Monograph

Efectos del Ciclo Menstrual sobre la Resistencia Espiratoria durante la Realización de Ejercicios Corporales Totales en Mujeres

Alethea J Anderson y Mark A Babcock

Department of Kinesiology and Physical Education, Wilfrid Laurier University, Waterloo, ON. Canada.

RESUMEN

Nuestro objetivo fue determinar si el ciclo menstrual afecta la resistencia espiratoria desarrollada durante la realización de ejercicios progresivos en mujeres. Once mujeres (edad = 19.7 ± 1.1 años, masa corporal = 58.9 ± 8.8 kg, talla = 1.65 ± 0.3 m) dieron su consentimiento para participar en el estudio. Las participantes fueron estudiadas durante la fase folicular (7 ± 2 días luego del comienzo de la menstruación) y la fase lútea (21 ± 2 días después del comienzo de la menstruación) de su ciclo menstrual. Con la máxima carga, la resistencia espiratoria fue significativamente mayor durante la fase folicular que durante la fase lútea (1.0 ± 0.06 cm H2O/L/s vs 0.9 ± 0.07 cm H2O/L/s, $p< 0.05$). No se observaron otras diferencias respecto de la resistencia espiratoria, el consumo de oxígeno o la frecuencia cardíaca máxima durante el ejercicio. Los resultados indican que el incremento en la resistencia espiratoria durante la fase folicular del ciclo menstrual puede contribuir a los cambios en el sistema pulmonar de las mujeres que han sido reportados por otros autores.

Palabras Clave: resistencia de las vías aéreas, mujeres, ciclo menstrual, ejercicio

INTRODUCCION

Las limitaciones pulmonares inducidas por el ejercicio se producen más frecuentemente en las mujeres saludables que en los hombres de la misma edad y talla (Harms et al., 1998; McClaran et al., 1998). McClaran et al (1998) reportaron que las mujeres que utilizaron como sujetos (88% de los sujetos evaluados) exhibió algún tipo de limitación en el flujo espiratorio (EFL) durante la realización de ejercicios con cargas moderadas y altas. En este estudio las mujeres representaron un amplio espectro en lo referente a la aptitud física, desde moderadamente entrenadas hasta altamente entrenadas. En contraste, solo aproximadamente el 50% de los atletas hombres, entrenados en resistencia y de nivel elite experimentaron algún tipo de limitación en su volumen espiratorio cuando se ejercitaron con cargas máximas (Johnson et al., 1992). Existen pocos estudios que hayan examinado estas diferencias entre hombres y mujeres, por lo que debe estudiarse un mayor número de sujetos para determinar si estas limitaciones ocurren en un rango más amplio de sujetos femeninos.

Las diferencias sexuales señaladas previamente pueden deberse a dos factores: diferencias hormonales, siendo las más importantes la progesterona y los estrógenos (Harms, 2006) y estructurales/morfológicas. La mayoría de los efectos hormonales sobre la ventilación parecen deberse a elevados niveles de progesterona (ver Harms, 2006). Se observado que la concentración sérica de progesterona es alta durante la fase lútea de un ciclo menstrual normal (Dombovy et al., 1987).

Se ha reportado que la resistencia de los músculos respiratorios es mayor durante la fase lútea media (concentración de progesterona en incremento) en comparación con la fase folicular media (Chen and Tang, 1989). No obstante, parece no haber consenso respecto de la idea de que la progesterona altera la respuesta ventilatoria al ejercicio, y se deben llevar a cabo más estudios para clarificar este punto.

Se ha reportado que existen diferencias estructurales en los pulmones entre hombres y mujeres. Los hombres tienen vías aéreas más granes (Mead, 1980), un mayor volumen pulmonar, y una mayor superficie de difusión (Schwartz et al., 1988) en comparación con las mujeres. Además, se ha reportado que las mujeres tienen un menor volumen pulmonar y una menor tasa máxima de flujo espiratorio corregida por la talla sentada (Crapo et al., 1982).

