PubliCE, (PubliCE) 2001

Monograph

Detección del Inicio del Esfuerzo Cardiovascular Adicional durante la Realización de Ejercicios Combinados de Brazos y Piernas

Jerry J Mayo[1], Len Kravitz[2] y Jataporn Wongsathikun[3]

[1]*Department of Kinesiology, Hendrix College, Conway, AR 72032.*
[2]*Center for Exercise and Applied Human Physiology, Exercise Physiology Program, the University of New Mexico, Albuquerque, NM, 87131-1258.*
[3]*Department of Exercise Science and Leisure Management, The University of Mississippi.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la distribución preferida de brazos y piernas durante ejercicios combinados de brazos y piernas. Catorce sujetos (7 hombres y 7 mujeres) completaron siete sesiones de evaluaciones experimentales: un test para la evaluación del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) llevado a cabo en un cicloergómetro y 6 pruebas de ejercicio submáximo al 60% de la máxima producción de potencia durante el ciclismo (MPO), distribuyendo la producción total de potencia (PO) entre el tren superior y el tren inferior. Todos los trabajos combinados incorporaron el trabajo sincronizado de pedaleo con los brazos y de pedaleo con las piernas a 50 rev./min utilizando dos cicloergómetros. Las 7 pruebas aleatorias de ejercicio involucraron la realización de ejercicios combinados con brazos y piernas, en donde los brazos contribuyeron con el 0, 8, 17, 25, 33 y 42% de la producción total de potencia. La frecuencia cardíaca (HR) y el consumo de oxígeno (VO_2) fueron significativamente ($p<0.05$) mayores durante las pruebas con contribución de los brazos en un 33% y 42% en comparación con la prueba en donde los brazos contribuyeron con el 0% (solamente pedaleo con las piernas). Las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 17% y el 25% de la potencia indujeron una producción de lactato sanguíneo (B_{LA}) significativamente menor ($p<0.05$) en comparación con la prueba en donde los brazos contribuyeron con el 0%. No se hallaron diferencias significativas en el índice de intercambio respiratorio, los índices de esfuerzo percibido o en la cinética del consumo de O_2 entre las diferentes condiciones. Los resultados de este estudio sugieren que al 60% de la MPO, la relación preferida de brazos y piernas con respecto a la PO es cuando los brazos contribuyen con el 17-25%. Cuando se compararon las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 0%, el 17% y el 25% se observó que hubo una respuesta similar de la HR, una respuesta ligeramente mayor (no significativa) del VO_2, y niveles de B_{LA} significativamente menores.

Palabras Clave: Pedaleo con los Brazos, pedaleo, frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, ejercicio de piernas y bra

INTRODUCCION

Está bien establecido que existen diferencias fisiológicas entre los ejercicios aeróbicos submáximos y máximos llevados a

cabo con el tren inferior y aquellos llevados a cabo con el tren superior. A una misma producción de potencia (PO), los ejercicios llevados a cabo con los brazos provocan un mayor impacto sobre el sistema cardiovascular en comparación con aquellos llevados a cabo con las piernas, lo que se evidencia por mediciones en la frecuencia cardíaca (HR), presión sanguínea (BP), y consumo de oxígeno (VO_2) (1-3). Las diferentes explicaciones posibles para el mayor estrés cardiovascular incluyen la implicancia de una menor masa muscular (4), la reducción del retorno venoso al corazón (5), la mayor estimulación neural (6) y el mayor componente estático impuesto durante los ejercicios con el tren superior (7).

Toner et al. (5, 8) llevaron a cabo experimentos con ejercicios submáximos combinados de brazos y piernas para entender mejor las respuestas circulatorias durante los ejercicios combinados de brazos y piernas. Toner et al. (8) mantuvieron el VO_2 constante a tres intensidades submáximas y midieron los cambios en la HR y en el volumen sistólico (SV), que resultaban de incrementar los porcentajes de contribución de los brazos a la PO total. Con los valores más altos del VO_2 submáximo, el SV se redujo significativamente mientras que la HR se incrementó cuando los brazos contribuyeron entre el 25-50% de la PO total. Sin embargo, para mantener el VO_2 a través de las pruebas se redujeron las cargas de trabajo a medida que se incrementaba el porcentaje de contribución de los brazos, lo cual limita la practicidad de estos hallazgos.

El propósito de este estudio fue extender el trabajo de Toner et al. (5, 8) determinando la relación precisa de contribución de brazos y piernas que provoque un incremento en el impacto cardiovascular y metabólico durante la realización de ejercicios combinados. Para responder a esta cuestión valoramos diferentes relaciones de contribución de brazos y piernas mientras manteníamos constante el porcentaje relativo (60%) de la máxima producción de potencia (MPO). El objetivo era hallar la relación óptima de brazos y piernas que cubriera las demandas del entrenamiento cardiovascular y que pudiera ser mantenido durante una sesión característica de 30 minutos. Esto es particularmente relevante, ya que muchas de las nuevas máquinas que se encuentran actualmente en el mercado para el entrenamiento aeróbico están diseñadas para emplear simultáneamente los brazos y las piernas. Se hipotetizó que los cambios progresivos en la cantidad de trabajo realizado por los brazos provocarían respuestas fisiológicas sostenidas, sin embargo, el punto donde ocurre esto era incierto.

