



## UMBRAL VENTILATORIO Y RENDIMIENTO DEL TRABAJO DURANTE EL EJERCICIO SOBRE ERGOMETROS DE PEDALES Y CON REMOS, EN KAYAKISTAS JOVENES.

Profesor V. Bunc y J. Heller

Facultad de Educación Física y Deporte, Universidad Charles. Praga, República Checa.

Se pueden estudiar las características fisiológicas y de prestación de atletas bien entrenados utilizando diversas pruebas ergométricas. En el artículo presente, los autores evalúan la hipótesis de que en kayakistas entrenadas la evaluación del proceso de entrenamiento es más sensible a pruebas efectuadas sobre ergómetros específicos. Por consiguiente se ha evaluado el umbral ventilatorio y el rendimiento del trabajo con un ergómetro específico (de remo) y con un ergómetro no específico (cicloergómetro). Los autores sacan la conclusión de que los resultados de las pruebas no específicas se deben usar con precaución cuando se vayan a interpretar variables fisiológicas sensibles al estado de entrenamiento específico (doctor Gianni Mazzoni - Médico Fedetivo).

**Resumen:** El fin del presente estudio era evaluar los efectos que la ejecución de un ejercicio específico (ergómetro a remos) y otro no específico (ergómetro de pedales) ejercen sobre parámetros fisiológicos tales como el umbral ventilatorio ( $TH_{vent}$ ) y el rendimiento de once kayakistas jóvenes de velocidad olímpica.

Cuando fueron puestos a prueba estas atletas bien entrenadas usando medios no específicos, sus valores de consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en el  $Th_{vent}$ , como porcentaje de  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $\%VO_{2m\acute{a}x}$ ) eran cercanos a los de participantes no entrenados [ $74'2$  ( $5'6$ )%  $VO_{2m\acute{a}x}$ ], media (SD)]. Cuando se pusieron a prueba a las mismas participantes, usando ejercicios específicos, se registraron valores típicos de atletas bien entrenados [ $84'8$  ( $4'7$ )%  $VO_{2m\acute{a}x}$ ]. Para el ejercicio no específico sobre el ergómetro de pedales, registramos valores de rendimiento de trabajo cercanos a los de participantes no entrenados [ $22'3$  ( $2'5$ )%]; en cada caso, para el ejercicio específico sobre el ergómetro de remos, registramos valores mucho más bajos [ $13'4$  ( $3'0$ )%] incluso a nivel del  $TH_{vent}$ .

El rendimiento con dos cargas de ejercicio de calentamiento submáximo en el ergómetro de remos no era significativamente inferior a los valores de  $Th_{vent}$  [respectivamente  $12'3$ % ( $2'8$ ) y  $12'9$ % ( $2'9$ )]. Se sacaron correlaciones significativas entre la prestación máxima a un  $VO_2$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) y la prestación en el  $TH_{vent}$  durante el ejercicio con ergómetros de remo y de pedal (respectivamente  $0'623$ ,  $0'630$  y  $0'648$ , todos con  $P < 0'05$ ). Puesto que los resultados de las pruebas de ejercicio submáximo, tanto específico como no, son diferentes, sugerimos cautela en la interpretación de las variables fisiológicas que pueden ser sensibles al estado de entrenamiento.

La evaluación del  $TH_{vent}$  y del rendimiento del trabajo como parámetros suplementarios durante los estudios de laboratorio hacen posible la determinación de

la eficacia del proceso de entrenamiento y la adaptación específica de los participantes.

**Palabras clave:** Pruebas de ejercicio, atletas, ergometría a pedales y con remos, umbral de oxigenación, rendimiento de trabajo.

**Introducción:** Las predisposiciones funcionales de los atletas bien entrenados se pueden evaluar usando diversas pruebas ergométricas (Astrand y Rodahl 1986; Bergh y otros 1976; Bunc y Leso 1993). Hay evidencias que sugieren la adaptación metabólica funcional específica es decir que se verifican utilizando sólo pruebas específicas (Astrand y Rodahl 1986; Bunc y Leso 1993; Dal Monte y Leonardi 1975; Larsson y otros 1988; Stromme y otros 1977); otras pruebas no concuerdan (Apor y otros 1982). El problema se ha evidenciado claramente en piragüistas puestos a prueba usando el "cranking" (Israel y Brenke 1967; Tesch y otros 1976; Vrijens y otros 1975), usando un ergómetro específico (Dal Monte y Leonardi 1975; Heller y otros 1984; Larsson y otros 1988) y un simulador isocinético (Apor y otros 1982).

