

Article

# Doce semanas de Entrenamiento Aeróbico Acuático, Mejoran las Adaptaciones Fisiológicas y el Control de la Glucemia en Pacientes de Edad Avanzada con Diabetes de Tipo 2.

Apiwan Nuttamonwarakul<sup>1</sup>, S. Amatyakul<sup>2</sup> y D. Suksom<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Inter-department of Biomedical Sciences. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

<sup>2</sup>Department of Physiology, Faculty of Dentistry. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

<sup>3</sup>Faculty of Sports Science. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

## RESUMEN

Los ejercicios aeróbicos en el agua (AE) han sido propuestos como un tipo de ejercicios alternativo en el abordaje médico de los pacientes con diabetes de tipo 2 (T2DM). El propósito de este estudio fue investigar los efectos de un programa de entrenamiento de ejercicios aeróbicos en el agua de 12 semanas, sobre las adaptaciones fisiológicas y el control de la glucemia en personas de edad avanzada que padecen T2DM. Cuarenta individuos de edad avanzada con diagnóstico de T2DM fueron asignados al grupo que realizó ejercicios aeróbicos en el agua (AE) (n=20) o al grupo control que no realizó ejercicios (n=20). El grupo AE realizó ejercicios aeróbicos en una piscina (temperatura del agua ~34 a 36°C), 3 días/semana a 70% de frecuencia cardíaca máxima durante 30 min. El grupo que realizó el entrenamiento con ejercicios en el agua presentó un aumento significativo en el  $VO_{2max}$  y una reducción significativa en el peso corporal, porcentaje de grasa corporal, presión arterial y frecuencia cardíaca en reposo en la semana 12 de entrenamiento ( $P < 0,05$ ). La hemoglobina glicosilada (HbA1c), el colesterol, los triglicéridos y la insulina disminuyeron significativamente ( $P < 0,05$  en todos los casos) en el grupo de AE en comparación con el grupo control que no realizó ejercicios. Estos resultados indican que el entrenamiento con AE durante 12 semanas puede ayudar a prevenir complicaciones en los pacientes de edad avanzada con T2DM.

**Palabras Clave:** Entrenamiento en el agua, hiperglucemia, envejecimiento, aptitud física

## INTRODUCCION

A nivel mundial se espera un incremento del 46 % en la diabetes mellitus tipo 2 (T2DM) y la incidencia de T2DM está

umentando rápidamente como resultado del envejecimiento de la población. Es uno de los problemas de salud pública de mayor crecimiento y se asocia con numerosas complicaciones (por ej., retinopatías, nefropatías y enfermedades cardíacas por arterosclerosis) que se producen debido a la hiperglucemia prolongada (10).

Se ha observado que el ejercicio en el agua retarda los declives fisiológicos asociados con la edad y disminuye el riesgo de sufrir T2DM mejorando la circulación, fuerza muscular y resistencia muscular (12,16). También existen informes científicos sobre la repuesta renal endócrina durante la inmersión en el agua en reposo y durante el ejercicio acuático en adultos mayores (14,15). El entrenamiento con ejercicios en el agua mejora la captación de glucosa disminuyendo tanto la resistencia a la insulina como la grasa corporal en los sujetos con T2DM. Sin embargo hay pocos informes que describen los efectos a largo plazo del ejercicio acuático en los adultos de edad avanzada. En particular, se necesita mayor información respecto a los efectos de un programa de ejercicio acuático regular sobre las adaptaciones fisiológicas y el control de la glucemia en los sujetos de edad avanzada que padecen T2DM.

