

Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas

Inés Piñas Bonilla¹, Pablo Abián², Alfredo Bravo-Sánchez³, María Ramírez-de la Cruz¹, Fernando Jiménez¹, Javier Abián-Vicén¹

¹Performance and Sport Rehabilitation Laboratory (DEPORSALUD). Faculty of Sports Sciences, University of Castilla-La Mancha, Toledo. ²Faculty of Humanities and Social Sciences, Comillas Pontifical University, Madrid. ³Faculty of Health Sciences, Universidad Francisco de Vitoria, Pozuelo de Alarcón, Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00128

Recibido: 06/10/2022
Aceptado: 26/11/2022

Resumen

Introducción: Las hormonas sexuales femeninas propias del ciclo menstrual no solo tienen funciones reproductivas, también influyen en otros sistemas fisiológicos pudiendo afectar al rendimiento deportivo y cognitivo. El propósito del presente estudio ha sido evaluar distintos aspectos como la composición corporal, la resistencia, la fuerza muscular y algunas capacidades cognitivas en diferentes etapas del ciclo menstrual.

Material y método: En el estudio participaron ocho mujeres jóvenes eumenorreicas (edad = $23,1 \pm 4,4$ años) con ciclos menstruales regulares. Se realizó una prueba de densitometría y una bioimpedancia para estudiar la composición corporal, una prueba de memoria visual a corto plazo y un test de tiempo de reacción para evaluar habilidades cognitivas y se analizaron características del músculo (grosor y rigidez del recto anterior y fuerza muscular) junto a una prueba de esfuerzo para evaluar el rendimiento durante las fases folicular media (FF) y lútea media (FL) del ciclo menstrual de las participantes.

Resultados: Durante la fase folicular las participantes registraron un mayor tiempo total (FF = $488,5 \pm 93,18$ s vs. FL = $468,6 \pm 81,29$ s; $p = 0,015$) y una frecuencia cardíaca inicial menor (FF = $83,3 \pm 10,23$ PPM vs. FL = $92,9 \pm 7,67$ PPM; $p = 0,034$) en la prueba de esfuerzo. Además, respecto a las habilidades cognitivas, en la fase folicular se obtuvieron mejores resultados en el tiempo de reacción tanto con la mano derecha (FF = $0,426 \pm 0,082$ s vs. FL = $0,453 \pm 0,087$ s; $p = 0,036$) como con la mano izquierda (FF = $0,435 \pm 0,096$ s vs. FL = $0,466 \pm 0,077$ s; $p = 0,034$). Por otro lado, se encontró un mayor porcentaje de grasa (FF = $27,3 \pm 5,1\%$ vs. FL = $27,9 \pm 5,0\%$; $p = 0,041$) en la fase lútea.

Conclusión: El rendimiento en resistencia y en aspectos cognitivos como es el tiempo de reacción fue mejor en la Fase Folicular mientras que se observó un mayor porcentaje de grasa en la Fase Lútea. Sin embargo, la memoria, la fuerza y las características musculares no se vieron afectadas por las fluctuaciones hormonales propias del ciclo menstrual.

Palabras clave:

Ciclo menstrual. Mujer.
Aspectos cognitivos. Rendimiento.
Actividad física.

Influence of the menstrual cycle on physical and cognitive performance in eumenorrheic women

Summary

Introduction: The female sexual hormones typical of the menstrual cycle not only have reproductive functions, they also influence other physiological systems and can affect sports and cognitive performance. The purpose of this study has been to evaluate different aspects such as body composition, endurance, muscle strength and some cognitive abilities at different stages of the menstrual cycle.

Material and method: Eight young eumenorrheic women (age = 23.1 ± 4.4 years) with regular menstrual cycles participated in the study. A densitometry and bioimpedance test were performed to study body composition, a short-term visual memory test and a reaction time test to assess cognitive abilities, and muscle characteristics (thickness and stiffness of the anterior rectus and muscle strength) along with a progressive test to exhaustion were analyzed to assess performance during the mid-follicular (FF) and mid-luteal (FL) phases of the participants' menstrual cycle.

Results: During the follicular phase, the participants registered a greater total time (FF = 488.5 ± 93.18 s vs. FL = 468.6 ± 81.29 s; $P = 0.015$) and a lower initial heart rate (FF = 83.3 ± 10.23 PPM vs. FL = 92.9 ± 7.67 PPM; $P = 0.034$) in the progressive test to exhaustion. Regarding cognitive abilities, in the follicular phase, better results were obtained in reaction time both with the right hand (FF = 0.426 ± 0.082 s vs. FL = 0.453 ± 0.087 s; $P = 0.036$) and with the left hand (FF = 0.435 ± 0.096 s vs. FL = 0.466 ± 0.077 s; $P = 0.034$). On the other hand, a higher percentage of fat (FF = $27.3 \pm 5.1\%$ vs. FL = $27.9 \pm 5.0\%$; $P = 0.041$) was found in the luteal phase.

Conclusion: Performance in endurance and in cognitive test, such as reaction time was better in the Follicular Phase, while a higher percentage of fat was observed in the Luteal Phase. However, memory, strength and muscular characteristics were not affected by the hormonal fluctuations of the menstrual cycle.

Key words:

Menstrual cycle. Woman.
Cognitive aspects. Performance.
Physical activity.

Premio a la mejor comunicación de las Jornadas de Badajoz

Correspondencia: Javier Abián-Vicén
E-mail: javier.abian@uclm.es

Introducción

En los últimos años ha aumentado la participación de las mujeres en el deporte, creando la necesidad de comprender en detalle la fisiología del ejercicio en la atleta femenina¹. En los años 80 se aceptaba que las respuestas fisiológicas al ejercicio no diferían entre hombres y mujeres². Con el auge de la investigación, en las últimas décadas se ha demostrado que en las primeras etapas de la niñez no hay diferencias entre sexos, y que estas discordancias aparecen a partir de la pubertad, coincidiendo con el inicio de la producción de testosterona por parte de los hombres³. En la edad adulta, los hombres secretan treinta veces más testosterona que las mujeres, dotándoles de una ventaja significativa en cuanto a la fuerza, velocidad y resistencia^{4,5}.

