PubliCE, (PubliCE) 1998

Monograph

Capacidad Aeróbica y Anaeróbica de Nadadores Entrenados durante la Realización de Ejercicios Específicos y No Específicos en el Período Pre-Competitivo

A. R Vorontsov[1], V. R Solomatin[1] y N. N Sidorov[1]

[1]*State Central Institute of Physical Culture, Moscú, Rusia.*

RESUMEN

Palabras Clave: evaluaciones submáximas, ergómetro acuático, cicloergómetro, natación

INTRODUCCION

La evaluación de atletas de clase mundial, especialmente (3-4 semanas) antes de las competiciones constituyó siempre un desafío y un duro problema para los investigadores. Por un lado los entrenadores pueden estar interesados en información confiable acerca del nivel de capacidades funcionales de sus atletas para realizar una valoración final y, si fuera necesario, realizar las correcciones pertinentes. Por otro lado los entrenadores están poco dispuestos a permitir cualquier "interferencia" en el proceso de entrenamiento y cuestionan la relevancia de la información obtenida para el rendimiento deportivo. En lo que concierne a los nadadores, estos son muy negativos acerca de las evaluaciones no específicas, especialmente antes de los eventos principales. El ergómetro de natación, como herramienta de evaluación, puede crear regímenes de trabajo muy cercanos a los del ejercicio competitivo. Los primeros estudios que emplearon el ergómetro de natación revelaron sus beneficios en comparación con las evaluaciones tradicionales de laboratorio utilizando bicicleta ergométrica o cinta rodante (Holmer, 1974, Persin et al., 1979; Vorontsov et al., 1982). Sin embargo, ninguna de las investigaciones fue llevada a cabo con nadadores en la etapa final del macrociclo de preparación. Nuestro estudio está basado en evaluaciones de rutina de los nadadores del Centro Olímpico para los Deportes Acuáticos y de la Academia Estatal Rusa de Educación Física. El propósito de este estudio fue comparar las particularidades de la respuesta funcional en nadadores bien entrenados a ejercicios específicos y no específicos en la etapa final de su macrociclo de entrenamiento antes del Campeonato Nacional de Natación de Invierno de Rusia. El principal objetivo de este estudio fue sugerir métodos y criterios relevantes de evaluación para el rendimiento deportivo.

Los propósitos del presente estudio fueron:

- Investigar los niveles de potencia aeróbica y anaeróbica y la capacidad de trabajo de nadadores entrenados en la

etapa de puesta a punto antes de los campeonatos nacionales.
- Comparar las respuestas fisiológicas durante evaluaciones submáximas en un ergómetro acuático y en cicloergómetro.
- Evaluar el potencial funcional de los nadadores en relación con los resultados competitivos.

METODOS

La determinación de las características funcionales (VO_2máx., VE, R, ExcCO_2) se llevaron a cabo con un "test por etapas" en un ergómetro acuático (test específico) y en una bicicleta ergométrica (test no específico). El test en el ergómetro acuático (Steinberg-Flygt swimming flume of Moscow Olympic Centre of Aquatic Sports) comenzó con una velocidad de corriente de agua de 1.0m/s. La velocidad de la corriente de agua se incrementó en 0.2m/s cada 3 minutos hasta una velocidad de 1.6m/s y luego en 0.1m/s también cada 3 minutos. Todos los sujetos nadaron estilo crawl. Antes del test los sujetos realizaron una entrada en calor estandarizada nadando en le ergómetro acuático a una velocidad de corriente de 1.0m/s seguido de 2 minutos de descanso pasivo. Las muestras de aire fueron recolectadas en Bolsas de Douglas durante los últimos 30 segundos de cada etapa de trabajo. La última muestra fue tomada inmediatamente después de que el nadador llegara al agotamiento y no pudiera continuar nadando. Las mediciones de los volúmenes de gases en las bolsas fueron realizadas con un analizador de gases especial. Todos los volúmenes de gases fueron corregidos para la condición BTPS. El consumo de oxígeno fue calculado a partir de las muestras de aire espirado en las bolsas de Douglas, y los análisis del contenido de O_2 y CO_2 fueron realizados con la técnica Haldane. Cuando se utilizaron las muestras de aire para la evaluación de la tasa metabólica, las mismas fueron corregidas para la condición STPD. El ExcCO_2 fue determinado de la siguiente manera: ? R = R TRABAJO – R REPOSO con R REPOSO = 0.75 (11). La carga inicial en el cicloergómetro fue de 450kgm • min-1. Luego de cada tres minutos de trabajo la carga se incrementó en 450kgm • min-1. La frecuencia de pedaleo fue constante, 75 por minuto. Ambos tests fueron realizados hasta el agotamiento. Las muestras de aire fueron recolectadas en los últimos 30 segundos de trabajo en cada etapa. Con el propósito de evaluar el desarrollo físico general de los sujetos, se realizaron mediciones de la talla, peso y capacidad vital (VC) de los pulmones.