METODOS

Sujetos

Catorce voluntarios sanos de edad universitaria (7 hombres, 7 mujeres) fueron reclutados de clases universitarias y de clubes de aptitud física comunitarios. Los sujetos fueron informados acerca del protocolo de investigación y firmaron un consentimiento informado en adherencia con las normas universitarias para la investigación con sujetos humanos. Los sujetos eran no fumadores y no padecían desordenes cardiovasculares, pulmonares o musculoesqueléticos.

Familiarización con el Ejercicio

Antes de las evaluaciones, cada sujeto se reportó al laboratorio un mínimo de dos veces para familiarizarse con el ejercicio simultáneo de brazos con el manubrio y de las piernas pedaleando. Durante la familiarización, los sujetos realizaron ciclismo solo de piernas y pedaleo con las piernas combinado con el trabajo de brazos correspondiente con las diferentes cargas del protocolo de evaluación. Cada sesión de familiarización duró aproximadamente 15 minutos. Para el ejercicio corporal total, se empleó un movimiento sincrónico de brazos y piernas a 50 rev./min. Para ayudar a la sincronización de brazos y piernas, se utilizó un metrónomo, así como también ayuda verbal la cual fue provista por el mismo científico durante todas las sesiones de práctica y de evaluación. Los sujetos que requirieron sesiones adicionales para mejorar la técnica retornaron al laboratorio hasta que demostraron una técnica satisfactoria, lo cual fue determinado por el investigador principal.

Evaluación del Ejercicio

Se le pidió a cada sujeto que se reportara al laboratorio en siete ocasiones separadas. Para reducir la variabilidad intra-sujeto, los sujetos se reportaron al laboratorio a la misma hora cada día en días consecutivos para la evaluación experimental y fueron instruidos para que no cambiaran sus patrones alimentarios y de actividad física. Los sujetos se abstuvieron de consumir alimentos y cafeína en las dos horas previas a las evaluaciones. La sesión inicial de evaluación consistió en la recolección de los datos descriptivos y del test en cicloergómetro para determinar la MPO y el VO_2 máx. Los datos descriptivos incluyeron los hábitos de ejercicio, la talla, el peso y la medición de pliegues cutáneos en tres sitios para estimar la densidad corporal (9, 10) y determinar el porcentaje de grasa corporal (11). Todas las evaluaciones fueron llevadas a cabo utilizando uno o dos cicloergómetros Monarch (Monarch Model 818E, Varberg, Suecia). Los ergómetros fueron calibrados antes de cada evaluación con pesos estándar de valor conocido. Para el ciclismo solo con las piernas, la

altura del asiento fue ajustada de manera que permitiera la extensión casi completa de la rodilla (5-10 grados de flexión) cuando el pie alcanzara el punto más bajo de la revolución. Un cicloergómetro fue montado en una plataforma construida especialmente para permitir el pedaleo con los brazos. Esta plataforma podía ajustarse de manera que las manivelas de los pedales del cicloergómetro quedaran a la altura de los hombros de cada sujeto, tal como lo sugirieran otros investigadores (5). Los pedales fueron reemplazados por agarraderas (6 cm de diámetro).

Antes de la evaluación, se les pidió a los sujetos que descansaran en posición de sentados durante 5 minutos. De esta manera al minuto 5 se obtuvo la HR pre-test utilizando telemetría (Polar® Favor, Port Washington, Nueva York). Esto fue seguido por la medición de la concentración de lactato sanguíneo (B_{LA}) pre-ejercicio. Los gases espirados fueron recolectados y analizados continuamente para la determinación del VO_2, el V_E y el RER mediante espirometría de circuito abierto utilizando un sistema de evaluación del metabolismo SensorMedics Vmax Series 29 (SensorMedics Corporation, Yorba Linda, California). Los analizadores de CO_2 y O_2 fueron calibrados antes de cada test utilizando gases de concentración conocida y el flujómetro fue calibrado con una jeringa de 3.0 L. La HR fue medida en forma continua durante cada test máximo y submáximo. La HR fue registrada en cada etapa de los tests máximos y en intervalos de 30 s durante las pruebas submáximas. En las pruebas submáximas, los datos cardiorrespiratorios de los últimos 2 minutos de la prueba de 7 minutos fueron promediados y utilizados en los análisis. El RPE fue registrado al final de cada test submáximo utilizando la escala de Borg (12).

