

**EFICIENCIA DEL TRABAJO EXTERNO SOBRE BICICLETA ACUATICA VS
CONVENCIONAL: IMPLICACIONES PRACTICAS EN REHABILITACION Y
RENDIMIENTO**

**EFICIÊNCIA DO TRABALHO EXTERNO EM BICICLETA SUBMERSA VS
CONVENCIONAL: IMPLICAÇÕES PRÁTICAS EM REABILITAÇÃO E
DESEMPENHO**

**EXTERNAL WORK EFFICIENCY ON IMMERSED VS. DRYLAND
ERGOCYCLE: PRACTICAL IMPLICATIONS IN REHABILITATION AND
PERFORMANCE**

Mauricio Garzón (PhD)

PhD Sciences de l'activité physique.

Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Centre (ÉPIC), Montreal Heart Institute and University of Montreal, Canada.

Research Center, Montreal Heart Institute and University of Montreal. Department of Medicine, University of Montreal, Montreal.

Department of Kinesiology, University of Montreal, Montreal.

mauricio.garzon.1@umontreal.ca / magarz1@yahoo.com

Mathieu Gayda (PhD)

Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Centre (ÉPIC), Montreal Heart Institute and University of Montreal, Canada.

Research Center, Montreal Heart Institute and University of Montreal. Department of Medicine, University of Montreal, Montreal.

Anil Nigam (MD, Msc, FRCP)

Cardiologue en prévention, Institut de Cardiologie de Montréal, Canada.

Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Centre (ÉPIC), Montreal Heart Institute and University of Montreal.

Research Center, Montreal Heart Institute and University of Montreal. Department of Medicine, University of Montreal, Montreal.

Julie Lalongé (RA)

Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Centre (ÉPIC), Montreal Heart Institute and University of Montreal, Canada.

Research Center, Montreal Heart Institute and University of Montreal.

Alain-Steve Comtois (PhD)

Kinanthropology Department, University of Quebec in Montreal (UQAM), Montreal (QC), Canada.

Martin Juneau (MD, Msc., FRCP)

Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Centre (ÉPIC), Montreal Heart Institute and University of Montreal, Canada.

Research Center, Montreal Heart Institute and University of Montreal. Department of Medicine, University of Montreal, Montreal.

RESUMEN

Introducción: Estudios han documentado la eficacia del ejercicio en los programas de prevención primaria y secundaria (Juneau et al., 2009; Taylor et al., 2004; Warburton et al., 2006). Otros han demostrado que la inactividad física es un predictor independiente de enfermedades no transmisibles como algunos tipos de cáncer, diabetes, hipertensión, enfermedad coronaria, depresión y otras enfermedades crónicas, disminuyendo la calidad de vida (Haskell et al., 2007; Nigam & Juneau, 2011).

Las personas con limitaciones funcionales debido a artritis y/u otras condiciones musculoesqueléticas, a menudo no pueden alcanzar un nivel de esfuerzo mínimo que les permita aprovechar los beneficios del ejercicio aeróbico. La aparición de bicicletas acuáticas (BA) abre nuevas perspectivas en estas poblaciones así como también podría ser interesante su utilización en programas de rehabilitación y en entrenamiento deportivo.

La inmersión afecta algunas respuestas cardíacas y hemodinámicas en reposo y durante el ejercicio comparadas con el terreno seco a una misma velocidad o potencia externa (Pext) (Alberton et al., 2009; Garzon et al., 2014a; Garzon et al., 2014b; Gayda, et al., 2010; Nakanishi et al., 1999; Wilcock et al., 2006). Existe gran interés en identificar la eficiencia del trabajo externo debido a la estrecha relación con el rendimiento en las pruebas de resistencia (Rønnestad & Mujika, 2013). Teniendo en cuenta que el $\dot{V}O_2$ es más bajo a una Pext igual sobre BA, esto podría incrementar la eficiencia del trabajo externo, lo cual no ha sido aun estudiado.

Objetivo: Comparar la eficiencia bruta ($G_{\eta w}$) y neta ($N_{\eta w}$) del trabajo externo sobre BA vs Bicicleta convencional en terreno seco (BS) durante un test progresivo máximo a una misma Pext.

Método: 33 participantes sanos (edad: 33 ± 10 años) realizaron un test progresivo máximo sobre BA y BS a igual Pext. El ejercicio sobre BA inicio a una cadencia de 40 rpm y fue incrementado en 10 rpm a cada minuto hasta la fatiga. El ejercicio sobre BS, inicio con una carga de 25 watts (W) y fue incrementado cada minuto 25 W hasta la fatiga. El $\dot{V}O_2$ y la frecuencia cardíaca fueron medidos con un analizador portable (Cosmed, K4b2,

Italy) durante ambos tests. La $G_{\eta w}$ y la $N_{\eta w}$ fueron calculados de acuerdo a la P_{ext} obtenida sobre BA (Garzon et al., 2014) y BS la cual fue dividida por su respectivo costo metabólico (P_{met}) obtenido por análisis de gases.