Estudios anteriores sobre las adaptaciones metabólicas y circulatorias al entrenamiento indicaron que estas adaptaciones son específicas del tipo de entrenamiento realizado (Astrand y Rodahl 1986; Bunc y otros 1984; Bunc y Leso 1993; McCafferty y Horvath 1977; Mygind y otros 1991). Estudios longitudinales demostraron una relativa especificidad para el perfeccionamiento del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) durante tipos diversos de actividad física y durante el entrenamiento selectivo de brazos y piernas (Bunc y Leso 1993; Heller y otros 1984; Israel y Brenke 1967; Larsson y otros 1988; Pechar y otros 1974; Stamford y otros 1978; Stuart y otros 1981). Se demostraron adaptaciones específicas del entrenamiento no sólo durante el ejercicio máximo, sino también durante el ejercicio submáximo (Bunc y otros

1984; Bunc y Leso 1993; Fry y Morton 1991; Stamford y otros 1978; Stuart y otros 1981) Estas consideraciones sugieren que se deberían realizar estudios muestra sobre atletas entrenados, en los que sus músculos están entrenados de modo tal que se puedan obtener las informaciones más relevantes con respecto a su capacidad de ejercicio.

La importancia de este enfoque se puso en evidencia en estudios anteriores sobre piragüistas expertos, canoístas, esquiadores de fondo, ciclistas y corredores (Apor y otros 1982; Bouckaert y otros. 1983; Bunc y Leso 1993; Larsson y otros 1988; Mygind y otros 1991; Withers y otros 1981). Sin embargo, algunos estudios sobre deportes que dependen de un alto  $VO_{2max}$  de la parte superior del cuerpo, (Kayak y canoa y/o remo) documentaron una dependencia de los resultados de un ergómetro específico de la estación en que se realizó la prueba (Bouckaert y otros 1983; Larsson y otros 1988; Tesch y otros 1976; Vrijens y otros 1975).

Todos los estudios anteriores se basaron en atletas masculinos bien entrenados. No hay estudios sobre atletas femeninos. Por esto la finalidad de este estudio era determinar el efecto del ejercicio incremental específico (ergómetro con remos) y no específico (ergómetro de pedales) sobre parámetros funcionales tales como el umbral ventilatorio y el rendimiento del trabajo en kayakistas jóvenes.

**Métodos:** Once kayakistas de aguas tranquilas, entrenadas y de nivel internacional fueron examinadas en los laboratorios al finalizar un periodo preparatorio (marzo) tanto con ergómetro de pedales como con remos. Sus características físicas medias (SD) eran las siguientes: edad 16'1 (0'8) años; altura 168'9 (4'4) cm; masa corporal 65'2 (5'4) kg.

Estas kayakistas habían participado en carreras regulares entrenándose por lo menos durante 4 años y el tiempo medio de entrenamiento intenso fue de 1'6 horas/día.

La prueba sobre el ergómetro de pedales (Jaeger), comenzaba con 2 cargas submáximas de 1'5W/kg y de 2'5 W/kg, cada una de 4 minutos (la frecuencia de pedalada oscilaba de 50 rpm a 60 rpm).

La carga inicial era de 170 W y aumentaba de 20 en 20 W cada minuto hasta que cada sujeto alcanzaba su rendimiento máximo (el tiempo para llegar al agotamiento iba de los 5 a los 8 minutos y la frecuencia de pedalada iba de 60 rpm a 70 rpm). Ambos ergómetros fueron calibrados dinámicamente con ayuda de un dispositivo de ajuste a motor.

La fiabilidad de este sistema era cerca del 1%. Con dos cargas submáximas cada una de 4 minutos, los participantes alcanzaban el 30% y el 50% en una prueba de fuerza máxima de 1 minuto. La prueba de incremento máximo empezaba en el 60% de la fuerza máxima y se aumentaba la carga en 10 W cada

minuto (por un periodo de 4 a 6 minutos). Se utilizaron los criterios clásicos de determinación subjetiva del agotamiento, según Astrand y Rodahl (1986).

