

Article

# Función de los Músculos Ventilatorios y Respiratorios en Reposo y Durante el Ejercicio a lo Largo del Ciclo Menstrual

James S Williams<sup>1</sup> y S. Megan Parsons<sup>2</sup><sup>1</sup>*Exercise Physiology Lab. Texas State University, San Marcos, TX.*<sup>2</sup>*Applied Physiology Lab. Texas Tech University, Lubbock, TX.*

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar la respuesta ventilatoria y la fuerza de músculo inspiratorio en reposo y durante el ejercicio incremental durante las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. En el estudio participaron mujeres saludables (18 a 25 años) que habían tenido un ciclo menstrual normal durante los 4 meses previos al estudio. Ninguna estaba consumiendo medicación para el control del embarazo. La evaluación estándar de la función pulmonar se realizó luego de la realización de una prueba de esfuerzo progresiva (GXT) para evaluar las respuestas ventilatorias frente al ejercicio. Todas las participantes realizaron una maniobra de inspiración de máxima presión (MIP) para evaluar la fuerza del músculo inspiratorio antes e inmediatamente después de la GXT. Las velocidades y capacidades de flujo espirométrico no fueron significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ) entre las fases folicular y lútea. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en la ventilación en reposo, ventilación submáxima, o ventilación máxima ( $V_E$ ,  $V_E/VO_2$ , y  $V_E/VCO_2$ ) a lo largo del ciclo menstrual. Ninguna diferencia significativa se observó dentro o entre las condiciones ( $P > 0,05$ ) en MIP antes y después del ejercicio. Estos resultados indican que la fase del ciclo menstrual no tuvo influencia en las respuestas ventilatorias de las participantes en reposo, durante el ejercicio submáximo o durante el ejercicio máximo. Adicionalmente, no se observó ninguna diferencia en la fuerza del músculo inspiratorio en reposo o después del ejercicio entre la fase folicular y lútea del ciclo menstrual.

**Palabras Clave:** Espirometría, ventilación, fuerza del musculo inspiratorio, hormonas

## INTRODUCCION

Aunque la influencia de las hormonas del ciclo menstrual en el rendimiento físico ha sido estudiada previamente, los resultados siguen siendo polémicos y las respuestas ventilatorias al ejercicio de intensidad progresiva han arrojado resultados incoherentes (21). Varios estudios han observado una mayor ventilación por minuto durante el ejercicio ( $V_E$ ) durante la fase del lútea en comparación con la fase folicular (17,20,21,23) mientras otros estudios no observaron ninguna diferencia (4,9,12,14). La fase lútea y folicular han arrojado diferencias de  $V_E$  máximo tan altas como de  $12 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  sin influencia en el  $VO_{2\text{max}}$  (3,21). Numerosos estudios también han sugerido que el impacto de las hormonas del ciclo menstrual en el  $VO_{2\text{max}}$  o en el rendimiento físico sería mínimo (8,9,12,14,16,18,21).

En la literatura hay informes inconsistentes sobre el efecto del género en el equivalente ventilatorio para oxígeno ( $V_E/VO_2$ ) y en el equivalente ventilatorio para el dióxido de carbono ( $V_E/VCO_2$ ) durante el ejercicio. Algunos autores no observaron ninguna diferencia (6,21) mientras que otros autores reportaron un  $V_E/VCO_2$  significativamente mayor en mujeres en comparación con los varones (15). Ni el estudio de Blackie y colegas (6) ni el de Habedank et al. (15) tuvieron en cuenta la fase del ciclo menstrual. Las diferencias en  $V_E/VCO_2$  pueden ser mayores durante la fase lútea (14), pero esto también está en discusión (3).

Sólo un estudio demostró la influencia de las hormonas menstruales sobre la fatiga del músculo inspiratorio (RMF) y sobre el flujo y la capacidad espirométrica (7). El estudio realizado por Bruno da Silva et al. (7) sugirió que las variables espirométricas no variaban durante el ciclo menstrual. Sin embargo, las correlaciones observadas entre las hormonas sexuales y las variables asociadas a la función del músculo respiratorio sugirieron que existía una influencia positiva de las hormonas sexuales femeninas que controlan los músculos torácicos de bombeo en la fase lútea.

