



Universidad
Europea CANARIAS

LOS EFECTOS DE LA FASE DEL CICLO MENSTRUAL SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LAS MUJERES DEPORTISTAS

TRABAJO FIN DE TITULACIÓN

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2023-2024

MODALIDAD DE TRABAJO

Revisión Bibliográfica

AUTORES

Amanhuy Alonso González
Miranda Rodríguez Cubas

TUTORA

Cristina Casanova García

Junio de 2024
Villa de La Orotava, Santa Cruz de Tenerife

ÍNDICE

Resumen.....	6
Abstract.....	6
Marco teórico.....	6
- Introducción.....	6
➤ Definición, características generales e historia.....	6
➤ Prevalencia, impacto en la población, importancia y problemática....	11
➤ Detección del problema.....	12
➤ Focalización del trabajo.....	13
- Información relevante.....	13
- Justificación del estudio.....	14
- Vacío de conocimiento.....	16
Hipótesis y objetivos.....	17
Metodología.....	18
- Diseño.....	18
- Estrategia de búsqueda.....	18
- Criterios de selección.....	19
Resultados.....	21
- Enumeración de los artículos obtenidos. Diagrama de flujo.....	21
- Redacción y explicación de los artículos obtenidos.....	22
- Tabla de resultados.....	29
- Evaluación de la calidad metodológica.....	37
Discusión. Futuras líneas de investigación.....	40
Conclusiones.....	43
Referencias bibliográficas.....	44
Anexo.....	49

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

[Figura 1. Eventos hormonales y fases de un ciclo menstrual eumenorreico de 28 días](#)

[Figura 2. Diagrama de flujo para el proceso de selección de estudios](#)

[Tabla nº1. Explicación y síntesis de los 8 artículos seleccionados](#)

[Tabla nº2. Puntuación en la Escala PEDro de los ECAs incluidos.](#)

[Tabla nº3. Evaluación del riesgo de sesgo en base a la herramienta RoB2.0](#)

[Figura 3. Infografía divulgativa sobre ciclo menstrual y rendimiento deportivo](#)

Resumen

Introducción:

El ciclo menstrual, fundamental para la reproducción, se divide en fases folicular y lútea, caracterizadas por cambios hormonales. En deportistas, estas fluctuaciones pueden influir en el rendimiento y el riesgo de lesiones, motivando el monitoreo menstrual en equipos profesionales para adaptar entrenamientos y nutrición. Sin embargo, la investigación sobre este tema es limitada, lo que subraya la necesidad de un enfoque más específico y detallado, especialmente en mujeres atletas. La comprensión de cómo las hormonas influyen en la fuerza muscular y el riesgo de lesiones es crucial para optimizar el rendimiento y la salud de las deportistas.

Objetivos:

Estudiar cómo las variaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual afectan a la fuerza y potencia muscular en mujeres deportistas eumenorreicas. Además, se busca evaluar si ajustar las cargas de entrenamiento según la variabilidad intrasujeto en los ciclos hormonales es eficaz. También se pretende identificar momentos óptimos de rendimiento y si el conocimiento del estado fisiológico menstrual puede prevenir lesiones.

Métodos:

Este Trabajo de Fin de Grado consiste en una revisión bibliográfica exhaustiva que analiza la literatura científica sobre las fluctuaciones de fuerza/potencia durante el ciclo menstrual en mujeres deportistas eumenorreicas. Se utilizó una metodología de búsqueda sistemática en las bases de datos Pubmed, SportDiscus, y Medline. Se aplicaron criterios de selección e inclusión de participantes, incluyendo mujeres con ciclos menstruales regulares y en programas de entrenamiento físico. Se excluyeron participantes con ciertas condiciones médicas o que usaron anticonceptivos. Se

emplearon ensayos controlados aleatorizados y estudios longitudinales para evaluar la fuerza/potencia muscular a lo largo del ciclo menstrual.

Resultados:

La revisión bibliográfica examinó estudios sobre las fluctuaciones de fuerza/potencia durante el ciclo menstrual en mujeres deportistas. Un estudio (Kuehne et al, 2020) comparó hombres y mujeres en diferentes fases del ciclo, encontrando diferencias en tamaño muscular y fuerza isométrica, pero no entre las fases menstruales en mujeres. (Köse et al, 2018) no hallaron cambios significativos en la capacidad aeróbica-anaeróbica ni la fuerza en practicantes de kickboxing. Michalski et al (2020) tampoco encontraron diferencias en la fuerza muscular dinámica entre fases menstruales en mujeres jóvenes. Soliman et al (2024) hallaron aumentos de fuerza en niñas no atléticas durante la fase ovulatoria. Otros estudios sugieren la influencia de las fases menstruales en la fuerza muscular, destacando la importancia de considerarlas en el entrenamiento. Los análisis de calidad metodológica y riesgo de sesgo reflejan una variabilidad en la rigurosidad de los estudios.

Conclusiones:

El análisis del ciclo menstrual en mujeres deportistas sugiere una compleja relación con la fuerza muscular. Algunos estudios indican poca influencia, mientras que otros destacan asociaciones, especialmente en la fase ovulatoria. La variabilidad se atribuye a factores individuales y metodológicos. Adaptar programas de entrenamiento es crucial para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones.

Palabras clave:

Ciclo menstrual, mujeres deportistas, fuerza muscular, potencia muscular, fluctuaciones hormonales, rendimiento deportivo, riesgo de lesiones, adaptación del entrenamiento, individualización.

Abstract

Background:

The menstrual cycle, crucial for reproduction, is divided into follicular and luteal phases, characterized by hormonal changes. In athletes, these fluctuations can influence performance and injury risk, prompting menstrual tracking in professional teams to adjust training and nutrition. However, research on this topic is limited, highlighting the need for a more specific and detailed approach, especially in female athletes. Understanding how hormones influence muscle strength and injury risk is crucial to optimizing athletes' performance and health.

Purpose:

To study how hormonal variations throughout the menstrual cycle affect muscle strength and power in eumenorrheic female athletes. Additionally, to evaluate whether adjusting training loads according to intrasubject variability in hormonal cycles is effective. Also, to identify optimal performance moments and whether knowledge of menstrual physiological status can prevent injuries.

Methods:

This Bachelor's Thesis consists of an exhaustive literature review analyzing scientific literature on strength/power fluctuations during the menstrual cycle in eumenorrheic female athletes. A systematic search methodology was used in databases such as PubMed, SportDiscus, and Medline. Selection and inclusion criteria were applied, including women with regular menstrual cycles and in physical training programs. Participants with certain medical conditions or using contraceptives were excluded. Randomized controlled trials and longitudinal studies were preferred to evaluate muscle strength/power throughout the menstrual cycle.

Results:

The literature review examined studies on strength/power fluctuations during the menstrual cycle in female athletes. One study (Kuehne et al, 2020) compared men and women in different cycle phases, finding differences in muscle size and isometric strength, but not between menstrual phases in women. Köse et al (2018) found no significant changes in aerobic-anaerobic capacity or strength in kickboxing practitioners. Michalski et al (2020) also found no differences in dynamic muscle strength between menstrual phases in young women. Soliman et al (2024) found strength increases in non-athletic girls during the ovulatory phase. Other studies suggest menstrual phases influence muscle strength, emphasizing the importance of considering them in training. Methodological quality analyses and bias risk reflect variability in study rigor.

Conclusions:

Analysis of the menstrual cycle in female athletes suggests a complex relationship with muscle strength. Some studies indicate minimal influence, while others highlight associations, especially in the ovulatory phase. Variability is attributed to individual and methodological factors. Adapting training programs is crucial to optimize performance and prevent injuries.

Keywords:

Menstrual cycle, female athletes, muscle strength, muscle power, hormonal fluctuations, athletic performance, injury risk, training adaptation, individualization.