Por su parte las mujeres a partir de la pubertad inician su ciclo menstrual (CM), uno de los ritmos biológicos más importantes de la fisiología humana⁶. Es un proceso fisiológico generado por la interacción del hipotálamo con las hormonas hipofisarias que provocan diversos cambios no solo en el aparato reproductor femenino, sino también en otros tejidos del cuerpo⁷. El ciclo ovárico dura de 25 a 30 días y se divide en dos fases según la función ovárica que se realiza en cada una: fase folicular (FF) y fase lútea (FL)⁸. La fase folicular comienza con la menstruación que suele durar de 4 a 6 días⁹. A partir del día 6, el hipotálamo secreta hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) con mayor frecuencia para producir la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH)¹⁰. La FSH estimula el crecimiento de los folículos en el ovario, como resultado impulsa la producción de estradiol. La LH por su parte, alcanzan su punto máximo el día 14 del ciclo, provocando la liberación del folículo maduro del ovario a la trompa de Falopio, es decir, la ovulación¹¹. La fase lútea se caracteriza por la formación del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona¹². La fase lútea terminará con la muerte del cuerpo lúteo provocando una disminución de progesterona, y la degradación del endometrio a través del sangrado menstrual, de esta manera finalizaría el ciclo menstrual¹³.

Hay una gran variedad de mecanismos que sugieren que las fluctuaciones cíclicas del estrógeno y progesterona a través del CM podrían afectar al rendimiento deportivo. Los estrógenos modulan la composición corporal al aumentar la masa grasa¹⁴ y promueven la retención de agua¹⁵. Es interesante destacar que los estrógenos también aumentan la capacidad de almacenamiento de glucógeno muscular¹⁶ que mejora la capacidad oxidativa y disminuye la dependencia de las vías anaeróbicas para la producción de adenosina trifosfato (ATP), por lo tanto, altos niveles de estrógenos se asocian con niveles más bajos

de lactato en sangre y la disminución de la fatiga muscular¹⁷. Por su parte, la progesterona influye en otros parámetros como la frecuencia cardíaca en reposo, que aumenta de manera destacable en la fase lútea¹⁸. Como consecuencia aumenta la sensación subjetiva del esfuerzo, disminuyendo el rendimiento deportivo¹⁹. Además promueve el catabolismo de proteínas, lo que a su vez, reduce el estímulo de síntesis de proteínas musculares²⁰. Por tanto, un aumento de estrógenos y una disminución de progesterona, proceso que ocurre en la fase folicular, estaría relacionado con mayores resultados en fuerza y potencia. Si nos centramos en la rigidez muscular, Yim *et al*²¹ sugirió que el aumento de estrógenos en ciertas fases del CM reducía la rigidez de distintos tejidos musculares y conectivos. Por otro lado, durante estos últimos años se ha planteado la posibilidad de que el ciclo menstrual y en específico la progesterona, tenga un efecto negativo en algunas habilidades cognitivas como la memoria a corto plazo²² o el tiempo de reacción, pero en otros estudios se concluyó que estas aptitudes pueden estar mediadas por percepciones alteradas y expectativas socioculturales, más que por los déficits cognitivos identificables²³.

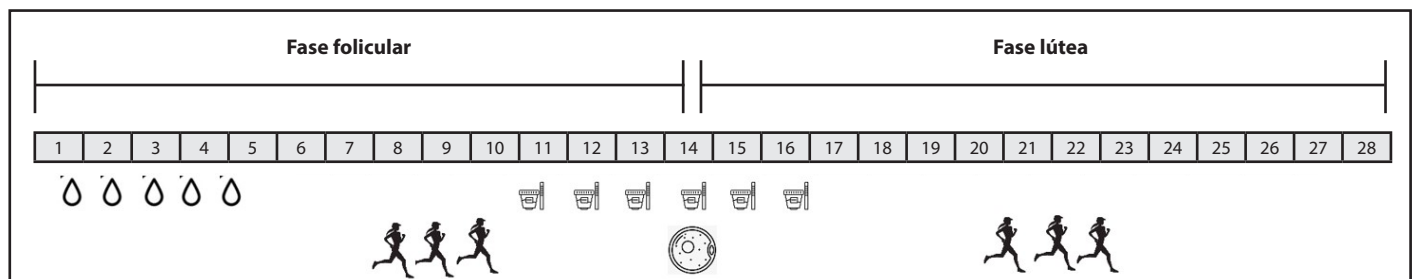
Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, no sería correcto aplicar directamente a las mujeres los estudios realizados en hombres, dadas las diferencias fisiológicas y endocrinológicas entre sexos²⁴. A partir de estas evidencias, existe una línea de investigación centrada en estudiar los efectos de la fisiología de la mujer²⁵, llegando a la conclusión de que para realizar un estudio idóneo sobre el rendimiento deportivo en las mujeres, se deberían considerar los efectos de las fluctuaciones hormonales en el ciclo menstrual. Por lo tanto, el propósito del presente estudio ha sido evaluar el efecto del ciclo menstrual sobre la composición corporal, la resistencia, diferentes aspectos cognitivos (memoria y tiempo de reacción) y características del músculo (fuerza muscular, grosor y rigidez) en mujeres jóvenes eumenorreicas. Se plantea la hipótesis de que en la fase lútea se observará una mayor masa corporal y porcentaje de agua y en la fase folicular un mayor rendimiento físico y una mejor respuesta de aptitudes cognitivas como la memoria a corto plazo.