Por lo tanto, el objetivo del estudio presente fue comparar la respuesta ventilatoria y la fuerza del músculo inspiratorio en reposo y durante el ejercicio incremental en las fases folicular y lútea del ciclo menstrual en mujeres saludables, que informaron un ciclo menstrual normal y que no estaban utilizando medicamentos para el control del embarazo.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Se reclutaron mujeres jóvenes saludables (18 a 25 años) sin antecedentes conocidos de enfermedades cardiopulmonares, metabólicas o musculoesqueléticas. Todas las participantes presentaron un ciclo menstrual normal durante los 4 meses previos, lo que fue corroborado mediante una encuesta de salud, y ninguna consumía en la actualidad medicamentos para el control del embarazo. Este estudio fue aceptado por el comité de revisión institucional local y cada participante dio su consentimiento informado por escrito.

### Procedimientos de Evaluación

Una vez que se corroboró el criterio de inclusión, se fijó un cronograma de evaluación para las participantes según el momento de sus fases del ciclo menstrual (días 5 a 10 luego de la menstruación o fase folicular; días 20 a 25 luego de la menstruación o fase lútea). Todas las evaluaciones se realizaron en el mismo momento del día. Las pruebas de función pulmonar estándar (FVC, FEV<sub>1</sub>, PF, y FEF) fueron realizadas (*MedGraphics CPX/D*) siguiendo los Lineamientos de la Sociedad Americana del Tórax (1,2). El pneumótaco fue calibrado siguiendo las especificaciones del fabricante en cada prueba. Se realizó una prueba de esfuerzo progresiva (GXT) en una bicicleta ergométrica (*Lode-Corvial*) en la cual las participantes realizaron una entrada en calor a 0 watts durante 3 min y luego la carga de trabajo fue incrementada a 75 watts y aumentaba 25 watts cada 3 min hasta la fatiga volitiva. La recolección de los datos iniciales de los valores de intercambio de gases en reposo tuvo una duración de 5 min. Durante la GTX, se recolectaron los gases respiratorios expirados (*MedGraphics CPX/D*) para la determinación de los parámetros metabólicos y ventilatorios ( $VO_2$ ,  $VCO_2$ ,  $V_E$  y otras variables resultantes).

Durante la GXT se monitoreó la presión arterial mediante auscultación. La frecuencia y el ritmo cardíaco fueron monitoreados de manera continua (*EKG - Quinton 4500*) a lo largo de la GXT. Los sujetos realizaron una maniobra de presión máxima inspiratoria (MIP) a través de un transductor de presión diferencial antes e inmediatamente después de la GXT (*Validyne*) siguiendo los procedimientos de Black y Hyatt (5). Un monitor de computadora mostraba una gráfica de la señal de la presión y el transductor se calibró antes de cada maniobra. Las maniobras MIP (índice de fatiga global de los músculos inspiratorios) determinan la presión máxima sostenida en boca que puede ser generada a partir del volumen residual. Para asegurar que los resultados fueran repetibles, se realizaron numerosos ensayos con, por lo menos 30 seg de descanso entre cada ensayo para prevenir la fatiga del músculo en descanso inducida por la evaluación. Para el análisis de los datos se utilizó la mayor presión inspiratoria negativa registrada (cmH<sub>2</sub>O) en por lo menos 5 pruebas.

### Análisis Estadístico

Los datos pre y post fueron analizados mediante test-t de muestras apareadas (valores de espirometría y de ejercicios máximos). Para determinar las diferencias en  $V_E$ ,  $V_E/VO_2$  y  $V_E/VCO_2$  durante la fase folicular y lútea en reposo, durante el ejercicio submáximo y durante el ejercicio máximo se utilizó un ANOVA de mediciones repetidas de 2 x 4. Para determinar las diferencias en MIP durante la fase folicular y lútea pre y post ejercicio se utilizó un ANOVA de mediciones repetidas de

2 x 2. En los casos en que se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), se aplicó una corrección de Bonferroni. Se analizaron los datos en reposo (R), ciclismo sin carga (OL), 75 watts y máximo relativo (RM) para  $V_E$ ,  $V_E/VO_2$  y  $V_E/VCO_2$ . Se considera máximo relativo al trabajo más alto alcanzado en las dos pruebas del ejercicio. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el software *SigmaStat V2,03*. Un nivel de alfa de  $P \leq 0,05$  fue considerado significativo.

