con lo infor-

mado en otros estudios (Kramer et al., 1994; Secher, 1983; Steinacker, 1993).

Gayer (1994) encontró que en el rendimiento en remo las principales diferencias fisiológicas halladas entre los campeones y los no campeones, radicaban en el pico de potencia, el umbral anaeróbico y la masa magra corporal.

Yoshiga e Higuchi (2003b) realizaron un estudio valorando el rendimiento en remo, tanto en hombres como en mujeres, teniendo en cuenta la estatura, el peso corporal, el peso magro y el  $VO_{2\max}$ . En el estudio participaron 71 mujeres y 120 hombres, con edades entre 18 y 24 años de edad y morfologías diversas, encontrando notables correlaciones entre estatura y rendimiento ( $r=-0.81$ ), peso total y rendimiento ( $r=-0.85$ ), peso magro y rendimiento ( $r=-0.91$ ) y  $VO_{2\max}$  y rendimiento ( $r=-0.90$ ), expresando el rendimiento en tiempo sobre la distancia de 2000 m en remoergómetro Concept II.

Ingham et al., (2002) a partir de una muestra de 23 hombres (19 remeros pesados y 4 ligeros), y 18 mujeres (13 remeras pesadas y 5 ligeras), realizaron un estudio en el que los sujetos fueron sometidos, por una parte, a un test discontinuo incremental en remoergómetro para determinar el umbral de lactato,  $VO_{2\max}$ , y potencia desarrollada al  $VO_{2\max}$ , y, por otra, a un test de cinco paladas máximas para determinar la fuerza máxima, el pico máximo de potencia y longitud de la palada. Las variables que presentaron una mayor correlación con el rendimiento operativizado como el tiempo alcanzado en el test fueron: la potencia desarrollada al  $VO_{2\max}$  ( $r=-0.95$ ), el  $VO_{2\max}$  relativo ( $r=-0.88$ ), el  $VO_{2\max}$  en el umbral láctico ( $r=-0.87$ ), el peso corporal ( $r=-0.82$ ), y la estatura ( $r=-0.70$ ). En este mismo estudio encontraron que había substanciales diferencias de rendimiento entre pesos y sexos, quedando cifrada la diferencia en ergómetro entre hombre y mujeres, sin importar categoría en un 7.7%, mientras que entre ligeros y pesados la diferencia era del 5.5%. Estas diferencias en el agua, con datos obtenidos en la mejores competiciones internacionales del año 1997 al 2001, fueron del 10.9 y 4% respectivamente.

Barrett y Manning (2004) confeccionaron un trabajo, realizado con 15 remeros australianos de élite, sobre las relaciones del rendimiento en skiff, en la distancia competitiva de 2000 m, con una serie de factores asociados al rendimiento específico, encontrando unas elevadas correlaciones con el tiempo en test de 2000 m en remoergómetro ( $r=-0.90$ ), masa corporal ( $r=-0.87$ ), altura ( $r=-0.86$ ), y la longitud seleccionada del remo ( $r=-0.84$ ). Concluyendo que el remero tiende a ser cada vez más grande y fuerte, además ese incremento de dimensiones corporales le permite utilizar remos más largos con mayores palancas.

Bourdin et al., (2004) encontraron, en un estudio realizado con 31 remeros pesados y 23 ligeros, que el elemento con mayor capacidad de predicción del rendimiento del remero era el pico máximo de potencia sostenido en un test incremental de ergómetro ( $r=0.92$ ), seguido del  $VO_{2\max}$  ( $r=0.84$ ), la masa corporal -en su estudio valora la masa absoluta, no el peso magro- ( $r=0.65$ ) y el  $VO_{2\max}$  al umbral láctico ( $r=0.49$ ).

Dentro de los remeros peso ligero, que tienen determinado por reglamento el peso de competi-

ción, la variable peso corporal puede no ser tenida en cuenta, no obstante hay trabajos que valoran el rendimiento de este grupo de remeros a partir de su composición corporal. Slater et al., (2005) realizaron un estudio con remeros peso ligero australianos, encontrando que los deportistas con mejor rendimiento, en skiff 2000 m, eran aquellos que tenían menor porcentaje graso (8.4 seg kg-1  $p<0,01$ ) y mayor porcentaje de masa muscular (-10.2 seg kg-1  $p<0,01$ ).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Affeld, K., Schichl, K., Ziemann, A. (1993). Assessment of rowing efficiency. *Int J Sports Med*, 14, 39-41.
- Barrtett, R.S., Manning, J.M. (2004). Relationships between set-up, anthropometry, physical capacity, rowing kinematics and rowing performance. *Sports Biomech*, 3, 221-235.
- Bourdin, M., Messonier, L., Hager, J.P., Lacour, J.R. (2004). Peak Power output predicts rowing ergometer performance in elite male rowers. *Int J Sports Med*, 25, 368-373.
- Clifford, P.S., Hanel, B., Secher, N.H. (1994). Arterial blood pressure response to rowing. *Med Sci Sports Exerc*, 26, 715-719.
- Cosgrove, M.J., Wilson, J., Watt, D., Grant, S.F. (1999). The relationship between physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *J Sports Sci*, 17, 845-852.
- Dal Monte, A., Komor, A. (1988). *Rowing and sculling mechanics. Biomechanics of sports*. Boca Raton: C.L. Vaughan.
- Fiskerstrand, A., Seiler, K.S. (2004). Training and performance characteristics among Norwegian International Rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports*, 14, 303-310.
- Gayer, C. (1994). *Physiological discriminators of rowing performance in male, club rowers*. [Tesis doctoral no publicada], Washington State University.
- Hartmann, U., Mader, A., Wasser, K., Klauer, I. (1993). Peak force, velocity, and power during five and ten maximal rowing ergometer strokes by world class female and male rowers. *Int J Sports Med*, 14, 42-45.
- Henry, J.C., Clark, R.R., McCabe, R.P., Vanderby, R. (1995). An evaluation of instrumented tank rowing for objective assessment of rowing performance. *J Sports Sci*, 13, 199-206.
- Hirata, K.I. (1979). *Selection of Olympic Champions*. Vols I-II. Totota: Chukio University.
- Howald, H. (1988). Leistungsphysiologische Grundlagen des Ruderns. In *Rudern: Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte*. Berlin: Ed J.M. Steinacker.
- Ingham, S.A., Whyte, G.P., Jones, K., Nevill, A.M. (2002). Determinants of 2000 m. rowing ergometer performance in elite rowers. *Eur J Appl Physiol*, 88 (3), 243-246.