Material y método

Diseño del estudio

El diseño experimental de este estudio es de medidas repetidas, se midieron las variables dependientes en dos momentos diferentes del ciclo menstrual de las participantes, concretamente en la fase folicular media y en la fase lútea media (Figura 1). Según estudios recientes estos

Figura 1. Cronología del protocolo de pruebas para una participante con un ciclo menstrual de 28 días.



dos momentos representan la preovulación y el pico de concentración de progesterona respectivamente⁹. El inicio de la menstruación marcaba el día 1 del ciclo, la fase folicular media se produciría entre ocho y diez días después del primer día de menstruación. La fase lútea media se correspondería con los días 20-22 para un ciclo regular de 28 días. La elección de estos momentos se realizó siguiendo la metodología del estudio de Carmichael *et al*⁹. En primer lugar, se realizó una familiarización con el protocolo una semana antes del inicio de la fase experimental, con el fin de minimizar cualquier efecto relacionado con el aprendizaje durante las mediciones. Las mediciones se realizaron durante dos fases consecutivas (FF y FL), pero se aleatorizó por cual de las dos fases comenzaba cada uno de los sujetos, de tal forma que en la mitad de los sujetos se comenzó con la FF y en la otra mitad con la FL. Las pruebas en cada día de medición se realizaron en un mismo orden: una absorciometría de energía dual de rayo x (DXA) y una bioimpedancia para evaluar la composición corporal; una prueba de tiempo de reacción y un test de memoria a corto plazo; una ecografía para estudiar el grosor del músculo recto anterior y una prueba de rigidez muscular de dicho músculo; una prueba de fuerza máxima de extensión y flexión de rodilla; y finalmente una prueba de esfuerzo (Figura 2).

Participantes

Ocho mujeres jóvenes eumenorreicas (edad = $23,1 \pm 4,4$ años; masa total = $56,33 \pm 6,65$ kg; estatura = $165,5 \pm 4,7$ cm), con ciclos menstruales regulares participaron voluntariamente en este estudio. Los criterios de

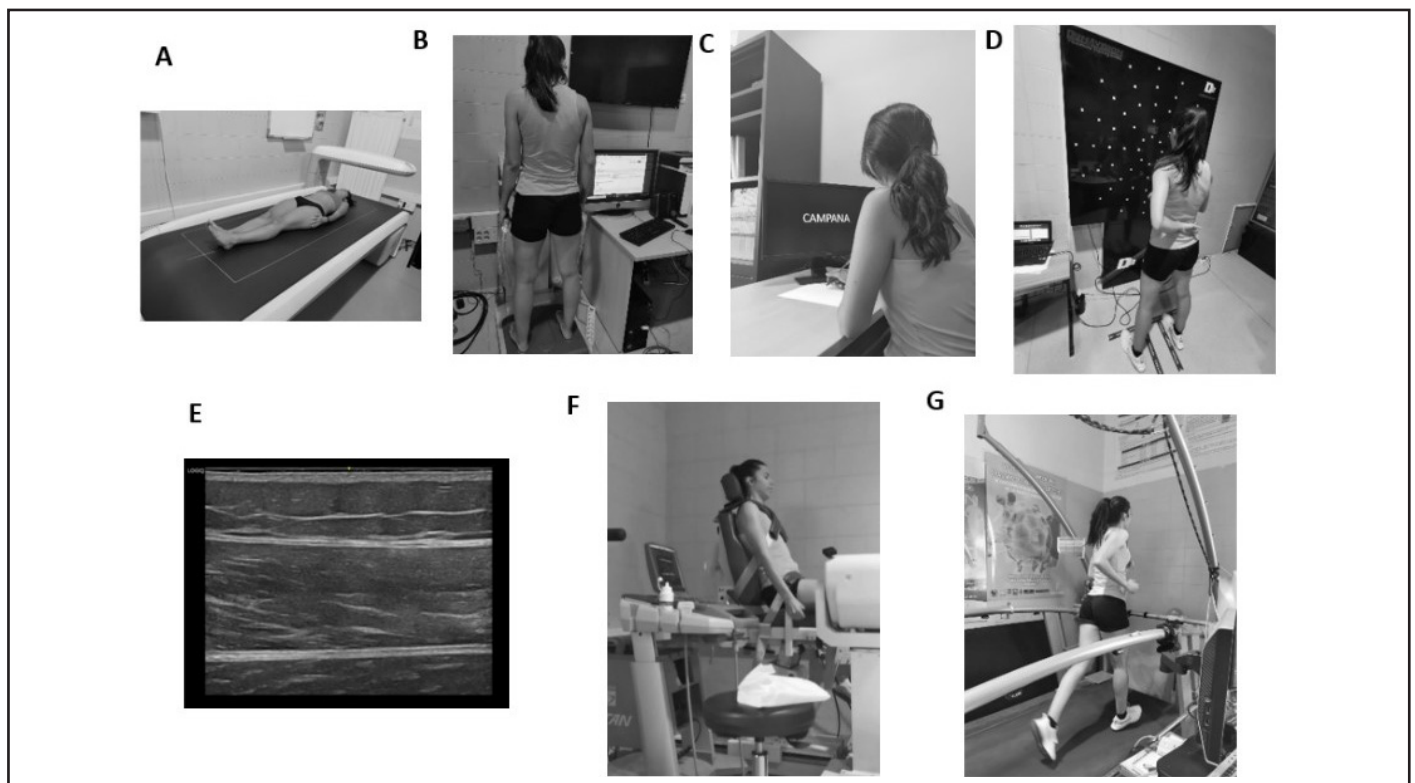
inclusión para todas las participantes fueron: ser mayor de edad, que fueran físicamente activas (realizaran actividad física al menos tres días a la semana) y la ausencia de trastornos menstruales. Además, las participantes no habían tenido experiencia con anticonceptivos y suplementos hormonales durante al menos 6 meses antes de la prueba y debían tener un historial de ciclos menstruales clínicamente normales. Los sujetos fueron excluidos si informaron de cualquier tipo de lesión dentro de los 6 meses anteriores al inicio de estudio, un estado positivo de tabaquismo, uso de anticonceptivos orales y suplementos hormonales o cualquier tipo de trastornos menstruales tales como dismenorrea, amenorrea o síntomas fuertes asociados con el síndrome premenstrual²⁶.