## RESULTADOS

Variable	Media	$\pm$ SD
Edad (años)	22,33	2,35
Talla (pulgadas)	65,79	3,60
Peso (kg)	59,80	6,04
BSA	1,67	0,12

**Tabla 1.** Características de las participantes (n = 9)

Las características de las participantes se presentan en la Tabla 1. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual para ninguna de las variables espirométricas (Tabla 2). Las participantes no presentaron afecciones pulmonares, lo que fue observado por el % FVC estimado ( $>94$ ), el % FEV<sub>1</sub> estimado ( $>88$ ) y el FEV<sub>1</sub>/FVC ( $>80$ ).

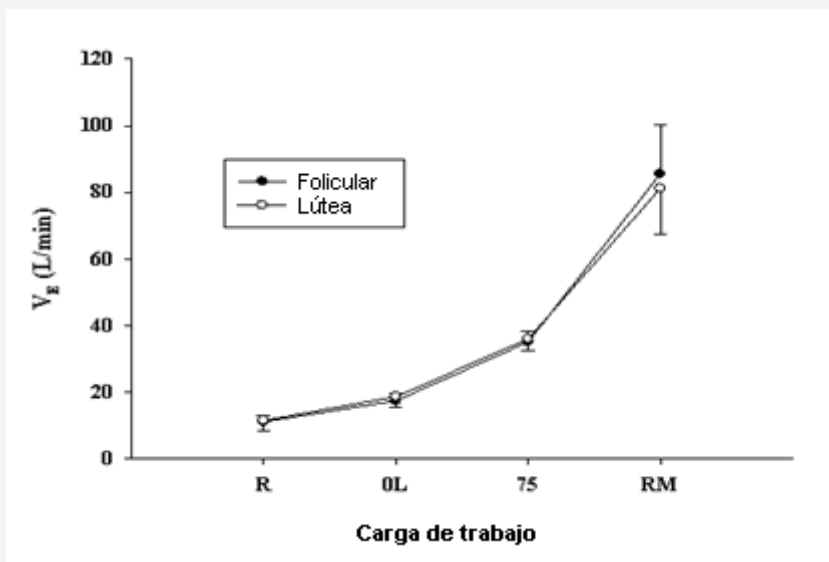
Variable	Condición	
	Fase Folicular	Fase Lútea
FVC (L)	4,01 $\pm$ 0,54	4,00 $\pm$ 0,53
FVC % estimado	104,67 $\pm$ 10,72	104,78 $\pm$ 12,60
FEV <sub>1</sub> (L)	3,38 $\pm$ 0,51	3,33 $\pm$ 0,47
FEV <sub>1</sub> % estimado	102,67 $\pm$ 12,63	101,33 $\pm$ 13,11
FEV <sub>1</sub> /FVC	84,33 $\pm$ 4,58	83,44 $\pm$ 4,28
FEF <sub>25-75</sub> (L/s)	3,67 $\pm$ 0,93	3,48 $\pm$ 0,73
FEF <sub>25-75</sub> % estimado	94,00 $\pm$ 25,61	89,22 $\pm$ 20,44
PEF (L/s)	6,60 $\pm$ 1,33	6,71 $\pm$ 0,93
PEF % estimado	102,89 $\pm$ 19,92	104,56 $\pm$ 13,92

