



INVESTIGACIÓN ORIGINAL

## EFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO AERÓBICO SOBRE EL CONSUMO DE OXÍGENO DE MUJERES PRIMIGESTANTES SALUDABLES. ESTUDIO CLÍNICO ALEATORIZADO

The effect of aerobic exercise on oxygen consumption in healthy first-pregnancy females: a randomized clinical trial

*Robinson Ramírez-Vélez\**, *Ana C. Aguilar de Plata\*\**, *Mildrey Mosquera-Escudero\*\*\**, *José G. Ortega\*\*\*\**, *Blanca Salazar, M.D., M.Sc.\*\*\*\*\**, *Isabella Echeverri, M.D., M.Sc.\*\*\*\*\**, *Wilmar Saldarriaga-Gil, M.D.\*\*\*\*\**

Recibido: septiembre 6/10 – Aceptado: febrero 1/11

### RESUMEN

**Objetivo:** evaluar, en mujeres primigestantes saludables, el efecto del ejercicio aeróbico sobre el consumo de oxígeno.

**Materiales y métodos:** estudio clínico aleatorizado en 64 mujeres saludables, primigestantes, entre 16 y 20 semanas de gestación. *Grupo de intervención:* ejercicio aeróbico entre el 50% y 65% de la frecuencia cardíaca máxima, durante 45 min, 3 veces por semana durante 16 semanas. *Grupo control:*

actividad física habitual. *Mediciones:* consumo de oxígeno  $VO_{2max}$  por prueba de caminata de seis minutos y antropometría para peso, talla y ganancia relativa de peso.

**Resultados:** en las mediciones iniciales, no se encontraron diferencias entre grupos en ninguna de las variables. Al finalizar la intervención, las participantes que realizaron ejercicio presentaban una mayor capacidad física, medida por la distancia recorrida en el test de caminata ( $p=0,043$ ) y por el  $VO_{2max}$  ( $p=0,023$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las variables antropométricas.

**Conclusión:** la práctica regular de ejercicio aeróbico y controlado, mejora la capacidad física en mujeres gestantes. Por esta razón, intervenciones como esta podrían ser una alternativa temprana y efectiva para fortalecer la prevención de patologías durante el embarazo asociadas al sedentarismo.

**Palabras clave:** embarazo, ejercicio aeróbico, consumo de oxígeno.

Estudio clínico controlado registrado en el ClinicalTrials.gov bajo el número de identificación: NCT00741312.

- \* Fisioterapeuta, Candidato a Doctor en Ciencias Biomédicas, Énfasis en Bioquímica, Universidad del Valle. Cali (Colombia). Profesor Cátedra, Programa de Medicina, Universidad ICESI. Cali (Colombia).
- \*\* Bióloga, Magíster en Nutrición y Bioquímica. Profesora Titular, Departamento de Ciencias Fisiológicas, Universidad del Valle. Cali (Colombia).
- \*\*\* Bacterióloga, Magíster en Bioquímica. Profesora, Departamento de Ciencias Fisiológicas, Universidad del Valle. Cali (Colombia).
- \*\*\*\* Bacteriólogo, Doctorando en Ciencias Biomédicas, Énfasis en Bioquímica. Profesor, Departamento de Ciencias Fisiológicas, Universidad del Valle. Cali (Colombia).
- \*\*\*\*\* Médico, Magíster en Fisiología. Profesora, Departamento de Ciencias Fisiológicas, Universidad del Valle. Cali (Colombia).
- \*\*\*\*\* Médico, Magíster en Bioquímica y Nutrición. Doctorando en Ciencias Biomédicas, Énfasis en Bioquímica, Universidad del Valle. Cali (Colombia).
- \*\*\*\*\* Médico Gineco-obstetra. Ciencias Básicas Médicas, Énfasis en Embriología y Genética. Profesor en los Departamentos de Morfología, Ginecología y Obstetricia, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Valle. Cali (Colombia). Ginecólogo, Hospital Universitario del Valle. Cali (Colombia). Correo electrónico: wsaldarriaga0608@yahoo.com

## SUMMARY

**Objective:** evaluating the effect of aerobic exercise on oxygen consumption by healthy first-pregnancy females.

**Materials and methods:** a randomized clinical trial was carried out on 64 healthy first-pregnancy females (16 to 20 weeks pregnant). *Intervention group:* aerobic exercise involving 50% to 65% maximum heart rate for 45 min, 3 times a week over a 16-week period. *Control group:* habitual physical activity. *Measurements used:* maximum oxygen consumption capacity test ( $VO_{2max}$ ) involving 6-minute walking test and anthropometric weight, height and relative weight gain indicators.