Procedimiento

Determinación de las fases del ciclo menstrual

La regularidad y duración del ciclo menstrual se monitorizaron en cada participante durante los 6 meses previos al inicio de la investigación a través de una aplicación móvil (Mycalendar®, Period-tracker, EE.UU.). Con esta aplicación, las participantes completaron un diario de menstruación que incluía: el inicio y finalización del sangrado, día de ovulación y la duración total del ciclo. Este ciclo se evaluó de manera individual en cada sujeto y el promedio fue de $29,3 \pm 1,5$ días²⁷. Durante las pruebas de familiarización se les informó que debían medirse la temperatura corporal basal (BBT) y la masa todas las mañanas inmediatamente después de despertarse. Los aumentos de la temperatura de al menos

Figura 2. Imágenes tomadas durante la realización de las pruebas. A. Prueba de densitometría. B. Prueba de Bioimpedancia. C. Test de Memoria. D. Test Reaction Time. E. Ecografía del recto anterior. F. Prueba de fuerza con isocinético G. Prueba de resistencia.



0,3 °C, cambios de masa corporal de al menos 0,5%, y la información proporcionada por la aplicación de seguimiento del período también ayudaron en la identificación de las fases del ciclo menstrual²⁸. Además, se les suministraron tiras reactivas (Ovulation LH Test Strip; Cuckool. China) para evaluar el aumento de la hormona luteinizante (LH) en la primera muestra de orina de la mañana, y así determinar el día de ovulación. Gracias a toda esta información se pudieron determinar los momentos en los que se realizaron las mediciones, la fase folicular entre el 25-30% y la fase lútea entre el 70-75% de la duración del ciclo menstrual individual. Este protocolo permitió que las pruebas se realizaran en las mismas fases del ciclo para todas las participantes, a pesar de que las duraciones del CM fueran diferentes²⁹ (Figura 1).

Análisis de la composición corporal

En primer lugar, se midió la masa corporal con la menor cantidad de ropa posible y la estatura utilizando una báscula con estadiómetro (Seca 711, Seca, Alemania). Posteriormente las participantes se sometieron a un examen de densidad mineral ósea por medio de un DXA (GE Lunar IDXA, GE Healthcare, Madison, WI, USA) que nos permitió registrar la masa ósea, el porcentaje de grasa, y la composición de los tejidos blandos³⁰. La prueba de densitometría se realizó utilizando el protocolo de cuerpo completo, donde el sujeto debía colocarse en decúbito supino, con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo y los pies juntos. Se completó el análisis de la composición corporal, mediante un examen de bioimpedancia con un InBody 720 (Biospace Inc. Tokyo, Japón), que analizaba parámetros como el porcentaje de grasa corporal, la masa músculo-esquelética, el agua corporal total y la tasa metabólica basal. Para ello, el paciente debía subirse al Inbody, tomar con ambas manos los manubrios superiores, colocando sus pulgares sobre los contactos específicos y debía mantener la posición sin moverse hasta que el instrumento terminaba la medición³¹.

Aspectos cognitivos

En primer lugar, mediante el Dynavision™ D2 Visuomotor Device (Dynavision International LLC, West Chester, OH, USA), se midió el tiempo de reacción. Este dispositivo consiste en una tabla (1,21 m × 1,21 m) que contiene 64 botones que sirven como estímulo visual. Se encuentran dispuestos en 5 círculos concéntricos que rodean una pantalla central que deberá estar a la altura de los ojos. Se realizó una estandarización de la prueba donde los sujetos debían colocarse a 40 cm de la pantalla y con una separación de 15 cm entre sus pies. El protocolo que se utilizó fue el *Reaction time* desarrollado por Wells et al³². La prueba consistía en pulsar el "botón home" iluminado de rojo y tras iluminarse una nueva luz roja en el tablero, presionar el botón para apagar la luz lo más rápido posible. Se realizó el protocolo tres veces con cada mano y se cogió el mejor tiempo transcurrido desde que se encendía el botón hasta que este botón era presionado por la participante.

La otra variable cognitiva que se midió fue la memoria a corto plazo mediante una prueba visual similar a la desarrollada por Nelson et al³³ para estudiar la modulación de los procesos de almacenamiento de la memoria. Consiste en tres listas de 20 palabras, una para cada toma de datos (familiarización, FF y FL) con palabras muy concretas y con puntuaciones de concreción e imagen >6,40 en una escala de 1

a 7, de la lista normativa de Paivio et al³⁴. Cada una de las 20 palabras de la lista se presentaba durante 5 segundos, con una duración total de la presentación de 100 segundos. A continuación, se dejó un período de consolidación de 100 segundos. Después de este período, se indicaba a los sujetos que escribieran durante 120 segundos el mayor número palabras que recordaban, independientemente de su orden de presentación³⁵.

Características musculares (fuerza, grosor y rigidez)

Respecto a las características musculares, en primer lugar, estudiamos mediante ecografía Logiq® S8 ultrasound (GE Healthcare, Wilwaukee, WI, USA) el grosor del músculo recto anterior. Para ello se colocó a las participantes sentadas con una flexión de rodilla de 20°, se marcó con un rotulador permanente el punto medio entre la espina iliaca antero-superior y el borde superior de la rótula para situarnos encima del recto anterior. Se midió la distancia entre la aponeurosis superficial y profunda del recto anterior de forma perpendicular a las fibras del músculo. Posteriormente, se midió la rigidez muscular pasiva en estado relajado utilizando un dispositivo de miotonometría manual, el MyotonPRO (Myoton AS, Tallinn, Estonia), que aplica un breve impulso mecánico durante 5 ms para provocar oscilaciones amortiguadas. Se midió la rigidez en el mismo lugar donde se había realizado la ecografía previamente.