**Tabla 2.** Variables espirométricas (Media  $\pm$ SD)

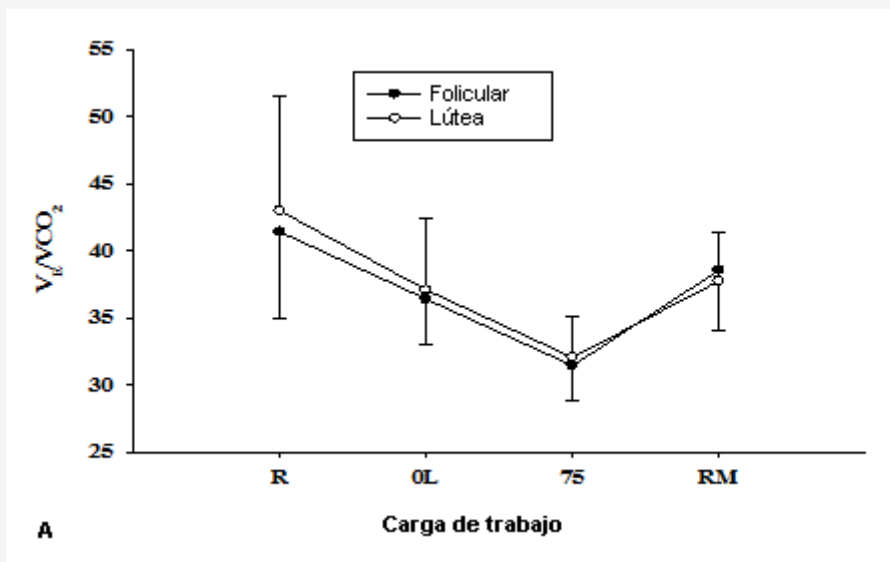
En la Tabla 3 se presentan los parámetros de intercambio gaseoso en el ejercicio máximo incluidos en el análisis. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre la fase folicular y la fase lútea del ciclo menstrual en ninguna de estas variables. No se encontraron diferencias significativas en  $V_E$ ,  $V_E/VO_2$  y  $V_E/VCO_2$  ( $P > 0,05$ ) entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual en reposo y durante el ejercicio (Figuras 1 y 2). La Figura 3 muestra los valores de MIP antes y después del ejercicio durante las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. Ninguna diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) se observó en MIP antes o después del ejercicio.

Variable	Condición	
	Fase Folicular	Fase Lútea
$V_{Th}$ (% $VO_2$ máx)	55,78 ± 4,94	57,00 ± 6,19
$VO_2$ (mL·min <sup>-1</sup> )	2039,00 ± 298,00	2027,00 ± 411,13
$VCO_2$ (mL·min <sup>-1</sup> )	2216,78 ± 289,35	2232,56 ± 295,30
TV (L/respiración)	1730,67 ± 293,91	1759,56 ± 306,80
$V_E$ (L·min <sup>-1</sup> )	85,86 ± 14,59	86,63 ± 14,68
$F_b$ (respiración·min <sup>-1</sup> )	50,59 ± 10,32	49,87 ± 9,47
HR (lat·min <sup>-1</sup> )	187,38 ± 11,86	189,67 ± 7,14
RER	1,08 ± 0,08	1,11 ± 0,10
Producción de Potencia (W)	152,78 ± 23,19	158,33 ± 21,65
Tiempo total de ejercicio (s)	13,31 ± 2,44	13,73 ± 2,71

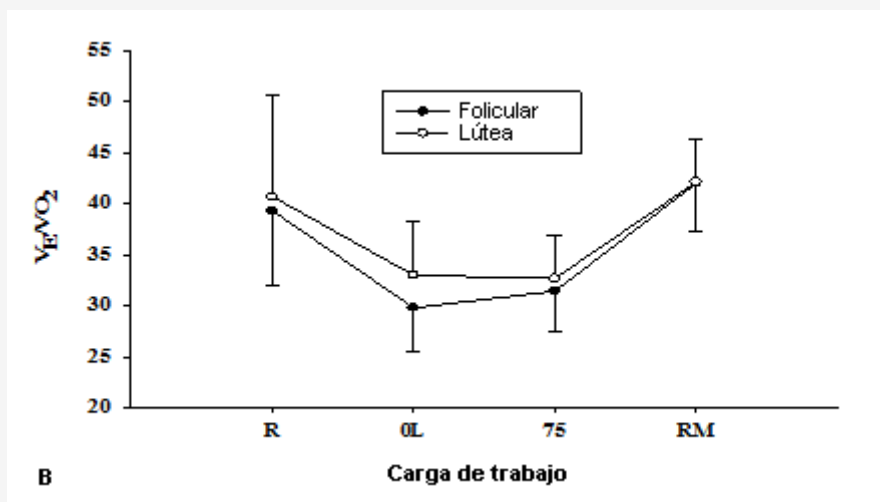
**Tabla 3.** Variables evaluadas durante el test de ejercicio máximo. Los valores se presentan en forma de Media ± SD. No se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ )



