

Article

# Características del Entrenamiento y de Rendimiento de Remeros Noruegos de Nivel Internacional desde 1970 a 2001

A. Fiskerstrand<sup>1</sup> y S. Seiler<sup>2</sup><sup>1</sup>Norwegian Rowing Federation, Oslo, Norway.<sup>2</sup>Department of Health and Sports, Agder University College, Kristiansand, Norway.

## RESUMEN

En este estudio se realizó un análisis de los cambios en el volumen y la organización del entrenamiento y de la capacidad física de remeros noruegos que ganaron medallas internacionales entre 1970 y 2001. Se identificaron veintiocho atletas (27 vivos). Los resultados de las evaluaciones fisiológicas y del historial de rendimiento de todos los atletas estaban disponibles. Veintiuno de los 27 atletas respondieron una encuesta detallada sobre su entrenamiento durante los años en que compitieron internacionalmente. El consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) aumentó 12% ( $6,5 \pm 0,4$  vs.  $5,8 \pm 0,2$  L min<sup>-1</sup>) desde los años setenta a los años noventa. De manera similar, el rendimiento en ergómetro de remo durante 6-min aumentó casi 10%. Se identificaron tres cambios principales en las características del entrenamiento: (1) el entrenamiento en concentración de lactato sanguíneo baja (<2mM) aumentó de 30 a 50 horas por mes y el ritmo de carrera y la intensidad del entrenamiento supra máxima (~ 8-14 mM de lactato) disminuyó de 23 a ~7 horas por mes; (2) el volumen de entrenamiento aumentó aprox 20%, de 924 a 1128 h/año y (3) se utilizó entrenamiento en altitud como estrategia para alcanzar el máximo nivel pre-competencia, pero en la actualidad el mismo ha sido integrado en el programa de preparación invernal en forma de campamentos de altitud periódicos de 2-3-semanas. Las tendencias de organización de entrenamiento son consistentes con los datos recolectados de atletas de otros deportes, y sugiere un modelo de organización de entrenamiento "polarizado" donde un entrenamiento de volumen alto y de intensidad baja se equilibra con la aplicación regular de series de entrenamiento que utilizan el 90%-95% de  $VO_{2max}$ .

**Palabras Clave:** : remo, organización del entrenamiento, atletas de élite, entrenamiento de resistencia, consumo de oxígeno máximo, umbral del lactato

## INTRODUCCION

Noruega desarrolló una organización sistemática para el entrenamiento de resistencia. Los remeros, que comenzaron a finales de 1960 y principio de 1970, encabezaron este desarrollo que a su vez influyó en el entrenamiento de esquiadores, duatletas, remeros de kayak y ciclistas. El éxito internacional de los remeros es notable dada la base de reclutamiento anual de  $\leq 300$  remeros competitivos de edades entre 15 y 21 durante las últimas tres décadas.

Desde 1893 cuando se realizó el primer "Campeonato Europeo" hasta 1969, los atletas noruegos ganaron sólo cinco medallas de bronce y de plata en los campeonatos de remo europeos, campeonatos mundiales u olimpiadas. Desde 1970 a 2001, por haber ganado 34 medallas (11 de oro), los remeros noruegos han sido aproximadamente 10 veces más exitosos desde 1970. Este aumento abrupto se atribuye a dos cambios que se incorporaron en 1969: (1) se reunieron los mejores remeros en un grupo de élite y (2) se proporcionó a los clubes locales información de entrenamiento sistemática. Desarrollos similares hacia una organización de entrenamiento y procesos de selección basados en evaluaciones más sistemáticos se observaron en Alemania del Este y Oriental, en la URSS, Nueva Zelanda, EE.UU. y otras federaciones de FISA en 1968.

Los atletas y entrenadores tenían motivaciones para aplicar cargas de entrenamiento tolerables máximas con el fin de romper las barreras de rendimiento previas. Incluso un pequeño aumento (1%) en la capacidad de rendimiento mejora los resultados (Hopkins et al., 1999). Algunos informes aportaron datos cuantitativos sobre el entrenamiento de atletas internacionales durante un período de tiempo más corto (Jensen et al., 1993; Steinacker et al., 1998; Lucía et al., 2000; Billat et al., 2001; Schumacker & Mueller, 2002). Sin embargo, existen pocos datos que nos permitan cuantificar los cambios en el entrenamiento y en la capacidad física durante un período de años. En este estudio, hemos cuantificado los cambios en las características de entrenamiento y la capacidad física en un grupo de remeros internacionales ganadores de medallas en un período de tres décadas.

## MÉTODOS

### Sujetos

De 1970 a 2001, 28 remeros noruegos masculinos ganaron 11 medallas de oro, 15 de plata, y ocho de bronce en el Campeonato Europeo *Senior* (tres medallas), el Campeonato Mundial (23 medallas) y en las Olimpiadas (ocho medallas) (Tabla 1). Los atletas noruegos ganaron medallas en 27 de los 30 años en los que compitieron en campeonatos. La estrategia general empleada fue concentrarse en desarrollar al menos una medalla internacional en competencias de botes tripulados cada año. El bote más exitoso fue el doble *scull* (2x) con el cual ganaron medallas doradas todas las décadas. También ganaron medallas en remo individual (1x), cuatro *scull* (4x), y el cuatro con y sin timonel (4+, 4-). Doce entrenadores fueron identificados como responsables del equipo nacional o de remeros específicos. Se registraron los datos fisiológicos y los resultados de competencias de todos los equipos de atletas nacionales. Se realizó una encuesta adicional a los atletas anteriores y actuales completamente voluntaria que cumplía con las normas éticas establecidas por la Federación Deportiva Noruega. El comité de asuntos humanos del Departamento de Salud y Deportes, del Colegio Universitario de Agder aprobó el estudio.

	1970-1979	1980-1989	1990-2001
<b>Distribución de las medallas</b>	Oro: 6; Plata: 6; Bronce: 2	Oro: 3; Plata: 3; Bronce: 3	Oro: 2; Plata: 6; Bronce: 3
<b>Medallas ganadas en remo (cuatro atletas ganaron medallas en dos décadas)</b>	17	6	9
<b>Tipos de botes</b>	4+, 4-, 2 x , LW2 x , LW4-	4x , 2x , 2-	4 x , 2 x , 1 x , LW1 x

**Tabla 1.** Resultados del Campeonato Internacional de remeros varones noruegos desde 1970-2001.

La cantidad de medallas se basan en la cantidad de botes que obtuvieron medallas. Abreviaturas para el tipo de botes: 1 x , 2 x y 4 x= botes *scull* (cada remero utiliza dos remos) simples, dobles y cuádruples; -2 y 4- = botes con 2 y 4 remeros con un solo remo cada uno sin timonel; 4+= bote con cuatro remeros con un solo remo cada uno con timonel. De las 34 medallas, tres fueron obtenidas en los Campeonatos Europeos, 23 en Campeonatos Mundiales y ocho en Olimpiadas.