Marco teórico

- Introducción

➤ Definición, características generales e historia

El ciclo menstrual consta de una serie de eventos que preparan al útero para un posible embarazo. Un ciclo menstrual que ocurre regularmente y dura entre 21 y 35 días se define como eumenorreico. Un ciclo menstrual en eumenorreicas se separa en dos fases principales distintas, folicular y lútea, que se establecen con la aparición de la menstruación, la maduración folicular, la ovulación y la formación del cuerpo lúteo. Asimismo (Carmichael et al, 2021) enuncian que, clasificar el ciclo menstrual utilizando sólo estas dos fases no distingue suficientemente los múltiples medios hormonales que ocurren dentro de estas dos fases. Por lo tanto, el ciclo menstrual generalmente se expresa en investigaciones utilizando subfases, como folicular temprana, folicular tardía, ovulatoria, lútea temprana, lútea media y lútea tardía. Las fluctuaciones en las hormonas sexuales femeninas, como el estrógeno, la progesterona, la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), presentadas en la **Figura 1**, caracteriza las subfases de un ciclo menstrual eumenorreica.

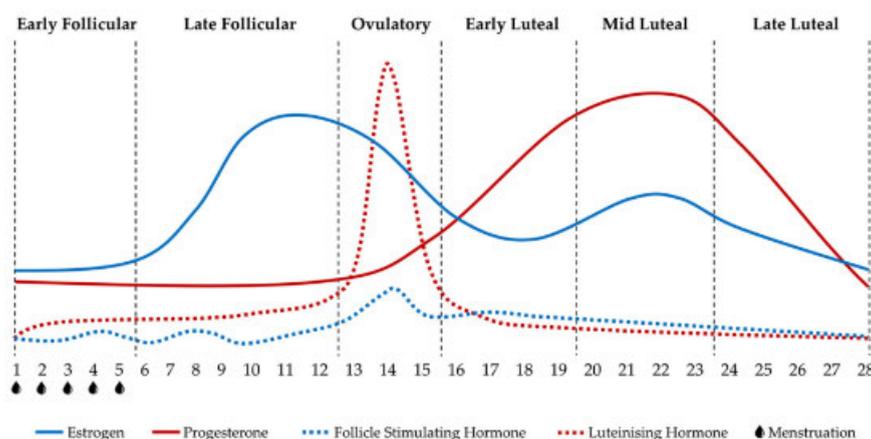


Figura 1. Eventos hormonales y fases de un ciclo menstrual eumenorreico de 28 días. Adaptado de (Mc Nulty et al, 2020) y (Farage et al, 2009). Sports Medicine (2020) 50:1813–1827. Volume 64, Number 1 OBSTETRICAL AND GYNECOLOGICAL SURVEY.

Siguiendo con la exposición de (Carmichael et al, 2021), la fase folicular temprana comienza con la menstruación, que suele tardar de 4 a 6 días en completarse, es por ello que durante este tiempo, las concentraciones de hormonas sexuales femeninas son relativamente bajas y estables, posteriormente, la fase folicular continúa hasta que ocurre la ovulación. Más tarde, durante la fase folicular tardía, hay un aumento de estrógeno a medida que maduran los folículos ováricos, cada uno de los cuales contiene un óvulo. Cuando el estrógeno aumenta a un punto crítico, aumenta la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina, lo que luego provoca un rápido aumento de LH. El aumento de LH, en la fase folicular tardía, desencadena la ovulación, en la que un folículo maduro se rompe liberando el óvulo en el útero.

Por otro lado, la fase lútea temprana comienza después de la ovulación; durante esta fase, el folículo roto se convierte en cuerpo lúteo y secreta progesterona y una pequeña cantidad de estrógeno. La fase lútea media contiene el pico de progesterona y el segundo pico, más pequeño, de estrógeno, para preparar el endometrio para la implantación de un óvulo fertilizado. La fase lútea terminará con el embarazo si se implanta un óvulo fecundado. Si el óvulo permanece sin fertilizar, el cuerpo lúteo se degradará, lo que provocará una disminución de la progesterona y el estrógeno durante la fase lútea tardía a medida que el ciclo se prepara para reiniciarse, y el revestimiento del útero eventualmente se desprenderá listo para que la menstruación comience nuevamente. El calendario aproximado de cada fase del ciclo menstrual se presenta en la **Figura 1**; sin embargo, el momento de la ovulación y, por tanto, las distintas fases del ciclo menstrual, pueden ser muy variables. Esta variabilidad es la razón por la cual se utilizan medidas como las pruebas de LH en orina y las mediciones de estrógeno y progesterona sérica para identificar con precisión la fase del ciclo menstrual.

El ciclo menstrual generalmente comienza alrededor de los 13 años de edad y continuará regularmente hasta la perimenopausia alrededor de los 45 años a menos que se interrumpa por embarazo, uso de anticonceptivos hormonales (HC) o disfunción menstrual u ovulatoria. Es por ello que (Dadgostar et al, 2009), añadido a lo expuesto por (Verilli et al, 2018) acerca de la prevalencia y predictores de oligomenorrea y amenorrea en deportistas de alto rendimiento, expresan que aproximadamente entre el 67% y el 91% de las atletas de élite son eumenorreicas y, autores como (Martín et al, 2018) además de (Larsen et al, 2020) manifiestan que aproximadamente la mitad de las atletas eumenorreicas no usan anticonceptivos hormonales. Esto sugiere que una proporción considerable de atletas femeninas puede experimentar fluctuaciones hormonales cíclicas. (Carmichael et al, 2021).

Por lo tanto, se debe considerar la influencia del ciclo menstrual y sus cambios subyacentes en el entorno hormonal cuando se evalúa el ejercicio y el rendimiento en mujeres. En consecuencia, algunos hallazgos han demostrado que las hormonas antes mencionadas afectan el sistema cardiovascular, la ventilación, la termorregulación, los mecanismos de lesión y el metabolismo de los sustratos en humanos (Constantini et al, 2005). La frecuencia cardíaca, la ventilación y la temperatura aumentaron durante la fase lútea, lo que indica una mayor tensión cardiorrespiratoria en esta fase (Barba-Moreno et al, 2022). Además, (Oosthuyse y Bosch, 2010) exponen que se han observado efectos anabólicos adicionales de los estrógenos en comparación con el efecto catabólico de la progesterona o la mayor sensibilidad a la insulina provocada por los estrógenos en comparación con la resistencia a la insulina provocada por la progesterona.

Retomando a (Carmichael et al, 2021), se ha postulado que el rendimiento físico cambia en el transcurso de un ciclo menstrual debido a diversos mecanismos, como la activación muscular alterada, el metabolismo de los sustratos, la termorregulación y la composición corporal. Las concentraciones de hormonas sexuales femeninas podrían ser responsables

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

de la alteración de la producción de fuerza; Esto puede afectar a la fuerza y potencia muscular. El estrógeno tiene un efecto neuroexcitador y la progesterona inhibe la excitabilidad cortical; Estos efectos neuroexcitadores e inhibidores dan como resultado que el estrógeno y la progesterona posean una relación positiva y negativa con la producción de fuerza, respectivamente.

Según (Elliot et al, 2003), los aumentos agudos de testosterona pueden mejorar el rendimiento físico a través de una mejor activación neuronal, propiedades electrofisiológicas y contráctiles de los músculos y la función del sistema motor. Otros estudios que midieron la testosterona basal en saliva y plasma medida en múltiples fases del ciclo menstrual, (Cook et al, 2018) y (Dougherty et al, 1997), han revelado un pico de testosterona durante la fase ovulatoria y la testosterona salival y libre después del ejercicio también aumentó en las fases ovulatoria y lútea media.

La rigidez de músculos y tendones ha sido objeto de investigación para establecer si la fase del ciclo menstrual es un factor de riesgo de lesiones de tejidos blandos. Hasta el momento, se ha concluido que la rigidez se ve afectada por la fase del ciclo menstrual. Asimismo, se ha considerado una relación entre la rigidez de los músculos y tendones de las extremidades inferiores y el rendimiento en pruebas que requieren saltos o saltos reactivos, como sprints cortos o pruebas de saltos múltiples, ya que una mayor rigidez proporciona un mejor almacenamiento y uso de la energía elástica (Abdelsattar et al, 2018); La fase del ciclo menstrual también podría alterar el rendimiento mediante cambios en la rigidez del tejido.