El método de interrupción de flujo para medir la resistencia de las vías aéreas ha sido evaluado extensivamente respecto de su confiabilidad como un tests no invasivo para obtener datos válidos acerca de las funciones respiratorias. El método de interrupción de flujo se basa en la idea de que durante una interrupción transitoria del flujo de aire espirado, la presión alveolar se equilibra con la presión en la boca (Chowienczyk et al., 1991). La resistencia de las vías aéreas fue definida como la diferencia de presión entre la presión alveolar y la presión del ambiente externo dividido por el flujo de aire espirado medido en la boca (Oswald-Mammosser et al, 1997). Si bien la pletismografía corporal ha sido utilizada tradicionalmente para la recolección de dichos datos, la medición de la resistencia de las vías aéreas no es posible durante la realización de ejercicios (Van Altena and Gimeno, 1994). Sin embargo, para una evaluación preliminar, el método de interrupción de flujo es suficiente y es una forma simple de medir la resistencia de las vías aéreas durante el ejercicio.

Como se señaló previamente, las mujeres experimentan EFL durante la realización de ejercicios de intensidad moderada y alta (McClaran et al., 1999). Estas mujeres fueron estudiadas durante la fase folicular de su ciclo menstrual, cuando los niveles de progesterona eran bajos. Dado que se ha sugerido que la progesterona afecta el sistema pulmonar, nuestro propósito fue determinar si las hormonas sexuales podrían afectar el flujo de aire en las mujeres. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue examinar las diferencias que se producen durante el ejercicio, en relación a la resistencia espiratoria, entre las dos fases del ciclo menstrual (folicular versus lútea).

METODOS

Sujetos

Once mujeres dieron su consentimiento informado para participar en este estudio. El Comité de Ética de la Universidad Wilfrid Laurier aprobó todos los procedimientos a llevarse a cabo en el estudio. Las mujeres que participaron en este estudio se encontraban entre los dieciocho y los veinticuatro años de edad y poseían diversos niveles de aptitud física (Tabla 1). El único criterio requerido para la inclusión en el estudio fue que no estuvieran consumiendo anticonceptivos ni estuvieran realizando terapias hormonales que pudieran afectar los niveles hormonales normales durante el ciclo menstrual en el período de evaluaciones. Ninguno de los sujetos era fumador.

Oclusión Espiratoria

Se utilizó una válvula respiratoria de una vía Hans Rudolph (3700) equipada con una válvula de oclusión automática Hans Rudolf modificada similar a un globo inflable (Series 9300-1 balloon). El método utilizado para medir la resistencia de las vías aéreas se basó en la detección de una interrupción transitoria en el flujo de aire. El globo que se encontraba dentro del dispositivo de interrupción fue inflado, durante la fase espiratoria, 4-6 veces durante cada carga de trabajo hasta alcanzar una oclusión de 100 ms. Se registró la presión en la boca durante la oclusión aérea bajo la presunción de que la presión en la boca se equilibra con la presión alveolar durante la interrupción transitoria del flujo de aire (Chowienczyk et al., 1991). La tasa de flujo espiratorio fue registrada inmediatamente antes de cada oclusión, y fue utilizada para el cálculo de la resistencia espiratoria (ver más adelante).

Recolección de los Datos

Durante los tests de ejercicio (descritos más adelante) los sujetos respiraron a través de la válvula de una vía Hans Rudolph (Hans Rudolph 3700). El flujo de aire inspirado fue medido utilizando un pneumotacómetro (Hans Rudolph-3813 Series) que fue conectado a un transductor diferencial de presión (Validyne MP45); el transductor de presión fue conectado a un demodulador de onda sinusal (Validyne CD15A). El flujo de aire espirado pasó a través de un arreglo similar para determinar la tasa de flujo espirado. La presión en la boca fue medida utilizando un transductor de presión diferencial (Validyne DP 15A) y el muestreo fue realizado a través de un puerto de la boquilla.