**Results:** no differences were found in initial measurements between groups regarding any of the variables. By the end of the 16-week intervention, participants engaging in regular exercise presented greater physical capacity as measured by the distance covered in the walking ( $p=0.043$ ) and  $VO_{2max}$  ( $p=0.023$ ) tests. No significant differences were found between groups regarding the anthropometric variables.

**Conclusion:** engaging in regular controlled aerobic exercise improved physical capacity in pregnant females. Interventions like this could thus represent an early effective alternative for strengthening the prevention of physical inactivity pathologies during pregnancy.

**Key words:** pregnancy, aerobic exercise, oxygen consumption.

## INTRODUCCIÓN

El embarazo es un estado fisiológico que se caracteriza por grandes cambios hemodinámicos como aumento de la frecuencia cardíaca en reposo, aumento del gasto cardíaco y disminución de la resistencia vascular periférica. Esta última parece estar mediada en gran parte, por un aumento de la vasodilatación dependiente del endotelio (VDE),<sup>1</sup> la cual ha sido asociada con el incremento de la producción de óxido nítrico (NO), principal sustancia vasodilatadora producida por el endotelio vascular.<sup>2,3</sup>

La práctica regular de ejercicio ha demostrado un efecto beneficioso sobre la capacidad física (medida por el consumo de oxígeno o  $VO_{2max}$ ) y es considerada una buena estrategia para mejorar el estado metabólico.<sup>4,5</sup> En general, el ejercicio aeróbico realizado regularmente genera un aumento de la capacidad de trabajo y un moderado descenso de la frecuencia cardíaca (FC), lo que en definitiva da como resultado una mayor capacidad aeróbica y un incremento de la capacidad de realizar actividad física.<sup>6</sup> Existe, además, una elevación en el costo energético durante la actividad: el esfuerzo provocado por el mayor peso corporal que hay que desplazar, hecho que, unido a los cambios hematológicos y cardiovasculares ya citados, explica el aumento del  $VO_{2max}$  tanto absoluto como relativo, incluso en ausencia de ejercicio físico.<sup>7</sup> El  $VO_{2max}$ , expresado en valores absolutos, aumenta entre el 15 y el 20% durante el embarazo, mientras que si lo relacionamos con el peso corporal se mantiene o se incrementa ligeramente conforme avanza la edad gestacional, y ello a pesar de la ganancia de peso.<sup>7</sup>

Sin embargo, durante el embarazo las gestantes usualmente disminuyen la actividad física influenciado en parte por cambios fisiológicos en los sistemas cardiovascular, respiratorio y endocrino, todo lo cual sumado a la variación en el centro de gravedad produce que se alcance precozmente la sensación de agotamiento durante el ejercicio físico.<sup>8</sup> Además, algunas embarazadas y sus familias podrían estar influenciadas por creencias culturales que sugerirían que disminuir la actividad física sería beneficioso para la salud de la gestante y del feto.<sup>9,10</sup>

El ejercicio aeróbico en mujeres no embarazadas tiene efectos positivos en el consumo de oxígeno como consecuencia del incremento del flujo sanguíneo que estimula la liberación del NO induciendo vasodilatación<sup>11</sup> y por la mejoría del sistema cardiopulmonar.<sup>12,13</sup> No es claro que el ejercicio produzca este mismo efecto en nuestras mujeres embarazadas. Por otra parte, en embarazadas el efecto del ejercicio físico aeróbico

sobre el consumo de oxígeno no está claramente demostrado. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar, en un grupo de primigestantes, el efecto de un protocolo de ejercicio físico controlado sobre el consumo máximo de oxígeno medido por el  $VO_{2max}$ , además de su efecto en la antropometría y algunas variables cardiovasculares en las maternas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño

Estudio clínico aleatorizado en paralelo. Se incluyeron primigestantes sanas que aceptaron participar y asistían a su control prenatal usual a 3 centros de salud pertenecientes a la Empresa Social del Estado (ESE) Ladera de Cali. Esta es una institución pública de bajo nivel de complejidad que atiende a la población de bajo nivel socioeconómico de Cali (Colombia). Los criterios de exclusión fueron ser menor de 16 o mayor de 30 años, tener edad gestacional menor de 16 o mayor de 20 semanas (determinada por la fecha de última menstruación o ecografía del primer trimestre). Igualmente, se excluyeron quienes presentaban los siguientes antecedentes patológicos y/o ginecológicos: cirugía o trauma mayor en el último año, diagnóstico de cáncer, diagnóstico de incompetencia cervical, antecedentes de 2 o más abortos espontáneos, embarazo múltiple, hemorragia vaginal o amenaza de aborto, diagnóstico de EPOC, asma o bronquitis, infecciones sistémicas, antecedente de problemas renales, enfermedad osteomuscular, enfermedad cardiovascular, hipertensión arterial no controlada, polihidramnios u oligohidramnios, de acuerdo a los criterios del *American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG) 2003<sup>14</sup> y el *American College of Sports Medicine* (ACSM) 2000<sup>15</sup> para la práctica de ejercicio en mujeres gestantes. El proyecto fue aprobado por el Comité de ética de la Universidad del Valle y de la ESE Ladera. Las pacientes fueron invitadas a firmar el consentimiento informado antes de ingresar al estudio.

