

Monograph

# Gasto Energético durante la Realización de Actividades Físicas no Tradicionales

Katie Sell<sup>1</sup>, Brian D. Clocksin<sup>1</sup>, David Spierer<sup>2</sup> y Jamie Ghigiarelli<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Health Professions and Kinesiology, Hofstra University, Hempstead, NY, Estados Unidos.<sup>2</sup>Division of Sport Sciences, Long Island University, Brooklyn, NY, Estados Unidos.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar las demandas físicas de una actividad de escalada (escalada con Prusik) con las de boxeo en Nintendo Wii y de caminata rápida. Veinticuatro estudiantes universitarios ( $24 \pm 4$  años;  $175,4 \pm 8,6$  centímetros;  $78,9 \pm 17,4$  kg) asistieron a cuatro sesiones de laboratorio separadas: (a) 30 min de caminata rápida; (b) test de consumo de oxígeno máximo ( $VO_2\max$ ); (c) 30 min de boxeo en Nintendo Wii; y (d) 30 min de escalada con Prusik. Durante la caminata, el boxeo y el escalada con Prusik, se registraron la frecuencia cardíaca (HR), índice de esfuerzo percibido (RPE), consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y la tasa de intercambio respiratorio (RER) y a partir de estas mediciones se calculó el valor de METs, gasto de energía total y medio ( $TEE_{30}$  y  $Prom-EE_{1,0}$ ) y el  $VO_2$  de reserva (% $VO_2R$ ) porcentual. La escalada con Prusik produjo valores medios significativamente mayores de  $VO_2$ , %  $VO_2R$ , HR, RPE, METs,  $TEE_{30}$  y  $Prom-EE_{1,0}$  en comparación con la caminata rápida y boxeo Wii ( $P < 0,05$ ). La escalada con Prusik puede ser una alternativa seductora frente a los programas de ejercicio tradicionales para alcanzar las recomendaciones de actividad física actuales.

**Palabras Clave:** ejercicio, escalada con Prusik, recomendaciones de ACSM, videojuegos interactivos

## INTRODUCCION

La participación regular en actividad física puede reducir potencialmente el riesgo de obesidad y los problemas de salud relacionados a la obesidad como algunos cánceres y numerosas enfermedades metabólicas y cardiovasculares crónicas (3). Aunque las investigaciones recientes sugieren un posible *plateau* en las tasas de incidencia de obesidad en algunas poblaciones de niños y adolescentes (8, 16, 34), el número de adultos y niños con sobrepeso u obesos en los Estados Unidos ha aumentado sustancialmente en los últimos 30 años (35). La carga financiera anual directa e indirecta que se produce a causa de las condiciones relacionadas a la obesidad se estima en un valor superior a \$117 mil millones (42). Numerosas razones han sido atribuidas al aumento mencionado en la obesidad. Entre estas se incluyen, aunque no se limitan a, un aumento en las conductas sedentarias en niños y adultos (16,17) y a una disminución en los niveles de actividad física en el transcurso de la niñez a la juventud temprana (10).

Debido a los aumentos observados en los comportamientos sedentarios y a la disminución en los niveles de actividad física en las poblaciones de jóvenes, los profesionales de la salud han comenzado a explorar nuevas e innovadoras maneras de incentivar la actividad física en éstas poblaciones. El goce y la percepción de competencia pueden impactar en la disponibilidad y en la frecuencia de participación en ciertas actividades físicas, deportes y/o en las oportunidades de

educación física (9,45). Los juegos de video físicamente interactivos (PIVG) y las actividades basadas en la aventura como la escalada, han surgido como alternativas populares a las actividades físicas tradicionales. Las investigaciones han sugerido que varios PIVG disponibles comercialmente, como el *Dance*, *Dance Revolution*, *Eye Toy* y *Nintendo Wii*, cumplen con el componente de intensidad de las recomendaciones de actividad física actuales (20, 28-30, 40, 43), pero sólo algunos estudios han comparado el gasto de energía de PIVG con otras formas tradicionales de ejercicio (13, 33, 44). La desigualdad en las investigaciones actuales también puede deberse a la falta de consistencia en los protocolos de recolección de datos y a la acumulación inadecuada de datos para una cierta población (por ejemplo, niños). Dado la popularidad de los PIVG entre los niños, jóvenes y adultos, vale la pena realizar una investigación continua sobre la utilidad de los PIVG para promover el gasto de energía a través de una mayor actividad física (31).

Además de las demandas que la escalada en roca provoca sobre la fuerza muscular, fuerza de asimiento/agarre y aptitud física aeróbica, también produce niveles moderados a altos de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno (5, 6, 21, 32, 38). La escalada en roca y otras actividades de aventura proporcionan un contexto mediante el cual, los educadores de aventura pueden fomentar el desarrollo de construcción de equipo, comunicación y mejoras en diferentes atributos personales y sociales (por ejemplo, cualidades de liderazgo) (22). Sin embargo, el gasto de energía asociado con la escalada en roca frecuentemente excede las recomendaciones actuales para los niños y adultos (5, 38). Se ha demostrado que la escalada en roca regular, en interior y al aire libre, genera aumentos en la aptitud física aeróbica y anaeróbica (19, 38, 41).