SUJETOS

Los sujetos fueron 16 nadadores, miembros del Equipo de Natación del Instituto Central Estatal de Cultura Física (edad 18-22 años, hombres). Estos fueron subdivididos en dos grupos. El primer grupo, nueve nadadores, quienes participaron con éxito en el Campeonato Nacional de Natación (entre ellos: los campeones en la prueba de relevos 4x200 estilo libre, los campeones nacionales en la prueba de 4x100 relevos medley, dos medallistas de plata en la prueba de 4x100 relevos estilo libre). Nosotros llamamos a estos nadadores "nadadores de nivel nacional" (NLS). El segundo subgrupo, siete nadadores, fueron finalistas en los Juegos Nacionales para Estudiantes de 1984. Llamamos a este grupo "Nadadores de Nivel Universitario" (CLS). Los sujetos de ambos grupos entrenaron con el mismo programa al menos en las últimas dos temporadas. Ambos grupos incluían nadadores que se especializaban en estilo libre o tenían al estilo libre como segundo estilo de competición (entre los NLS había algunos nadadores de nivel internacional, especializados en los estilos mariposa y pecho). Todos los sujetos nadaron estilo libre durante las evaluaciones en el ergómetro acuático. Para los análisis estadísticos se tuvieron en cuenta los mejores tiempos en estilo libre logrados en los siguientes Campeonatos Nacionales de Natación. Las características del desarrollo físico y del rendimiento en natación de ambos grupos se muestran en la siguiente tabla.

	NLS (n=9)		CLS (n=7)		
Características	**X ± DE**	**Min - Max**	**X ± DE**	**Min - Max**	**t**
Edad (años)	21.09±0.60	20.42-22.42	20.16±1.52	17.92-22.50	1.618
Talla (cm)	180.6±5.9	170.0-192.0	179.3±3.2	175.1-184.0	0.515
Peso (kg)	76.23±6.02	67.1-87.0	70.78±3.65	68.0-77.0	2.104
VC (ml)	6539±611	5500-7250	5700±256	5300-6000	2.984
Resultado 100 libres (s)	53.98±0.79	52.56-55.27	56.20±0.85	55.70-57.20	5.397
Resultado 200 libres (s)	116.94±1.35	113.90-118.14	122.46±1.99	119.51125.70	6.619

Tabla 1. *Edad, desarrollo físico y resultados deportivos de los subgrupos NLS y CLS.*

Todos los sujetos realizaron los test en cicloergómetro cuatro semanas antes del Campeonato Nacional de Invierno de la URSS de 1985 y los test por etapas en el ergómetro acuático dos semanas antes de los Nacionales de invierno. Los resultados obtenidos en los Nacionales en las pruebas estilo crawl fueron considerados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En los test no específicos realizados en el cicloergómetro los grupos NLS y CLS tuvieron valores muy similares en el VO_2máx, VE, VO_2máx por kilogramo de peso corporal y en el $ExcCO_2$ (ver Tabla 2). El valor promedio para el VO_2máx durante cicloergometría en ambos grupos fue aproximadamente 3.5L/min y solo en dos casos individuales (uno en el grupo NLS y otro en el grupo CLS) hallamos un VO_2máx mayor a 4.0L/min. Solo tres nadadores (dos del grupo NLS y uno del grupo CLS) tuvieron un VO_2máx por kg de peso corporal mayor a 50ml/kg/min. El mayor valor que fue de 56.7ml/kg/min perteneció al sujeto A.E. del grupo CLS.