**Figura 1.** Ventilación por minuto ( $V_g$ ) en reposo y durante el ejercicio en las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. Los valores se presentan en forma de Media + SD. R = Reposo; 0L = Ciclismo sin carga; RM = Máximo relativo. No se observan diferencias entre las condiciones ( $P > 0,05$ ).



**Figura 2.** (A) Equivalentes ventilatorios para el dióxido de carbono ( $V_E/VCO_2$ ) y (B) consumo de oxígeno ( $V_E/VO_2$ ) en reposo y en las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. Los valores se presentan en forma de Media + SD. R = Reposo; OL = Ciclismo sin carga; RM = Máximo relativo. No se observan diferencias entre las condiciones ( $P > 0,05$ ).



**Figura 3.** Valores de presión máxima sostenida en la boca (MIP) antes y después del ejercicio en las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. Los valores se presentan en forma de Media + SD. No se observan diferencias significativas entre las condiciones ( $P > 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio sugieren que la fase del ciclo menstrual no influye en las respuestas ventilatorias, durante el ejercicio submáximo o máximo, en reposo ni en el desempeño del músculo respiratorio. Adicionalmente no se observó ninguna diferencia significativa, en las variables de intercambio de gases durante la GXT máxima entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual.

### Variables de Espirometría

Nuestros resultados son similares a los encontrados de Bruno da Silva et al. (7). Estos autores informaron que las variables

espirométricas no fueron influenciadas por las fases del ciclo menstrual. Otros estudios también han informado que FVC y FEV<sub>1</sub> no cambian durante las fases del ciclo menstrual, a pesar de los niveles elevados de progesterona de la fase lútea (3,11). Por otra parte, los resultados de Williams y Krahenbuhl (23) demostraron variación en la función respiratoria durante el ciclo menstrual. Resmi et al. (19) observaron una disminución significativa en FEV<sub>1</sub>/FVC y FEF75% y un aumento significativo en la velocidad máxima de flujo espiratorio (PEF) en mujeres que consumían anticonceptivos orales en comparación con el grupo control. Esta diferencia en los resultados podría deberse al diseño experimental. Por ejemplo, Williams y Krahenbuhl (23) dividieron el ciclo en 5 fases. El estudio presente dividió el ciclo en 2 fases. Otra posible explicación para la variabilidad en los resultados en las diferentes fases podría estar asociada tanto con las variaciones hormonales entre las participantes en los ciclos y a variación intra-sujeto cuando se tienen en cuenta las mismas fases del ciclo menstrual (7).

### **Variables de Intercambio Gaseoso**

En concordancia con lo observado en nuestro estudio, Casazza et al. (9) demostraron que en ausencia de anticonceptivos orales, la fase del ciclo menstrual no influyó en la capacidad de ejercicio máxima o en las variables cardiorrespiratorias durante el ejercicio. Además, el estudio de Dean et al. (13) es similar a nuestro estudio en cuanto a que observaron que el umbral del lactato como %VO<sub>2max</sub> no varió significativamente a lo largo del ciclo menstrual. En este estudio tampoco se observó variación a lo largo del ciclo menstrual en VO<sub>2max</sub>, HRmax, carga de trabajo final, tiempo hasta el agotamiento ni tasa de intercambio respiratoria (RER). Adicionalmente, Schoene et al. (20) no observaron ninguna diferencia entre las fases folicular y lútea al comienzo del umbral anaeróbico.