La popularidad de la escalada en roca ha aumentado significativamente durante las últimas dos décadas (41). Es más, durante este tiempo también se ha incrementado la popularidad de otras actividades de escalada de aventura y escalada escolar, para las poblaciones de jóvenes (24). Los cursos educativos de aventura y los planes de estudios consistentes con las normas de educación física estatales y nacionales se han vuelto populares en el ámbito académico de instituciones educativas que van desde la primaria hasta la educación superior (26, 27). Las actividades educativas de aventura han sido recibidas con entusiasmo por los estudiantes, maestros y padres (27), aunque las evaluaciones documentadas de tales programas son escasas. Del mismo modo, no se ha investigado la habilidad potencial de las actividades de aventura diferentes a la escalada en roca, para alcanzar el gasto de energía y/o cumplir con las recomendaciones de actividad física, a pesar de la popularidad de la educación de aventura y de su accesibilidad en el ámbito escolar, como una actividad recreativa para las poblaciones de jóvenes y de adultos (41).

De manera similar, las actividades de aventura son una manera no tradicional, pero potencialmente innovadora de promover la actividad física en varias poblaciones diferentes. Por consiguiente el propósito de este estudio fue determinar el nivel medio de intensidad y de gasto de energía alcanzado durante una serie de actividad de escalada con cuerdas (escalada con Prusik), en comparación con un PIVG popular (boxeo Nintendo Wii) y una forma tradicional de ejercicio, la caminata rápida. Planteamos la hipótesis que la escalada con Prusik y el boxeo con Nintendo Wii exhibirían un mayor gasto de energía y nivel promedio de intensidad que la caminata rápida.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Veinticuatro estudiantes universitarios fueron reclutados de boca en boca (metodología de la bola de nieve) de un campus universitario nororiental. El número de participantes se determinó usando un análisis de potencia (18) sobre la base del gasto de energía promedio de caminar y de jugar con PIVG obtenido en una población de estudiantes universitarios en un estudio previo (29), con una potencia fijada a priori de 80% y un nivel de alfa de 0,05. Todos los sujetos participaron voluntariamente, no fumaban y no padecían ninguna condición que exigiera evitar un esfuerzo máximo durante una prueba de esfuerzo progresiva. Los participantes tampoco padecían alguna condición que pudiera limitar el movimiento de intensidad moderada del tren superior o inferior del cuerpo (ej., lesiones en los hombros o en la columna). Los participantes que tuvieran más de una experiencia mínima en el juego de boxeo en Nintendo Wii fueron excluidos del estudio, dado que las investigaciones han sugerido que una gran experiencia en el juego puede producir un gasto de energía mayor (40).

Según nuestros conocimientos, éste es el primer estudio que evaluó científicamente el gasto de energía relacionado a la escalada con Prusik, sin embargo se ha demostrado que la experiencia de escalada en roca impacta en la magnitud del gasto de energía (25). Por consiguiente, también se excluyeron aquellos participantes que tuvieran alguna experiencia en escalada con Prusik. Antes de la participación, los participantes completaron un consentimiento informado, una encuesta de antecedentes médicos de salud y demostraron que no tenían ninguna contraindicación vinculada a la salud para realizar

actividad física. Antes de comenzar con el estudio se obtuvo la aprobación del Comité de Revisión Institucional Universitario.

## **Procedimientos**

Se solicitó a los participantes que completaran el protocolo del estudio en cuatro sesiones de laboratorio separadas: 1) 30 min de caminata rápida, 2) test de consumo de oxígeno máximo, 3) 30 min de boxeo Nintendo el Wii y 4) 30 min de escalada con Prusik. Se seleccionó un período de tiempo de 30 min para cada serie porque era consistente con la cantidad mínima de actividad física aeróbica recomendada en un período de 5 días (se recomiendan 2 horas 50 min por semana) para adultos que desean mantener la salud actual (43). Durante la primera sesión de laboratorio, cada participante completó la sesión de caminata y se les proporcionó la oportunidad para practicar y familiarizarse con el boxeo Nintendo Wii. La segunda, tercera y cuarta visita al laboratorio fueron establecidas al azar.

Se solicitó a los participantes que evitaran realizar cualquier tipo de actividad física vigorosa 24 horas antes de cada visita al laboratorio y había por lo menos 24 hrs entre las visitas al laboratorio. Todas las visitas al laboratorio fueron realizadas en un lapso de 10 días. Se solicitó a los participantes que llevaran shorts, camisetas y zapatos deportivos en todas las sesiones, para evitar las diferencias en la termorregulación y en las respuestas metabólicas debidas a la vestimenta. Adicionalmente, se solicitó a los participantes que se abstuvieran de consumir alcohol 48 horas antes de la participación y bebieran agua liberalmente (dos litros por día) antes del día fijado para cada sesión de evaluación. Se les solicitó que se abstuvieran de comer 2 hrs (no más de 8 hrs) antes de todas las sesiones de evaluación. La temperatura ambiente fue mantenida entre 72oF y 78oF (22,2°C y 25,5°C) en todas las sesiones de evaluación. Todas las sesiones de evaluación fueron dirigidas por un profesional del deporte certificado.