	NLS (n=9)		CLS (n=7)		
Características	**X ± DE**	**Min - Max**	**X ± DE**	**Min - Max**	**t**
VO_2máx (l/min)	3.64±035	3.04-4.20	3.49±0.38	3.08-4.10	0.733
VO_2máx (ml/kg/min)	48.06±4.42	44.10-53.20	49.02±4.85	42.48-57.34	1.153
VE (l/min)	140.43±24.37	116-192	139.00±19.68	117-173	0.040
$ExcCO_2$ (l/min)	1.61±0.23	1.45-1.88	1.63±0.30	1.20-2.00	0.032
R	1.2±0.07	1.06-1.29	1.27±0.11	1.11-1.38	1.277

Tabla 2. *Respuestas fisiológicas al test en cicloergómetro en los nadadores de los grupos NLS y CLS.*

En comparación con distintas publicaciones (1, 3, 10) nuestros datos obtenidos de los tests en cicloergómetro son muy bajos. No esperábamos obtener tales valores tan bajos de VO_2máx en atletas altamente entrenados. Pero rechazamos la idea de una posible influencia de una baja motivación en la ejecución del test debido a que los sujetos mostraron altas magnitudes de $ExcCO_2$ (ver Tabla 2), indicando la contribución del metabolismo anaeróbico. Si nos remitimos a los altos valores de $ExcCO_2$, podríamos concluir que todos los nadadores realizaron los tests en cicloergómetro con su mayor esfuerzo. La inadecuada respuesta "anaeróbica" a este test "aeróbico", como suponía, es el resultado de un entrenamiento muy específico en el período pre competitivo, cuando el propósito es poner a punto todos los sistemas fisiológicos con la realización de ejercicios que implican patrones motores altamente específicos (natación). La postura vertical y el trabajo predominante de las extremidades inferiores en el ciclismo es muy poco específico para los nadadores y puede resultar en una temprana activación de la glucólisis anaeróbica y la inhabilidad para alcanzar altos valores de VO_2máx. Estos hallazgos concuerdan con la teoría del control motor visceral y de los reflejos motores viscerales (Mogendovich, 1963; Arshavsky 1981), la cual asume que en los procesos de entrenamiento el SNC establece específicos "canales de comunicación" entre los músculos que realizan la tarea, los sistemas cardiovascular y respiratorio y otros sistemas. Este selecciona parámetros de respuestas fisiológicas requerido por el nivel de rendimiento motor específico, guarda esta información en la memoria y la libera cuando es requerida (mecanismo de reflejos condicionados).

Durante la realización de los tests en el ergómetro acuático, todos los sujetos mostraron valores mucho mayores de VO_2máx y de VO_2máx por kilo de peso corporal. Al mismo tiempo, los sujetos del grupo NLS en estos parámetros de potencia aeróbica tuvieron valores significativamente superiores a los observados en el grupo CLS (ver Tabla 3).

En el grupo NLS se observaron valores de VO_2máx de 4.70 a 5.91L/min muy similares a los valores reportados para nadadores del Equipo Nacional de Suecia (2, 3, 8) y a los del Equipo de la USSR (9). El VO_2máx del grupo CLS fue significativamente menor que el del grupo NLS, 3.67 – 4.31L/min. La magnitud del consumo máximo de oxigeno por kilogramo de peso en el grupo NLS estuvo entre 65.3 y 74.2ml/kg/min mientras que en el grupo CLS estuvo entre 50.3 y 61.5ml/kg/min. En ambos casos el consumo de oxígeno fue mayor al valor de 50ml/kg/min, el cual (de acuerdo con algunos

autores, 2, 4, 9, 12, 13) es uno de los factores principales que limitan el rendimiento en los deportes de resistencia.