Test Máximo

Cada sujeto realizó un test máximo continuo de capacidad aeróbica, hasta el agotamiento para valorar el VO_2 máx. durante el ciclismo con las piernas. Antes de test máximo, se realizó una entrada en calor de 2 minutos con una carga de 25 Watts (W) a 50 rev./min. Al finalizar la entrada en calor se incrementó inmediatamente la carga en 50 W manteniendo la frecuencia de pedaleo a 50 rev./min. El test consistió de etapas de 60 segundos incrementando la resistencia en 25 W hasta que el sujeto llegara al agotamiento o no pudiera mantener la frecuencia de pedaleo de 50 rev./min durante 15 segundos. La carga de trabajo a la cual se producía el agotamiento fue identificada como la MPO. El VO_2 máx. fue definido como el mayor VO_2 alcanzado en un período continuo de tiempo de 30 segundos luego de alcanzar los siguientes criterios: (a) una HR dentro de los 10 latidos/min de la HR máx. estimada a partir de la edad; (b) un RER ≥ a 1.1; y/o (c) una estabilización o una reducción en el VO_2 en relación al incremento de la carga (13)

Tests Submáximos

Los sujetos fueron asignados aleatoriamente para completar seis pruebas de ejercicio submáximo al 60% de la MPO. Se realizó una prueba llevada a cabo solo con las piernas (0% de contribución de los brazos), y cinco pruebas de ejercicio con combinaciones diferentes de brazos y piernas al 60% de la MPO. Las combinaciones incluyeron contribuciones de los brazos del 8, 17, 25, 33 y 45%, representando el porcentaje la proporción de la PO total completada en el ergómetro para los brazos. Todos los trabajos combinados incorporaron el pedaleo sincrónico de brazos y piernas a 50 rev./min, realizando los ajustes apropiados en la fuerza (kg) en base a la MPO de cada sujeto. Todos los tests de ejercicio submáximo tuvieron una duración de 7 minutos.

Determinación del Lactato Sanguíneo

Para determinar la concentración de B_{LA} se utilizó un analizador de lactato Yellow Springs Instrument 1500 Sport (Yellow Springs Instrument Co., Inc., Ohio). Antes de y entre cada una de las sesiones de ejercicio, la validez y la linealidad del analizador de lactato fue valorada utilizando estándares de concentración conocida. Entre las sesiones de evaluación, y luego de cada tercera muestra sanguínea, el analizador fue calibrado a 5mM.

Las muestras de sangre se obtuvieron en capilares antes de cada sesión de ejercicio para establecer los valores basales e inmediatamente después de los tests máximos y submáximos, utilizando un dispositivo manual para la punción en la yema de los dedos. Las muestras de sangre fueron extraídas primero utilizando una jeringa “Syringepet” de 25 µL y luego inyectadas en el analizador de lactato. El analizador inmediatamente analizó las muestras de sangre y se registraron los valores obtenidos. Para asegurar la confiabilidad de las mediciones de B_{LA}, el 23% de las muestras obtenidas durante las pruebas fueron analizadas en duplicado. La confiabilidad de los análisis de B_{LA} fue r=0.99.

Análisis Estadísticos

Para describir el comportamiento cinético de los datos del VO_2 submáximo, cada prueba fue analizada utilizando regresiones no lineales. Se realizó un ajuste exponencial de primer o segundo grado sobre los datos crudos utilizando el programa Prism (GraphPad Software, Inc., San Diego, California). La ecuación apropiada de ajuste fue determinada por el modelo, el cual produjo la menor suma de los errores cuadráticos. Las constantes del tiempo (tasa de cambio en el VO_2), donde $\tau = 0.69K$, fueron determinadas para cada test submáximo y fueron subsiguientemente utilizados para los análisis de

los datos.

Para determinar si había diferencias significativas entre las variables cardiovasculares entre los tests se utilizó el análisis MANOVA (SPSS, 1995) para medidas repetidas. Si el MANOVA (SPSS, 1995) indicaba una diferencia significativa se realizaba sobre cada variable el análisis de varianza ANOVA para medidas repetidas con el análisis Λ de Wilks. El análisis de varianza ANOVA para medidas repetidas fue utilizado para determinar diferencias significativas en la cinética del VO_2 y del B_{LA}. Cuando los efectos principales eran significativos se utilizaba el test post hoc de Tukey para determinar en donde se hallaban las diferencias. El nivel alfa fue establecido a $p \leq 0.05$. Con 7 sujetos por grupo, los coeficientes de potencia observados para el VO_2, la VE, la HR y el B_{LA} fueron 0.78, 0.97, 0.99, y 0.99, respectivamente, y los tamaños del efecto para todas las variables dependientes excedieron el valor de 1.23.

RESULTADOS

Los datos descriptivos de los sujetos se presentan en la Tabla 1. La Tabla 2 muestra la distribución de las diferentes pruebas de ejercicio combinado de brazos y piernas.