## **Mediciones**

### **Talla y Peso**

Para determinar el peso en kg y la talla en cm, con un nivel de apreciación de un décimo, se utilizó una balanza estándar y un estadiómetro (*Seca Mechanical Beam Medical Scale - Model 700, Hannover, MD*). Los valores de talla y peso fueron registrados durante la primera visita al laboratorio.

### **Tasa Metabólica en Reposo**

Para obtener la tasa metabólica en reposo, se solicitó a los participantes que se sentaran y permanecieran quietos durante por lo menos 15 min. Se les colocó un clip en la nariz y una boquilla (*Hans Rudolph, Inc., Shawnee, KS*) para medir el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ),  $VO_2$  relativo (consumo de oxígeno en  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) y la tasa de intercambio respiratorio (RER) ( $RER = VCO_2/VO_2$ ; la tasa de anhídrido carbónico producido en ese consumo de oxígeno). Los datos del metabolismo en descanso fueron registrados por minuto durante 15 min utilizando espirometría de circuito abierto (*Parvo Medics Metabolic Measurement System MMS 2400, Salt Lake City, UT*). La frecuencia cardíaca (HR) fue evaluada con un monitor de frecuencia cardíaca Polar (*CIC Polar, Inc., NY*). Durante todo el protocolo de descanso los participantes permanecieron sentados, en un cuarto tranquilo, cómodo y oscurecido. Los datos en descanso fueron recolectados durante la segunda visita en todos los participantes.

### **Serie de Ejercicio de Intensidad Submáxima en Cinta Rodante**

Se solicitó a los participantes que seleccionaran ellos mismos (para reproducir una actividad del "mundo real") una velocidad de caminata que ellos consideraran como representativa de una intensidad moderada o de caminata "rápida". Los participantes mantuvieron su paso auto seleccionado durante la serie de ejercicio de 30min. En cada minuto se recolectaron los datos metabólicos y de HR utilizando la técnica de espirometría de circuito abierto (*Parvo Medics Metabolic Measurement System MMS 2400, Salt Lake City, UT*). También se evaluó el índice de esfuerzo percibido (RPE) en una escala de 6-20, en intervalos de 5-min, pidiéndole al participante que apuntara el valor indicativo del esfuerzo subjetivo, en una escala escrita de RPE (escala comprendida entre 6 y 20) (7).

### **Prueba de esfuerzo Progresiva**

Para determinar el  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los participantes y establecer la capacidad de ejercicio máxima se utilizó una prueba de de esfuerzo progresiva en cinta rodante. Cada participante realizó una entrada en calor caminando y trotando a un paso seleccionado por el mismo durante 5 min. Durante la prueba de  $VO_{2m\acute{a}x}$  la cinta rodante se mantuvo en la velocidad seleccionada mientras que la pendiente se incrementaba 2% cada 2 min durante la prueba de ejercicio (versión modificada del test de Costill y Fox [12]). Los datos metabólicos y de HR fueron monitoreados continuamente y fueron registrados al final de cada minuto utilizando el mismo procedimiento descrito para la serie de ejercicio de intensidad submáxima en

cinta rodante. El RPE fue registrado cada 2 min durante la prueba. De acuerdo con las recomendaciones reconocidas, el  $VO_{2\text{máx}}$  fue identificado como el punto donde se alcanzaban por lo menos tres (o más) de los siguientes criterios: (a) un RER  $\geq 1,15$ ; (b) no se observa un aumento adicional en HR a medida que aumenta la intensidad; (c) se observa una meseta (*plateau*) en el  $VO_2$  con una mayor carga de trabajo ( $<150 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ); (d) un RPE  $d > 17$  (escala de 6 a 20) y (e) fatiga volitiva (3, 37).

### **Boxeo Nintendo Wii.**

Los participantes completaron 30 min de boxeo continuo en Nintendo Wii. Durante el juego, cada participante enfrentó una pantalla de proyección en la que se mostraba el juego, mientras sostenían y usaban el control remoto y *Nunchuk* Wii (un control para cada mano) durante la serie de ejercicio. El control remoto Wii sirve como un sensor de movimiento que le permite al jugador imitar las acciones asociadas con un deporte/acción dada, desplegado como un avatar en la pantalla. El balanceo del tren superior/brazos se controla por la acción de los brazos de jugador y el movimiento del avatar por el sistema de Wii. Cada serie de ejercicio se jugó en el modo entrenamiento (opción "*punch bag*" o saco de boxeo) durante los primeros 15 min y en el modo del "pelea/competencia" durante los segundos 15 min.