Los porcentajes de oxígeno (O_2) y el dióxido de carbono (CO_2) espirados fueron determinados utilizando un analizador

paramagnético (O_2; AEI S-3A/1) y un analizador infrarrojo (CO_2; AEI CD- 3A) a partir de muestras extraídas en la cámara de mezclado conectada al lado destinado al aire espirado en la válvula de respiración. La frecuencia cardíaca fue medida utilizando un electrocardiograma estándar de 5 derivaciones. La saturación de oxígeno de la hemoglobina (SaO_2) fue estimada utilizando un oxímetro colocado en la oreja de los sujetos (AD Instruments ML 320 oximeter pod with Nonin ear probe).

Protocolo del Test para la Determinación del Consumo Máximo de Oxígeno

Cada sujeto llevó a cabo un test de ejercicio para determinar la máxima capacidad aeróbica (VO_2máx) y establecer las cargas de trabajo que se utilizarían en los subsiguientes tests de ejercicio. Los sujetos se mantuvieron de pié en reposo durante 5-6 minutos antes de comenzar la entrada en calor en la cinta ergométrica (Preform AV.2/i) de manera que se pudieran recolectar los datos de reposo. Posteriormente los sujetos caminaron en la cinta a una velocidad progresivamente mayor, manteniendo cada velocidad por 1-2 minutos, hasta que se alcanzara una velocidad en la cual los sujetos corrieran cómodamente. Esta fue la primera carga de trabajo, a la cual los sujetos corrieron durante 2.5 minutos. La velocvidad de la cinta se mantuvo constante y se incrementó la inclinación de la misma en un 2% cada 2.5 min hasta el agotamiento volitivo. Los datos fueron recolectados utilizando un dispositivo de adquisición de datos Power Lab 16 SP. Los datos recolectados fueron, las tasas de flujo inspirado y espirado, la SaO_2, la frecuencia cardíaca, la concentración de O_2 en el aire espirado, la concentración de CO_2 en el aire espirado, la presión en la boca y los volúmenes de aire inspirado y espirado, utilizando la integral de sus respectivas tasas de flujo. Se calculó el VO_2 alcanzado con cada carga de trabajo utilizando los datos promediados de 30 segundos y ecuaciones estandarizadas (Powers and Howley, 2007).

Test de Resistencia Espiratoria

Cada sujeto realizó dos tests de ejercicio adicionales; y se planificaron las visitas 2 y 3 al laboratorio para que cayeran dentro de los dos días de que se produjera el pico de la fase folicular y lútea (i.e., ± 2 días de los días 7 y 21 del ciclo menstrual). Todos los procedimientos fueron los mismos que los descritos previamente excepto que durante estas sesiones de evaluación el puerto de la boquilla fue anexado al dispositivo para la interrupción del flujo utilizado para medir la resistencia de las vías aéreas. El dispositivo para la interrupción del flujo fue controlado manualmente desde la caja de control. La resistencia de las vías aéreas fue medida con cada carga de trabajo, al igual que la frecuencia cardíaca y el VO_2 para monitorear la intensidad del ejercicio.

Cálculo de la Resistencia de las Vías Aéreas

La resistencia de las vías aéreas en cada carga de trabajo fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

Resistencia Espiratoria = Presión Transpulmonar ÷ Tasa de Flujo Espiratorio

Durante la interrupción transitoria del flujo espiratorio, se asumió que la presión en la boca se equilibra con la presión transpulmonar por lo que en la ecuación presentada se utilizó la presión en la boca y la tasa de flujo espiratorio registrada justo antes de la oclusión. Para los propósitos de este estudio, se asumió que la presión atmosférica era igual a 0 torr.

Sujeto	Edad (años)	Talla (m)	Peso (kg)	BMI	VO_2 max (ml/kg/min)	HRmáx (latidos/min)
1	21	1.65	50.5	22.44	48.9	181
2	20	1.65	55.5	24.67	64.0	189
3	20	1.59	66.8	31.97	40.3	188
4	21	1.66	55.0	24.15	42.0	165
5	18	1.63	47.7	21.72	47.1	198
6	20	1.64	53.2	23.93	54.7	200
7	20	1.65	65.0	29.06	49.1	190
8	18	1.67	56.8	24.64	43.5	184
9	19	1.69	65.0	27.54	38.2	168
10	20	1.65	73.6	32.71	55.4	178
Media	**19.7**	**1.65**	**58.9**	**26.28**	**48.3**	**184**
Error Estándar	**1.1**	**0.02**	**8.8**	**3.67**	**7.68**	**12**