### Evaluación Fisiológica

#### VO<sub>2</sub>máx

Históricamente, el  $VO_{2max}$  expresado en litros por minuto ha sido el estimador de la capacidad de rendimiento utilizado con mayor frecuencia en remeros talentosos (Secher et al., 1982; Hagerman & Staron, 1983; Steinacker, 1993). El  $VO_{2max}$  fue medido mediante espirometría de circuito abierto en tres laboratorios durante un período de 30 años: Instituto de Fisiología de Trabajo, Universidad Noruega de Deporte y Centro de Entrenamiento Olímpico Noruego. Los medidores de gases fueron calibrados con gases de prueba certificados que fueron analizados independientemente por la técnica micro-Scholander (Enghoff, 1946). Todos los datos de  $VO_{2max}$  presentados se obtuvieron mediante tests de carreras realizados hasta el agotamiento en una cinta rodante con motor con una pendiente de 3%-5% y con una velocidad gradualmente ascendente. El  $VO_{2max}$  se midió en febrero o marzo de cada año durante un período de 30 años. En contraste, la evaluación fisiológica realizada a través de espirometría durante remo se estandarizó sólo en los últimos ~ 15 años. En la actualidad la ergometría en remo ha sido estandarizada para tests de 60 s, 2000 m, y 5000 m en ergómetro de remo *Concept II* con el fin de identificar talentos anuales y para procesos de evaluación del entrenamiento.

## Estudio del Historial de Entrenamiento

La documentación de los antecedentes de entrenamiento se basó en información obtenida en encuestas realizadas a los atletas. De los 28 atletas identificados, 27 estaban vivos en el momento del estudio. Las encuestas fueron enviadas por mail a los atletas retirados y a los actuales, con instrucciones detalladas para su respuesta. Veintiuno de los 27 atletas respondieron la encuesta. Además, se contaba con información sustancial como tests fisiológicos y resultados de rendimiento, edad al momento de obtener las medallas, edad en la que se retiraron y participación en campamentos de altitud, en caso de que no respondieran. Desde los años setenta, era frecuente llevar un registro de entrenamiento con definiciones específicas establecidas para una duración de entrenamiento eficaz y de los diferentes métodos /intensidades de entrenamiento prescritos (Tabla 2). Por consiguiente, la información aportada por los mismos atletas con respecto al volumen de entrenamiento y a la distribución del entrenamiento entre los tipos de entrenamiento fue considerada válida a pesar del tiempo de retiro de las competencias variable. Muchos de los atletas que constituyeron este grupo también estuvieron sujetos a controles frecuentes de intensidad por medio de mediciones de lactato y de frecuencia cardíaca como parte de diferentes investigaciones fisiológicas.

## Análisis

En los casos correspondientes, los datos se presentan en forma de media e intervalos de confianza de 95%. En algunos casos los resultados se presentan en forma de distribuciones de frecuencia. Los datos fisiológicos recolectados durante los años setenta, ochenta y noventa se trataron por inferencia y fueron comparados mediante ANOVA de una vía y luego con el test *post hoc* de Tukey. Un P-valor de 0,05 fue considerado como estadísticamente significativo.

# RESULTADOS

---

## Rendimiento en Remo

Durante cada período de 10 años se alcanzaron medallas de oro internacionales en los Juego Olímpicos Abiertos o en los Campeonatos del Mundo, y la medalla más reciente se obtuvo en un Campeonato Mundial de varones individuales peso pesado en 2001 (Tabla 2). La edad media de los ganadores de medallas de oro en el momento en que ganaron su última medalla de oro (nueve individuos) fue  $28,5 \pm 5$  años, (intervalo 23-34).

En promedio, los ganadores de medallas comenzaron a remar a los  $15 \pm 2$  años. Comenzaron el entrenamiento de alto nivel a los  $19 \pm 2$  años, y compitieron en su primer campeonato internacional (CEE, WC, OG) a una edad de  $21 \pm 2$  años. Ganaron su primera medalla en campeonatos internacionales a los  $24 \pm 2$  años y la última medalla a los  $27 \pm 4$  años. Las medallas de oro se ganaron típicamente entre las edades de 24 y 28 años. Trece atletas también habían competido en los Campeonatos Internacionales de Menores, pero sólo cinco (18%) ganadores de medallas internacionales de categoría *senior* también ganaron medallas internacionales como competidores menores entre las que se incluía una medalla de oro. Tres ganadores de medallas internacionales de categoría *senior* no habían remado en la categoría *juniors*, pero llegaron al remo luego de participar en otros deportes competitivos. La edad promedio de retiro de las competencias internacionales de remo en el grupo entero fue de  $29 \pm 4$  años. Las razones que expusieron como causa de los retiros fueron principalmente los estudios académicos, trabajo y falta de motivación para continuar el entrenamiento de alto nivel. Dos atletas se retiraron de las competencias debido a lesiones.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Entrenamiento de fondo	Remo en una intensidad que permite la concentración de lactato sanguíneo entre 1 y aprox. 2,5 mM, duraciones de trabajo de 60-180min
Entrenamiento de la resistencia en el campo	Ciclismo, carreras, esquí de fondo a intensidades que corresponden a entrenamiento de fondo en el bote
Entrenamiento intervalado	Series intermitentes de 3-10 min de duración que producen el 85%-95% $VO_{2max}$ y concentraciones de lactato en sangre de aprox. 5-10 mM
Entrenamiento en el ritmo de la competencia	Series de distancia (500-1500m) realizadas a la intensidad de competiciones de 2000 m, esto es, 100%-105% $VO_{2max}$
Entrenamiento a mayor velocidad	Series de remo intermitentes (~ 500 m) a una intensidad cercana a la máxima; velocidades por encima del ritmo de competencia de 2000 m
Entrenamiento de la fuerza	Cargas de entrenamiento de la fuerza similares a 75-90% de 1RM, 8-12 repeticiones.
Entrenamiento de la fuerza y la resistencia	Entrenamiento de la fuerza con cargas similares a ~ 50% de 1RM y hasta con 50 repeticiones por serie.
Entrenamiento para la flexibilidad	Ejercicios utilizados para asegurar el correcto mantenimiento del rango óptimo de movimiento en tobillos, rodillas, caderas y hombros

**Tabla 2.** Definiciones de forma e intensidad utilizadas para cuantificar el entrenamiento entre remeros Noruegos.  $VO_{2max}$  = Consumo de oxígeno máximo; 1RM= 1 repetición máxima.