Se hizo un muestreo secuencial por conveniencia. El tamaño de la muestra se obtuvo del resultado del ensayo clínico aleatorizado (*Influence of Physical*

*Exercise on Endothelial Function in Pregnant Women*: NCT00741312). Por esta razón, se eligió un tamaño de muestra de al menos 70 mujeres embarazadas para garantizar que las estimaciones promedio tengan un cambio en el  $VO_{2max}$  de 5% al 95% de confianza.

### Procedimiento

Las participantes fueron seleccionadas durante su asistencia al control prenatal usual a partir de las bases de datos control prenatal de la ESE Ladera. A las gestantes que cumplieron con los criterios de inclusión se les explicó la naturaleza del estudio. A quienes aceptaron y firmaron el consentimiento informado, se les realizó un examen médico y encuesta de antecedentes personales, familiares, historia gineco-obstétrica y de estilo de vida y se citaron en ayunas al Laboratorio de Proteínas y Enzimas de la Universidad del Valle para la Valoración antropométrica. La talla se midió en estiramiento con tallímetro de 1 mm de precisión. El peso se tomó en balanza de piso Detecto<sup>®</sup> de 100 g de precisión.

La presión arterial se midió según las recomendaciones de la Asociación Americana del Corazón,<sup>16</sup> con esfigmomanómetro automático Omron<sup>®</sup> en el brazo derecho en 2 ocasiones espaciadas 5 minutos entre sí, con las participantes en posición supino y después de 10 minutos de reposo. La presión arterial media (PAM), se calculó mediante la fórmula:  $(2 \times \text{presión arterial diastólica} + \text{presión arterial sistólica})/3$ . La capacidad física se estimó por el  $VO_{2max}$ . Se utilizó el test de caminata de los 6 min (6MWT),<sup>17</sup> tomada en un pasillo de 30 m, y se incentivó a la participante a caminar (no correr) la mayor cantidad de metros durante 6 min, en el circuito que se le mostraba previamente. Durante la prueba, se monitorizó electrónicamente la frecuencia cardíaca (FC) con pulsómetro Polar Inc A-5, las presiones arterial sistólica (TAS) y diastólica (TAD) se tomaron con esfigmomanómetro aneroide manual marca Riester<sup>®</sup> y con fonendoscopio 3M Littmann<sup>®</sup>. La percepción del esfuerzo se realizó mediante la escala análoga de Borg modificada para disnea y cansancio,<sup>18</sup> en

escala de 0 a 10. Con la distancia alcanzada en la prueba, se calculó la capacidad física por consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) indirecto mediante la ecuación del ACSM:<sup>19</sup>

$VO_{2max} (mL.kg^{-1} X min^{-1}) = metros\ alcanzados\ en\ la\ prueba\ 6MWT / 6 X 0,1 + 3,5$

Después de la realización de estas pruebas, las pacientes fueron asignadas aleatorizadamente al grupo de intervención o grupo control. El método de asignación aleatoria fue generado por computador y se hizo por bloques con el ánimo de que estuvieran balanceados. Se realizó ocultamiento de la asignación mediante la utilización de un código alfabético, el cual fue utilizado para la identificación de las participantes en el momento de realización de las pruebas.

Las pacientes asignadas al grupo de intervención fueron sometidas a un programa de ejercicio aeróbico con intensidad entre el 50% y 65% de la  $FC_{max}$ , alcanzada en la prueba de capacidad física. La intervención tuvo una duración de 16 semanas en 3 sesiones semanales de 45 min. El protocolo fue de 10 minutos de calentamiento, 30 minutos de ejercicio aeróbico, y 5 minutos de enfriamiento y estiramiento. Además, se recomendó complementar el entrenamiento con 2 sesiones de caminatas no supervisadas por semana.

Las pacientes asignadas al grupo control continuaron con su actividad física habitual. Durante este período se ofreció, sin ningún costo, educación psicoprofiláctica a las participantes por fisioterapeuta especializada adicional al control prenatal usual.

Dado que el ejercicio físico es una intervención que no puede ser enmascarada ni para las participantes ni para quien asigna la intervención, la medición y el análisis de las variables resultado fueron realizadas por profesionales que desconocían a cuál grupo fue asignada cada participante. Finalizado el período de intervención (16 semanas), las pacientes fueron citadas nuevamente en ayunas para repetición de las pruebas ya descritas en un tiempo de 7 días después de la intervención.