Variable	Media±SD Grupal (n=14)
Edad (años)	22±2
Talla (cm)	168.6±9.2
Peso (kg)	67.9±12.8
BMI (kg/m^2)	24±2.4
Grasa Corporal (%)	14.7±5
HR de Reposo (latidos/min)	66±9
VO_2 máx. ejercicio solo de piernas (L/min)	2.80±0.74
VO_2 máx. ejercicio solo de piernas (ml/kg/min)	40.94±4.60
HR máx. ejercicio solo de piernas (latidos/min)	183±8
BLa máx. ejercicio solo de piernas (mM)	10.33±2.30
MPO (Watts)	233±46
60% MPO (Watts)	134±28

Tabla 1. *Características descriptivas de los sujetos.*

% Brazos	0	8	17	25	33	42
AC (Watts)	0	11	20	34	44	56
LC (Watts)	134	123	114	100	90	78

Tabla 2. *Distribución de la producción media de potencia completada por brazos y piernas al 60% de la MPO. AC=Pedaleo con los Brazos; LC=pedaleo con las piernas.*

El análisis MANOVA indicó un índice Λ de Wilks significativo (p=0.0001). Los análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas llevados a cabo sobre las variables dependientes indicaron un efecto significativo de las pruebas sobre la HR (F=7.9, p =0.0001), el VO_2 (F=2.8, p=0.02) y la V_E (F=6.2, p=0.0001) (ver Figuras 1, 2 y 3). Los datos de la HR registrada con las seis combinaciones submáximas de brazos y piernas, mostraron que los sujetos se ejercitaron a intensidades que

estaban dentro del rango del 81-87% de HR máx. observada durante el ejercicio de pedaleo solo con las piernas. El porcentaje de la HR máx. para cada prueba fue el siguiente: 0% brazos=81%, 8% brazos=83.5%, 15% brazos=81.6%, 25% brazos=82.9%, 33% brazos= 84.8% y 42% brazos=87.1%. Los mayores valores de HR ocurrieron cuando se realizó mayor cantidad de trabajo con los brazos. Los resultados mostraron que el ejercicio en donde los brazos contribuyeron con el 42% provocó una HR media significativamente mayor ($p<0.05$) en comparación con todas las otras pruebas. Además, el ejercicio en donde los brazos contribuyeron con el 0% provocó valores de HR que fueron significativamente menores que el ejercicio en donde los brazos contribuyeron con el 8% y el 33%.

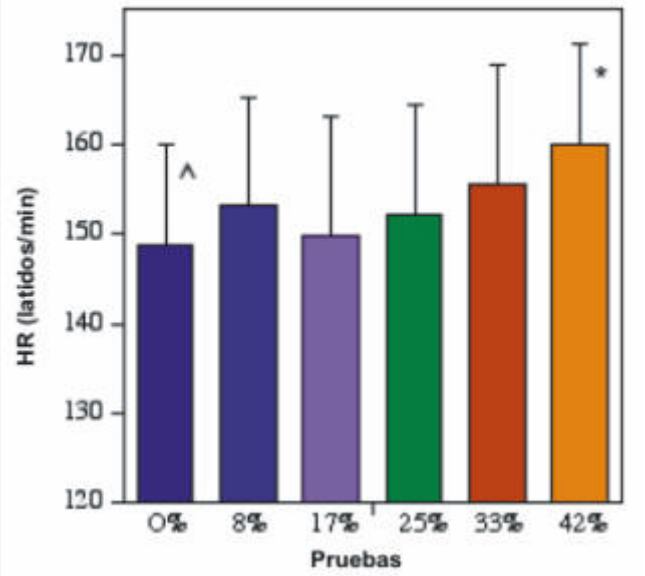


Figura 1. *Efecto del tipo de prueba sobre la HR. *42% significativamente mayor en comparación con el resto de las pruebas. ^0% significativamente menor que 8% y 33%.*

Las respuestas medias del VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) durante las pruebas de ejercicio submáximo estuvieron en el rango del 68-74% del VO_2 máx. durante la prueba de ciclismo. El VO_2 relativo expresado como $\%VO_2$ máx. de la prueba de ciclismo en las diferentes pruebas fue el siguiente: 0% brazos=68%, 8% brazos=69%, 17% brazos=71%, 25% brazos=70.3%, 33% brazos=72% y 42% brazos=74%. Los valores del VO_2 alcanzados durante la prueba en donde los brazos contribuyeron con el 0% fueron significativamente ($p<0.05$) menores que durante las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 33% y 42%.

Cuanto más contribuían los brazos al trabajo total realizado mayores fueron los valores de V_E registrados. Los valores de V_E registrados durante la prueba en donde los brazos contribuyeron con el 42% fueron significativamente mayores ($p<0.05$) que los valores registrados durante las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 0%, 8%, 17%, y 25%. Aunque se observó una tendencia, no se observaron diferencias significativas entre las pruebas para el RER, RPE o la cinética del consumo de O_2.