	<b>1970-1979</b>	<b>1980-1989</b>	<b>1990-2001</b>
<b>N</b>	9	6	8
<b>Talla (cm)</b>	191	192	191
<b>Peso (kg)</b>	89	87	89,5
<b><math>VO_{2max}</math>(L/min)</b>	5,8	6,4*	6,5*
<b>IC 95%</b>	5,7-6,0	6,2-6,55	6,1-6,9
<b>Mayor valor</b>	6,3	6,5	7,15
<b>Ergometría durante 6min (Kp/min)</b>	2419	2653*	2640*
<b>IC 95%</b>	2326-2514	2586-2718	2539-2741
<b>Mayor valor</b>	2577	2748	2723

**Tabla 3.** Características físicas de los ganadores de medallas en remo. Para facilitar las comparaciones, se excluyeron los datos de cinco ganadores de medallas de clase livianos (cuatro en los años setenta y uno después de 1990). Un atleta ganó medallas internacionales en los años setenta y en los ochenta, y otros dos atletas ganaron medallas en los ochenta y en los noventa. Sus datos fueron incluidos en los promedios obtenidos durante ambas décadas. \* $P < 0,01$  vs el promedio obtenido para 1970-1979. De los seis atletas que obtuvieron medallas en los años ochenta, cinco ganaron medallas de oro en un Campeonato Mundial o en las Olimpiadas.

### Características Físicas

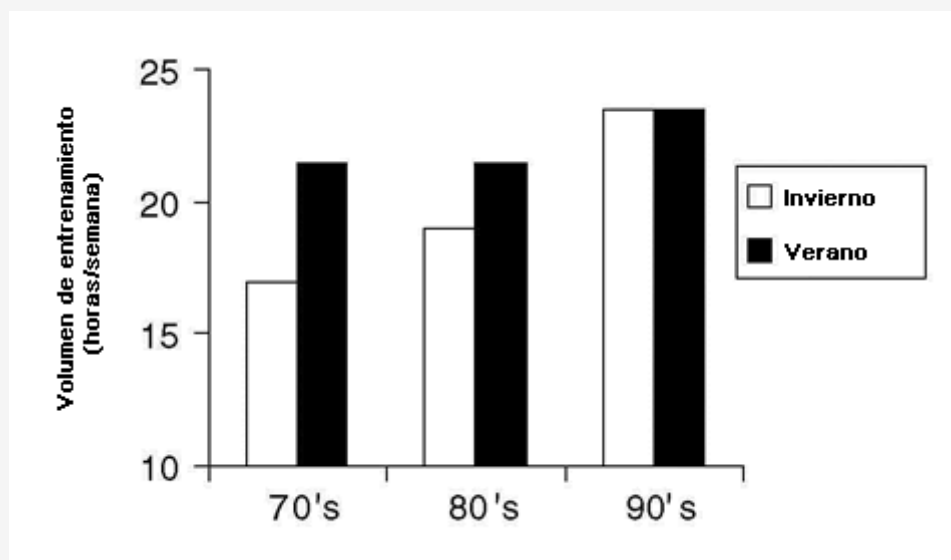
La altura media y el peso medio corporal de esta población de élite fueron estables durante tres décadas (Tabla 3). Entre 1970 y 1979, los nueve medallistas de peso pesado tenían en promedio 191cm y 89 kg<sup>-1</sup>. En el período 1990-2001, los ocho medallistas de peso pesado tenían en promedio 191 centímetros y 89,5 kg<sup>-1</sup>.

El  $VO_{2max}$  aumentó ~ 12% durante las tres décadas de prueba ( $P < 0,001$ ). El aumento en  $VO_{2max}$  fue simultáneo con un aumento similar de ~ 10% en la potencia promedio en el test con ergómetro de Gjessing de 6-min ( $P < 0,001$ , Tabla3). El mayor aumento en la potencia mecánica de remo se produjo en los años setenta.

### Cambios en el Volumen de Entrenamiento

El volumen de entrenamiento se informó en función de las horas de entrenamiento efectivo por mes, y se registró el tipo

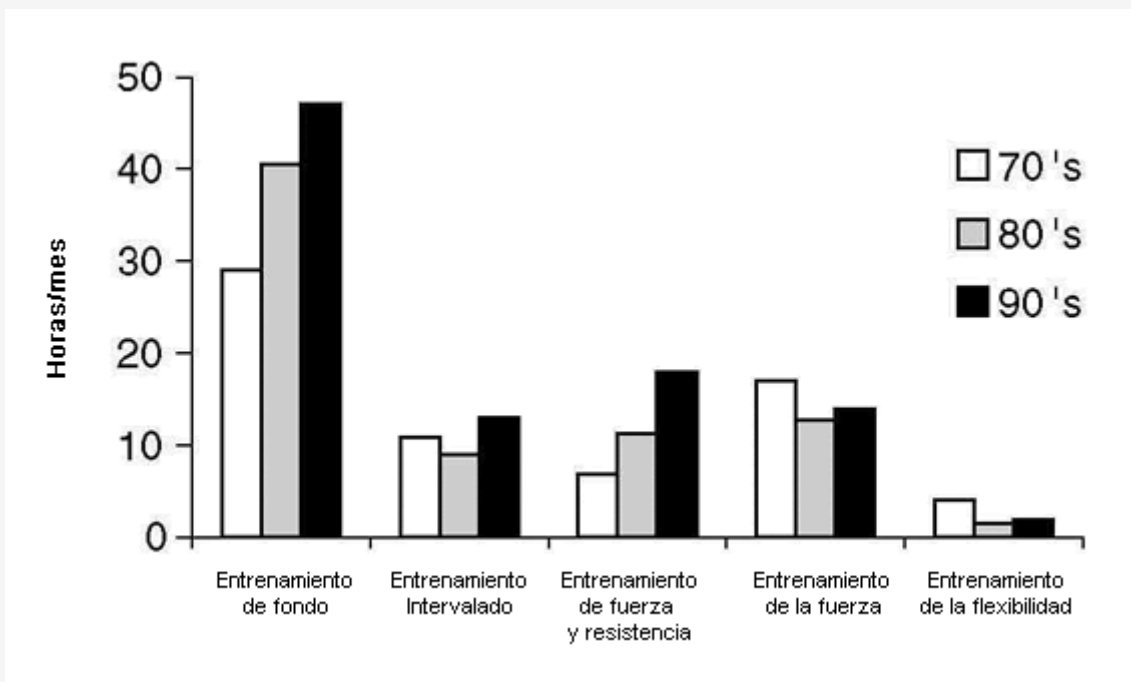
específico de entrenamiento y la intensidad del mismo. Los volúmenes de entrenamiento anuales totales se cuantificaron en forma de horas por año. El volumen de entrenamiento anual promedio aumentó de 924 (intervalo 600-1020) horas por año durante los años setenta, a 966 (intervalo 840-1140) horas por año en los años ochenta, a 1128 (intervalo 1104-1200) horas por año en los años noventa. El año de entrenamiento de los remeros competitivos puede ser dividido en dos mitades casi iguales, un período preparatorio de octubre a marzo y un período de competencias de abril a septiembre. La Figura 1 presenta los cambios en el volumen de entrenamiento en la temporada entre atletas que ganaron medallas en los años setenta, ochenta y noventa. Si bien el volumen de entrenamiento aumentó durante el año de entrenamiento, la mayor parte del aumento en el volumen se produjo durante el período de preparación.