Tanto antes como después de la intervención, se midieron la edad, la ocupación, el nivel socioeconómico, la edad gestacional, la talla (cm), el peso (kg), la presión arterial y el consumo de oxígeno. La ganancia relativa de peso se calculó mediante la siguiente fórmula:  $[(peso\ final - peso\ inicial) / peso\ inicial] \times 100$ .<sup>19</sup>

### Análisis estadístico

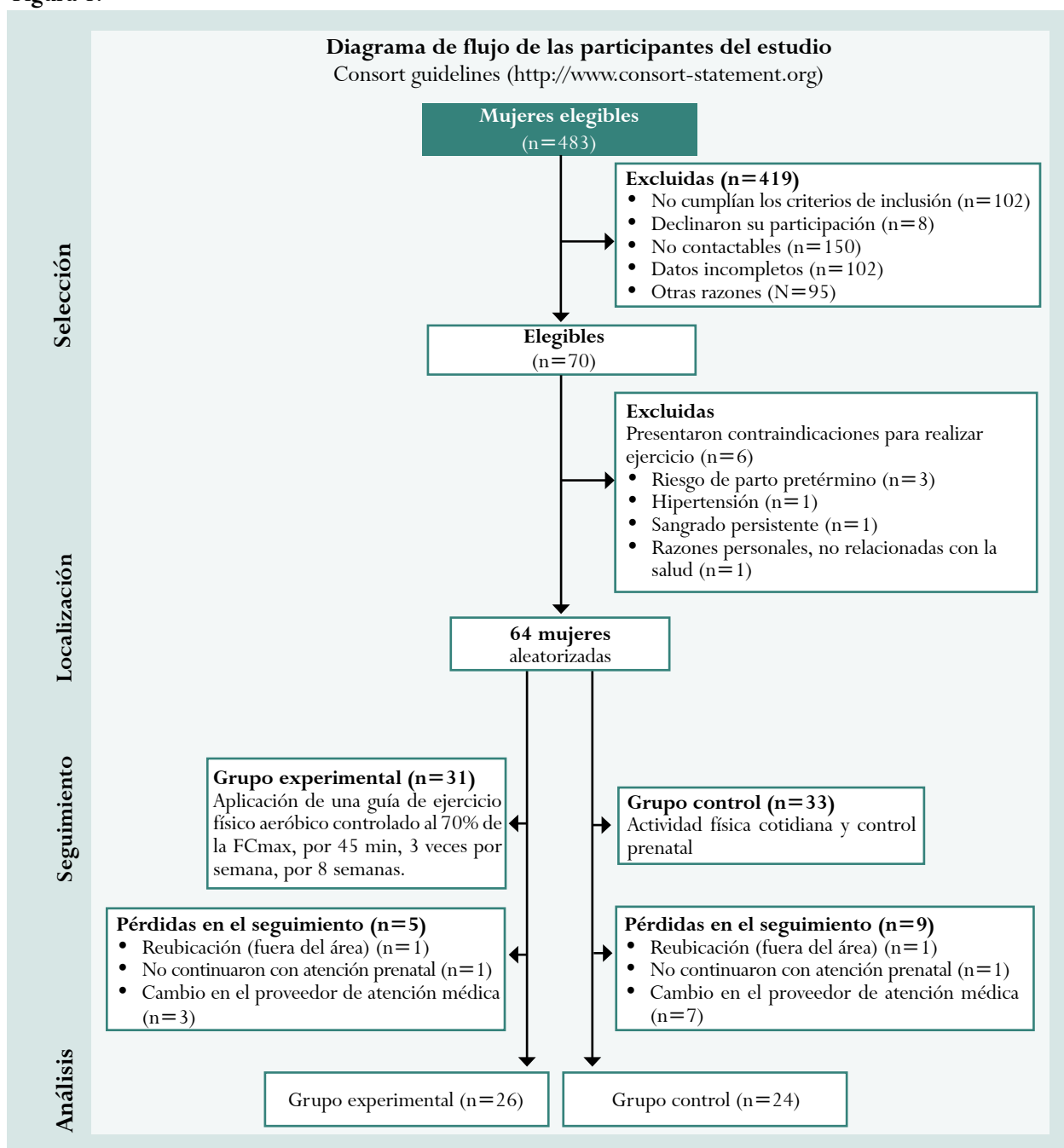
Se realizó análisis descriptivo univariado para determinar la distribución de frecuencias y medidas de tendencia central y dispersión. La normalidad de las variables se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó ANCOVA para establecer diferencias al inicio y al final de la intervención para las comparaciones dentro de los grupos y entre los grupos. Todas las pruebas se realizaron con el paquete estadístico SPSS 15.0 para Windows® (*Graphpad Instat, Graphpad Software, University of London, Londres, Reino Unido*). Se consideró significativo un valor de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

Se seleccionaron 483 primigestantes de las bases de datos de control prenatal de la ESE Ladera, de las cuales 64 fueron incluidas en el estudio. Trece de estas pacientes no pudieron asistir a la realización de las segundas mediciones, principalmente por cambio de ciudad y eventos ajenos a la intervención (**figura 1**). El 69% de las participantes eran amas de casa, pertenecientes a estratos socioeconómicos 1 y 2 (80%) y en el momento de ingreso al estudio tenían una edad gestacional promedio de 17 semanas.