El propósito de este estudio fue investigar los efectos de 12 semanas de entrenamiento de ejercicios aeróbicos en el agua sobre las adaptaciones fisiológicas y sobre la respuesta glucémica en sujetos de edad avanzada con T2DM.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Cuarenta sujetos con T2DM (que tenían más de 60 años de edad) fueron reclutados en el Centro de Adultos mayores de la comunidad local en Tailandia. Para el programa de 12 semanas, los sujetos fueron asignados al azar o al grupo que realizó ejercicios acuáticos (AE; n=20) o al grupo control que no realizó ejercicios (NC; n=20). Todos los participantes fueron sometidos a una revisión médica antes de participar en el estudio y ninguna medicación fue modificada durante el período de entrenamiento con ejercicios. El protocolo experimental fue aceptado por el comité mayor de ética e investigaciones sobre envejecimiento del Ministerio de Salud Pública. Antes de que los sujetos firmaran el consentimiento informado se les brindó una explicación sobre los procedimientos experimentales y sobre los posibles riesgos y beneficios de participar en el estudio

### Procedimientos

El grupo AE participó en un programa de ejercicios acuáticos de 12 semanas, 3 días por semana durante 50 min por día con una temperatura media del agua de ~34 a 36°C. Cada sesión fue guiada por uno de los investigadores. Antes de cada clase de ejercicios, se solicitó a los sujetos que no realizaran actividad física vigorosa y que no consumieran café ni bebidas alcohólicas. También se les solicitó que consumieran las comidas regulares con una cantidad adecuada de agua y que tuvieran un adecuado período de descanso. El programa de AE consistió en 10 min de ejercicios de estiramiento y entrada en calor seguidos por 30 min de ejercicios acuáticos a 70% de la frecuencia cardíaca máxima (HR) y luego por 10 min de ejercicios de enfriamiento. La HR fue continuamente monitoreada en todos los sujetos durante las sesiones de entrenamiento mediante un dispositivo de monitoreo de la HR (*Polar team 2pro, Finlandia*) para asegurar que la intensidad de entrenamiento se mantuviera tal como había sido prescripta.

Se solicitó a los participantes que comunicaran cualquier señal o síntoma anormal y se les comunicó que podían detener el ejercicio en cualquier momento que experimentaran algún sentimiento incómodo. Se estableció la estimación subjetiva de carga de trabajando mediante una escala de índice de esfuerzo percibido (RPE). Todos los parámetros fueron evaluados antes y después del entrenamiento de 12 semanas con ejercicios acuáticos. Se midieron la HR y presión arterial luego de que los sujetos permanecieran sentados y callados durante 10 minutos. También se realizó la medición del peso corporal, talla y porcentaje de grasa corporal. La composición corporal se determinó por el método de impedancia bioeléctrica (*RJL System, Detroit, MI, EE.UU.*). El consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) se determinó mediante un analizador de gases (*Cosmed, Roma, Italia*) siguiendo un protocolo de Bruce modificado en cinta rodante (*Quinton, EE.UU.*). El esfuerzo percibido fue determinado en cada minuto mediante una escala de Borg. El momento en que se alcanzaba el  $VO_{2max}$  se establecía si se cumplían dos de los siguientes cuatro criterios: (1) meseta en el consumo de oxígeno a pesar de un aumento en la intensidad del ejercicio ( $\leq 120 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ); (2) tasa de intercambio respiratorio  $\geq 1,15$ ; (3) frecuencia cardíaca máxima dentro de 10 latidos $\cdot\text{min}^{-1}$  del valor máximo estimado para la edad; y (4) un valor en la escala de Borg  $\geq 17$ . Se extrajeron muestras de sangre venosa luego de un ayuno de 8 horas. El suero resultante fue analizado inmediatamente por un laboratorio clínico certificado para determinar los valores de la hemoglobina glicosilada (HbA1c), colesterol, triglicéridos e insulina.

### Análisis Estadísticos

Todos los valores se presentaron en forma de Media  $\pm$  SD. Las diferencias de los diferentes parámetros pre vs post entrenamiento fueron analizados mediante test t de muestras apareadas. El test t de Student se utilizó por comparar los datos entre los grupos. Se consideró estadísticamente significativo un valor  $P < 0,05$  establecido a priori.

## RESULTADOS

### Datos Fisiológicos

Después de los 12 semanas, sólo el grupo de AE mostró una disminución significativa ( $P < 0,05$ ) en el peso corporal, porcentaje de grasa corporal, presión arterial sistólica, presión arterial diastólica y HR en reposo. El consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) aumentó significativamente con respecto a los valores obtenidos al inicio del estudio ( $P < 0,05$ ) sólo en el grupo AE (Tabla 1).