Asimismo, (Carmichael et al, 2021), siguiendo a (Girard et al, 2015) enuncian que el cambio en el punto de ajuste termorregulador asociado con la progesterona elevada durante la fase lútea puede afectar negativa o positivamente el rendimiento dependiendo de la duración de la actividad. Se sabe que el aumento de la temperatura corporal mejora el rendimiento en

actividades de corta duración que requieren velocidad y potencia a través de una mejor contractilidad muscular y producción de fuerza.

Por otro lado, (Nédélec, et al, 2021) afirman que una de las lesiones musculoesqueléticas más importantes, en las mujeres que hacen ejercicio es el desgarro del LCA en comparación con los hombres, que ocurren, en la mayoría de los casos, a través de un mecanismo sin contacto. La mayoría de las lesiones del LCA sin contacto ocurren durante actividades multidireccionales de ritmo rápido (p. ej., esquí en la nieve, fútbol, rugby, gimnasia). La disparidad de sexo en las lesiones del LCA sin contacto comienza en el período de crecimiento acelerado de la adolescencia y alcanza su punto máximo durante esta etapa. Esta diferencia de sexo se ha atribuido a varios factores que también surgen en este momento, a saber: patrones anatómicos (p. ej., laxitud, composición corporal), fisiológicos (especialmente hormonales), biomecánicos, neuromusculares y factores de género presentes en el entorno de desarrollo. El impacto potencial de las hormonas en los mecanismos que sustentan las lesiones del LCA sin contacto merece mayor atención dadas las numerosas diferencias en la concentración de hormonas reproductivas entre sexos y la evolución temporal de la endocrinología reproductiva, especialmente en las mujeres.

Los perfiles hormonales ováricos varían entre y dentro de las mujeres y no son estables a lo largo de la vida de una mujer (p. ej., cambian a lo largo de las fases del ciclo menstrual, como resultado del uso de anticonceptivos hormonales, durante el embarazo y después de la menopausia). Las hormonas ováricas influyen en la estructura de todos los tejidos blandos (es decir, músculos, tendones y ligamentos) al determinar su metabolismo del colágeno. Las alteraciones de la estructura del LCA, causadas por fluctuaciones en los niveles de hormonas ováricas, pueden aumentar el riesgo de una posible falla del ligamento. De hecho, se ha sugerido que los LCA y los sistemas musculoesqueléticos de las mujeres reaccionan a los cambios en el medio hormonal reproductivo, cambiando así sus propiedades en ciertos momentos de la vida correspondientes a diferentes perfiles hormonales.

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

Sin embargo, también comentan (Nédélec, et al, 2021) que las inconsistencias en los hallazgos (es decir, fase del ciclo menstrual y uso de anticonceptivos orales) podrían deberse a una calidad metodológica deficiente, especialmente con respecto a la definición y confirmación de las fases del ciclo menstrual y la heterogeneidad de los anticonceptivos hormonales utilizados en estos estudios.

➤ **Prevalencia, impacto en la población, importancia y problemática**

(Carmichael et al, 2021) exponen que el uso de la monitorización rutinaria de las fases del ciclo menstrual en el deporte de élite está cada vez más extendido. Las organizaciones deportivas de élite, incluido el Chelsea Football Club y los equipos nacionales femeninos de fútbol y natación de Estados Unidos, han comenzado recientemente a utilizar una aplicación comercial para teléfonos inteligentes para rastrear los ciclos menstruales de las atletas. Las jugadoras utilizan la aplicación para registrar cuándo ocurre la menstruación y diversos síntomas menstruales. Los entrenadores y el personal de apoyo pueden acceder a los datos ingresados en la aplicación para identificar si se produjeron cambios en el rendimiento o la preparación de una atleta en diferentes fases del ciclo menstrual. Cuando se produjeron cambios cíclicos en el sueño, la recuperación y el rendimiento, se desarrollaron estrategias individuales para abordar esos cambios, incluidas modificaciones en los hábitos de sueño, entrenamiento, dieta o factores de estilo de vida de un atleta según la orientación proporcionada por la aplicación (Chelsea Football Club, 2022), (Associated Press. (2019, 26 de mayo), (BBC News. (2019, 23 de agosto).

El Brisbane Lions Australian Football Club también ha estado monitoreando el ciclo menstrual de las jugadoras desde 2017 para garantizar que las atletas no desarrollen el síndrome de deficiencia relativa de energía. (Australian Broadcasting Corporation., 2020, February 19). Se utilizó una aplicación comercial para rastrear si se produjo la menstruación y el dolor menstrual; Esta información permitió a las jugadoras y al personal de apoyo identificar si las

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

deportistas se desviaban de sus ciclos típicos, y en estos casos se podrían implementar intervenciones basadas en nutrición o entrenamiento para garantizar que hubiera suficiente disponibilidad de energía.

Dado el uso cada vez mayor del monitoreo del ciclo menstrual en entornos de ciencias deportivas aplicadas, (Carmichael et al, 2021) concluyen que es importante que exista investigación de alta calidad para informar las pautas de mejores prácticas sobre si los programas de entrenamiento, nutrición o recuperación deben modificarse y cómo hacerlo en función de la fase del ciclo menstrual.

➤ **Detección del problema**

A su vez (Carmichael et al, 2021) afirman que en comparación con el rendimiento anaeróbico y aeróbico, la fuerza muscular parece verse más afectada por la fase del ciclo menstrual.

En base a (Dos Santos et al, 2016); el efecto de la fase del ciclo menstrual sobre la fuerza se ha examinado tanto en las extremidades dominantes como en las no dominantes. Se ha visto un aumento significativo en la fuerza de prensión dominante en la fase folicular tardía y hubo diferencias significativas, pero no especificadas, entre las fases en la fuerza de prensión no dominante. Los cambios de fuerza basados en el ciclo menstrual parecen diferir según el dominio de las extremidades o los grupos de músculos. El cambio en el equilibrio de la fuerza resulta de un aumento relativo en los cuádriceps y una disminución en la fuerza de los isquiotibiales en la fase folicular, lo que indica que cualquier efecto de la fase del ciclo menstrual sobre la fuerza puede aumentar en diferentes músculos o grupos de músculos. Esto es posible, ya que se ha observado una activación diferencial de los extensores de la rodilla en mujeres eumenorreicas pero no en hombres, donde la velocidad de activación de la unidad motora inicial del vasto medial fue significativamente mayor que la del vasto medial oblicuo durante las fases ovulatoria y lútea media, pero no en otras fases del ciclo menstrual (Tenan et al., 2013).

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

➤ **Focalización del trabajo**

- **Información relevante**

Desde otro punto de vista, la literatura científica ha expuesto la utilización de anticonceptivos como variable que interviene en la regularidad del ciclo menstrual, es por ello que existen publicaciones como la de (Elliot-Sale et al, 2020), sobre los efectos de los anticonceptivos orales sobre el rendimiento del ejercicio en mujeres, donde enuncian lo siguiente; el estrógeno es responsable de la regulación de una serie de procesos anabólicos importantes y puede influir en la función del sistema nervioso central. La dehidroepiandrosterona (DHEA), el precursor del estrógeno y la testosterona que alcanza su punto máximo antes de la ovulación, produce un efecto excitador neto a través de su acción sobre varios receptores de neurotransmisores. Específicamente, se sabe que el estrógeno se une a receptores que atenúan la liberación de ácido aminobutírico, un neurotransmisor responsable de reducir la excitabilidad neuronal y el tono muscular. Además, el estrógeno promueve la activación de los receptores neuronales que liberan glutamato que causan una respuesta excitatoria en el sistema nervioso.