Por último, se midió la fuerza máxima de extensión y flexión de rodilla mediante una prueba isométrica unilateral con la pierna dominante medida con el Biodex System 3 (Biodex Medical Systems; Shirley, NY, EE.UU.). Previo al inicio de esta prueba las participantes realizaban un calentamiento de 5 minutos en un cicloergómetro a 50 vatios. A continuación, las participantes se sentaban en la silla del isocinético y se les fijaba la posición con diferentes cinchas, la articulación de la rodilla se situaba con 90° de flexión. Una vez colocadas en la posición de la prueba las participantes realizaban varias repeticiones submáximas de flexión y extensión de rodilla para terminar el calentamiento. El protocolo que se utilizó consistía en realizar una extensión máxima de rodilla durante 5 segundos, 10 segundos de descanso, y posteriormente 5 segundos de máxima flexión de rodilla. Esta prueba se realizó 3 veces con un minuto de descanso entre ellas³⁶.

Resistencia

Se realizó una prueba de esfuerzo en un tapiz rodante HP Cosmos Saturn Med 4.0 (Saturn, Traunstein, Germany). El protocolo constaba de una fase de calentamiento de dos minutos caminado sobre el tapiz a 4 km/h. Tras un minuto de calentamiento se registraron las pulsaciones, tomando ese dato como pulsaciones en estado inicial mediante el pulsómetro Polar H9 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). Tras el calentamiento comenzaba la prueba de esfuerzo, donde las participantes empezaban a correr a 6 km/h, en cada minuto de prueba, la velocidad aumentaba un km/h. Al final de la etapa de esfuerzo se registró el tiempo total, la máxima velocidad conseguida y las pulsaciones finales. Para finalizar la prueba, las participantes realizaron una recuperación de 3 minutos andando a 4 km/h, donde se registró la frecuencia cardiaca al finalizar el primer minuto de recuperación.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el siguiente software: Una hoja de Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA) para almacenar los datos de las medidas y el SPSS v. 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) para realizar los cálculos estadísticos. Inicialmente se comprobó la normalidad de las variables con la prueba de Shapiro-Wilk. Como todas las variables mostraron una distribución normal se utilizó la prueba *t* de Student para muestras relacionadas para analizar las diferencias entre los dos instantes del ciclo analizados (FF vs. FL). Las relaciones entre variables fueron analizadas con el coeficiente de correlación de Pearson. Se calcularon los tamaños de efecto en todas las comparaciones por pares usando la *d*-Cohen. Se interpretó la magnitud del tamaño del efecto usando la escala propuesta por Cohen: Un tamaño del efecto (ES) de 0,2 fue considerado pequeño, alrededor de 0,5 fue considerado medio y sobre 0,8 fue considerado grande. Se estableció el valor de $p < 0,05$ como criterio de significación.

Resultados

Los datos correspondientes a las variables de composición corporal se muestran en la Tabla 1. Se encontró un aumento ($p < 0,05$) de la grasa total y del porcentaje de grasa en la fase lútea con respecto a la folicular. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la masa total, la DMO ni en la masa músculo esquelética entre las dos fases analizadas (Tabla 1).

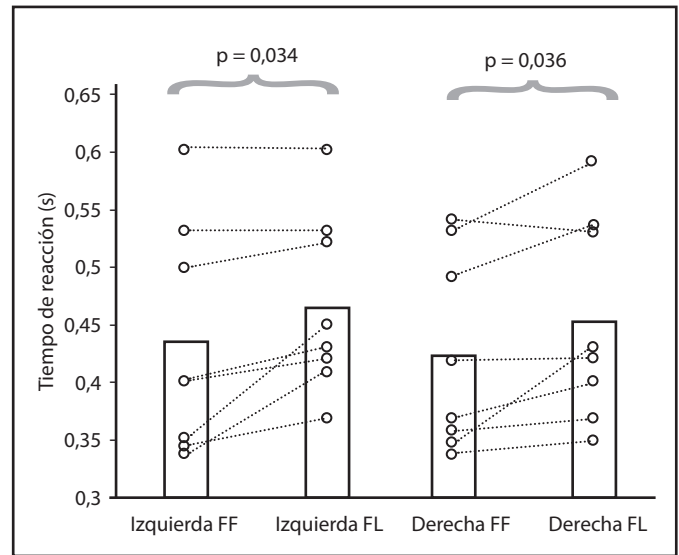
No se observaron diferencias significativas durante las fases del ciclo menstrual en la memoria a corto plazo (FF = $15,5 \pm 3,9$ palabras vs. FL = $14,7 \pm 3,1$ palabras; $p = 0,468$; Intervalo de confianza (CI) 95%: -1,6 hasta 3,1 palabras; ES = 0,1). Sin embargo, se observó una mejora en el tiempo de reacción en la fase folicular, realizado tanto con la mano derecha (FF = $0,426 \pm 0,082$ s vs. FL = $0,453 \pm 0,087$ s; $p = 0,036$; CI 95%:

-0,050 hasta -0,002 s; ES = 0,9) como con la mano izquierda (FF = $0,435 \pm 0,096$ s vs. FL = $0,466 \pm 0,077$ s; $p = 0,034$; CI 95%: -0,059 hasta -0,003 s; ES = 0,9) (Figura 3).

No se encontraron diferencias significativas al comparar las dos fases del ciclo menstrual ni en la morfología y la rigidez del recto anterior ni en la fuerza máxima de extensión y flexión de la rodilla (Tabla 2).

En lo referente a la resistencia, encontramos una mayor frecuencia cardiaca antes de iniciar la prueba en la fase lútea que en la fase folicular (FF = $83,3 \pm 10,2$ pulsaciones/min vs. FL = $92,9 \pm 7,7$ pulsaciones/min;

Figura 3. Tiempo de reacción con la mano derecha e izquierda en el test Reaction Time del Dynavision™.



FF: fase folicular; FL: fase lútea.

Tabla 1. Efectos del ciclo menstrual sobre la composición corporal.