Los parámetros respiratorios y el cambio de gas se midieron usando un sistema abierto. Las atletas respiraban a través de una válvula de dos vías con un pequeño espacio muerto (Jaeger). La ventilación pulmonar  $V_E$ , BTPS) fue medida con un neumotacógrafo (Jaeger) calibrado antes y después de cada prueba con una bomba mecánica. La concentración de oxígeno se midió con un analizador térmico (célula de circonio) y la concentración de  $CO_2$  con un analizador de infrarrojo (Jaeger). Ambos analizadores se calibraron en toda la escala fisiológica de medida usando gases que fueron convalidados por un aparato Schlander.

La frecuencia cardiaca se controlaba con un cardiotaquímetro digital (Hellige). El ordenador imprimía estos valores cada treinta segundos. Los valores se definían como la media de los dos valores consecutivos más altos. Si bien pueden emplearse muchos métodos no invasivos, un aumento no lineal en la  $V_E$  con referencia al  $VO_2$  y al  $VCO_2$  es por el momento el método más simple y probablemente el más preciso para determinar el umbral anaerobio por medio del umbral ventilatorio ( $TH_{vent}$ ). El criterio para la determinación del  $TH_{vent}$  era un incremento no lineal de  $V_E$  en relación con el  $VO_2$  o el  $VCO_2$  (Bunc y otros 1987). El  $TH_{vent}$  se verificaba por medio de un modelo lineal de dos compartimientos usando estas relaciones. Esto se realizaba con un algoritmo computarizado para establecer un punto de intersección de la regresión a dos líneas.

El rendimiento del trabajo, que se calculaba según Davis y otros (1982), se definió como sigue:

$$\text{Rendimiento del trabajo (\%)} = \frac{\text{Trabajo realizado}}{\text{cambio de la energía gastada}} \times 100$$

donde el cambio de energía es el aumento de la energía por encima del valor de reposo. El rendimiento del trabajo se calculó a partir de la intensidad máxima de ejercicio, donde una relación fiable entre la intensidad del ejercicio y la energía gastada es todavía válida, es decir está al nivel que corresponde al  $TH_{vent}$ .

Los resultados están presentados con las medias y las desviaciones estándar. Se usaron análisis repetidos de la variancia para verificar el significado de las diferencias entre las variables medidas sobre ambos ergómetros. Se empleó la correlación escala-orden para obtener un coeficiente de correlación. Se utilizó el nivel 0'05 para todas las pruebas de significado estadístico.

**Resultados:** El cuadro 1 presenta un perfil de los valores de todas las variables funcionales máximas para las dos pruebas ergométricas. Se indican los parámetros que demuestran diferencias significativas

entre la ergometría a pedales y la de remos. El  $VO_{2\text{máx}}$ , la  $V_E$ , el volumen y la potencia expresada eran significativamente más elevados en el ergómetro de pedales que en el de remos.

**Cuadro 1-** Variables funcionales máximas en las pruebas sobre ergómetro de pedales y sobre ergómetro de remos.

Variabilidad	Cicloergómetro	Palaergómetro
$VO_{2\text{máx}}(\text{l}\cdot\text{min}^{-1})$	3.28 (0.26)	2.91 (0.19)*
$VO_{2\text{máx}}(\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$	50.3 (4.3)	44.6 (3.6)**
$V_{E\text{máx}}(\text{l}\cdot\text{min}^{-1})$	98.4 (13.1)	87.3 (7.4)*
$f(\text{min}^{-1})$	50.1 (2.4)	55.9 (2.6)*
$V_T(\text{l})$	1.96 (0.32)	1.56 (0.29)*
$VEO_2$	30.9 (2.9)	31.1 (3.2)
$f_{c\text{máx}}(\text{batt}\cdot\text{min}^{-1})$	192 (10)	188 (8)
$lab_{\text{máx}}(\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1})$	9.8 (2.6)	10.0 (3.0)
$P_{\text{máx}}(\text{W})$	240.1 (36.2)	124.5 (12.3)**
$f_p(\text{min}^{-1})$	-	90.6 (6.2)

$f_p$ : frecuencia de palada;  $f_c$ : frecuencia cardiaca;  $lab$ : lactato hemático.

