

Prescripción de ejercicio aeróbico acuático en mujeres sedentarias: correlación de frecuencias cardíacas entre cicloergómetro y carrera acuática profunda.

Aerobic aquatic exercise prescription on sedentary female: correlation in heart rate between cycloergometer and deep water running

▲▲▲

Antonio Ignacio Cuesta Vargas

Área de Fisioterapia. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad de Jaén.

▼▼▼

Correspondencia: Antonio Ignacio Cuesta Vargas

Área de Fisioterapia. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad de Jaén.

Despacho B3-066 Campus de las Lagunillas s/n 23071 Jaén.

e-mail: acuesta@ujaen.es Tlf. 953213325

Recibido: 01 de enero 2007-Aceptado: 15 de mayo de 2007

Rev fisioter (Guadalupe). 2007; 6 (1): 13-17

▲▲▲

Resumen

Objetivo: La prescripción de ejercicio terapéutico (PET) en hidroterapia es una medida recomendada en las guías médicas de consenso, y a la vez practicada por expertos en la recuperación de lesiones deportivas y/o mantenimiento de la condición física durante la lesión. **Objetivo:** Describir una valoración ergométrica específica lo suficientemente válida, fiable y reproducible para aclarar la disparidad de criterio en la PET en agua, para el control y seguimiento de los parámetros fisiológicos en Ejercicio Acuático Aeróbico (EAA). **Material y método:** Inter-test en ergometría en seco y en agua sobre 10 mujeres sedentarias para correlacionar "gold estándar" de laboratorio con un test específico incremental en carrera acuática en profundidad. **Resultados:** Se encuentran diferencias significativas $p=0.004$ (IC 95% 7,57-28,62) en los valores de Frecuencia cardíaca de reposo (FCR), y $p=0.001$ (IC 95% 7,96-13,23) en la frecuencia cardíaca máxima (FCM). **Discusión:** Los resultados de FCR y FCM pueden ser el reflejo de una diferente respuesta cardiovascular mediada por el medio acuático. **Conclusiones:** Para la prescripción de intensidades de ejercicio en el agua es necesario realizar un test específico en este medio, si ello no es posible sugerimos para este tipo de población restar un 6 % del valor máximo alcanzado el test en laboratorio. Son necesarios estudios con muestras más amplias para la correlación entre los tests ergométricos en seco y la respuesta cardiovascular en agua.

Palabras clave: Hidroterapia, ejercicio físico, inmersión acuática cabeza fuera, carrera acuática en profundidad, Medicina del deporte.

Abstract

Objective: The prescription of therapeutic exercise (PTE) in hydrotherapy it is a measure recommended in the medical guides. **Objective:** To describe a evaluation specific and the approach disparity in the PTE in water, for the control and pursuit of the physiologic parameters in Aerobic Aquatic Exercise (AAE). **Material and method:** 10 subject sedentary female, on test specifies in water, correlated with a laboratory. **Results:** They are significant differences ($p < 0.004$ CI 95% 7,57-28,62)) in the values of Rest Heart Frequency of Rest (RHF), and you differ ($p < 0.001$ CI 95% 7,96-13,23) in the Maximal Heart Frequency maxim (MHF). **Discussion:** The results the differences of FCmax and in the recovery they could be the reflection of a different cardiovascular answer mediated by the means aquatic. **Conclusions:** For the prescription of exercise intensities in the water is necessary to carry out a test I specify in this means, if it is not possible we suggest for population's type to subtract 6 % of the reached maximum value the test in laboratory. They are necessary more studies that enlarge the correlation among the tests in dry and the cardiovascular answer in water.

Key words: Hydrotherapy, physical exercise, head-out water immersion, deep water running, sports medicine.

Introducción

Desde que en 1889 (1) se realizara la primera publicación científica sobre las respuestas fisiológicas en humanos a través de pruebas de esfuerzo máximo, se han ido incorporando un alto número de variables y especificaciones sobre la realización de las mismas para predecir el rendimiento humano. Variables que van desde la necesidad de especificar las ergometrías a las poblaciones sobre las que se interviene, hasta adaptarlas a las condiciones en las que se solicita el rendimiento (2). Apareciendo las primeras ergometrías en agua para comprensión y posterior aplicación a la natación deportiva con Costill en el 1966 (3). Ya más recientemente se recomienda el uso de los ejercicios aeróbicos acuáticos, no solo natatorios, para las discapacidades⁴, y se describen los fundamentos científicos de sus beneficios terapéuticos (5) y psicosociales (6).