	Fase folicular	Fase lútea	Δ	p-valor	CI 95%	ES
Masa total (kg)	$54,4 \pm 7,7$	$55,0 \pm 7,9$	-1,1	0,349	-2,3 hasta 0,2	0,4
DMO (g/cm^2)	$1,13 \pm 0,14$	$1,14 \pm 0,13$	-0,9	0,554	-0,08 hasta 0,01	0,4
Porcentaje de grasa (%)	$27,3 \pm 5,1$	$27,9 \pm 5$	-2,2	0,041	-0,6 hasta -0,3	0,7
Grasa total (g)	$14,9 \pm 4,2$	$15,4 \pm 4,4$	-3,4	0,036	-0,45 hasta -0,04	0,7
Masa músculo esquelética (kg)	$23,54 \pm 3,23$	$23,49 \pm 3,42$	0,2	0,695	-0,2 hasta 0,3	0,1

ES: tamaño del efecto; CI: intervalo de confianza; DMO: densidad mineral ósea.

Tabla 2. Efectos del ciclo menstrual sobre las características musculares.

	Fase folicular	Fase lútea	Δ	p-valor	CI 95%	ES
Grosor recto anterior (mm)	$1,53 \pm 0,37$	$1,58 \pm 0,19$	-3,3	0,515	-0,22 hasta 0,12	0,2
Stiffness (N/m)	$197,43 \pm 15,83$	$193,43 \pm 15,54$	2,0	0,300	-4,64 hasta 12,64	0,4
Fuerza máxima extensión (N)	$174,1 \pm 58,5$	$168,4 \pm 47,6$	3,3	0,589	-18,15 hasta 29,58	0,2
Fuerza máxima flexión (N)	$73,3 \pm 9,8$	$80,4 \pm 22,8$	-9,7	0,742	-33,5 hasta 10,1	0,2

ES: tamaño del efecto; CI: intervalo de confianza.

$p = 0,034$; CI 95%: desde -10,0 hasta -1,2 pulsaciones/min; $ES = 0,8$), sin embargo, se encontró que las participantes tuvieron una mayor duración de la prueba en la fase folicular ($FF = 488,5 \pm 93,2$ s vs. $FL = 468,6 \pm 81,3$ s; $p = 0,029$; CI 95%: desde 2,7 hasta 37,1 s; $ES = 0,9$). No encontramos diferencias en la frecuencia cardiaca al finalizar la prueba ($189,1 \pm 8,8$ pulsaciones/min vs. $189,5 \pm 10,8$ pulsaciones/min; $p = 0,807$; CI 95%: desde -3,8 hasta 3,1 pulsaciones/min; $ES = 0,1$) ni tras un minuto de recuperación ($170,1 \pm 11,9$ pulsaciones/min vs. $171,8 \pm 11,2$ pulsaciones/min; $p = 0,650$; CI 95%: desde -9,7 hasta 6,5 pulsaciones/min; $ES = 0,2$).

Discusión

El propósito de este estudio fue examinar el efecto del ciclo menstrual sobre la composición corporal, la resistencia, diferentes aspectos cognitivos (memoria y tiempo de reacción) y características del músculo (fuerza muscular, grosor y rigidez) en mujeres jóvenes eumenorreicas. Los hallazgos más importantes del estudio fueron: 1) La grasa corporal total y el porcentaje de grasa fueron mayores en la fase lútea, 2) En la resistencia encontramos un mayor tiempo total de esfuerzo y una menor frecuencia cardiaca basal en la fase folicular, 3) El tiempo de reacción fue mejor en la fase folicular y, por último, 4) La memoria a corto plazo, la fuerza muscular y las características del músculo no se vieron afectadas por el ciclo menstrual y las hormonas implicadas.

El análisis de las variables de composición corporal a lo largo del ciclo menstrual ha mostrado unos valores mayores en la masa grasa total y el porcentaje de grasa en la FL. Estas variaciones en la grasa total podrían ser una de las causas por las cuales se producen alteraciones en el rendimiento deportivo en las mujeres. Muchas mujeres aseguran experimentar cambios físicos durante el ciclo menstrual, destacando el aumento de peso, siendo notorio en los días antes del flujo menstrual que se corresponden a la fase lútea¹⁴. Carmichael *et al*⁸ encontraron una mayor masa grasa en el análisis DXA en la FL con respecto a la FF. Llevaron a cabo un control de la dieta 24 horas antes y un análisis de la hidratación, para poder eliminar cualquier variable que pudiera influir en los resultados. En nuestro estudio no hemos encontrado diferencias significativas en el agua corporal, aunque se debe tener en cuenta que no se controló el grado de hidratación de los sujetos, pese a ello se pidió a las participantes que vinieran al Laboratorio los dos días en las mismas condiciones previas y todas las participantes realizaron ambas pruebas a la misma hora del día. Por otro lado, es comprensible que el DMO no variará en los distintos momentos del ciclo menstrual, ya que es un parámetro que varía muy poco a lo largo del tiempo⁶.

Respecto a la resistencia, el tiempo total de la prueba de esfuerzo muestra unos resultados similares a los registrados en las últimas investigaciones que han concluido que la resistencia, en concreto, las respuestas al ejercicio sub-máximo son significativamente diferentes durante las fases del ciclo menstrual¹⁹. Algunos estudios sugieren un posible aumento leve en la capacidad aeróbica o la eficiencia del ejercicio durante la fase folicular⁶. Estas afirmaciones pueden estar relacionadas con los niveles altos de estrógenos propios de la fase folicular y su relación con los bajos niveles de lactato¹⁷. Se ha observado una relación inversa donde a niveles más altos de estrógenos se corresponden niveles más bajos de lactato, dando lugar a la disminución de

fatiga muscular y, por tanto, una mejora del rendimiento. Por su parte, en el presente estudio hemos registrado mayores pulsaciones iniciales en la fase lútea que puede estar relacionado con los altos niveles de progesterona característicos de dicha fase¹⁸. A pesar de esta afirmación, existe una gran variedad de estudios que no confirman esta hipótesis y que defienden que no existen diferencias en la capacidad aeróbica y anaeróbica durante el transcurso del ciclo menstrual⁶.

Henderson²² estudió el efecto de la progesterona en el rendimiento cognitivo de las mujeres y observó que en las mujeres en edad reproductiva la diferencia era mínima, pero tras la menopausia y la terapia hormonal, la progesterona tenía un papel nocivo sobre la memoria a corto plazo. En nuestro estudio no hemos encontrado diferencias entre las dos fases analizadas en la memoria a corto plazo que van en la línea de los últimos estudios que no revelan efectos consistentes clínicamente importantes del efecto de la progesterona sobre la función cognitiva en las mujeres³⁷.