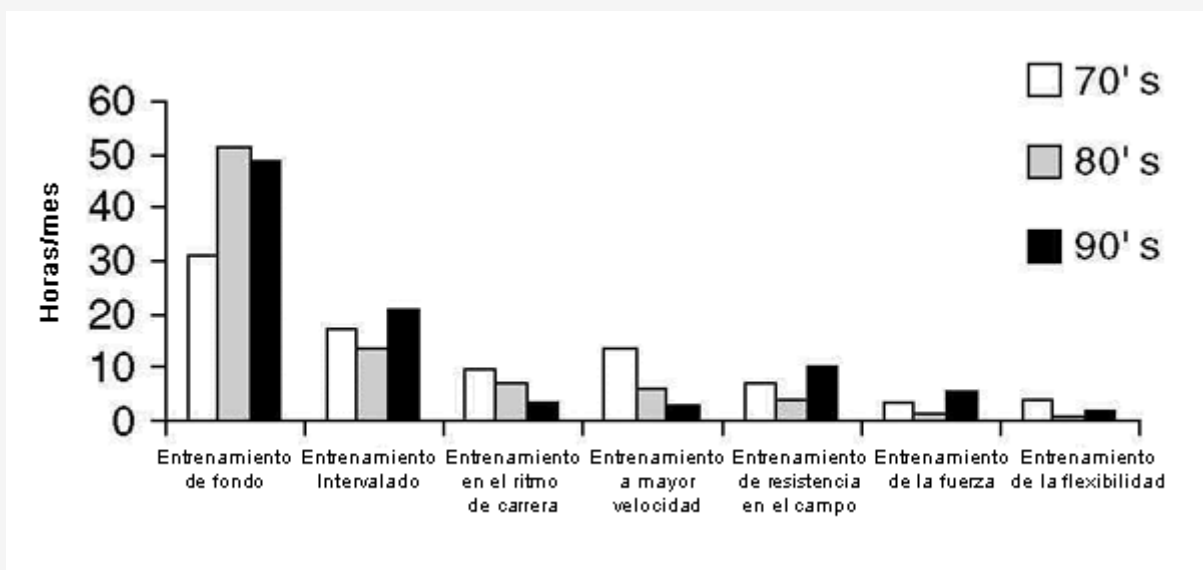
**Figura 1.** Volumen de entrenamiento semanal total promedio (horas) entre remeros varones noruegos que ganaron medallas internacionales en los años setenta, ochenta y noventa. El volumen de entrenamiento se divide en dos etapas, invierno (preparación) y verano (competencias) que abarcan cada una la mitad del ciclo de entrenamiento anual.

### Cambios en la Organización del Entrenamiento

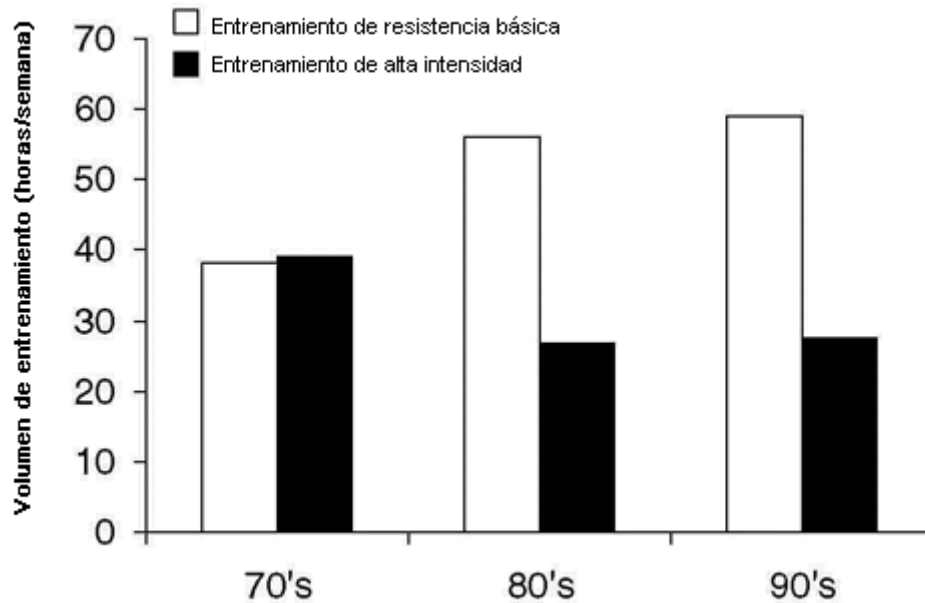
Las sesiones de entrenamiento fueron categorizadas sobre la base de metas específicas y de las condiciones de la sesión (Tabla 2). La Figura 2 refleja la distribución de la carga del período de preparación invernal según los tipos de entrenamiento. El volumen de entrenamiento de fondo (carrera, esquí a campo traviesa, remo en ergómetro y fuera del agua) aumentó cada década. Además, el entrenamiento de fuerza-resistencia con movimientos como sentadillas realizados a ~ 50% de una repetición máxima y con hasta 50 repeticiones, se usó cada vez más en los años ochenta y los noventa. El aumento en el volumen de entrenamiento de invierno se debió al entrenamiento de resistencia de fondo y al entrenamiento de fuerza-resistencia. La Figura 3 presenta la distribución de la carga de entrenamiento durante la temporada de competencias. A partir de los años setenta y hasta los noventa, se le dio mucha importancia al entrenamiento de fondo en el bote. Se redujo tanto el volumen absoluto como el volumen relativo de entrenamiento en el bote en intensidades equivalentes al ritmo de competencia o por encima del mismo y esta disminución fue de ~ 23 h/mes de entrenamiento a ritmo de competencia o por encima del mismo en los años setenta a menos de 7 horas/mes durante los años noventa (Figura 4). Desde los años setenta a los ochenta, se observó un gran aumento en el volumen total de entrenamiento realizado a intensidad baja (concentración de lactato sanguíneo <2mM), y una pequeña disminución en el volumen total de entrenamiento de intensidad alta (entrenamiento intervalado, entrenamiento al ritmo de la competencia o por encima del mismo). Desde los años ochenta, la organización del entrenamiento ha permanecido bastante estable, con pequeños cambios en la carga de entrenamiento, alejándose de las series de sprints de muy alta intensidad hacia un entrenamiento con intervalos más largos a 85%-95% del  $VO_{2max}$ .