Fundamentalmente, las pruebas de esfuerzo máximo están orientadas a determinar parámetros de control de la capacidad aeróbica máxima y a la prescripción del ejercicio con fundamentos fisiológicos para provocar una adaptación del sujeto al rendimiento deseado (2). Estos controles y prescripciones se pueden realizar con distintas variables como; consumo de oxígeno (%VO₂ max), latidos cardiacos por minuto (ppm), milimoles de lactato en sangre (mmol), niveles subjetivos de esfuerzo (0-10), niveles de velocidad (km/h), de ritmo (bpm), etc. Siendo necesario determinar objetivamente los parámetros fisiológicos como medida de control y posteriormente extrapolarlos a parámetros físicos (velocidad, espacio, tiempo, potencia, ritmo, etc.) (2).

Sin embargo, los parámetros de control en ocasiones están sometidos a errores en la determinación de los mismos, como por ejemplo en el trabajo acuático, donde no podemos transferir linealmente los datos de laboratorio en frecuencias cardiacas (FC) al trabajo en ejercicio acuático aeróbico (EAA), debido a la grandes diferencias en las respuestas cardiovasculares al ejercicio dentro del agua, encontramos: decremento las frecuencias cardiacas máximas (6,7), bradicardia refleja (8,6), aumento del volumen sistólico (6,7), ahorro metabólico por decremento de uso músculos tónicos (9), aumento del gasto metabólico de termorregulación (10-13) influencia de la presión hidrostática sobre la frecuencia respiratoria (14-17) y el retorno venoso (5,9).

Existen revisiones sistemáticas específicas en intervenciones con efectos clínicamente relevantes sobre poblaciones como síndrome de fibromialgia (18, 19) gerontología (20) y lumbalgia mecánica inespecífica (21), sin embargo no determina los parámetros de control y seguimiento de la prescripción del EAA. Y en otras estudios primarios en existen efectividad estadísticamente significativa como las embarazadas (22) e infartados (23).

Queda evidencia suficiente de la idoneidad de realizar intervenciones en fisioterapia y medicina del deporte de prescripción del ejercicio terapéutico (PET) en medio acuático durante las fases de recuperación o compensación física que así lo requieran.

Sin embargo estas intervenciones no están suficientemente estudiadas para realizar un correcto control y seguimiento en fisioterapia con valoraciones objetivas que permita una prescripción segura en pacientes y/o deportistas.

Debido a la necesidad de aplicabilidad a cada escenario, es necesario contar con un test ergométrico específico equiparable al gold standard para planificación de ejercicio aeróbico en seco.

Objetivo

Describir una evaluación para solventar la disparidad de criterio en la PET en agua. Ya que no existen estudios sobre el control y seguimiento de los parámetros fisiológicos en EAA en fisioterapia y medicina del deporte. Sin embargo es una medida recomendada en las guías médicas de consenso.

Hipótesis

Confirmar de modo experimental la falta de correlación entre frecuencias cardiacas, como habitual indicador de ejercicio acuático, en el ejercicio aeróbico en seco y en agua en mujeres sedentarias.

Material y Métodos

Sujetos

Los sujetos experimentales fueron 10 mujeres sedentarias, las cuales fueron seleccionadas entre las asistentes a un curso de postrado y no cumplieron los criterios de exclusión.

Entre los criterios de exclusión se encuentran:

hombres, deportistas, sufrir algún tipo de lesión o enfermedad que contraindique la práctica de ejercicio aeróbico intenso en seco y en agua.

Diseño

El diseño del estudio es pseudoexperimental transversal para pruebas diagnósticas correlacionadas con "gold estándar" para inferencia de datos pareados para mismos sujetos.