Para animar que los participantes jugaran el juego continuo se les instruyó que seleccionen la opción "jugar de nuevo" en la pantalla tan rápidamente como les fuera posible luego de completar una sesión de entrenamiento o lucha. Esta metodología se utilizó en investigaciones previas para ayudar a minimizar el tiempo sin jugar y reflejar así la experiencia de jugar en la vida real (40). Para evitar las interferencias durante el juego, el tubo adosado a la boquilla usada para la espirometría de circuito abierto fue asegurado. Los datos metabólicos y de HR fueron monitoreados continuamente y registrados al final de cada minuto utilizando el mismo proceso descrito para la serie de ejercicio submáximo en cinta rodante. El RPE también se evaluó en intervalos de 5-min durante la serie de ejercicios.

### **Escalada con Prusik**

Los participantes realizaron 30 min escalada con Prusik continua, a un ritmo seleccionado por ellos mismos. Durante la escalada, cada participante ascendió y descendió por una cuerda de escalada vertical de 25'. Los participantes fueron equipados con arneses de escalada (*Headwall Universal Harness*) y fueron atados a una soga de escalada vertical por una cinta express de Prusik (*Starlight Outdoor Education*, resistencia a la ruptura 7000 lbs (3175,15 kg), carga de trabajo segura 700lbs (317,5 kg)) usando un enganche de Prusik y un mosquetón (*Omega Jack Triple-Lok HMS*) siguiendo las recomendaciones del fabricante para asegurarse de frente. También se utilizó un nudo Prusik para atar una segunda cinta express Prusik que se utilizó como un apoya pies. Para el ascenso, los participantes se paraban en el apoya pies, tiraban del nudo de Prusik atado a su arnés hacia arriba en la soga, se sentaba de modo que su peso se aplicara al nudo de Prusik atado al arnés, y deslizaban el apoya pies hacia arriba (Figura 1). El proceso se invertía para el descenso.



**Figura 1.** Ascenso en escalada con Prusik utilizando apoyo pies unidos al arnés.

Los participantes recibieron las instrucciones y se les dieron aproximadamente 10 min de tiempo para realizar una práctica supervisada por un instructor especializado en escalada con Prusik, antes de realizar la serie completa. La práctica continuaba hasta que los participantes demostraban su capacidad para ascender y descender con éxito (tiempo medio de la práctica fueron 4 min). La frecuencia cardíaca fue monitoreada continuamente y el índice de esfuerzo percibido (RPE) se evaluó en intervalos de 5 min durante la serie de ejercicios. Debido a la naturaleza de la escalada con Prusik y a la exactitud y validez del dispositivo en relación a las metodologías estándares de laboratorio (15), para la espirometría circuito abierto se utilizó el sistema de análisis de gases portátil *Cosmed K4b2* (*Cosmed K4b2, Roma, Italia*).

La unidad K4b2 (~925 gramos) fue sujeta al torso del participante en forma de mochila durante la serie de ejercicio. Los participantes portaron una máscara facial unida a un medidor de flujo de turbina lo que permitió la recolección de datos de  $VO_2$  en tiempo real (Figura 1). El dispositivo se calibró según las instrucciones del fabricante (*Cosmed K4b2, Roma, Italia*) antes de cada sesión de escalada. La recolección de los datos con el K4b2 comenzó cuando el participante estaba situado al comienzo de la cuerda antes de comenzar la escalada cronometrada y finalizó al completar la serie de ejercicios de 30-min (cuando el participante regresó al suelo luego de repetidos ascensos y descensos por la cuerda durante toda la serie de ejercicios).

### **Análisis Estadísticos**

La información demográfica fue descripta y utilizada para los análisis de tendencia. Las diferencias de las variables entre los grupos (caminata de intensidad submáxima, boxeo Wii y escalada con Prusik) se analizaron usando un MANOVA de una vía y el test *post-hoc* de Tukey. Entre las variables dependientes se incluyeron  $VO_2$  promedio (Prom- $VO_2$ ), porcentaje de reserva de  $VO_2$  (% $VO_2R$ ), el gasto de energía total a lo largo de 30 min ( $TEE_{30}$ ), gasto de energía promedio por minuto (Pro- $EE_{1,0}$ ), índice de esfuerzo percibido (RPE), tasa de intercambio respiratorio (RER), frecuencia cardíaca (HR) y los valores MET. Los datos cumplían con los supuestos estadísticos de normalidad, homogeneidad de varianza y esfericidad. A menos que se especifique otra cosa, se utilizó un valor de  $p < 0,05$ , como nivel de significancia para todos los análisis. Los análisis estadísticos fueron realizados con el *software* PASW 17 (SPSS Inc., Chicago, IL).

## RESULTADOS

Los 24 estudiantes universitarios (6 hombres, 18 mujeres;  $24 \pm 4$  años;  $175,4 \pm 8,6$  centímetros;  $78,9 \pm 17,4$  kg) realizaron el test de  $VO_{2\text{máx}}$  y todas las series de actividad física descriptas previamente. Los participantes presentaron un  $VO_{2\text{máx}}$  medio de  $45,4 \pm 7,6$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> y caminaron a una velocidad media de 4,1 mph durante la serie de ejercicios de caminata rápida. Los datos descriptivos para cada variable de ejercicio se presentan en Tabla 1. No se analizaron las diferencias entre sexos debido a la muestra relativamente pequeña de varones en el estudio.