Tabla 1. *Características fisiológicas y antropométricas de los sujetos que participaron en el estudio.*

Análisis Estadísticos

Se utilizó la prueba *t* (Graph Pad Prism 4) para determinar si existieron diferencias significativas en la resistencia de las vías aéreas con la misma carga de trabajo en los tests de ejercicio progresivo entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual de cada sujeto. Para los análisis se utilizaron los datos registrados en la anteúltima y en la última carga de trabajo.

Los datos de la resistencia espiratoria para cada fase del ciclo menstrual fueron analizados mediante el análisis de varianza ANOVA de dos vías para medidas repetidas (Graph Pad Prism 4) para determinar si la resistencia de las vías aéreas cambió entre las sucesivas cargas de trabajo del tests progresivo de ejercicio. En los análisis solo se incluyeron los datos de los sujetos que completaran tres o más etapas del test de ejercicio. El nivel de significancia fue establecido a $p \leq 0.05$. Los valores se reportan como Media Grupal ± EEM.

RESULTADOS

Diez de los sujetos completaron todos los aspectos del estudio. Uno de los sujetos tuvo un ciclo menstrual irregular por lo que sus datos fueron excluidos del estudio. Los valores de la frecuencia cardíaca máxima (HRmáx) y del VO_2máx registrados durante los tres tests de ejercicio no fueron diferentes entre los tests. El valor medio del VO_2máx fue de 48.3 ± 7.7 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$. La diferencia entre el VO_2máx registrado durante la fase folicular y el registrado durante la fase lútea no fue significativa ($p = 0.91$; Figura 1). El valor medio de la frecuencia cardíaca máxima durante la fase folicular fue de 182.3 ± 4.3 latidos/min. Para la fase lútea, el valor medio de la HRmáx fue de 180.6 ± 5.7 latidos/min. Estos valores fueron comparados con los obtenidos en el tests inicial para la determinación del VO_2máx (181.5 ± 3.9 latidos/min) para mostrar que los sujetos se ejercitaron a una intensidad similar en cada uno de los tests. La diferencia en la HRmáx registrada en el tests para evaluación del VO_2máx, el tests llevado a cabo en la fase folicular y el test llevado a cabo durante la fase lútea no fue significativa ($p = 0.90$).

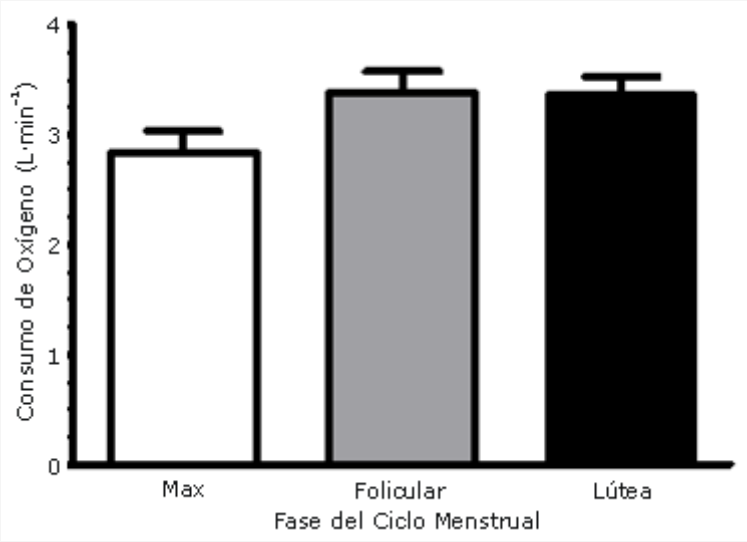

Figura 1. *Consumo de oxígeno con la carga final del test inicial y de los tests llevados a cabo en las fases folicular y lútea.*