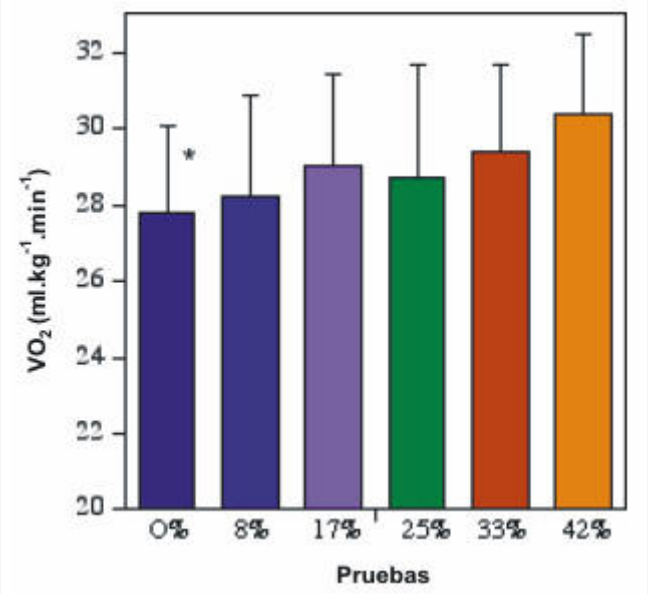


Figura 2. *Efecto del tipo de prueba sobre el VO_2. *0% significativamente menor que 33% y 42%*

Los resultados del análisis de varianza ANOVA para el B_{LA} revelaron un efecto significativo de las pruebas (F=2.4, p=0.048). La Figura 4 ilustra el B_{LA} durante las pruebas de ejercicio combinado de brazos y piernas. La prueba en donde los brazos contribuyeron con el 0% resultó en una respuesta del B_{LA} similar a las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 8%, 33%, y 42%, sin embargo, resultó en una respuesta significativamente mayor que las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 17% (p=0.03) y 25% (p=0.009).

DISCUSION

El propósito de este estudio fue determinar la relación brazos-piernas que incrementa el impacto fisiológico durante la realización de ejercicios combinados de brazos y piernas. Esto fue llevado a cabo variando la relación de brazos y piernas al 60% de la MPO. Los datos de este estudio demostraron que la cantidad de trabajo realizado por los brazos afecta las respuestas fisiológicas y metabólicas durante la realización de ejercicios submáximos con brazos y piernas. Las respuestas globales del VO_2, HR y V_E fueron significativamente mayores a medida que los brazos contribuían cada vez más con la cantidad total de trabajo. El B_{LA} fue significativamente menor cuando los brazos contribuyeron con el 17% y 25% de la PO total.

La mayor respuesta fisiológica al incremento en el trabajo de los brazos puede ser atribuida a las diferencias hemodinámicas observadas entre los ejercicios con brazos y los ejercicios con piernas (7). Las investigaciones han demostrado que para una PO submáxima dada, el ejercicio con los brazos produce un incremento en las BP diastólica y sistólica (4, 14), en la HR (1, 5, 15), en la TPR (5, 7), una reducción en la SV (13, 14) y un gasto cardíaco (Q) similar o reducido (13, 14). En el presente estudio, los valores medios de HR de los sujetos se incrementaron en 11 latidos/min a través de las seis pruebas. En base a esta información, se sugiere que la respuesta significativa de la HR con mayores cargas para los brazos (contribución del 33% y del 42%) ocurrió debido a la dilatación de los lechos vasculares musculares más pequeños (área de sección transversal) derivando en un incremento de la resistencia periférica total (TPR), en una mayor precarga del corazón, y en una reducción del retorno venoso lo que a su vez resultó en un menor SV. Asimismo, el incremento en el impulso simpático pudo haber contribuido a la respuesta significativa de la HR en las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 33% y 42% en comparación con la prueba en donde solo se pedaleo con las piernas (5, 16). Aunque estas variables cardiovasculares no fueron medidas directamente en este estudio, si han sido reportadas en el trabajo de Toner et al. (8), quienes observaron reducciones en el SV e incrementos en producto de frecuencia cardiaca por presión (RPP) cuando los brazos contribuyeron con el 25-50% de la PO total.