	<b>Caminata Rápida</b>	<b>Boxeo Nintendo Wii</b>	<b>Escalada con Prusik</b>
HR (lat ·min <sup>-1</sup> )	117,8 ± 14,3	123,0 ± 17,6	148,7 ± 10,7*
RER	0,88 ± 0,05	0,88 ± 0,04	0,90 ± 0,07
Prom-VO <sub>2</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	16,6 ± 4,4	16,2 ± 5,7	22,7 ± 4,4*
%VO <sub>2</sub> R (%)	41,2 ± 13,5	38,8 ± 11,8	55,1 ± 10,1*
RPE (1-10 escala)	3,3 ± 0,8	3,9 ± 1,0	6,6 ± 1,3*
TEE <sub>30</sub> (kcal·30 min <sup>-1</sup> )	190,1 ± 57,9	181,9 ± 62,3	265,6 ± 58,3*
Prom-EE <sub>1,0</sub> (kcal·min <sup>-1</sup> )	6,3 ± 1,9	6,1 ± 2,1	8,9 ± 1,9*
Prom-MET	4,8 ± 1,3	4,6 ± 1,6	6,5 ± 1,3*

**Tabla 1.** Datos obtenidos en los ejercicios (n = 24). Los valores se expresan en forma de Media ± Desviación estándar; \*p<0,05 promedio; HR = Frecuencia cardíaca; RER = Tasa de intercambio respiratorio; Prom-VO<sub>2</sub> = Consumo de oxígeno promedio; %VO<sub>2</sub>R = Consumo de oxígeno de reserva porcentual; RPE = Índice de esfuerzo percibido; TEE<sub>30</sub> = Gasto de energía total a lo largo de 30 min; Prom-EE<sub>1,0</sub> = gasto de energía promedio por minuto; Prom-MET = Valor promedio de equivalente metabólico.

El MANOVA de una vía (Traza de Pillai) arrojó diferencias significativas entre las modalidades de ejercicio para las variables dependientes analizadas (F=5,77, P <0,001). Los resultados de los ANOVA de una vía subsiguientes para cada variable dependiente, se presentan en la Tabla 2. La escalada con Prusik produjo valores significativamente mayores de Pro-VO<sub>2</sub>, %VO<sub>2</sub>R, TEE<sub>30</sub>, Pro-EE<sub>1,0</sub>, RPE, HR y METs que la caminata rápida y el boxeo Wii (P <0,001) (Tablas 1 y 2). No se observaron diferencias significativas entre caminata y boxeo Wii en ninguna de las variables mencionadas (P>0,05).

<b>Variable</b>	<b>Modalidad de Ejercicio</b>	
	<b>F(2,69)</b>	<b>P</b>
HR	31,43	<0,001
RER	1,14	0,325
Prom-VO <sub>2</sub>	13,06	<0,001
%VO <sub>2</sub> R	13,27	<0,001
RPE	62,49	<0,001
TEE <sub>30</sub>	14,41	<0,001
Prom-EE <sub>1,0</sub>	14,42	<0,001
Prom-MET	13,06	<0,001

**Tabla 2.** Resultados del ANOVA de una vía para establecer las diferencias entre las variables dependientes entre las diferentes modalidades de ejercicio. HR = Frecuencia cardíaca; RER = Tasa de intercambio respiratorio; Prom-VO<sub>2</sub> = Consumo de oxígeno promedio; %VO<sub>2</sub>R = Consumo de oxígeno de reserva porcentual; RPE = Índice de esfuerzo percibido; TEE<sub>30</sub> = Gasto de energía total a lo largo de 30 min; Prom-EE<sub>1,0</sub> = gasto de energía promedio por minuto; Prom-MET = Valor promedio de equivalente metabólico.

## DISCUSIÓN

Este estudio comparó las respuestas fisiológicas de adultos jóvenes producidas por series de caminata rápida, boxeo en Nintendo el Wii y escalada con Prusik. En el presente estudio, HR, EE,  $VO_2$  y RPE fueron significativamente mayores durante la escalada con Prusik que durante la caminata o el boxeo Wii, pero no se observaron diferencias entre el boxeo Wii y la caminata. La escalada con Prusik en este estudio también generó valores de gasto de energía (EE) y MET considerablemente más altos que los de caminatas, ejercicios en steps u otros PIVG observados en investigaciones previas (2,4). El boxeo Wii en el estudio actual generó, tanto valores inferiores como superiores de Prom-EE<sub>1,0</sub> y %  $VO_2R$  que las investigaciones previas (4, 14, 39).