El  $VO_{2\text{máx}}$  en el ergómetro con remos tenía una media de 88'7 (3'3)%, media (SD), del valor obtenido en el ergómetro de pedales. Por el contrario, la frecuencia de respiración era significativamente más alta durante la ergometría con remos que con la de pedales. No se encontraron diferencias notables en el equivalente de oxígeno ( $VEO_2$ ), en la frecuencia cardiaca y en el lactato en la sangre.

**Cuadro 2-** Variables funcionales del nivel ventilatorio y eficacia del trabajo sobre ergómetros de pedales y de remos.

Variabilidad	Cicloergómetro	Palaergómetro
$VO_{2\text{máx}}(\text{l}\cdot\text{min}^{-1})$	2.43 (0.21)	2.47 (0.18)
$\%VO_{2\text{máx}}(\%)$	74.2 (5.6)	84.8 (4.7)**
$V_E(\text{l}\cdot\text{min}^{-1})$	64.9 (6.3)	69.6 (5.1)*
$f(\text{min}^{-1})$	35.7 (2.6)	43.7 (2.4)**
$V_T(\text{l})$	1.82 (0.29)	1.59 (0.26)*
$VEO_2$	26.7 (3.0)	28.2 (3.0)
$f_{c\text{máx}}(\text{batt}\cdot\text{min}^{-1})$	176 (7)	178.0 (4)
$P(\text{W})$	176.3 (32.1)	111.0 (6.1)**
$f_p(\text{min}^{-1})$	-	84.3 (5.9)
Eficiencia del trabajo	22.3±2.5	13.4 (3.0)*

En el cuadro 2 se muestran los valores medios de las variables funcionales seleccionadas. El mismo cuadro presenta los valores del rendimiento del trabajo. Se indican además las diferencias entre las variables estudiadas. Los valores de  $VO_2$  y el  $Th_{\text{vent}}$  durante la prueba de pedales y la de remos eran casi idénti-

cos. Todas las variables respiratorias en el  $Th_{\text{vent}}$ , excepto el volumen respiratorio, resultan más altas para el remo que para la pedalada. De igual modo se encuentran valores notablemente más altos de  $VO_2$  como tanto por ciento del  $VO_{2\text{máx}}$  ( $\%VO_{2\text{máx}}$ ) en el  $Th_{\text{vent}}$  en el ergómetro de pedales que en el de remos ( $P<0'01$ ).

El cuadro 3 muestra los valores de las variables funcionales seleccionadas y el rendimiento del trabajo durante los dos turnos de calentamiento en ambos ergómetros. Los valores del rendimiento del trabajo en el ergómetro de pedales son casi los mismos que los del  $Th_{\text{vent}}$ ; de cualquier modo, los valores determinados en el ergómetro con remos no eran mucho más bajos que los del  $Th_{\text{vent}}$ . Los aumentos de la carga de trabajo en el ergómetro con remos se debían sobre todo a un aumento de la frecuencia de remo. Se ha encontrado una relación significativa entre el aumento de la frecuencia de remo y el aumento del rendimiento del trabajo ( $r=0'605$ ,  $P<0'05$ ). Las diferencias en  $VO_2$  no eran importantes, pero la potencia útil en el ergómetro de pedales era significativamente más elevada que la del ergómetro con remos; de lo cual se deduce que el rendimiento de trabajo era notablemente mayor durante la pedalada que con los remos.

**Cuadro 3-** Variables funcionales y eficacia en dos niveles submáximos de trabajo sobre ergómetros de pedales y de remo.

Variabilidad	Cicloergómetro		Palaergómetro	
	Nivel1	Nivel 2	Nivel1	Nivel2
$VO_{2\text{máx}}(\text{l}\cdot\text{min}^{-1})$	1.39 (0.21)	1.80 (0.19)	1.44 (0.27)	1.86 (0.26)
$\%VO_{2\text{máx}}(\%)$	42.25 (3.6)	54.8 (4.1)	49.4 (2.8)	63.6** (2.9)
$V_E(\text{l}\cdot\text{min}^{-1})$	37.1 (7.3)	49.6 (9.1)	39.7 (6.1)	54.7* (5.3)
$f(\text{min}^{-1})$	26.1 (3.0)	31.8 (2.7)	30.3 (3.1)	39.0* (2.9)
$V_T(\text{l})$	1.42 (0.29)	1.56 (3.3)	1.36 (2.9)	1.49 (2.8)
$VEO_2$	26.7 (3.1)	27.6 (3.3)	27.7 (2.9)	29.4 (2.8)
$f_{c\text{máx}}(\text{batt}\cdot\text{min}^{-1})$	136 (5)	152 (5)	135 (5)	150 (4)
$P(\text{W})$	97.8 (5.3)	163.0 (4.2)	56.1** (4.7)	71.1** (3.9)
$f_p(\text{min}^{-1})$	-	-	50.4 (3.6)	66.4 (4.1)
Eficiencia de trabajo	22.3 (2.6)	22.3 (2.5)	12.3** (2.8)	12.9** (2.9)