Por el contrario, se sabe que la progesterona ejerce un efecto inhibitorio neto en el sistema nervioso mediante la mejora de la acción del ácido aminobutírico. El nivel de testosterona a lo largo del ciclo menstrual también produce efectos fisiológicos que pueden alterar el rendimiento relacionado con la fuerza. Aunque la testosterona absoluta es baja en las mujeres en comparación con los hombres, un aumento de la testosterona durante la fase folicular tardía puede beneficiar el rendimiento durante una actividad breve e intensa, a través de aumentos en el impulso motivacional y una mayor cinética del calcio en las células musculares. También es posible que la acción termogénica de la progesterona, que provoca un aumento de la temperatura central del cuerpo y de la piel durante la fase lútea, influya positivamente en la velocidad de conducción nerviosa y en la cocontracción antagonista, y, en

consecuencia, pueda influir positivamente en el rendimiento en fuerza explosiva en tareas relacionadas. Basándose en estos mecanismos teóricos, es concebible que los estrógenos tengan un efecto inotrópico sobre las capacidades relacionadas con la fuerza muscular.

La fuerza se puede definir como la capacidad de un individuo para aplicar fuerza bajo un conjunto específico de restricciones de movimiento. Los aumentos en la fuerza se asocian con mejoras en marcadores importantes de la salud metabólica, tareas cotidianas, un menor riesgo de lesiones, y un mayor rendimiento atlético. El entrenamiento de fuerza también es importante para contrarrestar las condiciones asociadas con la debilidad muscular, como la sarcopenia, los trastornos musculoesqueléticos y la inmovilización prolongada. El entrenamiento de fuerza también proporciona cambios beneficiosos en los factores de riesgo asociados con la lesión del ligamento cruzado anterior, que tiene una alta incidencia de lesiones en las atletas.

- **Justificación del estudio**

Con el fin de apoyar la pertinencia o relevancia del problema de investigación presente en el actual trabajo académico, se trae a colación las afirmaciones de (McNulty et al, 2020), donde afirman que; en las últimas tres décadas, ha habido un aumento en el número de mujeres que participan en el ejercicio, desde la actividad física hasta el deporte de élite, atribuible al creciente desarrollo y la inversión en el deporte profesional femenino. Específicamente, el porcentaje de mujeres compitiendo en los Juegos Olímpicos ha aumentado del 26% en Seúl en 1988 al 45% en Río de Janeiro en 2016. Además, decía que se espera que Tokio 2021 sean los Juegos más equilibrados en cuanto a sexo en la historia, con el mismo número de medallas disponibles para hombres y mujeres, lo que se proyecta que aumentará la participación de las mujeres en los Juegos al 49%.

La investigación basada en el rendimiento en mujeres no ha seguido el ritmo del aumento exponencial en la participación. De hecho según (McNulty et al, 2020), sería ingenuo asumir que toda la investigación en hombres se puede aplicar directamente a las mujeres, dadas las diferencias anatómicas, fisiológicas y endocrinológicas entre los sexos. Como tal, las mujeres deportistas se beneficiarán de la investigación y pautas específicas según el género, que consideren los efectos de la fisiología de las mujeres, como el ciclo menstrual, en el rendimiento.

Como tal, el cuerpo actual de investigación ha generado un mayor conocimiento sobre las estrategias de entrenamiento que principalmente han tenido como objetivo mejorar el rendimiento en poblaciones atléticas masculinas, notablemente la individualización del entrenamiento en niveles elite, lo que lleva a estrategias de entrenamiento más específicas y un rendimiento optimizado. Un enfoque único no es posible ya que los atletas a menudo responden de manera diferente a un estímulo de entrenamiento dado, y la carga de entrenamiento requerida para la adaptación puede diferir significativamente entre hombres y mujeres. Idealmente, cualquier enfoque individualizado para la preparación requiere métodos adaptados a las necesidades de cada atleta además de experiencia y recursos técnicos y científicos.

La frecuente no inclusión de atletas femeninas en estudios de investigación ha sido justificada por varios cofactores potenciales, incluidas las variaciones hormonales del ciclo menstrual (CM). Las fluctuaciones hormonales durante el ciclo generan una serie de variables de confusión que afectan el rendimiento, lo que dificulta el diseño del estudio y la interpretación posterior de los hallazgos. Existe una considerable variabilidad interindividual que conduce a trastornos menstruales (amenorrea, oligomenorrea, menstruación irregular, anovulación...), y parece ser más frecuente entre las atletas de elite.

- Vacío de conocimiento

Según (Martínez-Fortuny et al, 2023); En términos de biomecánica, existe evidencia sobre el control neuromuscular donde los cuádriceps tienen una mayor activación muscular que los isquiotibiales. Esto es debido a un deslizamiento anterior de la tibia con respecto al fémur y puede causar lesiones. Sin embargo, en cuanto a los factores hormonales, su influencia en las lesiones deportivas aún es desconocida, ya que existen discrepancias entre los estudios existentes que evalúan las hormonas femeninas y las lesiones deportivas. Investigaciones previas sugieren que este mayor riesgo de lesiones puede deberse al aumento de la laxitud y a los efectos de las hormonas en los tejidos, pero esta sigue siendo una hipótesis que debe ser confirmada en futuras investigaciones.

Abarcando el tema del dolor muscular inducido por el ejercicio durante el ciclo menstrual, (Romero-Parra et al, 2021) plantean que los estrógenos han sido propuestos como antioxidantes contra la peroxidación lipídica de la membrana celular debido a las similitudes en su estructura con el tocoferol, conocido como antioxidante. Por lo tanto, pueden facilitar la donación de átomos de hidrógeno, lo que conduce a la limitación de las reacciones en cadena de peroxidación y, por lo tanto, pueden contribuir a la estabilidad de la membrana. En consecuencia, la terapia de reemplazo de estrógenos ha demostrado un efecto beneficioso en la limitación de la inflamación después del ejercicio dañino en mujeres posmenopáusicas. Sin embargo, el papel del estrógeno endógeno en este proceso en mujeres no ha sido claramente dilucidado.

Las dificultades relacionadas con el momento de las pruebas para coincidir con las fluctuaciones hormonales y la medición de hormonas para garantizar que se esté examinando la fase correcta pueden ser algunas de las razones de la falta de investigación sobre el entrenamiento de fuerza en mujeres premenopáusicas. Sin embargo, dado el aumento en la participación en el entrenamiento de fuerza en mujeres, la investigación que explora el efecto de las hormonas sexuales femeninas endógenas y exógenas en las

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

respuestas al entrenamiento de la mencionada cualidad física puede mejorar los resultados del entrenamiento en esta población.

A lo que también aporta (Blagrove et al, 2020) argumentando que los hallazgos de estudios que examinan la influencia de las hormonas sexuales femeninas en el rendimiento relacionado con la fuerza han sido previamente resumidos en varias revisiones narrativas, no sistemáticas, y capítulos de libros. Sin embargo, estos trabajos generalmente abordan los efectos de las hormonas sexuales reproductivas femeninas en las cualidades del rendimiento atlético de manera más amplia y concluyeron que los efectos sobre la fuerza muscular son equívocos.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis: Las fluctuaciones hormonales que ocurren en las distintas fases del ciclo menstrual requieren una adaptación del entrenamiento de fuerza para optimizar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones en mujeres deportistas eumenorreicas.

Objetivos:

1. Estudiar las variaciones hormonales en las diferentes fases del ciclo menstrual y su relación con los parámetros de fuerza/potencia en mujeres deportistas eumenorreicas.
2. Verificar la eficacia de utilizar la variabilidad dentro de los ciclos hormonales intrasujeto para ajustar cargas de entrenamiento, monitorear y planificar.
3. Buscar picos de rendimiento de las atletas en base a las fluctuaciones hormonales y parámetros de fuerza/potencia en el ciclo menstrual.

4. Constatar si el uso del conocimiento e información sobre el estado fisiológico de las deportistas eumenorreicas durante el ciclo menstrual puede prevenir lesiones.