Resistencia Espiratoria

Los valores de la resistencia espiratoria fueron registrados durante las fases folicular y lútea. Se calculó un valor medio de la resistencia espiratoria (cm $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$) para cada sujeto utilizando los datos obtenidos con la anteúltima y con la última

carga de trabajo de los tests llevados a cabo en cada fase menstrual. Como se muestra en la Figura 2, la resistencia espiratoria media para la última carga de trabajo fue substancialmente mayor durante la fase folicular que durante la fase lútea (1.1 ± 0.06 cm $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ vs 0.91 ± 0.077 cm $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$; p = 0.006). Con la carga submáxima, la resistencia espiratoria media fue de 1.0 ± 0.05 cm $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ para la fase folicular y de 0.9 ± 0.077 cm $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ para la fase lútea, siendo la diferencia no significativa (p = 0.1865).

Las diferencias en la R_{esp} entre las diferentes cargas de trabajo de los tests llevados a cabo durante las fases folicular y lútea del ciclo menstrual no fueron significativas.

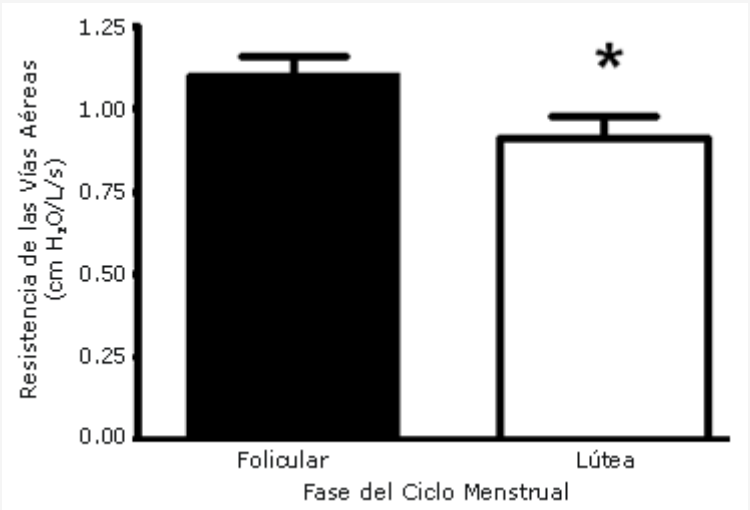

Figura 2. *Resistencia de las vías aéreas determinadas durante los tests de ejercicio llevados a cabo en las fases folicular y lútea. *p≤0.05.*

DISCUSION

El propósito del presente estudio fue determinar si la resistencia espiratoria durante la realización de ejercicios progresivos hasta el agotamiento en mujeres saludables era diferente entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. Los resultados mostraron que se hubo diferencias significativas en la resistencia espiratoria entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual de las mujeres.

Limitaciones

La resistencia espiratoria fue medida utilizando la técnica de interrupción de flujo (Chowienczyk et al., 1991) durante una breve oclusión. Esto fue llevado a cabo bajo la presunción de que durante una interrupción transitoria del flujo de aire, la presión en la boca se equilibra con la presión alveolar. La presión en la boca puede utilizarse para el cálculo de la presión transpulmonar de la siguiente manera: Resistencia Espiratoria (R_{esp}) = Presión en la Boca (Transpulmonar) ÷ Tasa del Flujo Espiratorio. Para obtener una mayor precisión la oclusión debería haberse llevado a cabo utilizado un catéter esofágico con un globo de filtro. Pero la utilización de un catéter esofágico es un proceso más invasivo y requiere la presencia de individuos entrenados y de un permiso especial del Comité de Ética. Debido a que el propósito del presente estudio fue llevar a cabo un experimento preliminar para determinar si se producían cambios en la resistencia espiratoria entre las fases del ciclo menstrual, la utilización de la presión en la boca en la ecuación para el cálculo de la R_{esp} es aceptable. Previamente se ha hallado que esta técnica es confiable (Chan et al., 2003).