Material

La realización de las pruebas tuvo lugar en un laboratorio de valoración del rendimiento humano, donde se utilizó cicloergómetro Monark 818E®, electrocardiógrafo con monitor ECG marca SANRO® modelo Kenz ECG-107 para el registro de la frecuencia cardíaca (FC). La determinación de ácido láctico en sangre se realizó por medio de un analizador de micromuestras de sangre, marca Lactate Pro® LT-1710, lanceta automática para micropunción y capilares de vidrio de para colección de las muestras. Para la realización de las pruebas en agua se contó además con una piscina climatizada de 25x12,5 m con cota de 2,00 m de profundidad a 28°C del agua, 30°C en ambiente y humedad relativa del aire del 90%, cinturones de flotación marca Burbujita® modelo Aquajogger®, banda elástica tubular Thera-band®, 2 pulsómetros Polar® 610i, equipo de audio marca SONY® con sistema de grabación, Metrónomo QwikTime de Quartz®

Procedimiento

Tras obtener el consentimiento informado para la realización de las pruebas funcionales, se le realizó la ergometría en cicloergómetro con inicio en 75 W, donde se mantuvieron 2 minutos como periodo de adaptación, posteriormente se inicio la prueba con incrementos de intensidad 25W cada 2 minutos hasta el agotamiento. La recogida de datos se realizó por parte de dos observadores. Este procedimiento se ha seleccionado como "gold standard" según recomendaciones de La Federación Española de Medicina del Deporte (2).

Tras un periodo de recuperación de 48 horas, suficiente para regeneración metabólica tras un esfuerzo máximo7 y sin co-intervenciones se realizó una sesión única de familiarización con el medio acuático y con el protocolo a realizar, así como se

mostró a los sujetos la técnica correcta de carrera acuática (23) modificada (24), que posteriormente sería supervisada por un técnico entrenado en el control de la misma, ajeno a los observadores que recogen los datos. El mismo día a la familiarización, se realizó la prueba ergométrica en agua con el siguiente procedimiento:

Con los sujetos atados con una goma tubular elástica desde al borde de la piscina al cinturón de flotación, en se realizó una ergometría en carrera acuática supervisada con inicio a una cadencia de 60 golpes por minuto donde se mantuvieron 2 minutos, posteriormente se incremento la velocidad a 10 ciclos/m cada 2 minutos hasta el agotamiento. La recogida de datos se realizó por los mismos observadores que en el test de seco, al final de cada escalón de 2 minutos sin interrumpir el proceso incremental de la prueba, mediante punción en lóbulo de la oreja y el pulsómetro telemétrico con transmisor precordial y receptor de muñeca. Manteniendo durante el control de la prueba la técnica de carrera supervisada para que la única variable incremental sea el ritmo marcado.

Análisis estadístico

Para la realización de los cálculos estadísticos se ha utilizado el programa estadístico SPSS 12.0.1. Para la comparación de las medias correspondientes a distintos grupos para el mismo tiempo de test se aplicó el T-Test (t de "Student") para datos independientes (compara las medias de una variable para distintos grupos). Nos proporciona el valor de la t de Student y su significación estadística.

RESULTADOS

Resultando la prueba T-Student para datos relacionados entre 2 variables en 2 pares: Frecuencia Cardíaca Basal (FCB), Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM), los pares de variables valoradas para los mismos sujetos (tabla 1)

Los niveles de significación obtenidos (tabla 2) para el par FCM son de 0.001 (IC 95% 7,96-13,23) e indican que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados para las FC realizadas entre los test, existe un nivel máximo de significación. En el par de FCB la significación ha sido de 0.004 (IC 95% 7,57-28,62).

Variable	Test de seco (Media ± SD)	Test acuático (Media ± SD)
FCB	75 ± 10	75 ± 10
FCM	180 ± 15	180 ± 15

Tabla 1

Variable	Significación (p-value)
FCB	0.004
FCM	0.001

Tabla 2

DISCUSIÓN

Los resultados confirman la hipótesis de estudio y por tanto sugiere la necesidad de un test ergométrico específico para la carrera acuática en profundidad. Resultando nuestro test una alternativa reproducible para el control de la FCM.

Sin embargo debemos de cuestionar el uso de un único indicador para aeróbicos acuáticos, como por ejemplo la frecuencia cardiaca, pues influyen otras variables metabólicas como la modificación de la frecuencia respiratoria y por tanto el intercambio gaseoso (26), y las alteraciones energéticas ocasionadas por la termorregulación (27), la inhibición neuromotriz de la actividad tónico-refleja (9), la inhibición del sistema vegetativo (28).