Metodología

- Diseño

Este Trabajo de Fin de Grado se basa en una revisión bibliográfica exhaustiva que tiene como objetivo analizar y sintetizar la literatura científica relevante sobre las fluctuaciones en los parámetros de fuerza/potencia que ocurren durante las diferentes fases del ciclo menstrual en mujeres eumenorreicas deportistas. La metodología utilizada se centra en la búsqueda sistemática y la revisión crítica de artículos académicos, libros y otros recursos pertinentes relacionados con el tema de investigación.

- Estrategia de búsqueda

Con el fin de realizar la mencionada búsqueda bibliográfica de la literatura científica sobre el tema que aborda el presente trabajo académico, se ha acudido a las bases de datos Pubmed, SportDiscus, Rehabilitation & Sports medicine source, el buscador de la Biblioteca Crai Dulce Chacón, perteneciente a la Universidad Europea de Madrid y Medline. En el caso de la base de datos Pubmed se ha aplicado el filtro de tipo de trabajo ensayos controlados aleatorizados, ante la gran presencia de revisiones narrativas y sistemáticas, mientras que en las otras fuentes de búsqueda únicamente se ha especificado que tenga la opción de aparecer texto completo, no se han aplicado filtros con respecto a antigüedad u otra restricción de publicaciones.

Asimismo, en Pubmed los términos mesh introducidos han sido "Menstrual cycle" y "strength training" con el operador booleano "AND", en el buscador de la Biblioteca Crai Dulce Chacón se ha añadido "Menstrual cycle" AND "Strength", en SportDiscus "Menstrual cycle" or "Period" or "Menstruation" AND "Strength" y, finalmente, para la base de datos Rehabilitation & Sports medicine source no se han escogido artículos puesto que son los mismos que aparecen en SportDiscus o aparecen otras publicaciones cuya temática difiere en gran medida del problema de investigación, yendo hacia áreas relacionadas con la suplementación, nutrición deportiva, monitorización y esfuerzo percibido, además de centrarse en el estudio de la capacidad cardiorrespiratoria o aeróbica, en lugar de estudiar la fuerza. Finalmente, en Medline se han introducido los términos "Menstrual Cycle" AND "Strength training", encontrando los mismos artículos que en bases de datos anteriores, además de otras publicaciones que se alejan del área del presente trabajo fin de titulación, tales como la relación del ciclo menstrual con patologías como la esclerosis múltiple o el mayor riesgo de lesiones deportivas.

- **Criterios de selección**

- Criterios de Selección de Participantes:

A continuación se presenta los criterios de inclusión, con respecto a la muestra de los estudios seleccionados:

- Mujeres deportistas eumenorreicas: que hayan sido seleccionadas participantes que tengan un ciclo menstrual regular (28 ± 7 días) sin trastornos menstruales diagnosticados.
- Edad: que se especifique un rango de edad para las participantes, debe ser entre 18 y 35 años, para asegurar una muestra homogénea en términos de desarrollo físico y hormonal.
- Que la medida de resultado relacionada con la fuerza máxima muscular o la potencia haya sido tomada al menos una vez.
- Las mediciones de resultados deben haber ocurrido en dos o más fases definidas (por ejemplo, folicular, ovulatoria, lútea) del ciclo menstrual.

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

- Que haya sido tomada, al menos, una medida fisiológica de niveles hormonales o temperatura corporal para identificar y/o verificar las fases del ciclo menstrual. Con medida fisiológica se entiende temperatura corporal basal, hormonas como estrógeno, progesterona, testosterona y hormona luteinizante, etc.
- Nivel de entrenamiento: que hayan sido seleccionadas mujeres deportistas que estén activamente involucradas en un programa de entrenamiento físico regular y que practiquen deportes que involucren fuerza y/o potencia, como el levantamiento de pesas, el sprint, el salto, entre otros.
- Salud general: que hayan excluido a participantes con condiciones médicas preexistentes que puedan afectar negativamente su desempeño deportivo o que puedan interferir con el ciclo menstrual, como trastornos hormonales, enfermedades crónicas, lesiones musculoesqueléticas graves, entre otros.

Estos son los criterios de exclusión, que no deben reunir las participantes de los ensayos seleccionados, además de aspectos metodológicos:

- Las participantes usaron una de las siguientes formas de anticoncepción: oral, implantada, inyectada, dispositivos intrauterinos, parches.
- Las participantes recibieron terapia de reemplazo hormonal.
- Los puntos de tiempo comparativos estaban separados por más tiempo que un ciclo menstrual regular.
- Las participantes sufrían una lesión, enfermedad o dolencia que pudiera haber afectado el rendimiento en una prueba.
- La descripción de los protocolos de medición y/o los resultados era incompleta.
- Se utilizaron ayudas ergogénicas como parte del estudio. Entendiendo por ayuda ergogénica a aquella sustancia o método utilizado para mejorar el rendimiento deportivo, debido a su posible impacto en el sistema neuroendocrino, tales como esteroides anabólicos, suplementos

de testosterona o pérdida de peso y otro tipo de estimulantes (por ejemplo; la efedrina o ciertos medicamentos para el TDAH pueden tener repercusiones hormonales).

- Criterios de Selección de Estudios:
 - Tipo de estudio: fundamentalmente que los estudios sean ensayos controlados aleatorizados (ECA). Los estudios incluidos deben haber investigado las variaciones en parámetros de fuerza/potencia a lo largo del ciclo menstrual en mujeres deportistas eumenorreicas.
 - Diseño del estudio: estudios longitudinales que hayan evaluado las mismas participantes a lo largo de múltiples ciclos menstruales para reducir el sesgo interindividual.
 - Métodos de evaluación: estudios que hayan utilizado métodos válidos y confiables para medir parámetros de fuerza/potencia, como dinamometría, plataformas de fuerza, velocimetría, entre otros.
 - Publicación en revistas revisadas por pares: estudios publicados en revistas científicas con revisión por pares para garantizar la calidad y fiabilidad de los datos.

Resultados

- Enumeración de los artículos obtenidos. Diagrama de flujo

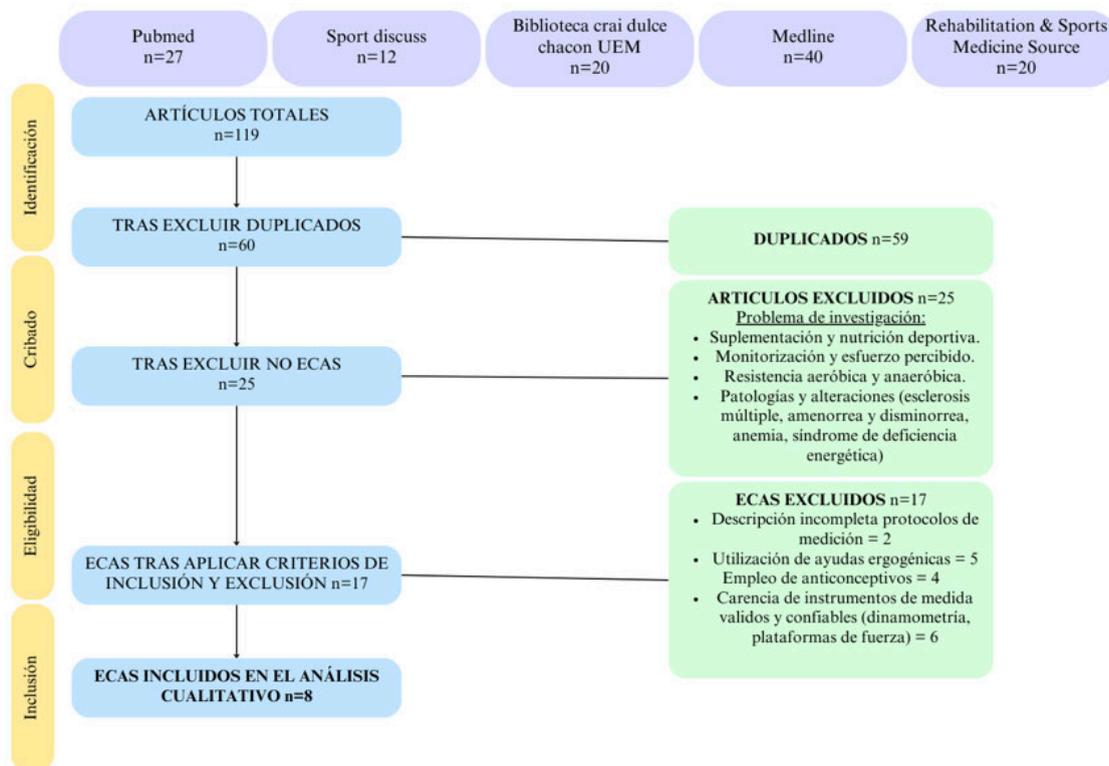


Figura 2. Diagrama de flujo que ilustra el proceso de selección de estudios implementado en la búsqueda bibliográfica para determinar las variaciones en parámetros de fuerza/potencia a lo largo del ciclo menstrual en mujeres deportistas eumenorreicas.