Próximo capítulo

**Umbral ventilatorio y rendimiento del trabajo, durante el ejercicio sobre ergómetros a pedales y a remos, en kayakistas jóvenes.**

Continuación

Se encontraron correlaciones negativas en  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) entre la ejecución de laboratorio sobre el ergómetro de pedales ( $r = -0.512$ , NS) y la ejecución competitiva anual ( $r = 0.536$ , NS). Se encontraron correlaciones positivas entre  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) y la ejecución ( $r = 0.623$ ,  $P < 0.05$ ) en un ergómetro con remos ( $r = 0.534$ , NS) y el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  ( $\text{l}/\text{min}$ ) y la ejecución sobre el campo.

Del mismo modo se encontraron correlaciones positivas entre  $VO_2$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) y la ejecución sobre el campo ( $r = 0.630$ ,  $P < 0.05$ ) y entre la ejecución en el Thvent durante el remo y la ejecución sobre el campo ( $r = 0.648$ ,  $P < 0.05$ ).

**Debate:** El entrenamiento específico puede incrementar tanto la masa muscular específica como la capacidad oxidativa de los músculos empleados. Por consiguiente, las pruebas con ergómetro específico deberían dar mayores informaciones en relación a las capacidades específicas de trabajo que las pruebas no específicas (Astrand y Rodahl 1986; Bunc y Leso 1993; Stromme y otros 1977; Stuart y otros 1981; Wiyhers y otros 1981).

El  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  es un parámetro muy importante, dado que el metabolismo aerobio contribuye aproximadamente al 40% del gasto total de energía de los kayakistas agonistas durante una carrera de 1'30 minutos, de 2 minutos (en 500 ms) (Astrand y Rodahl 1986).

Tales atletas son capaces de trabajar al 90% de su potencia aerobia evaluada en prueba ergométrica para las piernas (Astrand y Rodahl)

Los valores de  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  ( $\text{l}/\text{min}$ ) en el ergómetro de pedales son típicos de las atletas entrenadas (por ejemplo, Astrand y Rodahl). Por otra parte nuestras atletas eran más altas y sobre todo más pesadas que las atletas de la competición de resistencia. Por lo tanto los valores de  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) eran más bajos que los de las atletas de resistencia (Astrand y Rodahl 1986). Estas observaciones confirman los resultados de otros autores que dan datos de las características fisiológicas de kayakistas entrenados (Heller y otros 1984; Fry y Morton 1991; Shephard 1987; Tesch y otros 1976).

Dado que el  $VO_2$  durante el ejercicio máximo parece depender de la masa muscular en ejercicio (Astrand y Rodahl 1986; Bergh y otros 1976), se esperaba que el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  resultase inferior cuando se calculara sobre un ergómetro con remos que si se hacía con uno de pedales. El  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  en los atletas entrenados es generalmente más alto en situaciones de trabajo que la permiten la utilización óptima de fibras musculares entrenadas específicamente y con implicación de una masa muscular gruesa (Stromme y otros 1977).

El valor de  $VO_2$  submáximo es con frecuencia mucho más sensible a las adaptaciones del entrenamiento. La cantidad de  $VO_2$  submáximo se ha usado frecuentemente como medida de economía del movimiento

específico (Astrand y Rodahl 1986; Bunc y Leso 1993; Fry y Morton 1991). Resulta que la escala de  $VO_2$  submáximo en un grupo específico de participantes para diversos tipos de ejercicio físico es aproximadamente del 20% (Astrand y Rodahl 1986). A menudo se considera que estas variaciones del  $VO_2$  entre los individuos que realizan labores específicas como el remar son el resultado de diferencias en las técnicas de remo (Fry y Morton 1991), pero pocos estudios han intentado identificar con precisión el origen de tales diferencias. Además hay muy pocas informaciones objetivas que contemplen la relación entre la ejecución técnica del remo y su mecanismo. Si bien los entrenadores sugieren a menudo cambios de técnica sutiles para mejorar la ejecución del movimiento, sólo hay una pequeña prueba cuantitativa que señale que factores de la técnica de palada están implicados directamente en el perfeccionamiento de la ejecución del movimiento (Shephard 1987).