**Figura 2.** Cambios en la distribución del volumen de entrenamiento entre los tipos de entrenamiento durante el período de preparación invernal del ciclo anual (octubre-marzo) desde los años setenta a los años noventa. Para obtener una explicación mas detallada de los tipos de entrenamiento, consultar la Tabla 2.



**Figura 3.** Cambios en la distribución del entrenamiento entre los tipos de entrenamiento durante el período de competición de verano del ciclo anual (abril-septiembre) de los años setenta a los años noventa. Ver Tabla 2 para una explicación más detallada de los tipos de entrenamiento.



**Figura 4.** Distribución global del volumen de entrenamiento (horas/semana) entre el entrenamiento de fondo extenso y el entrenamiento de alta intensidad entre los ganadores de medallas de los años setenta, ochenta y noventa.

### Entrenamiento en Altitud

En la Tabla 4, se presenta el número de campamentos de altitud (~ 2000 m sobre el nivel del mar) a los que asistieron los atletas durante cada década. La asistencia a los campamentos de altitud se dividió en períodos de preparación y períodos de competencia. Durante los años setenta, los primeros campamentos de altitud se usaron de manera experimental. En los ochenta, los entrenamientos en altitud se volvieron bastante comunes, y la mayoría de estos campamentos tenían una duración de 14-21-días y se realizaban en las últimas semanas previas a las competencias más importantes. Durante los años noventa, los entrenamientos en altitud desempeñaron un rol aun más prominente en el programa de entrenamiento global. Sin embargo, el objetivo del entrenamiento en altitud pasó de intentar "alcanzar el máximo nivel" antes de las competencias, a mejorar la condición básica de los atletas. Los atletas comenzaron a entrenar en altitud varias veces durante cada período de preparación invernal y redujeron el entrenamiento en altitud durante la temporada de competencias.

Década	Período de competencias de verano	Período de preparación de invierno
1970-1979	3	3
1980-1989	26	2
1990-2001	14	36

**Tabla 4.** Cantidad de campamentos de entrenamiento en altitud realizados por los atletas en cada década. Los valores representan el número de campamentos realizados por el equipo nacional. No todos los ganadores de medallas asistieron a todos los campamentos.

## DISCUSION

Este estudio nos muestra una cronología que describe la evolución durante 30 años tanto de la organización del

entrenamiento como de las características físicas básicas de un grupo de atletas de resistencia de nivel mundial especializados en un evento de 6-7 min de duración. Durante este período, los atletas representados se encontraban entre los mejores representantes del remo internacional. Durante ese lapso de tiempo mejoró el rendimiento del "mejor". En comparación con los atletas que ganaron medallas en los años setenta, los ganadores de medallas de los años noventa tenían un  $VO_{2max}$  aproximadamente 12% mayor, sin aumento en la masa corporal. Un  $VO_{2max}$  promedio de aprox. 6,5 L  $min^{-1}$  probablemente es un requisito previo para alcanzar el éxito internacional en remo, y los valores que se acercan a 7,0 L  $min^{-1}$  aprox. se consideran un "valor de referencia". Es interesante destacar que estos grandes atletas (85-100  $kg^{-1}$ ) tienen en la actualidad valores de  $VO_{2max}$  relativo entre 72 y 78 mL  $kg^{-1} min^{-1}$ , cerca de 10 mL  $kg^{-1} min^{-1}$  por debajo de los mejores corredores y esquiadores que generalmente son 15-25  $kg^{-1}$  más livianos. Los valores informados son consistentes con los datos publicados en remeros de elite durante los últimos 30 años (Secher et al., 1982; Steinacker, 1993; Hagerman, 1994).

Estos datos no establecen una relación causal entre los cambios en el entrenamiento y las mejoras fisiológicas. Sin embargo, en el ámbito de los entrenadores de élite, se acepta que la evolución en el volumen y la organización del entrenamiento ha contribuido con mejoras continuas en el rendimiento en remo de los remeros noruegos y ha sido necesaria para que estos atletas pudieran competir con éxito en los campeonatos internacionales. Los tres mayores cambios en el entrenamiento observados son: (1) la redistribución de la intensidad del entrenamiento diario puso mayor énfasis en entrenar en intensidades por debajo del primer punto de inflexión del lactato, (2) un aumento en el volumen de entrenamiento total de ~ 20% alcanzado principalmente a través de un aumento similar en la frecuencia de entrenamiento, y (3) un aumento dramático en la incorporación de entrenamiento en altitud a lo largo del ciclo de entrenamiento anual.

A finales de 1960, los remeros noruegos de clase nacional entrenaban cinco a siete veces por semana y no participaban en competencias internacionales. Luego, durante los años setenta, la formación de un grupo de entrenamiento de élite y el desarrollo de entrenamiento sistemático y de métodos fisiológicos de evaluación, provocó un gran aumento en la calidad y cantidad del entrenamiento lo que culminó en la obtención de medallas internacionales. Durante los años setenta, la frecuencia de entrenamiento aumentó a dos sesiones por día para las etapas de temporada y el volumen de entrenamiento anual superó las 900 horas por año. Este volumen anual correspondió a aproximadamente 17 h/semana de entrenamiento eficaz durante el invierno y aprox. 22 h/semana durante la temporada de competencias. El volumen de entrenamiento fue dividido casi equitativamente entre el entrenamiento de fondo, las sesiones aeróbicas y sesiones de alta intensidad lo que provocó un elevado estrés en las vías metabólicas anaeróbicas.