Otra limitación de la técnica de oclusión fue el hecho de que el globo inflable colocado en el puerto espiratorio de la válvula de una vía fue controlado manualmente. Idealmente, el globo debería haber sido inflado automáticamente durante 100 ms luego de recibir una señal computarizada. Las dificultades técnicas hicieron que esto fuera imposible, por lo que el globo fue inflado manualmente a partir de la caja de control en el tiempo más corto posible. La presión en la boca reportada en este estudio fue la meseta en la presión en la boca que se produjo inmediatamente después de la cesación del flujo espiratorio, lo cual aseguró una lectura precisa.

Por último cada individuo fue evaluado solo durante una fase folicular y una fase lútea del ciclo menstrual. Preferiblemente, las evaluaciones deberían haberse llevado a cabo durante dos o más ciclos menstruales para proveer evidencia de que los resultados fueron en realidad representativos de las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. El estudio dependió en gran medida del ciclo menstrual de cada individuo; ya que no hubo suficiente tiempo para evaluar a los sujetos durante dos fases de otro ciclo menstrual.

Resistencia Espiratoria

En el presente estudio hemos hallado una mayor resistencia espiratoria durante la realización de ejercicios con intensidad máxima en la fase folicular del ciclo menstrual de las mujeres y en comparación con la medida a la misma intensidad de ejercicio en la fase lútea de los sujetos. Los estudios previos se han llevado a cabo utilizando mayormente sujetos varones y niños, pero muy se han llevado a cabo muy pocos estudios utilizando sujetos mujeres. En los estudios llevados a cabo previamente que utilizaron sujetos adultos que realizaron ejercicio a una intensidad moderada (60-65% del consumo máximo de oxígeno) la R_{esp} fue de 2.01 ± 0.4 cm $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$, y este valor se mantuvo a lo largo de todo el ejercicio (Beck et al., 1999). Se ha reportado que los valores normales de reposo de la R_{esp} en adultos, medidos utilizando la técnica de interrupción de flujo, están en el rango de $H_2O \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ (Vooren and van Zomeren, 1989). Estos valores son similares a los observados en el presente estudio.

Una explicación de las diferencias en la resistencia espiratoria observada entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual puede estar relacionada con las fluctuaciones en los niveles hormonales, específicamente la progesterona y/o los estrógenos, lo cual ocurre en el transcurso del ciclo hormonal. Estas dos hormonas han mostrado tener efectos sobre la ventilación en mujeres que realizan ejercicios. En sujetos atletas y no atletas, la progesterona ha mostrado estimular la ventilación y el impulso respiratorio (Schoene et al., 1981). Durante la fase lútea, cuando los niveles de progesterona son altos, las mujeres experimentan una incrementada respuesta ventilatoria hipóxica (Schoene et al., 1981; White et al., 1983). Por lo tanto, es posible que la progesterona estimule la ventilación y actúe reduciendo la R_{esp} durante la fase lútea. El mecanismo por el cual la progesterona reduce la R_{esp} aun debe determinarse.

Sin embargo, no puede descartarse un efecto estimulador por parte de los estrógenos. Otra explicación de los resultados observados en el presente estudio puede ser que una alta concentración de estrógenos causó un incremento en la resistencia espiratoria. Esta posibilidad parece improbable ya que se ha mostrado que los estrógenos pueden intensificar los efectos de la progesterona sobre la respiración en humanos (Bruno da Silva et al., 2006; Regensteiner et al., 1990). Los estrógenos han mostrado incrementar el número de receptores de progesterona en ratas (Bruno da Silva et al., 2006; Regensteiner et al., 1990). Si esto ocurre en humanos aun queda por demostrarse.

Para determinarlos efectos exactos que tienen las hormonas sexuales femeninas sobre la ventilación y la resistencia de las vías aéreas, los tests deberían haberse llevado a cabo durante la menstruación y durante las fases lútea y folicular. Las concentraciones de estrógenos y progesterona son bajas durante la menstruación y al determinar la resistencia espiratoria durante esta fase del ciclo menstrual se podría determinar si son los estrógenos o la progesterona o ninguna de estas hormonas la que afecta la resistencia espiratoria. Si son los estrógenos los que causan el incremento en la resistencia espiratoria, entonces la R_{esp} debería ser menor durante la menstruación y durante la fase lútea. Por otra parte, si la progesterona alivia la R_{esp}, entonces esta sería menor durante la fase lútea que durante la menstruación y la fase folicular.