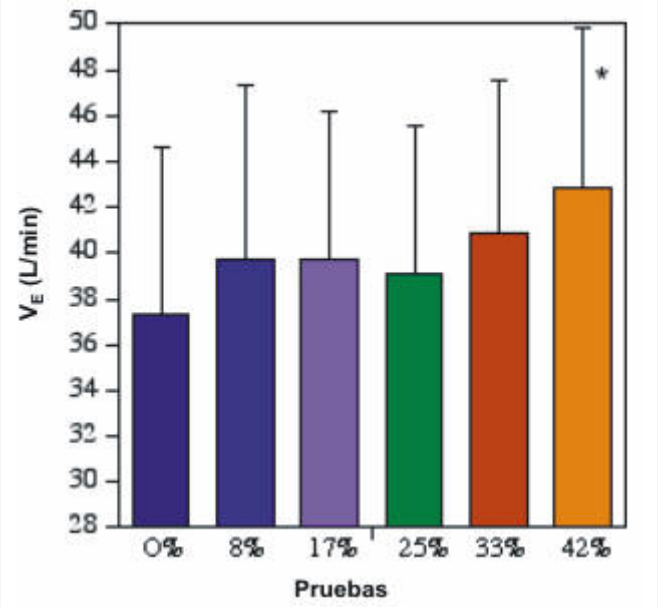


Figura 3. *Efecto del tipo de prueba sobre la VE. * 42% significativamente mayor que el 0%, 8%, 17% y 25%.*

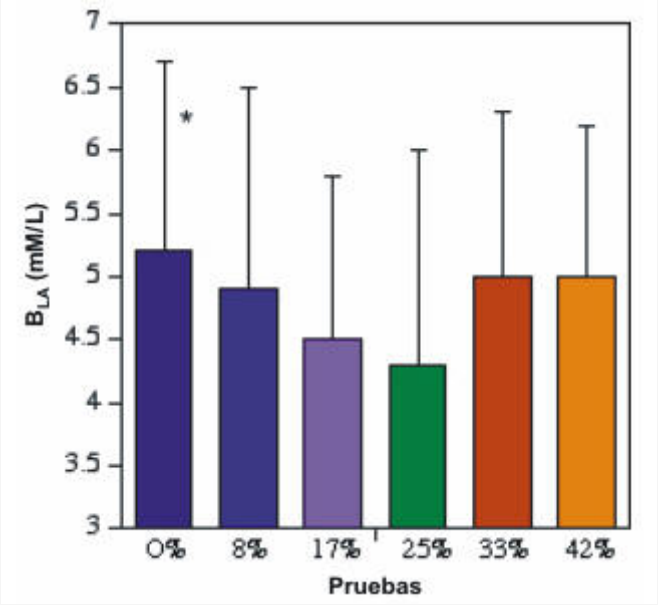


Figura 4. *Efecto del tipo de prueba sobre el B_{LA}. *0% significativamente mayor que 17% y 25%.*

La respuesta de la HR durante el ejercicio llevado a cabo solo con las piernas fue significativamente menor que cuando los brazos contribuyeron con el 8% del trabajo. Este incremento de 4 latidos/min representa un incremento del 3%, lo cual aunque fue estadísticamente significativo, puede tener poca significación práctica. Los sujetos en este estudio reportaron que la prueba en donde los brazos contribuyeron con el 8% del trabajo fue la más complicada en lo que se refiere al mantenimiento de la cadencia sincrónica, debido a la cantidad desproporcionadamente pequeña de trabajo realizado por los brazos. Esto puede explicar la mayor HR durante la prueba en donde los brazos contribuyeron con el 8% del trabajo. Los resultados sugieren que la realización de ejercicio (al 60% de la MPO) con una contribución de los brazos ≤25% de la PO total produce frecuencias cardíacas que son similares a las observadas durante el ejercicio realizado solo con las piernas. Además, los resultados indican que la menor respuesta de la HR durante las pruebas combinadas de brazos y piernas ocurre cuando los brazos contribuyen con el 17 y el 25% de la PO total. Como lo reportaron los propios sujetos, estas pruebas fueron las más confortables debido a que la resistencia se distribuía más uniformemente entre el tren

superior y el tren inferior.

Los análisis de los datos del VO_2 submáximo demostraron que los sujetos consumieron significativamente más oxígeno a medida que los brazos contribuían más al trabajo total (ver Figura 2). Al igual que la HR, el trabajo de los brazos influenció las respuestas del VO_2 con cargas ≥33% de la PO total. Los resultados revelaron un efecto significativo ($p=0.04$) del tipo de prueba sobre el VO_2 absoluto. La posterior inspección de los datos indicó que los sujetos estaban realizando mayor cantidad de trabajo absoluto durante las pruebas combinadas de ejercicio en comparación con el trabajo de Toner et al (5). El VO_2 promedio estuvo en el rango de 1.9 L/min a 2.04 L/min a través de las seis pruebas combinadas. Toner et al. observaron respuestas del VO_2 entre 1.70 L/min y 1.96 L/min (contribución de los brazos del 0% al 60%). Los pequeños, pero significativos incrementos en el VO_2 a través de las pruebas coinciden con lo observado por Hoffman et al. (17), quienes hallaron que la diferencia promedio entre el ejercicio realizado solo con las piernas y el ejercicio combinado era de 0.04 L/min con producciones de potencia en el rango de los 50 a los 175 Watts.