Respecto al tiempo de reacción hemos encontrado diferencias significativas tanto en la mano derecha como en la mano izquierda, las participantes en la fase folicular presentaban un tiempo reacción mejor. A pesar de que Karia³⁸ concluyó que el tiempo de reacción es una habilidad que depende de una gran variedad de factores como la edad, sexo, el número, intensidad y duración de los estímulos, otros estudios han encontrado relaciones entre los niveles fluctuantes de estrógeno y progesterona durante el ciclo menstrual normal y el tiempo de reacción³⁹. Kumar *et al*⁴⁰ atribuyeron la prolongación del tiempo de reacción en mujeres durante la fase lútea a las hormonas sexuales femeninas, que provocan retención de sal y agua, que a su vez influyen en el proceso axonal de conducción y disponibilidad de neurotransmisores en la sinapsis. Morgan and Rapkin²³ han mostrado una correlación positiva entre el tiempo de reacción y el índice de masa corporal en las mujeres, a mayor masa corporal, mayor tiempo de reacción.

Las variables relacionadas con la fuerza muscular analizadas en este estudio permanecen constantes entre las fases del ciclo menstrual, a pesar de las fluctuaciones en las concentraciones de los niveles circulantes de estrógenos y progesterona que se dan durante ellas⁴¹. Así lo vemos en diferentes estudios, donde las mujeres eumenorreicas, que participan en deportes o actividades que dependen de la fuerza, parecen no estar en desventaja por la fase menstrual en la que se encuentran²⁹. Aunque la comparación de resultados es difícil por la falta de investigaciones que empleen mediciones de fuerza similares a las de este estudio y la utilización de diferentes metodologías para determinar las fases del ciclo menstrual. En el estudio de Birch and Reilly⁴² donde analizaron la fuerza isométrica de los músculos de la extremidad inferior en FF y FL, determinaron que la producción de fuerza voluntaria máxima no parecía estar influenciada por las fases menstruales. La fuerza muscular, la potencia, y la velocidad tampoco se vieron afectadas. A pesar de que los resultados apunten a la no existencia de diferencias significativas en las variables mecánicas, sabemos que las fluctuaciones hormonales a lo largo de ciclo menstrual son indiscutibles y estas deben ser controladas para obtener resultados más claros. Algunos estudios donde se realizaron pruebas serológicas para controlar los niveles hormonales observaron que la fuerza muscular se veía alterada, siendo mayor en la fase folicular⁴³. Estos resultados apoyan la idea de que el músculo esquelético es sensible a los cambios en la concentración de estrógenos y que se deben tener en

cuenta a la hora de la planificación del entrenamiento y del desarrollo de estrategias, con el fin de prevenir lesiones en las extremidades inferiores durante las actividades deportivas⁴³.

Limitaciones del estudio

En el presente estudio existen varias limitaciones que deben exponerse. En primer lugar, el tamaño de la muestra era reducido por lo que los resultados deben tratarse con cautela. Debido a esto, encontrar relaciones significativas entre las variables analizadas es complejo ya que las pruebas estadísticas requieren de un tamaño de muestra determinado para asegurar representatividad. Por otro lado, es importante destacar los problemas asociados a la identificación precisa de las fases menstruales en cada participante. Aunque los resultados falsos positivos son muy improbables en las pruebas de LH en orina, estas dependían de que las participantes realizaran las pruebas correctamente. Para minimizar el sesgo producido por esta auto-medición, las participantes recibieron indicaciones precisas antes de las mediciones. A pesar de estas limitaciones, el estudio aporta algunas orientaciones sobre los efectos de las fases del ciclo menstrual sobre las capacidades físicas y cognitivas de mujeres eumenorreicas.