Variables	Grupo que realizó ejercicio en el agua (n=20)		Grupo Control (n=20)	
	Valores Iniciales	Luego de 12 sem	Valores Iniciales	Luego de 12 sem
Peso Corporal (kg)	62,8 $\pm$ 8,6	61,1 $\pm$ 8,3*	61,1 $\pm$ 10,6	61,4 $\pm$ 10,7
Grasa Corporal (%)	39,4 $\pm$ 5,5	38,5 $\pm$ 5,8*	36,5 $\pm$ 4,9	37,1 $\pm$ 5,0
SBP (mm Hg)	117,6 $\pm$ 15,0	115,2 $\pm$ 13,4*	114,2 $\pm$ 9,5	114,5 $\pm$ 12,2
DBP (mm Hg)	74,7 $\pm$ 11,6	71,7 $\pm$ 8,3*	70,7 $\pm$ 6,8	73,4 $\pm$ 6,0
HR en reposo (Lat $\cdot$ min <sup>-1</sup> )	82,3 $\pm$ 11,3	73,3 $\pm$ 7,8*.*	78,6 $\pm$ 7,9	80,7 $\pm$ 7,2**
$VO_{2max}$ (mL $\cdot$ kg <sup>-1</sup> $\cdot$ min <sup>-1</sup> )	24,9 $\pm$ 2,8	25,1 $\pm$ 2,0*	24,5 $\pm$ 2,7	24,1 $\pm$ 2,3

**Tabla 1.** Adaptaciones fisiológicas luego del entrenamiento de 12 semanas Los valores se expresan en forma de Media  $\pm$  SD; SBP= Presión sanguínea sistólica; DBP= Presión sanguínea diastólica; HR= Frecuencia cardíaca,  $VO_{2max}$ = Consumo de oxígeno máximo. \* Se observan diferencias estadísticamente significativas con respecto al valor pre test con  $P < 0,05$ ; \*\*Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con  $P < 0,05$ .

### Parámetros Bioquímicos de la Sangre

Se observó una disminución significativa en los valores de hemoglobina glicosilada (HbA1c), colesterol, triglicéridos e insulina ( $P < 0,05$ ) sólo en el grupo AE. No se observaron cambios significativos en estas variables en el grupo NC (Tabla 2).

Variables	Grupo que realizó ejercicio en el agua (n=20)		Grupo Control (n=20)	
	Valores Iniciales	Luego de 12 sem	Valores Iniciales	Luego de 12 sem
HbA1c (%)	7,7 $\pm$ 1,1	6,6 $\pm$ 0,7*.*	7,6 $\pm$ 0,2	7,6 $\pm$ 0,3**
Colesterol (mg/dL)	231,6 $\pm$ 30,0	221,0 $\pm$ 29,6*	232,1 $\pm$ 50,0	231,3 $\pm$ 49,3
Triglicéridos (mg/dL)	178,7 $\pm$ 82,3	161,9 $\pm$ 73,9*	177,1 $\pm$ 60,1	176,2 $\pm$ 59,1
Insulina ( $\mu$ U/mL)	23,6 $\pm$ 4,1	22,5 $\pm$ 3,4*	22,1 $\pm$ 5,1	22,5 $\pm$ 5,3

**Tabla 2.** Cambios en los parámetros bioquímicos de la sangre después del entrenamiento de 12 semanas. Los valores se expresan en forma de Media  $\pm$  SD; FGB= Glucosa sanguínea en reposo; HbA1c= Hemoglobina glicosilada. \* Se observan diferencias estadísticamente significativas con respecto al valor pre-test con  $P < 0,05$ ; \*\*Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con  $P < 0,05$ .