El mayor gasto de energía observado en la escalada con Prusik en comparación con el boxeo Wii y la caminata puede estar directamente relacionado con la naturaleza de la actividad. La escalada con Prusik exige mover físicamente el cuerpo con ayuda mecánica proporcionada por un arnés de escalada y apoya pies fijos. El cuerpo entero participa en los movimientos necesarios para subir utilizando la técnica con Prusik con éxito. Aunque el dispositivo Wii proporciona una atmósfera interactiva, los sensores de movimiento son tan sensibles que los jugadores pueden tentarse y tomar el camino de menor resistencia mientras juegan, como torcer o girar la muñeca en vez de girar o pegar con el brazo o incorporar el movimiento del cuerpo entero. Se animó a los participantes que realizaran el boxeo Wii con su mayor capacidad y de manera que refleje el mundo real. La variabilidad en los movimientos autoseleccionados en el boxeo Wii era importante para explorar la recolección de los datos metabólicos. Por estas razones, se realizó una comparación directa entre escalada con Prusik, boxeo Wii y caminata, aunque un cuerpo considerable de investigación ya ha documentado los valores del gasto de energía para varios PIVG.

Las recomendaciones de actividad física recientemente actualizadas emitidas por ACSM y la Asociación Americana del Corazón (AJÁ), amplían las recomendaciones originales emitidas en 1995 (36). Específicamente estas recomendaciones actualizadas establecen, "todos los adultos saludables de 18 a 65 años de edad, deben realizar actividad física aeróbica de intensidad moderada (resistencia) durante un mínimo de 30 min, cinco días por semana, o actividad física vigorosa aeróbica durante un mínimo de 20 min durante tres días por semana" (23, pág. 1425). Estas recomendaciones se apoyaron en recomendaciones similares emitidas en 2008 por el Departamento Americano de Salud y Servicios Humanos (43). La baja intensidad se define como inferior a 3 METs, mientras que la intensidad moderada se define como 40% a 59% del  $VO_2R$  o 3 a 6 METs, y la actividad física dura o relativamente vigorosa se define como 60% a 84% de  $VO_2R$  (o anteriormente 6 METs), (3, 23). La escalada con Prusik en el estudio actual, exige un grado de esfuerzo que coincide con la actividad física de moderada a alta intensidad. La caminata rápida podría ser considerada una actividad física de nivel moderado y el boxeo Wii puede ser considerado como de intensidad baja a moderada, sobre la base del %  $VO_2R$  y de los niveles MET alcanzados (Tabla 1).

Los estudios pasados han utilizado una extensión alternativa de recomendaciones de actividad física previas para comparar los resultados de gasto de energía entre diferentes modalidades, específicamente la cantidad de energía gastada en 1 min y luego por hora ( $kcal \cdot hr^{-1}$ ) de participación. El boxeo Wii en el estudio presente consumió  $6,1 kcal \cdot min^{-1}$  lo que equivale a  $366 kcal \cdot hr^{-1}$ . Este nivel de gasto calórico fue considerablemente más bajo que los  $12,1 kcal \cdot hr^{-1}$  /  $730 kcal \cdot min^{-1}$  y  $7,2 kcal \cdot hr^{-1}$  /  $432 kcal \cdot min^{-1}$  documentados previamente (4,20). La intensidad del boxeo utilizando un saco de boxeo (*punching bag*) es aproximadamente 6 METs (1, 2) que también es más alta que la intensidad promedio durante el boxeo simulado mediante el video juego físicamente interactivo (PIVG) en el estudio actual (4,6 METs). La intensidad promedio de la serie de caminata en el estudio actual (4,8 METs) fue similar a la intensidad de caminata rápida documentada previamente (5 METs) (1,2). La sesión de escalada con Prusik implicó  $8,9 kcal \cdot min^{-1}$  (lo que equivale a  $534 kcal \cdot hr^{-1}$ ) y una intensidad media de 6,5 METs - una respuesta metabólica significativamente más alta que la caminata o el boxeo Wii. Sin embargo, el costo metabólico de escalada con cuerda lenta, se ha aproximado a 8 METs (1,2), lo que sugiere que el ritmo autoseleccionado, en el cual los participantes completaron esta serie, puede haber limitado el gasto calórico óptimo. Sobre la base de los resultados del estudio actual, tomaría un promedio de 23,5, 24,4, y 16,5 min para consumir 150 kcal a través de la caminata rápida, el boxeo Wii y escalada con Prusik, respectivamente. Las actividades físicas estudiadas en este trabajo representan las metodologías seguras para lograr niveles recomendados de actividad física diaria o regular para los adultos jóvenes. Sin embargo, los resultados sugieren que la escalada con Prusik puede proporcionar un estímulo metabólico mayor. Por consiguiente, la escalada con Prusik puede ser una modalidad más eficaz con respecto al gasto de energía y las intervenciones de control de peso posteriores.