No se encontraron diferencias entre grupos en las mediciones iniciales del  $VO_{2max}$  o de la capacidad física. Al finalizar la intervención, se observó que las participantes que habían realizado ejercicio presentaban una mayor capacidad física, medida por la distancia recorrida en el test de caminata de seis minutos ( $p=0,043$ ) y por el  $VO_{2max}$  ( $p=0,023$ ) (**tabla 1 y figura 2**). También se encontró un incremento de la FC en reposo, en los dos grupos, pero las gestantes que realizaron ejercicio aeróbico

Figura 1.



controlado obtuvieron un incremento menor. No se observaron diferencias en el peso final entre los grupos ni en la ganancia de peso relativa (tabla 1).

En la tabla 2, se presentan los resultados de las pruebas de función cardiovascular. Ambos grupos presentaron al final de la intervención aumento de la frecuencia cardíaca en reposo, aunque el grupo experimental presentó una frecuencia cardíaca en reposo menor. No se encontraron diferencias en las

demás variables, presión arterial sistólica, diastólica o presión arterial media.

## DISCUSIÓN

Este estudio mostró que la práctica regular de ejercicio aeróbico y controlado mejora la capacidad física en mujeres gestantes. Las investigaciones que han evaluado el efecto benéfico del ejercicio físico aeróbico durante la salud materna y fetal no son

**Tabla 1. Valores promedio de las variables de antropométricas y de capacidad funcional al inicio y al final de la intervención para los dos grupos.**

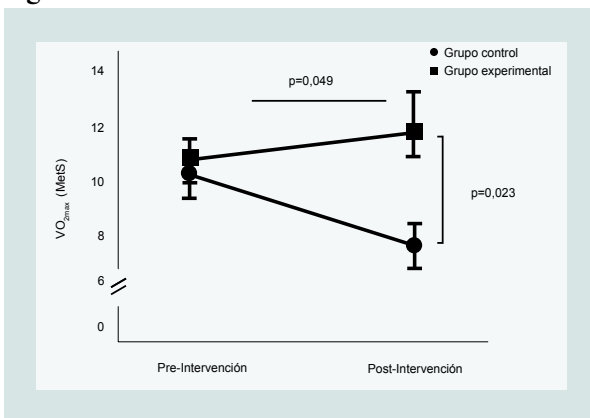
Variable*	Grupo Control (n=26)		Grupo de Intervención (n=25)		p (entre grupos)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Edad materna (años)	19,5 ± 3,4		19,2 ± 2,6		0,690	
Edad gestacional (sem)	17,0 ± 4,5	33,8 ± 2,0	17,5 ± 3,4	34,9 ± 3,5	0,670	0,197
Peso (kg)	56,7 ± 7,9†	63,5 ± 8,4	53,6 ± 6,1†	60,7 ± 6,0	0,131	0,191
Talla (m)	1,54 ± 0,06	1,54 ± 0,06	1,57 ± 0,08	1,56 ± 0,06	0,136	0,239
GRP*(%)		12,6 ± 5,3		14,0 ± 8,6		0,515
TC6min (m)	444,1 ± 58,3	413,4 ± 48,4	434,2 ± 95,0	441,3 ± 43,3	0,654	<b>0,043</b>
VO <sub>2max</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	10,9 ± 0,97	10,4 ± 0,81	10,7 ± 1,58	11,0 ± 0,89	0,654	<b>0,023</b>

\* Valores promedio ± DE.

GRP: Ganancia Relativa de Peso. TC6min: Test de Caminata de 6 min.

† Diferencias intra-grupos entre medición al inicio y medición al final ( $p < 0,05$ ), ANCOVA test.