Cuando se evaluó el incremento en la respuesta del VO_2 durante el ejercicio combinado de piernas y brazos, se ha sugerido que además de los efectos fisiológicos de la prensión durante el trabajo progresivo de los brazos también hay un interjuego de dos factores adicionales: 1) el tamaño de la masa muscular activa (17, 18) y 2) la eficiencia mecánica (5, 19). Se ha demostrado que las respuestas cardiovasculares al ejercicio están mayormente determinadas por la cantidad de masa muscular activa y por el consumo absoluto de oxígeno (17, 18). La evidencia sugiere que la cantidad de masa muscular empleada para completar tareas combinadas de piernas y brazos produce un incremento en el requerimiento de VO_2 en comparación con el ejercicio realizado utilizando solo las piernas (1, 17). Además, la eficiencia metabólica determinada por los índices de trabajo fueron menores durante el pedaleo con los brazos en comparación con el pedaleo con las piernas a las mismas intensidades relativas (19). Debido a la declinación en la eficiencia mecánica con el incremento en la cantidad de trabajo realizado por los brazos durante la realización de los ejercicios combinados también hay un incremento concomitante en el VO_2. Esta reducción en la eficiencia es atribuida al incremento en el gasto energético necesario para mantener la postura y estabilización del cuerpo (5). Toner et al. (5) sugirieron que otro componente no mensurable del ejercicio es el excesivo movimiento del cuerpo, el cual puede ocurrir con mayores producciones de potencia por el tren superior.

Se observó una diferencia significativa en el V_E con las diferentes combinaciones de brazos y piernas. Las demandas circulatorias cuando los brazos contribuyeron con el 42% produjeron respuestas significativamente mayores del V_E en comparación con el ejercicio en donde los brazos contribuyeron con el 0%, 8%, 17% y 25%. Estos valores son comparables a los observados por otros investigadores que han medido las respuestas respiratorias durante trabajos combinados (1, 5, 8). Toner et al. (5) reportaron diferencias significativas en el V_E a 109 Watts cuando los brazos contribuyeron con el 60% o más del trabajo total. Esta diferencia en la contribución de los brazos se relaciona directamente con la mayor PO utilizada en el presente estudio.

Los datos del B_{LA} reportados en este estudio son similares a los valores previamente publicados durante cicloergometrías (14, 15, 16) y durante la realización de ejercicios combinados de brazos y piernas (17, 20). Los resultados del B_{LA} muestran una acumulación significativamente menor de lactato en las pruebas en donde los brazos contribuyeron con el 17% y el 25% en comparación con la prueba de en donde se pedaleo solo con las piernas (ver Figura 4). Esto concuerda con lo observado por Zeni et al. (20), quienes hallaron que a un RPE dado, el B_{LA} durante la realización de esquí de fondo, en donde se emplean el tren superior e inferior, fue menor que durante la realización de una cicloergometría, que durante la realización de ejercicios en un ergómetro tipo Airdyne (que implica la flexión y extensión del codo) y que durante el ejercicio de subir escalones. En una investigación llevada a cabo por Hoffman et al. (17) se observó que, con producciones de potencia similares, el B_{LA} era menor durante una ergometría de brazos y piernas que durante el pedaleo realizado solo con las piernas, sin embargo, los resultados no alcanzaron significancia estadística ($p=0.08$). Estos investigadores también reportaron una mayor respuesta del VO_2 durante la cicloergometría combinada de brazos y piernas en comparación con el pedaleo realizado solo con las piernas para un mismo nivel de B_{LA}. Hoffman et al. (17) sugirieron que la utilización de una mayor masa muscular promueve un mayor efecto de entrenamiento cardiorespiratorio si se utiliza el B_{LA} para establecer la intensidad.

Cuando son tomados en conjunto, estos resultados respaldan la idea de que existe una relación preferida de brazos y piernas durante la realización de ejercicios combinados. Para evitar el impacto circulatorio asociado con el trabajo estricto del tren superior, se sugiere que durante la realización de trabajos combinados, los brazos deberían contribuir con no más del 25% de la PO total. Esto puede tener implicancias de seguridad para aquellos individuos que se están rehabilitando, así como también para la población general que desee trabajar a un intensidad confortable utilizando modos de ejercicio combinado de brazos y piernas, tales como el esquí de fondo, la bicicleta ergométrica tipo Airdyne, o los aparatos elípticos. Aunque las respuestas fisiológicas fueron mayores cuando fue mayor el trabajo realizado por los brazos en comparación con el pedaleo utilizando solo las piernas, la aplicación práctica de estos resultados debería ser vista con precaución, debido a la corta duración del ejercicio usado para las evaluaciones. Debido a que los ejercicios combinados de brazos y

piernas están ganando popularidad, las futuras investigaciones deberían clarificar los efectos de la duración del ejercicio y sus implicaciones para el control del peso corporal, así como también ampliar el conocimiento acerca de las respuestas metabólicas y hormonales a esta forma de ejercicio.