	NLS (n=9)		CLS (n=7)		
Características	**X± DE**	**Min - Max**	**X ± DE**	**Min - Max**	**t**
VO_2máx (l/min)	5.23±0.42	4.70-5.91	4.03±0.21	3.67-4.31	5.455**
VO_2máx (ml/kg/min)	69.12±2.65	65.32-74.23	58.34±4.10	50.29 61.46	5.297**
VE (l/min)	113.52±14.92	100.8-135.1	84.88±3.78	83.5-90.8	4.172**
ExcCO_2 (l/min)	0.87±0.24	0.47-1.26	0.66±0.11	0.51-0.83	1.693*
R	0.94±0.08	0.89-1.03	0.91±0.03	0.87-0.96	0.803

Tabla 3. *Características de la respuesta fisiológica en el test progresivo realizado en el ergómetro acuático, tanto en el grupo NLS como en el grupo CLS. **p <0.01 *p <0.05.*

Nuestros hallazgos muestran que los valores de VO_2máx mayores a 5.0L/min y 65ml/kg/min pueden ser criterios para determinar el potencial deportivo en la natación (el sujeto S.K que tuvo un tiempo en los 200m estilo libre en los Nacionales de 1.53.90 y que hizo un tiempo menor a los 4 minutos en los 400m estilo libre tuvo un consumo de O_2 durante el test en el ergómetro acuático de 5.45L/min y 74.23ml/kg/min). Se obtuvieron resultados interesantes con respecto a la VE. Los nadadores de ambos grupos tuvieron una ventilación pulmonar 20-40% menor durante el ciclismo, aunque tuvieron un VO_2máx 15-44% mayor en la natación en comparación con el ciclismo. Es obvio que la frecuencia de respiración en la natación está limitada por la frecuencia de los movimientos del nado. Por esta razón, la VE durante la natación pudo no haber alcanzado los valores que se alcanzan durante el ciclismo o durante la carrera (2, 3, 11). Quizás una ventilación pulmonar mas profunda permita un mayor suministro de sangre a los pulmones en posición horizontal y una mayor utilización de oxígeno en los músculos entrenados (2, 11) y estas sean las razones de un mayor consumo de oxígeno durante la natación en comparación con el ciclismo en nadadores de alto nivel. Durante el test en el ergómetro acuático las personas entrenadas tuvieron un mayor suministro "aeróbico" de energía en comparación con el test en cicloergómetro; en los grupos NLS y CLS durante el nado en el ergómetro acuático el ExcCO_2 fue menor a 1.0L/min y el R fue menor a 1.0. Al mismo tiempo durante el ciclismo, ambos grupos tuvieron un ExcCO_2 de 1.6L/min. Esto prueba una vez mas que los nadadores están menos adaptados para trabajar en un cicloergómetro y que necesitan ser evaluados con ejercicios específicos de la natación (1,2,6,7,8,10,11,13).

CONCLUSION

Nuestros hallazgos muestran que

Los procedimientos de evaluación, utilizando condiciones de actividad muscular específica de la natación, son más adecuados para evaluar el potencial funcional de los nadadores entrenados. Durante el test en el ergómetro acuático, todos los sujetos mostraron máximos valores individuales de consumo de oxigeno y consumo de oxígeno por kilogramo de peso corporal. Los nadadores realizaron esta tarea con una menor tasa de resíntesis de ATP por la vía anaeróbica en comparación con el ciclismo. En el ciclismo, los grandes grupos musculares de las extremidades inferiores, los cuales tienen menos sobrecarga y están menos entrenados en los nadadores, están involucrados en la realización de la tarea. Esto pudo afectar el carácter del suministro de energía. Una alta tasa de metabolismo anaeróbico en el ciclismo, como suponíamos, puede limitar la posibilidad de alcanzar altos valores de VO_2máx en los nadadores. Los nadadores de alto nivel tuvieron una potencia aeróbica significativamente superior en comparación con los nadadores del grupo CLS. Debido a que los sujetos de ambos subgrupos entrenaron con el mismo programa al menos en las últimas dos temporadas, las diferencias entre los grupos NLS y CLS en la potencia aeróbica y en los resultados deportivos no puede ser explicada por las diferencias en el entrenamiento. Esto puede ser mas bien el resultado de diferencias en el entrenamiento en etapas previas o el impacto de factores pre-existentes (heredados).