Durante los años ochenta, el volumen de entrenamiento aumentó sólo modestamente, pero la organización del entrenamiento cambió mucho. En línea con la mayor comprensión sobre los factores fisiológicos que limitan el rendimiento en las competencias de remo de 2000 m, se puso mayor énfasis en aumentar la capacidad aeróbica, y menos importancia en entrenar la capacidad anaeróbica. Se puso un mayor énfasis en acumular un gran volumen de entrenamiento (más kilómetros de remo en agua) a menor intensidad. Los volúmenes de remo de larga distancia aumentaron de ~ 7,5 a ~ 12,5 h/semana. Además de para promover las adaptaciones musculares, el alto volumen de remo en bajas velocidades de remada se utilizó para mejorar la estabilidad técnica. Para acomodar este aumento, se puso menos énfasis en los otros tipos de entrenamiento, particularmente en el entrenamiento a intensidades muy altas. En respuesta a estos cambios de entrenamiento, la capacidad física de los atletas aumentó casi 10% y esto se midió como  $VO_{2max}$  o como potencia en un test máximo de 6 minutos en el ergómetro de remo Gjessing.

A comienzos de los noventa se implementó un programa de ayuda financiera individual para atletas calificados, lo que permitió a los mejores remeros tomarse un descanso en el trabajo o en los estudios durante los períodos de entrenamiento importantes. Se observó un aumento adicional en el volumen de entrenamiento total. Desde los años ochenta a los noventa, el volumen de entrenamiento aumentó aproximadamente 15% y en la actualidad, los ganadores de medallas internacionales noruegos tienen un promedio de 1100 horas por año. Este panorama también coincide con los informes no publicados de otros programas de remo internacional exitosos. De hecho, Roth (1979) trabajando con remeros alemanes, ya reportaba volúmenes de entrenamiento de 1000 horas por año a fines de los años sesenta y durante los años setenta. La mayoría del aumento en el volumen de entrenamiento durante la última década se produjo durante el período preparatorio invernal. Se redujo la contribución absoluta y relativa del entrenamiento realizado en el bote a velocidades de carrera o por encima de la misma. Este tipo de entrenamiento se asocia con concentraciones de lactato sanguíneo entre 10 y 15 mM (Hartmann & Mader, 1990), y con respuestas muy elevadas de las hormonas asociadas al estrés (Naveri et al., 1985; Strobel et al., 1998).

Desde los años ochenta, la capacidad física de los ganadores de medallas noruegos se ha estabilizado cuando se determina como  $VO_2$  en cinta rodante o a través del rendimiento en un ergómetro de remo. Los aumentos adicionales en el volumen de entrenamiento alcanzados en los años noventa no se asociaron con aumentos estadísticamente significativos en la capacidad física. Sin embargo, esta comparación puede ser ligeramente engañosa. El reciente desarrollo de pruebas estandarizadas para el ergómetro *Concept II* ha dado menor importancia a estas otras pruebas, una tendencia que podría haber afectado los resultados de la evaluación. Estas pruebas fueron realizadas al final del período de preparación. Por lo tanto, podrían no captar un efecto potencial de una mayor base de volumen en el proceso "alcanzar el máximo



rendimiento" utilizado para ayudar a los atletas a alcanzar el mayor nivel de rendimiento en campeonatos internacionales que se realizan cerca del fin de la temporada de verano, casi 5 meses después de haber finalizado el período de preparación general. No se han documentado las consecuencias fisiológicas de algunas de las prácticas utilizadas, como la exposición repetida a entrenamiento en altitud o los métodos de entrenamiento para la fuerza y la resistencia en atletas de un nivel de rendimiento tan alto. En la literatura no hay estudios experimentales que recreen las cargas de entrenamiento y los plazos relevantes para atletas de resistencia de nivel internacional. Además, no es posible delimitar estadísticamente el aumento en la capacidad de rendimiento que sea significativo para estos atletas (~ 1%) con los tamaños de muestra utilizados en la práctica (Hopkins et al., 1999). Las prácticas de entrenamiento de estos atletas se pueden observar mejor como el resultado de un proceso reiterativo año tras año de ciclos de entrenamiento anuales, evaluación de resultados y ajustes.

Para el remero de nivel internacional, los objetivos del ciclo de entrenamiento anual son reforzar todos los aspectos pertinentes de capacidad física, alcanzar dominio técnico y luego permitir que los atletas manejen estas capacidades y alcancen los rendimientos máximos durante los campeonatos de regatas internacionales. Para los ganadores de medallas, esto generalmente significa administrar exitosamente el rendimiento máximo para una sola competencia final decisiva. Si bien los atletas mantienen un nivel alto de aptitud a lo largo del año, la exposición a un volumen de entrenamiento alto durante el invierno y principios de verano está en el umbral de lo tolerable. La capacidad de rendimiento se deprime intencionalmente durante las fases de sobreentrenamiento a corto plazo para facilitar un efecto de supercompensación antes de las competencias claves. Especulativamente, el mayor volumen de entrenamiento realizado en los años noventa habría facilitado las adaptaciones endocrinas a largo plazo (Kjaer, 1998), y la mayor capacidad para la movilización simpática luego de los períodos de entrenamiento de supercompensación y puesta a punto para las competencias más importantes. En apoyo a esta explicación, se observó que luego de las competencias remeros de nivel internacional presentaban niveles de hormona de crecimiento y de cortisol anticipador significativamente mayores que los del equipo nacional y que los de remeros de nivel de rendimiento medio (Snegovskaya & Viru, 1993). La magnitud de las respuestas de la hormona de crecimiento frente al ejercicio agudo parecería estar relacionada con el grado de activación adrenérgica central (Weltman et al., 2000).