**Figura 2.**



concluyentes, debido a que las intervenciones con actividad física y los parámetros para la prescripción del ejercicio no son homogéneos, aunque han permitido establecer guías clínicas, asegurando mínimos riesgos y máximos beneficios.<sup>20</sup> Está ampliamente demostrado en la literatura médica universal que los individuos con patologías como enfermedad cardiovascular, diabetes, síndrome metabólico y obesidad se controlan a través del mejoramiento del consumo de oxígeno (VO<sub>2max</sub>).<sup>21,22</sup> También se ha observado que el ejercicio físico previene la morbilidad y la mortalidad causadas por

**Tabla 2. Valores promedio de las variables de Función Cardiovascular al inicio y al final de la intervención para los dos grupos.**

Variable*	Grupo Control (n=26)		Grupo de Intervención (n=25)		p (entre grupos)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
FC* Rep (lat/min)	72 ± 10†	86 ± 13	70 ± 8†	78 ± 13	0,644	<b>0,026</b>
PAS* Rep (mm Hg)	109,8 ± 11,4†	103,3 ± 12,6	110,2 ± 10,6	109,4 ± 8,7	0,879	0,052
PAD* Rep (mm Hg)	64,5 ± 6,8	66,5 ± 10,1	66,3 ± 10,4	66,9 ± 7,0	0,453	0,865
PAM* (mm Hg)	79,6 ± 7,9	78,7 ± 9,8	81,0 ± 9,6	81,0 ± 6,8	0,573	0,338

\* Valores promedio ± DE.

FC: Frecuencia Cardíaca, PAS: Presión Arterial Sistólica, PAD: Presión Arterial Diastólica, PAM: Presión Arterial Media.

† Diferencias intra-grupos entre medición al inicio y medición al final ( $p < 0,05$ ), ANCOVA test.

enfermedad coronaria, por el mismo mecanismo.<sup>23</sup> Sin embargo, en embarazadas el efecto del ejercicio físico aeróbico sobre el consumo de oxígeno no está claramente demostrado.<sup>24</sup>

Nuestros resultados en cuanto al incremento del consumo indirecto de oxígeno coinciden con los reportados por Dwarkanath et al,<sup>25</sup> quienes observaron en las mujeres no embarazadas con un nivel alto de actividad física valores mayores de  $VO_{2max}$ . Por el contrario, Heenan et al<sup>26,27</sup> no observaron diferencias significativas en el  $VO_{2max}$ , el umbral ventilatorio y la eficiencia de trabajo entre dos grupos de embarazadas, en las que uno realizó ejercicio aeróbico y el otro no. Sin embargo, estos autores reportaron que las participantes entrenadas tenían menores valores pico de lactato en sangre, lo cual se ha relacionado con una mejor condición cardiopulmonar.<sup>28</sup> De otro lado, el  $VO_{2max}$  disminuye progresivamente con el embarazo, hallazgo que fue demostrado en este estudio en el grupo control, por lo cual el aumento en el  $VO_{2max}$  observado con el ejercicio aeróbico podría tener efectos benéficos en el desarrollo fetal al aumentar el intercambio de oxígeno entre la madre y el feto, como ha sido demostrado en estudios con modelos animales.<sup>29</sup>

En cuanto a la disminución en la FC en reposo descrita en nuestro estudio, Avery et al<sup>30</sup> encontraron hallazgos similares, lo cual se explica en parte por la adaptación cardiovascular en las embarazadas que hicieron ejercicio, sugiriendo que durante su práctica se atenúa la actividad del sistema nervioso simpático y parasimpático medida por la variabilidad R-R en el electrocardiograma.<sup>28</sup> Otros estudios han encontrado que los efectos cardiovasculares ocasionados por el ejercicio físico aeróbico son parcialmente enmascarados por los efectos fisiológicos de la gestación<sup>31,32</sup> tanto en reposo como en ejercicio.<sup>33,34</sup> Este parámetro cardiovascular asociado al incremento del  $VO_{2max}$  refleja mejor capacidad física en las gestantes que realizaron ejercicio aeróbico, lo cual podría reflejarse como factor protector en las actividades de la vida diaria, disminuir el ausentismo laboral y mejorar la calidad de vida durante el embarazo.<sup>35,36</sup>

El incremento del  $VO_{2max}$  sugiere mejor aporte sanguíneo de la madre a la placenta, mayor entrega de oxígeno y nutrientes al feto como lo ha reportado Clapp et al.<sup>37</sup> Estos hallazgos podrían ser considerados como una posible estrategia de prevención en condiciones clínicas como restricción de crecimiento intrauterino (RCIU) y bajo peso al nacer.<sup>38</sup>

Con respecto a la valoración antropométrica de las participantes del estudio, se encontró la ganancia de peso esperada, según lo reportado por la OMS para gestantes colombianas.<sup>39</sup> Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos, lo cual sugiere que la práctica de ejercicio aeróbico durante la gestación no afecta la ganancia esperada de peso, como lo reportado por Clapp et al,<sup>40,41</sup> quienes con una intervención con ejercicio encontraron que la ganancia de peso fue también la esperada en los dos grupos, a pesar de que el grupo de ejercicio ganó menos peso con respecto al control, hallazgo similar a lo reportado en este estudio. Este resultado nos sugeriría que el ejercicio podría ser utilizado como prevención de la ganancia excesiva de peso y su comorbilidad la diabetes gestacional.