En el futuro en aquellos sujetos que estén sometidos a tratamientos farmacológicos con B-bloqueantes, debemos de realizar un control con parámetros físicos (velocidad, tiempo, ritmo, etc..) o control subjetivo de la percepción de esfuerzo. Ya que al efecto farmacológico se le añade el efecto decreciente de la FC por la inhibición del Sistema Nervioso Simpático por la inmersión en agua templada (28).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio para valores medios de FCM es de 178,5 ppm en el test acuático frente a 189,1 ppm en el test en seco, siendo la media de la diferencia de 10,60 ppm (IC 95% % 7,96-13,23), por lo tanto un 5,7% menos del valor máximo alcanzado en el test estándar de laboratorio. Por tanto menores que los valores aportados por otros autores que proponen entre el 10% (9) el 14% (11) y el 16% (5,14).

Algunos autores compararon valores aeróbicos inferiores al 60% del valor máximo teórico en marcha seco y agua, y no presentaban diferencias en los resultados (12, 29, 30). Sin embargo, según nuestros resultados, al igual que en otros autores por encima de 140 bpm las diferencias son mayores (9, 14). Sería recomendable en futuros estudios realizar correlación con muestras más grandes.

En futuros estudios se debería de analizar a sujetos con distinta composición corporal (31), para controlar la variable de peso específico en agua, así como diferentes afecciones músculo esqueléticas como síndrome de fibromialgia (18, 19), gerontología (20) y lumbalgia mecánica inespecífica (21), donde existe alta evidencia científica de la necesidad de EAA con PET y

en afecciones médicas de tipo cardiológico (22), obstétrico (23), donde encontramos evidencias para su aplicación.

Conclusiones

Debemos de tomar las siguientes consideraciones en el momento de prescribir EAA en mujeres sedentarias, para la mejora y/o entrenamiento del nivel aeróbico para la recuperación/compensación física de la resistencia cardiopulmonar:

Para el cálculo directo se debería realizar un test específico en carrera acuática, como en el procedimiento expuesto en el material y método. Obteniendo la curva incremental de variables de respuestas al ejercicio, así como FCM, y planificando el ejercicio desde éstos datos.

Usando un vía indirecta desde laboratorio, debemos restar un 6% del FCM en el caso de mujeres sedentarias a la FCM hallada en la ergometría de laboratorio. En este caso es recomendable utilizar un criterio subjetivo de esfuerzo común (ejemplo; escala de Borg) para la ergometría en seco y para la transferencia de entrenamiento acuático.

También podemos usar una vía doblemente indirecta a partir de la edad, si seguimos la fórmula de Tanaka (32) $208 - (0.7 \times \text{edad})$, desde la cual debemos de restar también el sesgo para la FCM en medio acuático de un 6% del FCM en el caso de mujeres sedentarias.

Bibliografía

1. LaGrange F. Physiology of bodily exercise. Londres: Keagan Paul Internacional; 1889
2. González Iturri, JJ. Valoración Funcional del Deportista: aspectos biomédicos y funcionales. Colección Monografías FEMEDE Nº6. Madrid: Ed. Federacion Española de Medicina del Deporte; 1999.
3. Costill DL. Effects of water temperature on aerobic working capacity. Res Q Exer Sport. 1968 Mar;39(1):67-73.
4. Robert JJ, Jones L, Bobo M. The physiologic response of exercising in the water and on land with and without the X1000 Walk'N Tone Exercise Belt. Res Q Exerc Sport. 1996 Sep;67(3):310-5.
5. Takeshima N, Nakata M, Kobayashi F, Tanaka K, Pollock ML. Oxygen uptake and heart rate differences between walking on land and in water in the elderly. JAPA 1997; 5:126-134.
6. Sheldahl LM, Tristani FE, Clifford PS, Hughes CV, Sobocinski KA, Morris RD. Effect of head-out water immersion on

cardiorespiratory response to dynamic exercise. *J Am Coll Cardiol.* 1987 Dec;10(6):1254-8.

7. Willmore Jk, Costill, DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte.* 5ª ed. Barcelona: Ed. Paidotribo; 2004.

8. Natelson BH, Nary CA 2nd, Curtis GA, Creighton D. Roles of stress and adaptation in the elicitation of face-immersion bradycardia. *J Appl Physiol.* 1983 Mar;54(3):661-5.

9. Butts, NK, Tucker M, Christine Greening: Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. *Am J Sports Med.* 1991; 19(6): 612-40.

10. Allison, Tg, Reger WE. Comparison of responses of men to immersion in circulating water at 40.0 and 41.5 degrees. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1998; 69(9): 845-50.