La velocidad del bote en las competencias finales internacionales continúa aumentando. Parte de estos aumentos puede deberse a la modernización de los equipos (cambios en la paleta, bote, y hardware a principios de 1990), y la evolución continuada de la técnica (pequeñas mejoras en el mejor de los casos). Sin embargo, la tendencia del rendimiento también se ha mantenido durante la última década, a pesar del hecho que no se han realizados cambios significativos en el equipo desde 1992. En los Campeonatos Mundiales de 2002, los mejores tiempos de rendimiento de todos los tiempos (en remo no se reconocen records mundiales) se alcanzaron en nueve de 24 eventos. También se establecieron nuevos estándares mundiales para hombres y mujeres durante los campeonatos de remo *indoor* internacionales y muchos de estos rendimientos superiores en ergómetro *Concept II* fueron alcanzados por los mismos remeros que habían ganado las medallas en los campeonatos mundiales al aire libre o los juegos olímpicos. Estos progresos sugieren que la capacidad física de los remeros continúa mejorando. En Noruega, las mejoras cuantificadas no pueden ser atribuidas a un mejor reclutamiento de personas con grandes talentos para este deporte, porque el reclutamiento para remo ha disminuido algo desde los años setenta.

Un tercer progreso observado durante las últimas tres décadas fue un aumento en la integración de períodos de entrenamiento en altitud moderada (1800-2500 m sobre el nivel del mar) dentro del ciclo de entrenamiento anual. Antes de los juegos olímpicos de México, D.F. en 1968, los entrenadores probablemente subestimaron los efectos de la altitud en el rendimiento máximo y en la fatiga. Durante los primeros días de competencias de remo se produjeron más de 80 incidentes de colapsos y tripulaciones específicas incluso se detuvieron y comenzaron nuevamente durante estas competencias en altitud (Hagerman, 1994). Esta experiencia junto con los informes preliminares de resultados positivos de los entrenamientos en altitud sobre los rendimientos de resistencia a nivel del mar realizados por Daniels y Oldridge (1970) y Dill y Adams (1971), dieron comienzo a una era de campamentos de entrenamiento en altitud durante la preparación previa a las competencias. Sin embargo, después de 30 años, el efecto del entrenamiento en altitud sobre el rendimiento sigue siendo dudoso. Muchos entrenadores son positivos (Baumann et al., 1994), mientras que algunos fisiólogos sugieren que los entrenadores sobrestiman el efecto del entrenamiento en altitud debido a la falta de evidencia (Wolski et al., 1996). Un estudio que informó ausencia de efecto de la altitud en el  $VO_{2max}$  y en el rendimiento incluyó algunos de los remeros noruegos que describimos aquí (Jensen et al., 1993).

Hay consenso general con respecto a los factores fisiológicos que limitan los rendimientos de resistencia (Joyner, 1991; Coyle, 1995; Hawley y Stepto, 2001). En contraste, no existe consenso general sobre el volumen óptimo y la organización de entrenamiento necesarios para aumentar al máximo estas adaptaciones, sin producir sobreentrenamiento. La mayoría de la bibliografía se basa en intervenciones a corto plazo entre sujetos desentrenados. Los resultados se contradicen con los métodos usados con éxito en el nivel de élite. Específicamente, los estudios de entrenamiento en sujetos desentrenados demuestran que las intensidades de entrenamiento que corresponden al umbral del lactato son efectivas para aumentar el rendimiento físico (Yoshida et al., 1982; Denis et al., 1984; Keith et al., 1992; Takeshima et al., 1993; Gaskill et al., 2001).

El enfoque en el umbral del lactato como un marcador fisiológico de intensidad apropiada, ha permitido que la mayoría del volumen de entrenamiento total se haya realizado en esa intensidad o cerca de ella. En contraste, la organización del entrenamiento de los mejores atletas de maratón (Billat et al., 2001), remo (Steinacker et al., 1998), ciclismo de persecución (Schumacker & Mueller, 2002) y esquí de fondo (datos no publicados) sugiere que su entrenamiento se enfoca en equilibrar la aplicación de grandes volúmenes de entrenamiento en intensidades substancialmente menores a la intensidad del umbral de lactato con dosis de entrenamiento en intensidades entre la intensidad del máximo estado estable de lactato y la intensidad mínima que produce el  $VO_{2max}$  (aproximadamente 85%-95% de  $VO_{2max}$ ). Un volumen de entrenamiento relativamente pequeño se realiza en la intensidad del umbral del lactato. Por ejemplo, Hartmann y Mader (1990) publicaron resultados extensos de datos de entrenamiento recolectados en remeros del equipo nacional de Alemania Oriental. Durante el período de preparación, más del 90% del entrenamiento realizado por estos atletas de éxito internacional, se realizó a una intensidad que producía una concentración de lactato sanguíneo  $<2\text{mM}$  y 7% se realizó en una concentración de lactato sanguíneo de 2-4 mM. En el período de pre-competencia, el porcentaje de volumen de entrenamiento realizado en esta intensidad baja siguió siendo cercano al 75% de las sesiones de entrenamiento total en comparación con solo un 18% de sesiones de entrenamiento realizadas en intensidades entre 2 y 4mM de lactato. Steinacker et al. (1998) informaron datos de remeros menores que se preparaban para campeonatos mundiales. Aproximadamente 75% del entrenamiento se realizó en una intensidad que producía una concentración promedio de lactato sanguíneo de aproximadamente 1,5mM, mientras que el resto se realizó en una concentración de lactato de 6,5 mM, o superior para el entrenamiento en ritmo de competencia.

## Perspectivas

Sobre la base de datos de 28 remeros noruegos ganadores de medallas internacionales recolectados entre 1970 y 2000, durante las últimas tres décadas, la capacidad aeróbica máxima de los ganadores de medallas internacionales de remo parece haber aumentado más del 10%. Un  $VO_{2max}$  de 6,5-7,0 L  $\text{min}^{-1}$  (72-78 mL  $\text{kg}^{-1}$   $\text{min}^{-1}$  a +90  $\text{kg}^{-1}$ ) es común entre atletas varones pesados de nivel internacional. Durante el mismo período de tiempo se han producido al menos tres cambios importantes en el entrenamiento. El volumen de entrenamiento anual ha aumentado aproximadamente 20%, y la mayoría del aumento se ha producido durante el período invernal. En remo los ganadores de medallas internacionales actualmente entrenan entre 1100 y 1200 horas por año. La organización de la intensidad del entrenamiento ha cambiado mucho. Se han aplicado grandes aumentos en el entrenamiento de la resistencia básica en intensidades claramente por debajo del primer punto de inflexión del lactato. En comparación con lo que se observaba en los años setenta, se ha puesto menos atención al entrenamiento en intensidades altas a velocidad de competición o por encima de la misma (105%-115% del  $VO_{2max}$ ). Se ha dado más importancia al entrenamiento en intensidades que requieren 90%-95% del  $VO_{2max}$ , frecuentemente en forma de series de intervalos largos de 4-8 min de duración. Finalmente, los períodos repetidos de entrenamiento en altitud, que consisten en estancias de 14-21 días a aprox. 2000 m sobre el nivel del mar, se han vuelto una práctica común, aunque los beneficios de la altitud repetida entre los atletas altamente entrenados no han sido documentados. Este estudio apoya y aporta un contexto histórico de los datos de atletas de resistencia de élite que sugiere que la organización de entrenamiento óptima para el rendimiento máximo es un modelo de entrenamiento polarizado con aproximadamente 75% del entrenamiento realizado bien por debajo del umbral del lactato y 15%-20% del entrenamiento realizado muy por encima de esa intensidad.