Resultados. Durante el ejercicio en BA, O_2 fue más bajo ($P < 0.0001$) mientras que $G_{\eta w}$ (ej: 70 rpm: 19.06 ± 2.26 vs 23.86 ± 5.71) y $N_{\eta w}$ (e: 70 rpm: 22.76 ± 3.19 vs 30.26 ± 9.35) fueron respectivamente más altas sobre BA en todas las intensidades ($P < 0.001$) a una P_{ext} equivalente.

Conclusiones. $G_{\eta w}$ y $N_{\eta w}$ fueron aumentadas durante el ejercicio sobre BA vs BS a una misma P_{ext} en participantes sanos. El ejercicio en el agua sobre BA podría ayudar a las personas con limitaciones funcionales a alcanzar un nivel de esfuerzo mínimo que les permita aprovechar los beneficios del ejercicio aeróbico.

PALABRAS CLAVES: Ejercicio en inmersión, Bicicleta, Potencia externa, eficiencia del trabajo externo, costo metabólico.

RESUMO

Introdução: Estudos prévios demonstraram a eficiência do exercício físico em programas de reabilitação primária e secundária (Juneau et al., 2009; Taylor et al., 2004; Warburton et al., 2006). Por outro lado, demonstraram que a inatividade física é um fator que predispõe, independente de doenças crônicas não transmissíveis -como alguns tipos de câncer, diabete, hipertensão arterial, doença coronária, depressão, entre outros- que impactam diretamente na redução da qualidade de vida (Haskell et al., 2007; Nigam & Juneau, 2011).

Pacientes com função física comprometida por doenças musculares, cardiovasculares, obesidade, entre outros, freqüentemente não conseguem atingir o nível de esforço físico desejado que possibilitasse obter benefícios de exercícios aeróbicos. A utilização de cicloergômetros imersíveis (CI) abre novas perspectivas para a prática de exercícios nessa população, e poderia também servir como uma alternativa interessante no contexto da reabilitação e treinamento de alto desempenho.

A imersão em meio aquático pode alterar algumas respostas hemodinâmicas e cardiorrespiratórias durante repouso e exercício, quando comparada à mesma velocidade ou potência externa (P_{ext}) em cicloergômetro convencional (CC) (Alberton et al., 2009; Garzon et al., 2014a; Garzon et al., 2014b; Gayda, et al., 2010; Nakanishi et al., 1999; Wilcock et al., 2006). Existe um grande interesse em identificar a eficiência do trabalho externo devido à estreita relação com o rendimento nas provas de resistência (Ronnestad & Mujika, 2013). Tendo em conta que o O_2 é mais baixo a uma P_{ext} igual

sobre CI, isto poderia aumentar a eficiência do trabalho externo, o qual não foi ainda estudado.

Objetivo: o objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência do trabalho externo bruto ($G_{\eta w}$) e a eficiencia do trabalho externo net ($N_{\eta w}$) em CI vs CC durante o máximo incremental testado com a mesma potência externa (P_{ext}).

Método: Trinta individuos saudáveis (idade: 33 ± 10 anos) realizaram teste incremental em CI e CC na mesma P_{ext} . O exercício em CI iniciou a 40rpm e foi aumentado por 10 rpm por minuto até exaustão. O exercício em CC iniciou com uma carga de 25 watts e foi aumentando $25w \cdot min^{-1}$ até a exaustão. O_2 e frequência cardíaca foram avaliados com analisador de gases portátil (Cosmed, K4b2, Itália) durante ambos testes. A eficiência $G_{\eta w}$ e $N_{\eta w}$ foi calculada de acordo com P_{ext} em CI (Garzon et al., 2014) e CC dividido pelo custo metabólico (C_{met}) dado pela análise de gases.

Resultados: Durante exercício em CI, o O_2 foi menor ($P < 0.0001$) em quanto $G_{\eta w}$ (e.g., 70 rpm: 19.06 ± 2.26 vs 23.86 ± 5.71) e $N_{\eta w}$ (e.g., 70 rpm: 22.76 ± 3.19 vs 30.26 ± 9.35) foram mais altos no CI em todas as intensidades ($P < 0.001$) quando comparados ao exercício em CC na mesma P_{ext} .

Conclusão: $G_{\eta w}$ e $N_{\eta w}$ foram mais altos em CI quando comparados ao exercício em CC na mesma P_{ext} em indivíduos jovens saudáveis. O exercício submerso pode ajudar pessoas com limitações funcionais a alcançar uma intensidade de esforço desejada que permita adaptações significativas em exercício aeróbio.

PALAVRAS-CHAVE: exercício em imersão, cicloergometros, potência externa, eficiencia no trabalho externo, custo metabólico.

ABSTRACT

Introduction: Previous studies have documented the effectiveness of exercise in primary and secondary prevention programs (Juneau et al., 2009; Taylor et al., 2004; Warburton et al., 2006). Other studies have shown that physical inactivity is an independent predictor of non-communicable diseases such as some cancers, diabetes, hypertension, coronary heart disease, depression and other chronic diseases, reducing quality of life (Haskell et al., 2007; Nigam & Juneau, 2011).