Los datos actuales pueden estar limitados por la variabilidad en el esfuerzo de los participantes durante cada serie de ejercicio (es decir, cada participante caminó a su verdadero paso de caminata rápida). Para minimizar este aspecto, cada sesión de actividad fue supervisada por personal de la investigación con especialización en la actividad que se estaba realizando. Además, se consideró el ritmo autoseleccionado y el grado de esfuerzo autoseleccionado, en un esfuerzo por simular la actividad física de la vida real. Durante la serie de escalada con Prusik, se utilizó un sistema metabólico portátil

a causa de las limitaciones mecánicas para utilizar un dispositivo de medición de metabolismo estático. Si bien es una limitación, el sistema portátil usado en este estudio fue validado como una herramienta de medición para la recolección de datos metabólicos en relación con otras metodologías de laboratorio estándares (15).

Se han realizado una cantidad considerable de investigaciones sobre las demandas fisiológicas asociadas con los PIVG, pero se ha realizado una mínima cantidad sobre las demandas metabólicas de actividades de aventura, como la escalada con cuerdas. El presente estudio podría servir de base para la exploración de las demandas metabólicas de formas más diversas de actividades educativas de aventura, como las actividades con cuerdas. Explorar medios no tradicionales de realizar actividad física, alcanzar o exceder las recomendaciones de actividad física actuales (3, 23), y motivar la participación continua en actividad física de por vida, se está tornando cada vez mas importante. Las actividades de aventura, ya sea como parte de los programas de educación física o como programas comunitarios, representan una modalidad, segura, agradable y desafiante que puede ser adaptada para alcanzar las capacidades y metas físicas de poblaciones de jóvenes y adultos.

## Conclusiones

Aunque las investigaciones sugieren que las tasas de obesidad en las poblaciones de jóvenes están comenzando a mostrar una meseta (*plateau*), el elevado número de adultos obesos y niños es inaudito (11). Fomentar las actividades físicas positivas, es una importante inversión para los profesionales de la educación física y del ejercicio para enfrentar las tendencias de obesidad y de enfermedades asociadas al poco movimiento (hipocinéticas). La escalada con Prusik demostró un gasto de energía y una demanda física global significativamente mayores a los observados en el boxeo Wii y en la caminata rápida, lo que podría ser beneficioso para los individuos interesados en las actividades de aventura como una forma de cumplir con las recomendaciones de actividad físicas actuales (3,23). A pesar de la popularidad, pocos estudios han explorado las demandas fisiológicas de actividades de aventura diferentes a la escalada de roca. El interés creciente en los programas de aventura y en el acceso a las cuerdas de escalada vertical en las escuelas puede facilitar el uso de escalada con Prusik como una forma de alcanzar la cantidad recomendada de actividad física diaria.

## AGRADECIMIENTOS

El subsidio *Dean's Small Research Grant* (\$500), para realizar este estudio fue otorgado por el departamento de Salud y Servicios Humanos de la Escuela Universitaria de Hofstra, para comprar el equipo de Nintendo Wii. No existe ninguna relación profesional entre los autores del estudio y las compañías o fabricantes que podrían beneficiarse de los resultados de este estudio.

## REFERENCIAS

1. Ainsworth BE (2011). The compendium of physical activities tracking guide. *Prevention Research Center, Norman J. Arnold School of Public Health, University of South Carolina*. Retrieved January 9, 2011 from [http://prevention.sph.sc.edu/tools/docs/documents\\_compendium.pdf](http://prevention.sph.sc.edu/tools/docs/documents_compendium.pdf)
2. American College of Sports Medicine (ACSM) (2009). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *8th Edition*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins
3. Anders M (2008). As good as the real thing?. *Ace Fitness Matters* 2008;4:7-9
4. Balas J, Strejcova B, Maly T, Mala L, Martin A (2009). Changes in upper body strength and body composition after 8 weeks indoor climbing in youth. *Isokinetics Exerc Sci* 2009;17:173-179
5. Booth J, Marino F, Hill C, Gwinn T (1999). Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *Br J Sports Med* 1999;33:14-18
6. Borg GA (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-381
7. Cali AMG, Caprio S (2008). Obesity in children and adolescents. *J Clin Endo Metab* 2008;93:S31-36
8. Carroll R, Loumidis J (2001). Children's perceived competence and enjoyment in physical education and physical activity outside school. *Eur Phys Educ Review* 2001;7:24-43
9. Centers for Disease Control (CDC). (2009). Youth risk behavior surveillance. *United States. MMWR* 2010;59:1-142
10. Centers for Disease Control (CDC) (2007). State-specific prevalence of obesity among adults in United States. *MMWR* 2008;57(28):765-768
11. Costill DL, Fox EL (1969). Energetics of marathon running. *Med Sci Sports Exerc* 1969;1:81-86
12. Crommett A (2009). DDR activity compared to traditional PE activities: A heart rate study. *Med Sci Sport Exerc* 2009;41:13-14
13. DiRico E, Davis K, Washington C, Galvanin E, Otto R, Wygand JW (2009). The metabolic cost of an interactive video game. *Med Sci*