Los valores del consumo máximo de oxígeno y del consumo máximo de oxígeno por kilogramo de peso corporal, de la ventilación pulmonar y de la capacidad vital pueden parcialmente explicar las diferencias en los resultados observados durante la natación en los grupos NLS y CLS. Pero dentro de cada subgrupo no se observó una correlación de estos parámetros con los resultados en la natación. La competición deportiva es un evento en el cual están implicados múltiples

factores y el resultado deportivo no está solamente determinado por las habilidades funcionales. Otros factores importantes son la fuerza, la flexibilidad, las cualidades de velocidad y por su puesto la técnica de nado.

REFERENCIAS

1. Arshavsky I.A (1981). Physiological mechanism and principles of individual development. ''*Science*'', *Moscow*
2. Bonen, A., B. A. Wilson, M. Yarkony and A. N. Belcastro (1980). Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. *J Appl Physiol 48: 232-235*
3. Farfel V.S (1969). "Adaptation of sportsmen to physical workload in different oxygen regimes". *(proceedings of works of Physical Culture Institutes, Moscow, ed*. "*Fizkultura I sport*", *1969, pp.3-15 (in Russian)*
4. Gullstrand L (1984). "How to develop Olympic level swimmer". "*Int. Sport Media*", *Helsinki, pp.60-69*
5. Holmer I (1974). Physiology of swimming man. *Acta Physiol. Scandinavica, Suppl. 407, 56 p*
6. Klissouras V (1978). Prediction of athletic performance: genetic consideration. *In Exe. Phy.,book 4,Miami, 1989,pp.3-18. Kuznetsova T.D.(1986)Age charac. of breathing in children and young people. Ed.Medicina, M.186p.(Russian)*
7. Magel J.R., Faulkner J.A (1967). Maximum oxygen uptakes of college swimmers. "*Journal of Applied Physiology*", *Vol.22(5), pp.929-938*
8. Mogendovich M.R (1963). Motor-visceral and viscera-motor reflexes. *Perm University, Perm*
9. Paulson L.-E (1984). "How to develop Olympic level swimmer". "*Int. Sport Media*", *Helsinki*
10. Platonov V.N., Vaitsekhovski S.M (1985). "The training of high-class swimmers". *Moscow,* "*Fizkultura I Sport*", *128 p. (in Russian)*
11. Shirkovets E.A., Serafimova B.S (1973). Aerobic capacity of well-train swimmers during tethered swimming. "*Theory and Practice of Physical Culture*", *5, pp.42-44 (in Russian)*
12. Solomatin V.R (1981). Abstract of PhD dissertation. *Moscow, State Central Institute of Physical Culture, 20 p. (in Russian)*
13. Ulbrich J (1973). "Leistungssport". *Vol.3, pp.374-380 (in Deutsch)*
14. Vaccaro P., Clarke D.H., Morris A.F (1980). Physiological characteristics of young well-trained swimmers. "*European Journal of Applied Physiology*", *Vol.44, pp.61-66*
15. Vorontsov A.R., Popov O.I., Chupakhin B.N (1982). ''Pulling Force in The Water Flume During Tethered Swimming as Criteria of Swimming Skill''. ''*Theory and Practice of Physical Culture*'', *9, pp. 7-9*

Cita Original

Del Reporte Científico Anual del Departamento de Natación, Instituto del Estado Central de Cultura Física, Moscú, 1985. Australian Swim Coach, 1998, Vol. XIV, No. 3, pp.23-25.