## REFERENCIAS

1. Baumann I. , Bonov P. , Daniels J. , Lange G. (1994). NSA Round Table: high altitude training. *New Studies in Athletics: 9: 23-35*.
2. Billat V. L, Demarle A. , Slawinski J. , Paiva M. , Koralsztejn J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med. Sci. Sports Exerc: 33: 2089-2097*.
3. Coyle E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc. Sport Sci. Rev. : 23: 25-63*.
4. Daniels J. , Oldridge N. (1970). The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Med. Sci. Sports: 2: 107-112*.
5. Denis C. , Dormois D. , Lacour J. R. (1984). Endurance training,  $VO_{2max}$ , and OBLA: a longitudinal study of two different age groups. *Int. J. Sports Med. : 5: 167-173*.
6. Dill D. B. , Adams W. C. (1971). Maximal oxygen uptake at sea level and 3090-m altitude in high school champion runners. *J. Appl. Physiol: 30: 854-859*.
7. Enghoff H. Apparat zur Gasanalyse. *Acta Med Scand* (1946). (Suppl. 170).
8. Gaskell S. E. , Walker A. J. , Serfass R. A. , Bouchard C. , Gagnon J. , Rao D. C. , Skinner J. S. , Wilmore J. H. , Leon A. S. (2001). Changes in ventilatory threshold with exercise training in a sedentary population: the HERITAGE Family Study. *Int. J. Sports Med: 22: 586-592*.
9. Hagerman F. C. (1994). Physiology and nutrition for rowing. *In: Lamb D, ed. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*

10. Hagerman F. C, Staron R. S. (1983). Seasonal variables among physiological variables in elite oarsmen. *Can. J. Appl. Sports Sci.* : 8: 143-148.
11. Fiskerstrand & Seiler Hartmann U. , Mader A. (1990). Heart rate and lactate during endurance training programs in rowing and its relation to the duration of exercise by top elite rowers. *FISA Coach: 1: 1-4.*
12. Hawley J. A. , Stepto N. K. (2001). Adaptations to training in endurance cyclists: implications for performance. *Sports Med: 31: 511-520.*
13. Hopkins W. G. , Hawley J. A. , Burke L. M. (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Med. Sci. Sports Exerc.* : 31: 472-485.
14. Jensen K. , Nielsen T. S. , Fiskestrand A. , Lund J. O. , Christensen N. J. , Secher N. H. (1993). High-altitude training does not increase maximal oxygen uptake or work capacity at sea level in rowers. *Scand. J. Med. Sci. Sports: 3: 262.*
15. Joyner M. J. (1991). Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J. Appl. Physiol.* : 70: 683-687.
16. Keith S. P. , Jacobs I. , McClellan T. M. (1992). Adaptions to training at the individual anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol: 65: 316-323.*
17. Kjaer M. (1998). Adrenal medulla and exercise training. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol: 77: 195-199.*
18. Lucia A. , Hoyos J. , Perez M. , Chicharro J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med. Sci. Sports. Exerc: 32: 1777-1782.*
19. Naveri H. , Kuoppasalmi K. , Harkonen M. (1985). Plasma glucagon and catecholamines during exhaustive short-term exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol: 53: 308-311.*
20. Roth W. (1979). Ergebnisse sportphysiologischer Studien zur Leistungsentwicklung ausgewählter Sportarten in den Jahren 1964-1978 und dem Profil leistungs-bestimmender Merkmale sowie der muskelzellulären Grundlagen der spezifischen Leistungsfähigkeit in der Sporten Rudern. *Dissertation B: Universität Greifswald.*
21. Schumacker Y. O. , Mueller P. (2002). The 4000-m team pursuit cycling world record: theoretical and practical aspects. *Med. Sci. Sports Exerc: 34: 1029-1036.*
22. Secher N. H. , Vaage O. , Jensen K. , Jackson R. C. (1982). Rowing performance and maximal aerobic power in oarsmen. *Scand. J. Sports Sci.* : 4: 9-11.
23. Snegovskaya V. , Viru A. (1993). Elevation of cortisol and growth hormone levels in the course of further improvement of performance capacity in trained rowers. *Int. J. Sports Med.* : 14: 202-206.
24. Steinacker J. M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *Int. J. Sports Med.* : 14(Suppl. 1): S3-S10.
25. Steinacker J. M. , Lormes W. , Lehmann M. , Altenburg D. (1998). Training of rowers before world championships. *Med. Sci. Sports Exerc. 30: 1158-1163.*
26. Strobel G. , Reiss J. , Friedmann B. , Bartsch P. (1998). Effect of repeated bouts of short-term exercise on plasma free and sulphoconjugated catecholamines in humans. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 79: 82-87.*
27. Takeshima N. , Tanaka K. , Kobayashi F. , Watanabe T. , Kato T. (1993). Effects of aerobic exercise conditioning at intensities corresponding to lactate threshold in the elderly. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 67: 138-143.*
28. Weltman A. , Pritzlaff C. J. , Wideman L. , Weltman J. Y. , Blumer J. L. , Abbot R. D. , Hartman M. L. , Veldhuis J. D. (2000). Exercise-dependent growth hormone release is linked to markers of heightened central adrenergic outflow. *J. Appl. Physiol. 89: 629-635.*
29. Wolski L. A. , McKenzie D. C. , Wenger H. A. (1996). Altitude training for improvements in sea level performance: is there scientific evidence of benefit? *Sports Med. 22: 251-263.*
30. Yoshida Y. , Suda Y. , Takeuchi N. (1982). Endurance training regimen based on arterial blood lactate: effects on anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 49: 223-230.*