El  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  puede ser influenciado notablemente con la adaptación al ejercicio interesado. Aunque el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  que se mide durante el trabajo máximo de piernas (por ejemplo, el ejercicio no específico para un kayakista sobre el ergómetro de pedales) tiende a ser más o menos invariable durante todo el año de entrenamiento en los piragüistas, el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  medido con una prueba de trabajo específica puede aumentar notablemente. Los cambios máximos del  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  en nuestras jóvenes kayakistas en el ergómetro con remos durante el año de entrenamiento fueron del 9.6%. Por otra parte, los cambios de  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  sobre el ergómetro de pedales durante el mismo periodo, fueron inferiores al 4%. Resultados semejantes en piragüistas suecos de alto nivel fueron presentados

por Tesch y otros (1976), que demostraron que el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  medido durante el "cranking" era de media un 8% más alto en la estación de actividad piragüística que en invierno.

El kayak es el único deporte que requiere a los músculos de los brazos un ejercicio duro y prolongado. Por eso estos atletas tienen una capacidad muy elevada para realizar ejercicios de brazos con respecto a la que se precisa para hacer ejercicios de piernas.

Comparando el trabajo de las piernas con el de los brazos, se demuestra que el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  en participantes no entrenados durante el trabajo de brazos puede alcanzar el 60-62% de los valores obtenidos con el ergómetro de pedales (Magel y otros 1978). Israel y Brenke 1967 demostraron que el 73% de  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  era alcanzado por ciclistas y corredores durante el "cranking", mientras que los pallistas llegaban a 85-97% de los valores máximos obtenidos con el ergómetro de pedales (Astrand y Rodahl 1986; Larsson y otros 1988; Tesch y otros 1976). Durante el ejercicio sobre el ergómetro específico con remos de nuestras jóvenes kayakistas, el  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  era de una media de 88.7% (3.3%), media (SD), del valor obtenido en el ergómetro de pedales. Piragüistas checos, con el mismo ergómetro de remos, alcanzaron el 93% del

$VO_{2m\acute{a}x}$  que se obtuvo en el ergómetro con pedales. Se puede concluir que cuanto mayor sea la aplocación en la prueba con el ergómetro de remos, más bajas son las diferencias de  $VO_{2m\acute{a}x}$  entre la ergometría con pedales y la de remos. Una adaptación a un estímulo determinado no sólo tiene consecuencias generales, sino que sobre todo las tiene específicas, por ejemplo, cuando atletas entrenados fueron sometidos a una carga no específica sobre el ergómetro de pedales

se registraron porcentajes de valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  a  $Th_{vent}$  cercanos a los valores característicos de la población no entrenada.

Por otra parte, cuando se examinaron los mismos atletas usando cargas específicas (por ejemplo, kayakistas sobre ergómetros de remos), se obtuvieron valores típicos de atletas muy entrenados (Bunc y otros 1987; Bunc y Leso 1993; Stuart y otros 1981; Withers y otros 1981).

Durante el movimiento específico del piragüista, incluso las funciones respiratorias son muy importantes (Cermak y otros 1975). Valores de ventilación máxima por minuto ( $V_{Em\acute{a}x}$ ) y de volumen respiratorio obtenidos con el ergómetro de pedales fueron más altos que los que se obtuvieron con el ergómetro de remos. En la prueba de resistencia el volumen respiratorio dependía de la edad, del sexo y de factores constitucionales y, en los atletas masculinos, sobre todo de la naturaleza y de la duración de la prueba (Astrand y Rodahl 1986). La diferencia de  $V_{EO_2}$  entre la pedalada máxima y el remo máximo no fueron importantes. El equivalente de oxígeno permite hacer indagaciones sobre la economía de la respiración. La amplitud depende de factores constitucionales, especialmente de las condiciones morfológicas del sistema respiratorio, y en parte del sexo, de la edad y, especialmente en los atletas masculinos, de la economía de ventilación (Astrand y Rodahl 1986).