- Redacción y explicación de los artículos obtenidos

“An examination of changes in muscle thickness, isometric strength and body water throughout the menstrual cycle” (Kuehne et al, 2020) investigó cómo cambian el tamaño muscular, la fuerza isométrica y el contenido de agua corporal a lo largo del ciclo menstrual en mujeres, comparándolos con hombres como grupo de control. Doce hombres y dieciséis mujeres visitaron el laboratorio en cuatro ocasiones, con mediciones tomadas durante diferentes fases del ciclo menstrual. Se realizaron mediciones de espesor muscular (MTH), fuerza isométrica y agua corporal. Los resultados mostraron que los hombres tenían valores más altos de MTH, cambios en MTH y fuerza

isométrica en comparación con las mujeres en todas las fases del ciclo menstrual. Además, los hombres presentaron un mayor contenido de agua corporal total en todas las fases. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en estas variables musculares entre las fases del ciclo menstrual en mujeres. Esto sugiere que la fase del ciclo menstrual no influye en el tamaño muscular, la fuerza isométrica o el contenido de agua corporal en mujeres, aunque los hombres muestran valores más altos en estas medidas en general.

"Analysis of the Effect of Menstrual Cycle Phases on Aerobic-Anaerobic Capacity and Muscle Strength" (Köse et al, 2018) investigó el efecto de las fases del ciclo menstrual en la capacidad aeróbica-anaeróbica y la fuerza muscular en mujeres practicantes de kickboxing. Con el objetivo de determinar si existen variaciones significativas en estas capacidades físicas a lo largo del ciclo menstrual, se reclutaron 10 atletas de kickboxing femeninas con una edad promedio de 21.40 ± 2.01 años. Se realizaron pruebas de fuerza máxima, resistencia muscular, potencia anaeróbica y capacidad aeróbica en diferentes fases del ciclo menstrual. Los resultados mostraron que las capacidades aeróbica-anaeróbica, la fuerza máxima, la resistencia muscular y la frecuencia cardíaca no fueron afectadas por las fases del ciclo menstrual ($p > 0.005$). Se concluyó que no hubo influencia significativa del ciclo menstrual en estas capacidades físicas. Aunque estudios anteriores han mostrado resultados contradictorios, este estudio respalda la idea de que los cambios hormonales durante el ciclo menstrual pueden no afectar el rendimiento físico en mujeres practicantes de deportes como el kickboxing.

El artículo titulado "Effect of the menstrual cycle on the muscle strength in young women" (Michalski et al, 2020) examina cómo el ciclo menstrual afecta los parámetros musculares dinámicos en mujeres jóvenes. La hipótesis principal del estudio es que los cambios en el ciclo menstrual pueden influir en la fuerza muscular de las mujeres. El objetivo es evaluar la fuerza muscular en diversas fases del ciclo menstrual en mujeres jóvenes. La metodología incluyó la participación de 23 mujeres de 20 a 22 años con ciclos menstruales

regulares. Se realizaron mediciones de fuerza utilizando Microfet2 en diferentes músculos y ángulos durante tres fases del ciclo menstrual: fase folicular temprana, ovulatoria y lútea. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de torque muscular durante el ciclo menstrual ni entre las fases específicas. En cuanto a los resultados, no se encontraron diferencias significativas en la fuerza muscular entre las diferentes fases del ciclo menstrual. Esto sugiere que la fuerza muscular no varía significativamente a lo largo del ciclo menstrual en mujeres jóvenes. En conclusión, el estudio indica que no hay diferencias significativas en la fuerza muscular durante las diferentes fases del ciclo menstrual en mujeres jóvenes. Sin embargo, señala limitaciones en la determinación precisa del perfil hormonal de las participantes y sugiere investigaciones futuras sobre las propiedades neurofisiológicas de los músculos en relación con las fases del ciclo menstrual.

El estudio "Hand grips strength in athletic and non-athletic girls at different phases of menstrual cycle: an observational case-control study" realizado por Heba A. Soliman y colaboradores y publicado en el Bulletin of Faculty of Physical Therapy en el año 2024, investiga cómo varían las fuerzas de agarre en niñas atléticas y no atléticas durante diferentes fases del ciclo menstrual. El estudio busca evaluar el impacto de los cambios hormonales a lo largo de diferentes fases del ciclo menstrual en la fuerza de agarre, la fuerza de pellizco de pulpa, la fuerza de pellizco de tres dedos y la fuerza de pellizco lateral en niñas atléticas y no atléticas. Se llevó a cabo un estudio observacional de casos y controles en cuarenta niñas pospuberales divididas en dos grupos: atléticas (jugadoras de baloncesto y tenis) y no atléticas (estudiantes universitarias no deportistas). Se evaluó la fuerza de agarre con un dinamómetro de mano Jamar y la fuerza de pellizco con un medidor de pellizco Jamar a lo largo de tres fases del ciclo menstrual: folicular, ovulatoria y lútea. Se encontró un aumento significativo en la fuerza de agarre, la fuerza de pellizco de pulpa, la fuerza de pellizco de tres dedos y la fuerza de pellizco lateral en el grupo no atlético. En el grupo atlético, hubo un aumento significativo en la fuerza de pellizco de tres dedos y la fuerza de pellizco lateral durante la fase ovulatoria en comparación con otras fases del ciclo menstrual. Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la fuerza de agarre y la fuerza de pellizco de pulpa en el grupo atlético entre las diferentes fases del ciclo menstrual. Los cambios hormonales durante las fases del ciclo menstrual no alteran la fuerza de agarre y la fuerza de pellizco de pulpa en niñas atléticas, pero sí afectan estas medidas en niñas no atléticas. Esto sugiere que los cambios hormonales tienen un mayor impacto en la fuerza de agarre de las niñas no atléticas que de las atléticas.

Este estudio proporciona información relevante sobre cómo los cambios hormonales pueden afectar la fuerza muscular en diferentes grupos de niñas, lo que puede tener implicaciones en la práctica clínica y el diseño de programas de ejercicio y prevención de lesiones. Sin embargo, es importante considerar las limitaciones del estudio, como la falta de medición objetiva de los niveles hormonales y la limitación de la muestra a ciertos grupos de edad y tipos de deporte.

"Isometric and isokinetic strength of lower-limb muscles in female athletes during different phases of menstrual cycle: a causal-comparative study (Pournasiri et al, 2023)" investiga la fuerza isométrica e isocinética de los músculos de la extremidad inferior en atletas femeninas durante diferentes fases del ciclo menstrual. Se enfoca en la prevención de lesiones comunes como la lesión del ligamento cruzado anterior (ACL), que afecta a las atletas femeninas en mayor medida que a los hombres. El estudio busca comprender cómo las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual pueden influir en la fuerza muscular y, por ende, en el riesgo de lesiones, especialmente relacionadas con el ACL.

La hipótesis del estudio sugiere que existe una diferencia en la fuerza isométrica e isocinética de los músculos de la rodilla en atletas femeninas durante las diferentes fases del ciclo menstrual. Para probar esto, se llevó a cabo un estudio descriptivo causal-comparativo con un diseño de grupo único, donde se midió la fuerza de los músculos flexores y extensores de la rodilla en tres momentos distintos del ciclo menstrual: fase folicular, ovulatoria y lútea.