Esta investigación sería la primera en Colombia en medir el efecto del ejercicio aeróbico sobre el consumo de oxígeno por  $VO_{2max}$  en gestantes. En consecuencia, intervenciones como esta podrían ser una alternativa temprana y novedosa en la prevención de complicaciones asociadas a la disminución de la capacidad cardiovascular durante la gestación, como el RCIU, el sobrepeso y la diabetes gestacional. El ejercicio físico aeróbico de rutina en las embarazadas debería incluirse en las políticas públicas de salud materna.

## CONCLUSIÓN

La práctica regular de ejercicio aeróbico y controlado mejora la capacidad física en mujeres gestantes. Por esta razón, intervenciones como esta podrían ser una alternativa temprana y efectiva para fortalecer la prevención de patologías durante el embarazo asociadas al sedentarismo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigaciones y al Laboratorio de Proteínas y Enzimas de la Universidad del Valle por la financiación de este proyecto. A COLCIENCIAS, por el soporte que brindó a Robinson Ramírez-Vélez e Isabella Echeverri dentro del programa de Doctorados Nacionales del Instituto para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología de Colombia. Asimismo, agradecemos muy especialmente a las participantes de esta investigación.

## REFERENCIAS

- López-Jaramillo P, Terán E, Moncada S. Calcium supplementation prevents pregnancy-induced hypertension by increasing the production of vascular nitric oxide. *Med Hypotheses* 1995;45:68-72.
- López-Jaramillo P, Narváez M, Calle A, Rivera J, Jácome P, Ruano C, et al. Cyclic guanosine 3', 5' monophosphate concentrations in preeclampsia: effects of hydralazine. *Br J Obstet Gynaecol* 1996;103:33-8.
- López-Jaramillo P, Arenas WD, García RG, Rincón MY, López M. The role of the L-arginine-nitric oxide pathway in preeclampsia. *Ther Adv Cardiovasc Dis* 2008;2:261-75.
- Fogelholm M. Physical activity, fitness and fatness: relations to mortality, morbidity and disease risk factors. A systematic review. *Obes Rev* 2010;11:202-21.
- Krämer V, Acevedo M, Orellana L, Chamorro G, Corbalán R, Bustamante MJ, et al. Association between cardiorespiratory fitness and cardiovascular risk factors in healthy individuals *Rev Med Chil* 2009;137:737-45.
- Barakat, R. Ejercicio físico durante el embarazo, programas de actividad física en gestantes; 2002. Disponible en: [http://viref.udea.edu.co/contenido/publicaciones/memorias\\_expo/act\\_fis\\_salud/ejercicio.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/publicaciones/memorias_expo/act_fis_salud/ejercicio.pdf)
- López JL, López LM. *Fisiología clínica del ejercicio*. Madrid: Panamericana; 2006.
- Impact of physical activity during pregnancy and postpartum on chronic disease risk. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:989-1006.
- Symons Downs D, Hausenblas HA. Women's exercise beliefs and behaviors during their pregnancy and postpartum. *J Midwifery Womens Health* 2004;49:138-44.
- Fell DB, Joseph KS, Armson BA, Dodds L. The impact of pregnancy on physical activity level. *Matern Child Health J* 2009;3:597-603.
- Black MA, Cable NT, Thijssen DH, Green DJ. Impact of age, sex, and exercise on brachial artery flow-mediated dilatation. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2009;297:H1109-16.
- Impact of physical activity during pregnancy and postpartum on chronic disease risk. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:989-1006.
- Pivarnik JM, Ayres NA, Mauer MB, Cotton DB, Kirshon B, Dildy GA. Effects of maternal aerobic fitness on cardiorespiratory responses to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:993-8.
- ACOG Committee Opinion No. 267. Exercise during pregnancy and the postpartum period American College of Obstetricians and Gynecologists. *Obstetrics and Gynecology* 2002;99:171-3.
- American College of Sports Medicine (ACSM). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 180-3.
- Pickering TG. Recommendations for the use of home (self) and ambulatory blood pressure monitoring. American Society of Hypertension Ad Hoc Panel. *Am J Hypertens* 1996;9:1-11.
- Ben Saad H, Prefaut C, Tabka Z, Mtir AH, Chemit M, Hassaoune R, et al. 6-minute walk distance in healthy North Africans older than 40 years: influence of parity. *Respir Med* 2009;103:74-84.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.
- Sánchez JA, Pena PE, Solano R, et al. Riesgo de déficit nutricional antropométrico en el primer trimestre del embarazo. *An Venez Nutr* 2002;15:25-30.
- Takito MY, Benício MH, Neri Lde C. Physical activity by pregnant women and outcomes for newborns: a systematic review. *Rev Saude Publica* 2009;43:1059-69.
- Krämer V, Acevedo M, Orellana L, Chamorro G, Corbalán R, Bustamante MJ, et al. Association between cardiorespiratory fitness and cardiovascular risk factors in healthy individuals. *Rev Med Chil* 2009;137:737-45.
- Di Francescomarino S, Sciartilli A, Di Valerio V, Di Baldassarre A, Gallina S. The effect of physical exercise on endothelial function. *Sports Med* 2009;39:797-812.