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la diferente distribución de brazos y piernas durante la realización de ejercicios corporales totales afecta las respuestas cardiovasculares y metabólicas. Las respuestas de la HR y del V_E fueron significativamente mayores que en todas las otras pruebas cuanto mayor era el trabajo realizado por los brazos. Aunque las respuestas fisiológicas fueron mayores cuando mayor fue el trabajo realizado con los brazos en comparación con el pedaleo realizado solo con las piernas, la aplicación práctica de estos resultados debería ser vista con precaución debido a la corta duración del ejercicio utilizado durante las evaluaciones. Sin embargo, las pruebas submáximas en donde los brazos contribuyeron con el 17% y el 25% de la PO total parecen ser seguras para los individuos ya que los cambios en el impacto cardiovascular fueron insignificantes. En comparación con el pedaleo realizado solo con las piernas, estas pruebas produjeron respuestas de la HR similares, una respuesta ligeramente mayor (no significativa) del VO_2, una tendencia hacia menores valores de RPE, y a la vez provocaron niveles significativamente menores de B_{LA}.

Dirección para el envío de correspondencia

Jerry Mayo, Ph.D., Department of Kinesiology, Hendrix College, 1600 Washington Ave., Conway, AR 72032; Teléfono: (501) 450-1316; correo electrónico: mayo@hendrix.edu

REFERENCIAS

1. Eston R, Brodie D (1986). Responses to arm and leg ergometry. *Br J Sports Med; 20:4-6*
2. Miles D, Sawka M, Glaser R, Petrofsky J (1983). Plasma volume shifts during progressive arm and leg exercise. *J Appl Physiol; 54:491-5*
3. Pivarnik J, Grafner T, Elkins E (1988). Metabolic, thermoregulatory, and psychophysiological responses during arm and leg exercise. *Med Sci Sports Exerc; 0:1-5*
4. Boileau P, Mckeown B, Riner W (1984). Cardiovascular and metabolic contributions to the maximal aerobic power of the arms and legs. *J Sports Cardiol; 1:67-75*
5. Toner M, Sawka M, Levine L, Pandolf K (1983). Cardiorespiratory responses to exercise distributed between the upper and lower body. *J Appl Physiol; 54:1403-7*
6. Vokac Z, Bell H, Bautz-Holter E, Rodahl K (1975). Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J Appl Physiol; 39: 54-9*
7. Sawka M (1986). Physiology of upper body exercise. *Exerc Sport Sci Rev; 14:175-211*
8. Toner M, Glickman E, McArdle W (1990). Cardiovascular adjustments to exercise distributed between the upper and lower body. *Med Sci Sports Exerc; 22:773-8*
9. Jackson A, Pollock M (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr; 40:497-504*
10. Jackson A, Pollock M, Ward A (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc; 12: 175-181*
11. Siri W (1961). Body composition from fluid spaces and density. *In: Techniques for measuring body composition, edited by J Hanschel. Washington, DC: National Academy of Sciences:223-244*
12. Borg G (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc; 14:377-381*
13. Taylor H, Buskirk E, Henschel A (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiovascular performance. *J Appl Physiol; 8: 73-80*
14. Steinberg J, Astrand P, Ekblom B, Royce J, Saltin B (1967). Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J Appl Physol; 22: 61-70*
15. Borg G, Hassmen P, Lagerstrom M (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol; 56: 679-685*
16. Hooker S, Wells C, Manore M, Philip S, Martin N (1990). Differences in epinephrine and substrate responses between arm and leg exercise. *Med Sci Sports Exerc.; 22:779-784*
17. Hoffman M, Kassay K, Zeni A, Clifford P (1996). Does the amount of exercising muscle alter the aerobic demand of dynamic exercise?. *Eur J Appl Physiol; 74: 541-7*
18. Lewis S, Snell P, Taylor F, Hamra M, Graham R, Pettinger W, et al (1985). Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *J Appl Physiol; 58: 146-151*
19. Kang J, Robertson R, Goss F, Dasilva S, Suminski R, Utter A, et al (1997). Metabolic efficiency during arm and leg exercise at the same relative intensities. *Med Sci Sports Exerc; 29:377-382*
20. Zeni A, Hoffman M, Clifford P (1996). Relationships among heart rate, lactate concentration, and perceived effort for different types of rhythmic exercise in women. *Arch Phys Med Rehabil; 77:237-241*

Cita Original

Mayo Jerry J., Len Kravitz, and Jataporn Wongsathikun. Detecting the Onset of Added Cardiovascular Strain during Combined Arm and Leg Exercise. JEPonline; 4 (3): 53-60, 2001.