Los resultados mostraron que hubo una diferencia significativa en la fuerza muscular entre las fases del ciclo menstrual, con una mayor fuerza durante la fase ovulatoria en comparación con las otras fases. Esto respalda la hipótesis del estudio y sugiere que las fluctuaciones hormonales pueden influir en la fuerza muscular de las atletas femeninas. Las conclusiones destacan la importancia de considerar las fluctuaciones hormonales en la prevención de lesiones en atletas femeninas, especialmente en lo que respecta a la fuerza muscular de los músculos flexores y extensores de la rodilla. Este conocimiento puede ser crucial para diseñar programas de entrenamiento y prevención de lesiones específicos para mujeres atletas, reduciendo así el riesgo de lesiones como la lesión del ACL.

El estudio "Análise do Desempenho da Força e da Potência Muscular durante as Fases do Ciclo Menstrual" investiga cómo las distintas etapas del ciclo menstrual pueden influir en el rendimiento de la fuerza y la potencia muscular en mujeres activas en el deporte. Realizado por Paula Souza Alves dos Santos y colaboradores, se enfoca en nueve mujeres con experiencia en entrenamiento de fuerza, con una edad promedio de 24.44 ± 6.56 años y un peso medio de 60.72 ± 6.14 kg, todas con ciclos menstruales regulares y sin usar anticonceptivos orales o inyectables. El objetivo principal es evaluar los posibles efectos de las fases del ciclo menstrual en la fuerza y la potencia muscular. Se sometió a las participantes a anamnesis, evaluación antropométrica, prueba de repetición máxima (1RM), prueba de contracción voluntaria máxima isométrica (MVIC) y análisis de potencia muscular, realizados en diferentes fases de sus ciclos menstruales. Los resultados revelaron diferencias significativas en la potencia muscular durante la fase ovulatoria en comparación con las fases folicular y lútea, mientras que no se observaron cambios significativos en la fuerza muscular entre las distintas fases del ciclo menstrual.

En conclusión, se destaca que las variaciones hormonales asociadas al ciclo menstrual pueden tener un impacto en el rendimiento neuromuscular de las mujeres deportistas. Se sugiere que estas fluctuaciones deben ser consideradas al diseñar programas de entrenamiento para adaptarse a las diferentes fases del ciclo menstrual y optimizar así el rendimiento de las deportistas.

"The Influence of the Menstrual Cycle on Muscle Strength and Power Performance" (Romero-Moraleda et al, 2019) investigó cómo varía el rendimiento muscular en el ejercicio de media sentadilla en máquina Smith durante tres fases diferentes del ciclo menstrual. Trece mujeres entrenadas en fuerza y eumenorreicas participaron en el estudio. Se midió el máximo de una repetición (1RM) en una prueba preexperimental. Se determinaron las fases del ciclo menstrual mediante la concentración diaria de hormonas luteinizante en la orina, la temperatura timpánica y la masa corporal. El rendimiento de las medias sentadillas en la máquina Smith se evaluó durante tres fases del ciclo menstrual utilizando cargas equivalentes al 20, 40, 60 y 80% de 1RM. Los resultados mostraron que la fuerza, la velocidad y la producción de potencia fueron muy similares en todas las fases del ciclo menstrual, con diferencias poco claras en la mayoría de las comparaciones. Concluyeron que las mujeres eumenorreicas tienen un rendimiento similar en la fuerza muscular y la producción de potencia durante las fases temprana y tardía del ciclo menstrual, así como durante la fase lútea media. En resumen, no hubo variaciones significativas en el rendimiento muscular a lo largo del ciclo menstrual en las mujeres estudiadas, lo que sugiere que las diferentes fases del ciclo menstrual no afectan significativamente el rendimiento muscular en este ejercicio específico.

"The Influence of the Menstrual Cycle phase on the development of peak torque under isokinetic conditions" (Dan Gordon et al, 2013) examina cómo las diferentes fases del ciclo menstrual afectan el desarrollo del pico de torque bajo condiciones isocinéticas. La hipótesis es que las fluctuaciones en las hormonas

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

sexuales femeninas afectan la fuerza muscular. La metodología incluyó 17 mujeres entrenadas, divididas en un grupo sin anticonceptivos orales (n-OC) y un grupo de control con anticonceptivos orales (OC). Se evaluó la fuerza concéntrica de los flexores y extensores de la rodilla en cuatro fases menstruales. Los resultados mostraron disminuciones significativas en el pico de torque en el grupo n-OC durante la menstruación en comparación con la fase premenstrual, especialmente a velocidades más lentas. En el grupo OC, no hubo diferencias significativas. Se observaron correlaciones positivas entre el pico de torque y el estrógeno durante la fase lútea media. La conclusión es que las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual afectan la capacidad de generar fuerza muscular, lo que tiene implicaciones para el entrenamiento de fuerza en mujeres atletas.

Este estudio abre una nueva visión en la literatura al usar un grupo de control con anticonceptivos orales y examinar múltiples fases menstruales. Los resultados destacan la importancia de considerar el ciclo menstrual al planificar el entrenamiento de fuerza en mujeres atletas. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para comprender mejor los mecanismos subyacentes y los efectos a largo plazo del entrenamiento en relación con la función menstrual.

- Tabla de resultados

Autor y Año	Hipótesis	Muestra	Instrumentos de Medida	Resultados	Conclusiones
Kuehne et al, (2020)	No se esperan diferencias significativas en tamaño muscular, fuerza isométrica o contenido de agua corporal en mujeres a lo largo del ciclo menstrual.	12 hombres, 16 mujeres	Medidas de espesor muscular, fuerza isométrica, agua corporal. Sonda de ultrasonido, célula de carga (Ametek Chatillon 50 LBF Digital Force Gauge) y Bioimpedancia.	Hombres tienen valores más altos en todas las medidas; no hay diferencias significativas en mujeres según las fases del ciclo.	El ciclo menstrual puede tener poca influencia en el grosor muscular, cambios agudos en el grosor muscular (hinchazón), agua corporal total o fuerza isométrica.

<p>Köse et al, (2018)</p>	<p>No hay efecto significativo de las fases del ciclo menstrual en la capacidad aeróbica-anaeróbica y fuerza muscular en mujeres practicantes de kickboxing.</p>	<p>10 mujeres practicantes de kickboxing</p>	<p>Pruebas de fuerza máxima, resistencia muscular, potencia anaeróbica, capacidad aeróbica 1 RM, prueba WAnT en dispositivo modelo Monark 894-E y Test de Bruce.</p>	<p>No se encontraron diferencias significativas en ninguna medida según las fases del ciclo.</p>	<p>El kickboxing es un deporte complejo que requiere capacidad anaeróbica para la explosividad, capacidad aeróbica para la recuperación y resistencia muscular. Este estudio no encontró cambios en los parámetros de las participantes.</p>
<p>Michalski et al, (2020)</p>	<p>Los cambios en el ciclo menstrual no influyen en la fuerza muscular dinámica en mujeres jóvenes.</p>	<p>23 mujeres jóvenes con ciclos menstruales regulares</p>	<p>Microfet2 (dinamómetro de mano electrónico)</p>	<p>No hay diferencias significativas en la fuerza muscular entre las fases del ciclo menstrual.</p>	<p>El desarrollo de la fuerza muscular en la programación de un ciclo de entrenamiento o actividad física puede ocurrir en cualquier fase del ciclo menstrual. La investigación sobre las fases del ciclo menstrual enfrenta limitaciones. Es difícil</p>

					determinar el perfil hormonal y la motivación de los participantes.
Soliman et al, (2024)	Los cambios hormonales durante el ciclo menstrual afectan la fuerza de agarre en niñas no atléticas pero no en atléticas.	40 niñas pospuberales (atléticas y no atléticas)	Dinamómetro de mano Jamar, medidor de pellizco Jamar	Aumento significativo en fuerza de agarre en niñas no atléticas; aumento en algunas medidas en niñas atléticas durante la fase ovulatoria.	Con el aumento de la fuerza de agarre, los efectos de las alteraciones hormonales durante las fases del ciclo menstrual disminuyen. Las alteraciones hormonales durante el ciclo menstrual tienen más efecto en la fuerza de agarre del grupo no atlético que en el grupo atlético.