People with functional limitations due to arthritis and/or musculoskeletal conditions often cannot achieve a minimum level of effort that allows them to take advantage of the benefits of aerobic exercise. The arrival of the immersible ergocycle (IE) provides new opportunities for the practice of exercise in these populations and could also be interesting for use in rehabilitation programs and performance training.

Water immersion can affect hemodynamic and cardiorespiratory responses during rest and exercise at the same velocity or external power output (P_{ext}) relative to exercise on dry land (Alberton et al., 2009; Garzon et al., 2014a; Garzon et al., 2014b; Gayda, et al., 2010; Nakanishi et al., 1999; Wilcock et al., 2006;). There is considerable interest in identifying the external work efficiency according to the close relationship with endurance performance (Rønnestad & Mujika, 2013). Because the O_2 response is lower for the same P_{ext} on IE, the external work efficiency could increase. However, this phenomenon has not yet been studied.

Objective: The objective of this work was to compare the gross external work efficiency ($G \eta_w$) and net external work efficiency ($N \eta_w$) on an IE vs dryland ergocycle (DE) during a maximal incremental test at the same P_{ext} in healthy young subjects.

Methods: Thirty healthy participants (age: 33 ± 10 years) performed incremental exercise tests on IE and DE at equal P_{ext} . Exercise on IE began at 40 rpm and was increased by 10 rpm until exhaustion. Exercise on DE began with an initial load of 25 watts (W) and increased by 25 W.min⁻¹ until exhaustion. O_2 and HR were measured with a portable gas analyzer (Cosmed, K4b2, Italy) during both incremental tests. The $G \eta_w$ and $N \eta_w$ were calculated according to P_{ext} on IE (Garzon et al., 2014) and DE and were then divided by the respective measured metabolic cost (P_{met}) obtained by gas exchange.

Results: During exercise on IE, O_2 was lower ($P < 0.0001$), whereas $G \eta_w$ (e.g., 70 rpm: 19.06 ± 2.26 vs 23.86 ± 5.71) and $N \eta_w$ (e.g., 70 rpm: 22.76 ± 3.19 vs 30.26 ± 9.35) were higher on IE at all intensities ($P < 0.001$) relative to a DE exercise of equivalent P_{ext} .

Conclusions: $G \eta_w$ and $N \eta_w$ were higher during exercise on IE vs DE at the same P_{ext} in healthy young subjects. Exercise in water on an IE could help people with functional limitations achieve a minimum level of effort that allows them to take advantage of the benefits of aerobic exercise.

KEYWORDS: exercise immersion, ergocycle, external power output, external work efficiency, metabolic cost.

REFERENCIAS

1. Alberton, C. L., Tartaruga, M. P., Pinto, S. S., Cadore, E. L., Da Silva, E. M., & Krueger, L. F. (2009). Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(2), 142-151.
2. Garzon, M., Gayda, M., Garzon, L., Juneau, M., Nigam, A., Leone, M., & Comtois, A. (2014). Biomechanical analysis to determine the external power output on an immersible ergocycle *Eur J Sport Sci* 2014 Jul 4:1-8.

3. Garzon, M., Juneau, M., Dupuy, O., Nigam, A., Bosquet, L., Comtois, A., & Gayda, M. (2014). Cardiovascular and hemodynamic responses on dryland vs. immersed cycling. *J Sci Med Sport*. 2014 Aug 20. pii: S1440-2440(14)00170-4. doi: 10.1016/j.jsams.2014.08.005. [Epub ahead of print]
4. Gayda, M., Juneau, M., Guiraud, T., Lambert, J., & Nigam, A. (2010). Optimization and reliability of a deep water running test in healthy adults older than 45 years. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(9), 722-730.
5. Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081-1093.
6. Juneau, M., Roy, N., Nigam, A., Tardif, J. C., & Larivee, L. (2009). Exercise above the ischemic threshold and serum markers of myocardial injury. *Canadian Journal of Cardiology*, 25(10), e338-341.
7. Nakanishi, Y., Kimura, T., & Yokoo, Y. (1999). Maximal physiological responses to deep water running at thermoneutral temperature. *Applied Human Science*, 18(2), 31-35.
8. Nigam, A., & Juneau, M. (2011). Survival benefit associated with low-level physical activity. *Lancet*, 378(9798), 1202-1203.
9. Ronnestad, B. R., & Mujika, I. (2013). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. doi: 10.1111/sms.12104.
10. Taylor, R. S., Brown, A., Ebrahim, S., Jolliffe, J., Noorani, H., Rees, K., . . . Oldridge, N. (2004). Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med*, 116(10), 682-692.
11. Warburton, D. E., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*, 174(6), 801-809.
12. Wilcock, I. M., Cronin, J. B., & Hing, W. A. (2006). Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Medicine*, 36(9), 747-765.