14. Duffield R, Dawson B, Pinnington HC, Wong P (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport 2004;7:11-22*
15. Ebbeling CB, Ludwig DS (2008). Tracking pediatric obesity: an index of uncertainty?. *JAMA 2008;299:2442-2443*
16. Elia M, Betts P, Jackson DM, Mulligan J (2007). Fetal programming of body dimensions and percentage body fat measured in prepubertal children with a 4-component model of body composition, dual-energy x-ray absorptiometry, deuterium dilution, densitometry, and skinfold thickness. *Am J Clin Nutr 2007;86:618-624*
17. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods 2007;39:175-191*
18. Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Med 2006;36:529-545*
19. Graves L, Stratton G, Ridgers ND, Cable NT (2008). Energy expenditure in adolescents playing new generation computer games. *Br J Sports Med 2008;42:592-594*
20. Green JG, Stannard SR (2010). Active recovery strategies and handgrip performance in trained vs. untrained climbers. *J Strength Cond Res 2010;24:494-501*
21. Hans TA (2000). A meta-analysis of the effects of adventure programming on locus of control. *J Contemp Psychother 2000;30:33-60*.
22. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, 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 2007;116:1081-1093*
23. Hyder MA (1999). Have your students climbing the walls: the growth of indoor climbing. *JOPERD 1999;70:32-39*
24. Janot JM, Steffen JP, Porcari JP, Maher MA (2000). Heart rate responses and perceived exertion for beginner and recreational sport climbers during indoor climbing. *JEPonline 2000;3:1-7*
25. Kirchner G, Fishburne GJ (1998). Physical Education for Elementary School Children. 10th Edition. Boston, MA: WCB McGraw-Hill
26. Knowles B (2005). Project adventure launches nation's first adventure curriculum for physical education [Press release]. Retrieved on January 12, 2005 from [http://www.pa.org/press/PA\\_AdventureCurriculum20050112.pdf](http://www.pa.org/press/PA_AdventureCurriculum20050112.pdf)
27. Lanningham-Foster L, Foster RC, McCrady SK, Jensen TB, Mitre N, Levine JA (2009). Activity-promoting video games and increased energy expenditure. *J Pediatrics 2009;154:819-23*
28. Lillie T, Sell K, Taylor JE, Vener J, Ransdell LB, Tudor-Locke C (2005). Physical activity recommendations can be met using a physically interactive video game among college students. *Med Sci Sports Exerc 2005;37:S248*
29. Luke RC, Coles MG, Anderson TA, Gilbert JN (2005). Oxygen cost and heart rate response during interactive whole body video gaming. *Med Sci Sports Exerc 2005;37:S239*
30. McDonough SL (2009). Comparison of an interactive dance video game and traditional exercise equipment relative to use preferences and energy expenditure in adolescent females ages 16-18. *Med Sci Sport Exerc 2009;41:12-13*
31. Mermier CM, Robergs RA, McMinn SM, Heyward VH (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *Br J Sports Med 1997;31:224-228*
32. Murphy RJL, Bondre MD, Shields CA (2009). Are Wii fit and active? Reproducibility of measured physical activity during different activities. *Med Sci Sport Exerc 2009;41:13*
33. Ogden CL, Carroll MD, Flegal KM (2008). High body mass index for age among US children and adolescents. 2003-2006. *JAMA 2008;299:2401-240*
34. Ogden CL, Yanovski SZ, Carroll MD, Flegal KM (2007). The epidemiology of obesity. *Gastroenterology 2007;132:2087-2102*
35. Powers S, Howley E (2008). Exercise Physiology. 7th Edition. New York City, NY: McGraw-Hill Companies
36. Rodio A, Fattorini L, Rosponi A, Quattrini FM, Marchetti M (2008). Physiological adaptation in noncompetitive rock climbers: good for aerobic fitness?. *J Strength Cond Res 2008;22:359-364*
37. Schipper P, Aansorgh B, Thijssen DH, De Groot PC, Groothuis JT, Hopman MT (2009). Activity levels while playing new generation video games. *Med Sci Sports Exerc 2009;41:S564*
38. Sell K, Lillie T, Taylor JE (2008). Energy expenditure during physically interactive video game playing in male college students with different playing experience. *J Am Coll Health 2008;56:505-11*
39. Sheel AW (2004). Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med 2004;38:355-359*
40. Stein CJ, Colditz GA (2004). The epidemic of obesity. *J Clin Endo Metab 2004;89:2522-2525*
41. U.S.Department of Health and Human Services (USDHHS) (2008). Physical Activity Guidelines for Americans. Retrieved on February 12, 2010 from <http://www.health.gov/PAGuidelines/pdf/paguide.pdf>
42. Warburton DER, Bredin SSD, Horita LTL, Zbogor D, Scott JM, Esch BTA, Rhodes RE (2007). The health benefits of interactive video game exercise. *Appl Physiol Nutr Metabol 2007;32:655-63*
43. Weiss MR, Wiese-Bjornstal DM (2009). Promoting positive youth development through physical activity. *Res Digest 2009;10:1-8*

### **Cita Original**

Sell K, Clocksin BD, Spierer D, Ghigiarelli J. Energy Expenditure during Non-Traditional Physical Activities. *JEPonline*. 14 (3):101-112, 2011.