Significancia Fisiológica

¿La diferencia en la resistencia espiratoria hallada en el presente estudio durante la fase folicular del ciclo menstrual tiene alguna consecuencia fisiológica? En sí, no creemos que el incremento en la resistencia espiratoria tenga consecuencia alguna sobre el rendimiento durante el ejercicio, como lo demuestra el hecho de que los sujetos evaluados aquí exhibieron valores similares de VO2 con las mismas cargas de trabajo en ambas fases del ciclo menstrual. El incremento en la resistencia espiratoria hallado durante la fase folicular pude ser uno de los tantos factores que contribuyen al incremento de la limitación en el flujo espiratorio observado en mujeres que se ejercitan durante la fase folicular (Guenette et al., 2007; McClaran et al., 1998). A medida que se incrementa la resistencia espiratoria, también se incrementa el esfuerzo espiratorio lo cual podría causar el colapso de las vías aéreas y derivar en una limitación en el flujo de aire. Se requieren de estudios adicionales para confirmar si esto ocurre en mujeres que realizan ejercicio.

Por último, fue difícil comparar estos resultados con los de otros estudios ya que no existe literatura publicada respecto de la relación entre las hormonas sexuales femeninas y la resistencia espiratoria. Una mayor muestra, la medición de los niveles circulantes de progesterona y estrógenos en la sangre arterial y la utilización de una técnica más robusta para la determinación de la resistencia espiratoria podrían ayudar a confirmar o rechazar los resultados del presente estudio, lo cual permitiría determinar con mayor precisión los efectos de la progesterona y/o los estrógenos sobre los cambios en la resistencia espiratoria durante el ejercicio.

CONCLUSION

Los resultados de este estudio han mostrado que la resistencia espiratoria se incrementó significativamente durante la realización de ejercicios máximos en mujeres que se encontraban en la fase folicular de su ciclo menstrual en comparación con los valores registrados a la misma intensidad durante la fase lútea. Se requieren estudios adicionales para determinar si los cambios en la resistencia espiratoria contribuyen a la ocurrencia de limitaciones en el flujo espiratorio observada en mujeres.

Puntos Clave

Durante la realización de ejercicios máximos se produjo un incremento significativamente mayor en la resistencia espiratoria durante la fase folicular que durante la fase lútea del ciclo menstrual.

La fluctuación en los niveles hormonales (especialmente progesterona y/o estrógenos) puede contribuir a los cambios en la resistencia espiratoria.

El incremento de la resistencia espiratoria puede contribuir al incremento de la ocurrencia de limitaciones en el flujo espiratorio observado en sujetos femeninos.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a los participantes por su dedicación en este estudio. Este estudio fue subvencionado por un subsidio otorgado por el NSERC Discovery a Mark A. Babcock .