### **Respuestas Ventilatorias**

La fase del ciclo menstrual no influyó en las respuestas ventilatorias de las participantes en reposo, durante el ejercicio submáximo o en V<sub>E</sub> máxima. Estos resultados coinciden con lo observado en numerosos estudios previos (3,4,9,12,13,16,18,22). En contraste, otros estudios han demostrado diferencias significativas en la V<sub>E</sub> del ejercicio durante la fase lútea del ciclo menstrual (17,20,21,23). Las diferencias de los resultados entre estos estudios y el estudio actual, pueden estar relacionadas con las respuestas individuales y con diferencias en la sensibilidad de los receptores de progesterona (3).

Además, está ampliamente aceptado que las medidas ventilatorias presentan una elevada variación diaria dentro de los sujetos. En el estudio presente los equivalente ventilatorios (V<sub>E</sub>/VO<sub>2</sub> y V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub>) no se encontraban elevados durante la fase lútea en reposo y durante ejercicio incremental en comparación con la fase folicular. Nuestro estudio es uno de los pocos estudios que determinó la eficacia ventilatoria en relación con la fase del ciclo menstrual. Beidleman et al. (3) y Bemben et al. (4) tampoco informaron diferencias significativas en los equivalentes ventilatorios en el las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. No obstante, los resultados de Schoene y colegas (20) demostraron que V<sub>E</sub>/VO<sub>2</sub> fueron significativamente mayores en todos los niveles de ejercicio en la fase lútea. Sin embargo, su estudio no demostró una correlación significativa entre las variables respiratorias y la progesterona plasmática. No es sorprendente que V<sub>E</sub>/VO<sub>2</sub> y V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub> no estuvieran elevados en el estudio presente ya que V<sub>E</sub>, VO<sub>2</sub> y VCO<sub>2</sub> no fueron diferentes entre las fases menstruales, en los niveles de ejercicio submáximos y máximos.

### **Desempeño del Musculo Respiratorio**

Los valores de MIP antes y después del ejercicio durante las fases folicular y lútea del ciclo menstrual no fueron significativamente diferentes (P>0,05) en nuestro estudio. Bruno da Silva et al. (7) y Chen y Tang (10) informaron resultados similares. La evaluación del MIP es un índice de fatiga del músculo respiratoria global (5). La literatura sobre la generación de presión respiratoria estática por el ciclo menstrual es escasa. El estudio por Bruno el da el Silva et al. (7) demostró una débil (r=0,32) aunque significativa asociación entre MIP y las hormonas menstruales. Esto sugiere que las hormonas menstruales pueden tener influencia en los músculos torácicos de bombeo durante la fase lútea. Sin embargo, nuevamente, la correlación era débil y no sugiere una causa y efecto

## **CONCLUSIONES**

Nuestros resultados indican que la fase del ciclo menstrual no ejerció influencia en las respuestas espirométricas o ventilatorias, durante el ejercicio submáximo o el ejercicio máximo. No se observaron diferencias en las variables del test de ejercicio máximo y en la función del músculo respiratorio entre las fases folicular y lútea del ciclo menstrual. Estos resultados aportan datos adicionales que indican que el momento de la fase del ciclo menstrual no sería tan crítico como se

cree cuando se diseñan estudios de ejercicios sobre la ventilación y la función de los músculos respiratorios.

Una limitación al estudio presente es que no se midieron las hormonas ováricas durante las fases del ciclo menstrual. Sin embargo, todas las participantes informaron antecedentes menstruales normales y ninguna estaba consumiendo anticonceptivos orales.