## DISCUSIÓN

---

Doce semanas de entrenamiento con ejercicios aeróbicos en el agua (AE) mejoraron significativamente las adaptaciones fisiológicas y el control de la glucemia en sujetos mayores a 60 años de edad, a través de la reducción del peso, porcentaje de grasa corporal, presión arterial y del aumento del  $VO_{2max}$ . Además se observaron mejoras en los valores de HbA1c, colesterol, triglicéridos e insulina. Estos resultados coinciden con lo obtenido en informes anteriores (4,6,17) en los que se llegó a la conclusión que la carrera en aguas profundas es era efectiva para mantener y mejorar la aptitud cardiovascular (y que el ejercicio de fuerza en aguas poco profundas mejoraba fuerza y la movilidad funcional). En el estudio presente, el grupo AE presentó una diferencia significativa en HbA1c con el grupo control. Está claro que el protocolo de entrenamiento AE fue suficiente para mejorar el estado fisiológico de los sujetos de edad avanzada con T2DM.

Las disminuciones en el peso corporal y porcentaje de grasa corporal después de las 12 semanas de entrenamiento con ejercicios acuáticos son cambios favorables en los sujetos con T2DM. Los efectos del entrenamiento físico en el agua sobre la composición corporal han sido cuestionados en varios estudios. Algunas investigaciones no observaron cambios significativos después del entrenamiento acuático mientras que otras informaron una reducción en la grasa corporal (3). Esto podría deberse a los diferentes métodos utilizados para determinar la composición corporal y/o a las diferencias en los regímenes de entrenamiento (es decir, entrenamiento aeróbico versus entrenamiento de la fuerza).

La baja aptitud cardiorrespiratoria (definida por el  $VO_{2max}$ ) se manifiesta entre los individuos con elevado riesgo de T2DM. Por consiguiente, un aumento significativo en el  $VO_{2max}$  (i.e, aún un aumento pequeño) a las 12 semanas de entrenamiento AE debe ser tomado como una respuesta fisiológica positiva (en lo que se refiere a enfermedad cardiovascular). Concretamente, los programas de ejercicio para los pacientes diabéticos deberían consistir en una entrada en calor y enfriamiento de 5 a 10 min para mejorar el rendimiento cardiovascular. Luego, la frecuencia recomendada de ejercicio debería ser de 3 a 5 sesiones por semana con por lo menos 30 min de ejercicio continuo y moderado en cada sesión de entrenamiento (1,2).

La velocidad incremental de los movimientos debajo del agua en el estudio presente mejoró la adaptación fisiológica y las respuestas cardiovasculares, lo que coincide con los resultados de estudios previos. También se observaron cambios de la frecuencia cardíaca y presión arterial (sistólica y diastólica) en reposo a las 12 semanas de entrenamiento en el grupo AE. El entrenamiento con ejercicios aeróbicos en el agua, cuando está adecuadamente dirigido, es un tipo excelente de ejercicio para mejorar las respuestas hemodinámicas de sujetos con T2DM. Esto se demostró con la disminución en la HR de los sujetos y con la mejora en la sensibilidad de los barorreceptores aórticos que contribuyó a una regulación más eficaz de la presión arterial (7,9,11). Es más, la presión hidrostática de estar en el agua ayudó a aumentar el retorno venoso al corazón y de esta manera mejoró la circulación sanguínea de los participantes (8).

Los cambios en el control glucémico que se produjeron como resultado de 12 semanas de entrenamiento con ejercicios aeróbicos en el agua se reflejan en las disminuciones significativas en HbA1c, colesterol, triglicéridos e insulina. El ejercicio acuático mejoró el control glucémico de los sujetos, lo que ha sido informado en un ensayo controlado aleatorizado de 251 pacientes con T2DM. Los autores informaron mejoras que iban de -0.38 a -0.97 puntos porcentuales en HbA1c del entrenamiento físico que tenía una duración de 135 a 270 min de ejercicio por semana durante 6 meses (13). Un resultado similar se informó en un meta-análisis de 15 trabajos de investigación que sugirieron que el ejercicio regular en los pacientes con T2DM puede producir disminución en el peso y puede mejorar los valores de HbA1c (5). Los pacientes con T2DM que pueden mejorar el control de la glucemia presentan menores tasas de complicaciones crónicas como neuropatías, retinopatías, nefropatías y enfermedades cardíacas.