REFERENCIAS

1. Beck, K.C., Hyatt, R.E., Mpougas, P. and Scanlon, P.D (1999). Evaluation of pulmonary resistance and maximal flow measurements during exercise in humans. *Journal of Applied Physiology. 86(4)*
2. Bruno da Silva, S., de Sousa Ramalho Viana, E. and Corderio de Sousa, M. B (2006). Changes in peak expiratory flow and respiratory strength during menstrual cycle. *Respiratory Physiology & Neurobiology 150, 211-219*
3. Chan, E.Y., Bridge, P.D., Dundas, I., Pao, C.S., Healy, M.J.R. and McKenzie, S.A (2003). Repeatability of airway resistance measurements made using the interrupter technique. *Thorax 58, 344-347*
4. Chen, H.I. and Tang, Y.R (1989). Effects of the menstrual cycle on respiratory muscle function. *American Review of Respiratory Diseases 140, 1359-1362*
5. Chowienczyk, P.J., Lawson, C.P., Lane, S., Johnson, R., Wilson, N., Silverman, M. and Cochrane, G.M (1991). A flow interruption device for measurement of airway resistance. *European Respiratory Journal 4, 623-628*
6. Crapo, R.O., Morris, A.H. and Gardner, R. M (1982). References values for pulmonary tissue volume, membrane diffusing capacity, and pulmonary capillary blood volume. *European Pathophysiology of Respiration 18, 893-899*
7. Dombovy, M.L., Bonekat, H.W., Williams, T.J. and Staats, B.A (1987). Exercise performance and ventilatory response in the menstrual cycle. *Medicine & Science in Sports & Exercise 119(2), 111-117*
8. Guenette, J.A., Witt, J.D., McKenzie, D.C., Road, J.D. and Sheel, A.W (2007). Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women. *Journal of Physiology 581, 1309-1322*
9. Harms, C.A (2006). Does gender affect pulmonary function and exercise capacity?. *Respiratory Physiology & Neurobiology 1151, 124-131*
10. Harms, C.A., McClaran, S.R., Nickele, G.A., Pegelow, D.F., Nelson, W.B. and Dempsey, J.A (1998). Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy young women. *Journal of Physiology. 507(2), 619-628*
11. Johnson, B.D., Saupe, K.W. and Dempsey, J.A (1992). Mechanical constraints on exercise hyperpnea in endurance athletes. *Journal of Applied Physiology 73, 874-886*
12. MacLusky, N. and McEven, B (1978). Estrogen modulates progestin receptor concentrations in some rat brain regions but not in others. *Nature 274, 276-278*
13. McClaran, S.R., Harms, C.A., Pegelow, D.F. and Dempsey, J.A (1998). Smaller lungs in women affect exercise hyperpnea. *Journal of Applied Physiology 84(6), 1872-1881*
14. McClaran, S.R., Wetter, T.J., Pegelow, D.F. and Dempsey, J.A (1999). Role of expiratory flow limitation in determining lung volumes and ventilation during exercise. *Journal of Applied Physiology 86(4), 1357-1366*
15. Mead, J (1980). Dysanapsis in normal lungs assessed by the relationship between maximal flow, static recoil, and vital capacity. *American Review of Respiratory Diseases 121, 339-342*
16. Oswald-Mammosser, M., Llerena, C., Speich, J.P., Donato, L. and Lonsdorfer, J (1997). Measurements of respiratory system resistance by the interrupter technique in healthy and asthmatic children. *Pediatric Pulmonology 24, 78-85*

17. Powers, S.K. and Howley, E.T (2007). Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance. 6th edition. *McGraw-Hill Co. Inc, New York, NY*
18. Regensteiner, J.G., Woodard, W.D., Hagerman, D.D., Weil, J.V., Pickett, C.K., Bender, P.R. and Moore, L.G (1990). Combined effect of female hormones and metabolic rate on ventilatory drives in women. *Journal of Applied Physiology 66(2), 808-813*
19. Regensteiner, J.G., Woodard, W.D., Hagerman, D.D., Weil, J.V., Pickett, C.K., Bender, P.R. and Moore, L.G (1981). Respiratory drives and exercise in menstrual cycles of athletic and non athletic women. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental, Exercise Physiology 50, 1300-1305*
20. Schwartz, J. S., Katz, S.A., Fegley, R.W. and Tockman, M.S (1988). Sex and race differences in the development of lung function. *American Review of Respiratory Diseases 138, 1415-1421*
21. Van Altena, R. and Gimeno, F (1994). Respiratory resistance measured by flow-interruption in a normal population. *Respiration 661, 249-254*
22. Vooren, P.H., and van Zomeren, B.C (1989). Reference values of total respiratory resistance, determined with the opening interruption technique. *European Respiratory Journal 2, 966-971*
23. White, D.P., Douglas, N.J., Pickett, C.K., Weil, J.V. and Zwillich, C.W (1983). Sexual influence on the control of breathing. Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental. *Exercise Physiology 54(4), 874-879*

Cita Original

Alethea J. Anderson and Mark A. Babcock. Effects of the Menstrual Cycle on Expiratory Resistance during Whole Body Exercise in Females. Journal of Sports Science and Medicine; 7, 475 – 479, (2008).