En muchos tipos de ejercicio físico la frecuencia ventilatoria tiende a estar fijada al ritmo de movimiento, especialmente en el ejercicio en que el esfuerzo de locomoción tiende a deformar el complejo torácico (Astrand y Rodahl 1986). Así, el esquema de ventilación no está dirigido exclusivamente por el requerimiento de un gasto mínimo de energía de los músculos respiratorios. La frecuencia respiratoria a cada nivel de respiración proporciona habitualmente el volumen respiratorio óptimo e iguala la frecuencia respiratoria que el sujeto elige espontáneamente.

Nuestros atletas, paleando, alcanzaron  $V_E$  inferiores con una mayor frecuencia respiratoria. Las circunstancias del trabajo de ventilación, especialmente la estrecha relación entre la frecuencia respiratoria y la frecuencia de palada (Cermak y otros 1975), podían influir también sobre la potencia aerobia máxima "específica".

El rendimiento de trabajo aparente, derivado del  $VO_2$  y de la cantidad de trabajo, fue notablemente más

bajo sobre el ergómetro de remos [13'4% (2'5)] que con el de pedales [22'3% (2'5)]. Estos valores están en completa armonía con los resultados de Hagerman y otros (1978), que demostraron un rendimiento de trabajo del 14% en piragüistas sobre el ergómetro de remos, y con nuestros datos anteriores sobre piragüistas de alto nivel sobre el ergómetro de remos (16'4%) (Bunc y Leso 1993). Nuestros valores de rendimiento de trabajo sobre el ergómetro de pedales son cercanos a los comunicados por otros autores. Algunos estudios ponían de relieve que el rendimiento de trabajo estaba dentro del 20%-26% (Astrand y Rodahl 1986; Bunc y Leso 1993; Davis y otros 1982; Stuart y otros 1981).

En nuestro grupo de kayakistas el rendimiento de trabajo aumentaba con la frecuencia de palada. La frecuencia de los golpes a cada nivel de ejecución proporcionaba la potencia útil real, que se hacía patente en la velocidad de movimiento. La frecuencia óptima de palada para la que será máxima la potencia útil, está cerca, probablemente, a la frecuencia de palada en competición. Esta hipótesis se puede confirmar por la notable dependencia positiva entre el rendimiento de trabajo y la frecuencia de palada.

Según nuestra experiencia, la relación entre los resultados obtenidos en competición y los valores espiroergométricos de laboratorio puede estar influida por muchos factores (nivel de la técnica, táctica durante las competiciones, factores psicológicos, y sobre todo por un nivel diverso de motivaciones en la competición y en las condiciones de laboratorio, etc.) A menudo es difícil explicar las diferencias de grado entre la ejecución en competiciones y los datos espiroergométricos en grupos entrenados relativamente homogéneos. Sin embargo, un nivel funcional particular es un requisito previo para alcanzar una ejecución alta (Astrand y Rodahl 1986; Fry y Morton 1991; Shephard 1987). Parece que es necesaria la prueba espiroergométrica de laboratorio para evaluar la capacidad funcional "específica" máxima de los atletas, pero podrían obtenerse informaciones más completas, especialmente durante el periodo de competiciones, examinando a piragüistas en condiciones de campo, en las que la interferencia de otros factores es probablemente inferior que en el laboratorio.

Se puede sacar la conclusión de que los resultados de las pruebas de ejercicio no específico, submáximo y máximo, sobre un ergómetro de pedales, sugieren cautela cuando se interpretan variables fisiológicas que pueden ser sensibles al estado de entrenamiento. Las pruebas con el ergómetro de remos pueden ser más sensibles que las hechas con el de pedales porque revelan cambios en el estado de entrenamiento de los piragüistas de alto nivel, pero esto se puede evaluar en un estudio longitudinal. La evaluación del  $Th_{vent}$  y la del rendimiento de trabajo como parámetros suplementarios durante las pruebas de laboratorio permitirá a los investigadores averiguar no sólo la eficacia del proceso de entrenamiento, sino también la especificidad de la carga de entrenamiento.