- Kramer, J.F., Leger, A., Paterson, D.H. (1994). Morrow A. Rowing performance and selected descriptive, field and laboratory variables. *Can J Appl Physiol*, 19, 174-184.
- Lormes, W., Debatin, H.J., Grünert-Fuchs, M., Müller, T., Steinacker, J.M., Stauch, M. (1990). *Anaerobic rowing ergometer test: Test design, applications and interpretation. Advances in Ergometry*. Berlin: L Bachl T.E. Graham and Löllgen.
- Mäestu, J., Jürimäe, J., Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Med*, 35, 597-617.
- Mikulic, P., Ruzic, L., Oreb, G. (2007). What distinguishes the Olympic level heavyweight rowers from other internationally successful rowers? *Coll Antropol*, 31 (3), 811-816.
- Roth, W., Schwanitz, P., Pas, P., Bauer, P. (1993). Force-time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. *Int J Sports Med*, 14, 32-34.
- Russo, E.G., Gruppioni, G., Guerresi, P., Belcastro, M.G., Maechesini, V. (1992). Skinfolds and body composition of sports participants. *J Sports Med Phys Fitness*, 32, 303-313.
- Sanderson, B., Martindale, W. (1986). Towards optimizing rowing technique. *Med Sci Sports exerc*, 18, 454-468.
- Secher, N.H., Ruberg-Larsen, N., Binkhorst, R.A., Bonde-Petersen, F. (1974). Maximal oxygen uptake during arm cranking and combined arms plus leg exercise. *J Appl Physiol*, 36, 515-518.
- Secher, N.H. (1993). Physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med*, 15, 24-42.
- Secher, N.H. (1990). *Rowing. Physiology of Sports*. London: E&FN Spon.
- Secher, N.H. (1983). The physiology of rowing. *J Sports Sci*, 1, 23-53.
- Seher, N.H., Clausen, J.P., Klausen, K., Noer, I., Trap-Jensen, J. (1997). Central and regional circulatory effects of adding arm exercise to leg exercise. *Acta Physiol Scand*, 100, 288-297.
- Shephard, R.J. (1998). Science and medicine of rowing: A review. *J Sports Sci*, 16, 603-620.
- Slater, G.J., Rice, A.J., Mujika, I., Hahn, A.G., Sharpe, K., Jenkins, D.G. (2005). Physique traits of lightweight rowers and their relationship to competitive success. *Br J Sports Med*, 39 (10), 736-741.
- Steinacker, J.M., Lormes, W., Lehmann, M., Altenburg, D. (1998). Training of rowers before world championships. *Med Sci Sports exerc*, 30, 1158-63.
- Steinacker, J.M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *Int J Sports Med*, 14, 3-10.
- Van Ingen Schenau, G.J., Cavanagh, P.R. (1990). Power equations in endurance sports. *J Biomech.*, 23, 965-881.
- Vermulst, L.J.M., Vervoorn, C., Boelens-Quist, A.M., Koppeschaar, K.P., Erich, W.B.M., Thijssen, J.H.H., Vries, W.R. (1991). Analyses of seasonal training volume and working capacity in elite female rowing. *Int J Sports Med*, 12, 567-572.
- Wagner, J., Bartmus, U., Marès, H. (1993). Three-axes gyro sistem quantifying the specific balance of rowing. *Int J Sports Med*, 14, 35-38.

- Yoshiga, C.C., Higuchi, M. (2003a). Oxygen uptake and ventilation during rowing and running in females and males. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 13, 359-363.
- Yoshiga, C.C., Higuchi, M. (2003 b). Rowing performance of female and male rowers. *Scand J Med Sci Sports*, 13, 317-321.
- Zatsiorsky, V.M., Yakunin, N. (1991). Mechanics and biomechanics of rowing: A review. *Journal of sport biomechanics*, 7, 229-281.