Conclusiones

Podemos concluir que la composición corporal, la velocidad de reacción y el rendimiento en la prueba de resistencia han variado en las fases del ciclo menstrual analizadas (fase lútea y fase folicular). En la fase lútea se ha encontrado un mayor porcentaje de grasa y más grasa total que en la fase folicular, mientras que el rendimiento en la velocidad de reacción y en la prueba de resistencia ha sido mayor en la fase folicular. Por otro lado, la memoria a corto plazo, el grosor y la rigidez muscular y la fuerza no se han visto afectadas por los cambios hormonales que suceden durante el ciclo menstrual.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Hulteen RM, Smith JJ, Morgan PJ, Barnett LM, Hallal PC, Colyvas K, et al. Global participation in sport and leisure-time physical activities: A systematic review and meta-analysis. *Prev Med*. 2017;95:14-25.
- Joyner MJ. Physiological limits to endurance exercise performance: influence of sex. *J Physiol*. 2017;595(9):2949-54.
- Handelsman DJ, Hirschberg AL, Bermon S. Circulating Testosterone as the Hormonal Basis of Sex Differences in Athletic Performance. *Endocr Rev*. 2018;39(5):803-29.
- Southren AL, Tochimoto S, Carmody NC, Isurugi K. Plasma production rates of testosterone in normal adult men and women and in patients with the syndrome of feminizing testes. *J Clin Endocrinol Metab*. 1965;25(11):1441-50.
- Handelsman DJ. Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2017;87(1):68-72.
- Constantini NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. *Clin Sports Med*. 2005;24(2):e51-82, xiii-xiv.
- Richards JS. The Ovarian Cycle. *Vitam Horm*. 2018;107:1-25.
- Reed BG, Carr BR. *The Normal Menstrual Cycle and the Control of Ovulation*: MDTText.com, Inc., South Dartmouth (MA); 2000.
- Carmichael MA, Thomson RL, Moran LJ, Wycherley TP. The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4).
- Holesh JE, Bass AN, Lord M. *Physiology, Ovulation*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- Anderson RC, Newton CL, Anderson RA, Millar RP. Gonadotropins and Their Analogs: Current and Potential Clinical Applications. *Endocr Rev*. 2018;39(6):911-37.
- Tanski D, Skowronska A, Tanska M, Lepiarczyk E, Skowronski MT. The In Vitro Effect of Steroid Hormones, Arachidonic Acid, and Kinases Inhibitors on Aquaporin 1, 2, 5, and 7 Gene Expression in the Porcine Uterine Luminal Epithelial Cells during the Estrous Cycle. *Cells*. 2021;10(4).
- Piette P. The history of natural progesterone, the never-ending story. *Climacteric*. 2018;21(4):308-14.
- Ziomkiewicz A, Ellison PT, Lipson SF, Thune I, Jasienska G. Body fat, energy balance and estradiol levels: a study based on hormonal profiles from complete menstrual cycles. *Human Reproduction*. 2008;23(11):2555-63.
- Stachenfeld NS, Keefe DL, Palter SF. Estrogen and progesterone effects on transcapillary fluid dynamics. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2001;281(4):R1319-29.
- Hackney AC. Effects of the menstrual cycle on resting muscle glycogen content. *Horm Metab Res*. 1990;22(12):647.
- Oosthuysen T, Bosch AN. Oestrogen's regulation of fat metabolism during exercise and gender specific effects. *Curr Opin Pharmacol*. 2012;12(3):363-71.
- Sedlak T, Shufelt C, Iribarren C, Merz CN. Sex hormones and the QT interval: a review. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012;21(9):933-41.
- Janse-DE-Jonge XA, Thompson MW, Chuter VH, Silk LN, Thom JM. Exercise performance over the menstrual cycle in temperate and hot, humid conditions. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(11):2190-8.
- Lamont LS, Lemon PW, Bruot BC. Menstrual cycle and exercise effects on protein catabolism. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19(2):106-10.
- Yim J, Petrofsky J, Lee H. Correlation between Mechanical Properties of the Ankle Muscles and Postural Sway during the Menstrual Cycle. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 2018;244(3):201-7.
- Henderson VW. Progesterone and human cognition. *Climacteric*. 2018;21(4):333-40.
- Morgan M, Rapkin A. Cognitive flexibility, reaction time, and attention in women with premenstrual dysphoric disorder. *J Gen Psychol*. 2002;5(3):28-36.
- Cable NT, Elliott KJ. The Influence of Reproductive Hormones on Muscle Strength. *Biological Rhythm Research*. 2004;35(3):235-44.
- Edwards DA, Turan B. Within-person coupling of estradiol, testosterone, and cortisol in women athletes. *Peer J*. 2020;8:e8402.
- Tenan MS, Hackney AC, Griffin L. Maximal force and tremor changes across the menstrual cycle. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(1):153-60.
- Janse-DE-Jonge XA, Thompson B, Han A. Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(12):2610-7.
- Lara B, Gutiérrez-Hellín J, García-Bataller A, Rodríguez-Fernández P, Romero-Moraleda B, Del Coso J. Ergogenic effects of caffeine on peak aerobic cycling power during the menstrual cycle. *Eur J Nutr*. 2020;59(6):2525-34.
- Romero-Moraleda B, Coso JD, Gutiérrez-Hellín J, Ruiz-Moreno C, Grgic J, Lara B. The Influence of the Menstrual Cycle on Muscle Strength and Power Performance. *J Hum Kinet*. 2019;68:123-33.
- Shepherd JA, Ng BK, Sommer MJ, Heymsfield SB. Body composition by DXA. *Bone*. 2017;104:101-5.
- Churchill SJ, Wang ET, Bhasin G, Alexander C, Bresee C, Pall M, et al. Basal metabolic rate in women with PCOS compared to eumenorrheic controls. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2015;83(3):384-8.
- Wells AJ, Hoffman JR, Beyer KS, Jajtner AR, Gonzalez AM, Townsend JR, et al. Reliability of the dynavision™ d2 for assessing reaction time performance. *J Sports Sci Med*. 2014;13(1):145-50.
- Nelson DL, McEvoy CL, Schreiber TA. The University of South Florida free association, rhyme, and word fragment norms. *Behav Res Methods Instrum Comput*. 2004;36(3):402-7.
- Paivio A, Yuille JC, Madigan SA. Concreteness, imagery, and meaningfulness values for 925 nouns. *J Exp Psychol*. 1968;76(1):Suppl:1-25.
- VanArsdall JE, Blunt JR. Analyzing the structure of animacy: Exploring relationships among six new animacy and 15 existing normative dimensions for 1,200 concrete nouns. *Mem Cognit*. 2022;50(5):997-1012.
- Bravo-Sánchez A, Abián P, Sánchez-Infante J, Esteban-Gacia P, Jiménez F, Abián-Vicén J. Objective Assessment of Regional Stiffness in Vastus Lateralis with Different Measurement Methods: A Reliability Study. *Sensors (Basel)*. 2021;21(9).

37. Gloe LM, Kashy DA, Jacobs EG, Klump KL, Moser JS. Examining the role of ovarian hormones in the association between worry and working memory across the menstrual cycle. *Psychoneuroendocrinology*. 2021;131:105285.
38. Karia D. Effect Of Gender Difference On Visual Reaction Time: A Study On Medical Students Of Bhavnagar Region. *IOSR Journal of Pharmacy (IOSRPHR)*. 2012;2:452-4.
39. Nene AS, Pazare PA. A study of auditory reaction time in different phases of the normal menstrual cycle. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2010;54(4):386-90.
40. Kumar S, Mufti M, Kisan R. Variation of reaction time in different phases of menstrual cycle. *J Clin Diagn Res*. 2013;7(8):1604-5.
41. Blagrove RC, Bruinvels G, Pedlar CR. Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2020;23(12):1220-7.
42. Birch K, Reilly T. The diurnal rhythm in isometric muscular performance differs with eumenorrheic menstrual cycle phase. *Chronobiol Int*. 2002;19(4):731-42.
43. Rodrigues P, Correia M, Wharton L. Effect of Menstrual Cycle on Muscle Strength. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2019;22:89-97.