#### **Dirección de contacto:**

Williams JS, PhD, Department of Health and Human Performance, Texas State University, San Marcos, Texas. (512) 245-1970; [jw88@txstate.edu](mailto:jw88@txstate.edu)

## **REFERENCIAS**

---

1. American Thoracic Society (1987). Standardization of spirometry. *ARRD*; 136:1285-1298
2. American Thoracic Society (1991). Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *ARRD*;144:1202-1218
3. Beidleman BA, Rock PB, Muza SR, Fulco CS (1999). Forte VA, Cymerman A. Exercise VE and physical performance at altitude are not affected by menstrual cycle phase. *J Appl Physiol*; 86:1519-1526
4. Bemben DA, Salm PC, Salm AJ (1995). Ventilatory and blood lactate responses to maximal treadmill exercise during the menstrual cycle. *J Sports Med Phys Fitness*; 35:257-262
5. Black LF, Hyatt RE (1969). Maximal expiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex. *ARRD*; 99:696-701
6. Blackie SP, Fairbairn MS, McElvaney NG, et al (1991). Normal values and ranges for ventilation and breathing pattern at maximal exercise. *Chest*; 100:136-142
7. Bruno da Silva S, de Sousa Ramalho Viana E., Cordeiro de Sousa M (2006). Changes in peak expiratory flow and menstrual respiratory strength during the menstrual cycle. *Respir Physiol Neurobiol*;150:211-219
8. Bryner RW, Toffle RC, Ullrich IH, et al (1996). Effect of low dose oral contraceptives on exercise performance. *Br J Sports Med*; 30:36-40
9. Casazza G, Sang-Hoon S, Miller B., Navazio F, Brooks G (2002). Effects of oral contraceptives on peak exercise capacity. *J Appl Physiol*; 93:1698-1702
10. Chen H, Tang Y (1989). Effects of the menstrual cycle on respiratory muscle function. *ARRD*;140:1359-1362
11. Das TK (1989). Effects of the menstrual cycle on timing and depth of breathing at rest. *Indian J Physiol Pharmacol*; 42:498-502
12. De Souza MJ, Maguire MS, Rubin KR, et al (1990). Effects of menstrual phase and amenorrhea on exercise performance in runners. *Med Sci Sports Exerc*; 22:575-580
13. Dean TM, Perreault L, Mazzeo RS, Horton TJ (2003). No effect of menstrual cycle phase on lactate threshold. *J Appl Physiol*; 95:2537-2543
14. Dombrov ML, Bonekat HW, Williams TJ, et al (1987). Exercise performance and ventilatory response in the menstrual cycle. *Med Sci Sports Exerc*; 19:111-117
15. Habedank D, Reindl I, Vietzke G, et al (1998). Ventilatory efficiency and exercise tolerance in 101 healthy volunteers. *Eur J Appl Physiol*;77:421-426
16. Hackney AC, Curley CS, Nicklas BJ (1991). Physiological responses to submaximal exercise at the mid-follicular, ovulatory, and mid-luteal phases of the menstrual cycle. *Scand J Med Sci Sports*;1:94-98
17. Jurkowski JE, Jones NL, Toews CJ, Sutton JR (1981). Effects of menstrual cycle on blood lactate, O<sub>2</sub> delivery, and performance during exercise. *J Appl Physiol*; 51:1493-1499
18. Lebrun CM, McKenzie DC, Prior JC, et al (1995). Effects of menstrual cycle phase on athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*; 27:437-444
19. Resmi SS, Samuel E, Kesavachandran C, Shashidhar S (2002). Effect of oral contraceptives on respiratory function. *Indian J Physiol Pharmacol*; 46:361-366
20. Schoene RB, Robertson HT, Pierson DJ, Peterson AP (1981). Respiratory drives and exercise in menstrual cycles of athletic and nonathletic women. *J Appl Physiol*; 50:1300-1305
21. Sheel AW, Richards JC, Foster GE, Guenette JA (2004). Sex differences in respiratory exercise physiology. *Sports Med* 2004;34:567-579
22. Stephenson LA, Kolka M, Wilkerson JE (1982). Metabolic and thermoregulatory responses to exercise during the human menstrual cycle. *Med Sci Sports Exerc*;14:270-275
23. Williams TJ, Krahenbuhl GS (1997). Menstrual cycle phase and running economy. *Med Sci Sports Exerc*; 29:1609-1618

#### **Cita Original**

Williams JS, Parsons, SM. Ventilatory and Respiratory Muscle Function at Rest and During Exercise Across the Menstrual Cycle. *JEPonline* 2011;14(5):109-117