11. Avellini BA, Shapiro Y, Pandolf KB. Cardio-respiratory physical training in water and on land. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;50(2):255-63.

12. Gleim GW, Nicholas JA. Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am J Sports Med.* 1989 Mar-Apr;17(2):248-52.

13. McArdle WD, Magel JR, Lesmes GR, Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 degrees C. *J Appl Physiol.* 1976 Jan;40(1):85-90.

14. Eyestone ED, Fellingham G, George J, Fisher AG. Effect of water running and cycling on maximum oxygen consumption and 2-mile run performance. *Am J Sports Med.* 1993 Jan-Feb;21(1):41-4.

15. Begin R, Epstein M, Sackner MA, Levinson R, Dougherty R, Duncan D. Effects of water immersion to the neck on pulmonary circulation and tissue volume in man. *J Appl Physiol.* 1976 Mar;40(3):293-9.

16. Hong SK, Cerretelli P, Cruz JC, Rahn H. Mechanics of respiration during submersion in water. *J Appl Physiol.* 1969 Oct;27(4):535-8.

17. Risch WD, Koubenec HJ, Beckmann U, Lange S, Gauer OH. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflugers Arch.* 1978 May 18;374(2):115-8.

18. Sims J, Adams N. Systematic review of randomized controlled trials of nonpharmacological interventions for fibromyalgia. *Clin J Pain.* 2002; 18(5): 324-36.

19. Assis MR, Silva LE, Alves AM, Pessanha AP, Valim V, Feldman D, et al. A randomized controlled trial of deep water running: clinical effectiveness of aquatic exercise to treat fibromyalgia. *Arthritis Rheum.* 2006 Feb 15;55(1):57-65.

20. Broman G, Quintana M, Lindberg T, Jansson E, Kaijser L. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *Eur J Appl Physiol.* 2006 Sep;98(2):117-23.

21. Pengel HM, Maher CG, Refshauge KM, Systematic review conservative interventions for subacute low back pain. *Clin Rehab.* 2002. 16(8): 811-20.

22. Kramer MS. Ejercicio aeróbico para las mujeres durante el embarazo (Revisión Cochrane traducida). En la Biblioteca Cochrane Plus, 2005 Numero 2 Oxford: Update Software Ltd. Disponible en

<http://www.update-software> (Traducida de The Cochrane Lybrary, 2005 Issue 2. Chichester, UK: John Wiley and Sons, Ltd.

23. Cider A, Schaufelberger M, Sunnerhagen KS, Andersson B. Hydrotherapy- a new approach function in the older patient with chronic heart failure. *European Journal Of Health Failure.* 2003; 5:527-35.

24. Huey L, Forster R. *The complete waterpower workout book.* New York: Ed Random House; 1993.

25. Cuesta Vargas AI, Guillen Romero, F. *Actividad Acuática Terapéutica.* En :Fernández Pérez MR. *Principios de Hidroterapia y Balneoterapia.* Madrid: Ed. McGraw-Hill; 2005.

26. Derion T, Guy HJ, Tsukimoto K, Schaffartzik W, Prediletto R, Poole DC, et al. Ventilation-perfusion relationships in the lung during head-out water immersion. *J Appl Physiol.* 1992 Jan;72(1):64-72.

27. McArdle WD, Margel JR, Delio DJ, Toner M, Chase JM. Specificity of run training on VO2 max and heart rate changes during running and swimming. *Med Sci Sports.* 1978 Spring;10(1):16-20.

28. Masaaki H, Noriyuki Y. Decrease in heart rates by artificial CO2 hot spring bathing is inhibited B1-adrenoceptor blockade in anesthetized rats. *J. Appl Physiol* 2004 96: 226-232.

29. Evans BW, Cureton KJ, Purvis JW. Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water. *Res Q.* 1978 ;49(4):442-9.

30. Whitley JD, Schoene LL. Comparison of heart rate responses. Water walking versus treadmill walking. *Phys Ther.* 1987 Oct;67(10):1501-4.

31. McMurray RG, Fieselman CC, Avery KE, et al. Exercise hemodynamics in water and on land in patients with coronary artery disease. *J Cardipul Rehabil.*1988; 8:69-75.

32. Tanaka, h, Monakan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.*2001; Jan ; 37(1) 153-6