23. Fernández JM, Fuentes-Jiménez F, López-Miranda J. Función endotelial y ejercicio físico. *Rev Andal Med Deporte* 2009;2:1-9.
24. Ramírez-Vélez R, Aguilar AC, Mosquera M, García RG, Reyes LM, López-Jaramillo P. Clinical trial to assess the effect of physical exercise on endothelial function and insulin resistance in pregnant women. *Trials* 2009;10:104.
25. Dwarkanath P, Muthayya S, Vaz M, Thomas T, Mhaskar A, Mhaskar R, et al. The relationship between maternal physical activity during pregnancy and birth weight. *Asia Pac J Clin Nutr* 2007;16:704-10.
26. Heenan AP, Wolfe LA, Davies GA. Maximal exercise testing in late gestation: maternal responses. *Obstet Gynecol* 2001;97:127-34.
27. Wolfe LA, Heenan AP, Bonen A. Aerobic conditioning effects on substrate responses during graded cycling in pregnancy. *Can J Physiol Pharmacol* 2003;81:696-703.
28. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. *Physiology of exercise*. En: *Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 10-65.
29. Amorim MF, dos Santos JA, Hirabara SM, Nascimento E, de Souza SL, de Castro RM, et al. Can physical exercise during gestation attenuate the effects of a maternal perinatal low-protein diet on oxygen consumption in rats? *Exp Physiol* 2009;94:906-13.
30. Avery ND, Stocking KD, Tranmer JE, Davies GA, Wolfe LA. Fetal responses to maternal strength conditioning exercises in late gestation. *Can J Appl Physiol* 1999;24:362-76.
31. Spätling L, Fallenstein F, Huch A, Huch R, Rooth G. The variability of cardiopulmonary adaptation to pregnancy at rest and during exercise. *Br J Obstet Gynaecol* 1992;99 Suppl 8:1-40.
32. Lotgering FK, van Doorn MB, Struijk PC, Pool J, Wallenburg HC. Maximal aerobic exercise in pregnant women: heart rate, O<sub>2</sub> consumption, CO<sub>2</sub> production, and ventilation. *J Appl Physiol* 1991;70:1016-23.
33. Weissgerber TL, Wolfe LA. Physiological adaptation in early human pregnancy: adaptation to balance maternal-fetal demands. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31:1-11.
34. Fu Q, Levine BD. Autonomic circulatory control during pregnancy in humans. *Semin Reprod Med* 2009;27:330-7.
35. Ramírez-Vélez R. Calidad de vida relacionada con la salud como medida de resultados en salud: revisión sistemática de la literatura. *Rev Colomb Cardiol* 2007;14:207-22.
36. Mata F, Chulvi I, Roig J, Heredia JR, Isidro F, Benítez Sillero JD, et al. Prescripción del ejercicio físico durante el embarazo. *Rev Andal Med Deporte* 2010;3:68-79.
37. Clapp JF. Influence of endurance exercise and diet on human placental development and fetal growth. *Placenta* 2006;27:527-34.
38. Echeverry I, Ramírez-Vélez R, Ortega J, Mosquera M, Mateus JC, Aguilar AC, et al. Efecto potencial del ejercicio físico y del consumo de micronutrientes durante la gestación en factores maternos y placentarios asociados a Enfermedades Crónicas No transmisibles (ECNT) del adulto. *Colomb Med* 2009;4:448-59.
39. Kelly A, Kevanya J, de Onis M, Shah PM, Special article. A WHO collaborative study of maternal anthropometry and pregnancy outcomes. *Int J Gynaecol Obstet* 1996;53:219-33.
40. Clapp JF 3rd. Does exercise training during pregnancy affect gestational age? *Clin J Sport Med* 2009;19:241-3.
41. Clapp JF 3rd, Lopez B, Harcar-Sevcik R. Neonatal behavioral profile of the offspring of women who continued to exercise regularly throughout pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 1999;180:91-4.

**Conflicto de intereses:** ninguno declarado.

**Fuentes de financiación:** Vicerrectoría de Investigaciones, Grupo de Nutrición. Universidad del Valle (Grant N. CI 1575).