## CONCLUSIONES

---

El entrenamiento de 12 semanas con ejercicios aeróbicos en el agua mejora la aptitud cardiovascular, el control de la glucemia y las adaptaciones fisiológicas de los adultos de edad avanzada con T2DM. Además puede aportar beneficios adicionales reduciendo la incidencia de caídas y lesiones que ocurren mientras se realizan los ejercicios o mientras se realizan las actividades de la vida diaria. Por consiguiente, es más que razonable concluir que el ejercicio acuático es un modo beneficioso de ejercicio para los pacientes de edad avanzada con diabetes de tipo 2.

## AGRADECIMIENTOS

---

Este estudio fue subsidiado mediante fondos del 90 Aniversario de la Universidad de Chulalongkorn (Fondos provenientes de la donación Ratchadaphisek Somphot)

### Dirección de Contacto

Nuttamonwarakul A., Inter-department of Biomedical Sciences, Chulalongkorn University, Thailand, 10330. Phone (+66)2 256-4493 Ext. 12; FAX: (+66)2 256-4493 Ext. 17; Email. Apiwan1@gmail.com

## REFERENCIAS

---

1. ACSM, American College of Sports Medicine (2000). Exercise and type II diabetes. *Med Sci Sports Exerc*; 32:1345-1360
2. ADA, American Diabetes Association (2004). Physical activity, exercise and diabetes. *Diabetes Care*; 27 (suppl 1):S58-S62
3. Agurs-Collins TD, Humanyika SK, Ten Have TR. And Adams-Campbell LL (1997). A randomized controlled trial of weight reduction and exercise for diabetes management in older African-American subjects. *Diabetes Care*; 20:1503-1511
4. Barbosa TM, Garrido MF and Bragada JA (2007). Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. *J Strength Cond Res*; 21:1255-1259
5. Boule NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA. And Sigal RJ (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*; 286:1218-1227
6. Broman G, Quintana M, Lindberg T, et al (2006). High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *Eur J Appl Physiol*; 98:117-123
7. Brum PC, Da Silva GJ, Moreira ED, et al (2000). Exercise training increases baroreceptor gain sensitivity in normal and hypertensive rats. *Hypertension*; 36(6):1018-1022
8. Hagberg JM, JE. Graves, M. Limacher, et al (1989). Cardiovascular responses of 70- to 79-yr-old men and women to exercise training. *J Appl Physiol*; 66:2589-2594
9. Kingwell BA, Dart AM, Jennings GL, Korner PI (1992). Exercise training reduces the sympathetic component of the blood pressure-heart rate baroreflex in man. *Clin Sci (Lond)*; 82(4):357-362
10. Mokdad AH, Serdula MK, Dietz WH, et al (1999). The spread of the obesity epidemic in the United States, 1991-1998. *JAMA*; 282(16):1519-1522
11. Nahimura K, Yianishi A, Komiyama M, et al (2008). Effects of immersion in different water temperature before exercise on heart rate, cardiac parasympathetic nervous system and rectal temperature. In: *The Book of Proceedings of the 1st International Scientific Conference of Aquatic Space Activities*. Eds: Nomura T. and Ungerechts BE. Tskuba: University of Tskuba; 128-133
12. Rogers MA, and WJ. Evans (1993). Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exerc Sports Sci Rev*; 21:65-102
13. Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, et al (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med*; 147:357-369
14. Tajima F, Sagawa S, Iwamoto J, et al (1998). Renal and endocrine response in the elderly during head-out water immersion. *Am J Physiol*; 23:R977-R983
15. Takeshima N, Nakata M, Kobayashi F, et al (1997). Oxygen uptake and heart rate differences between walking on land and in water in the elderly. *JAPA*; 5:126-134
16. Tessier D, Menard J, Fulop T, et al (2000). Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. *Arch Gerontol Geriatr*; 31:121-132
17. Tsourlou T, Benik A, Dipla K, et al (2006). The effects of a twenty-four week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res*; 20(4):811-818

### Cita Original

Nuttamonwarakul A, Amatyakul S, Suksom D. Twelve Weeks of Aqua-Aerobic Exercise Improve Physiological Adaptations and Glycemic Control in Elderly Patients with Type 2 Diabetes. *JEPonline*;15(2):64-70. 2012