<p>Pournasiri et al, (2023)</p>	<p>Se espera que la fuerza muscular varíe según las fases del ciclo menstrual en atletas femeninas.</p>	<p>37 atletas femeninas de Teherán (Irán), entre 18 y 25 años. Practicantes de deportes de alto riesgo para el LCA.</p>	<p>Medición de fuerza de músculos flexores y extensores de la rodilla. Dinamómetros isocinéticos Biodex System 4 Pro</p>	<p>Diferencia significativa en la fuerza muscular entre las fases, mayor durante la ovulatoria.</p>	<p>Hay fluctuaciones en la fuerza muscular de flexión y extensión de la rodilla durante las fases folicular y lútea. Estas fluctuaciones pueden tener implicaciones para el riesgo de lesión del LCA durante estas fases del ciclo menstrual en atletas femeninas.</p>
<p>Paula Souza Alves dos Santos et al, (2022)</p>	<p>Las fases del ciclo menstrual pueden influir en la fuerza y potencia muscular.</p>	<p>9 mujeres, familiarizadas con entrenamiento de resistencia, con ciclos menstruales regulares y sin anticonceptivos orales o inyectables.</p>	<p>Anamnesis, evaluación antropométrica, prueba de repetición máxima (1RM), prueba de contracción voluntaria máxima isométrica (MVIC), análisis de potencia muscular. Célula de carga de 500 kgf, encoder lineal y ultrasonido BodyMetrix.</p>	<p>Diferencias significativas en potencia muscular durante la fase ovulatoria en comparación con las fases folicular y lútea. No hay cambios significativos en fuerza muscular entre fases.</p>	<p>Se observa una diferencia significativa en el rendimiento de la potencia muscular durante la fase ovulatoria, en comparación con las fases folicular y lútea.</p>

<p>Romero-Moaleda et al, (2019)</p>	<p>No hay variaciones significativas en el rendimiento muscular en mujeres entrenadas durante diferentes fases del ciclo menstrual.</p>	<p>13 mujeres entrenadas en resistencia</p>	<p>Prueba de máxima repetición en media sentadilla. Máquina Smith, encoder rotacional (Isocontrol, EV-Pro, Spain).</p>	<p>Rendimiento similar en todas las fases del ciclo menstrual.</p>	<p>Las mujeres eumenorreicas entrenadas en fuerza tienen un rendimiento similar en velocidad, fuerza y potencia al ejercitarse con cargas equivalentes al 20, 40, 60 y 80% de 1RM en el ejercicio de media sentadilla en la máquina Smith durante las diferentes fases del ciclo menstrual.</p>
-------------------------------------	---	---	--	--	---

<p>Gordon et al, (2013)</p>	<p>Las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual afectan la capacidad de generar fuerza muscular, especialmente en mujeres sin anticonceptivos orales.</p>	<p>17 mujeres entrenadas, divididas en grupos n-OC y OC</p>	<p>Medición de pico de torque en flexores y extensores de rodilla. Dinamometría (Humac Norm, USA) y Kit de ensayo enzimático estándar (mediciones hormonales a través de la saliva).</p>	<p>Disminuciones significativas en pico de torque durante menstruación en grupo n-OC; correlaciones positivas con estrógeno en fase lútea media en grupo OC.</p>	<p>El músculo esquelético es sensible a los cambios en la concentración de estrógeno y se debe prestar debida consideración a estas respuestas al planificar el entrenamiento en atletas femeninas.</p>
-----------------------------	--	---	---	--	---

Tabla nº1. Explicación y síntesis de los 8 artículos seleccionados, incluidos en la revisión bibliográfica, acorde a los criterios de selección anteriormente descritos.

- Evaluación de la calidad metodológica

Acudiendo a la web oficial de PEDro, *Physiotherapy Evidence Database*, la Escala PEDro, basada en el consenso experto de la Universidad de Maastricht, es una herramienta esencial en un trabajo fin de titulación de grado para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos aleatorios. Su continua evolución, con la inclusión de ítems adicionales, demuestra su adaptabilidad y precisión en la evaluación. Facilita la identificación rápida de estudios válidos e interpretables, aunque se advierte que no debe utilizarse como medida absoluta de la validez de las conclusiones. Reconoce sus limitaciones y proporciona un marco equilibrado para su aplicación, fomentando una comprensión adecuada de sus usos y restricciones en la investigación.

A continuación, se expone la **tabla nº2**, en la que aparece reflejado un resumen de la calidad metodológica de los estudios seleccionados según la Escala PEDro.

Evaluación de la calidad metodológica de los estudios en base a la Escala PEDro.

Ítems	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	Total	Puntuación PEDro
Kuehne et al, (2020)	-	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5	4
Köse et al, (2018)	-	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5	4
Michalski et al, (2020)	-	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	5
Soliman et al, (2024)	-	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	5

Pournasiri et al, (2023)	-	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	5
Paula Souza Alves dos Santos et al, (2022)	-	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5	4
Romero-Moraleda et al, (2019)	-	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	4
Gordon et al, (2013)	-	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7	6

Tabla nº2. Puntuación en la Escala PEDro de los ECAs incluidos.

*Nota: En adición a lo expuesto anteriormente; la puntuación en la Escala PEDro se presenta como un resumen de la calidad metodológica de los estudios incluidos en este trabajo. La Escala PEDro evalúa la calidad de los ensayos clínicos aleatorizados y controlados mediante la asignación de puntos según criterios predefinidos. Los puntajes más altos indican un mayor rigor metodológico.

Tomando como referencia el artículo de revisión “Critical analysis of randomized clinical trials: The risk of bias” (Palacios et al, 2015); “Los ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) presentan el nivel de investigación experimental más alto según los niveles de evidencia. Los resultados encontrados en ellos brindarán las pautas para la elección del mejor tratamiento clínico en los pacientes, es por ello la necesidad de conocer cuáles son las pautas para analizar críticamente los ECAs en la búsqueda de la precisión científica. El ‘Riesgo de Sesgo’ es una herramienta desarrollada por la “Cochrane Collaboration” para evaluar la metodología de la evidencia científica siendo útil en revisiones sistemáticas para el análisis individual de los ECAs incluidos.”

A continuación, aparece expuesta la **Tabla nº3**, en la que se visionan los resultados de la evaluación de riesgo de sesgo de los 8 ECAs incluidos en la presente revisión bibliográfica.

	Dominio 1. Sesgo de selección	Dominio 2. Sesgo de realización	Dominio 3. Sesgo de detección	Dominio 4. Sesgo de desgaste	Dominio 5. Sesgo de notificación	Otros sesgos
Kuehne et al, (2020)	−	−	?	?	+	?
Köse et al, (2018)	−	−	−	?	?	?
Michalski et al, (2020)	+	?	−	?	−	?
Soliman et al, (2024)	+	−	?	?	+	?
Pournasiri et al, (2023)	+	−	−	?	+	?
Paula Souza Alves dos Santos et al, (2022)	−	?	?	?	+	?
Romero-Moraleda et al, (2019)	+	−	−	?	−	?
Gordon et al, (2013)	+	+	−	?	+	?

Tabla nº3. Evaluación del riesgo de sesgo en base a la herramienta RoB2.0

Discusión. Futuras líneas de investigación

El presente trabajo de fin de titulación aborda un tema de gran relevancia en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte: los efectos de la fase del ciclo menstrual en el rendimiento de las mujeres deportistas durante el entrenamiento de fuerza. A lo largo de este trabajo académico, se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica que ha permitido recopilar y analizar información relevante sobre cómo las fluctuaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual pueden influir en la capacidad de las mujeres para desarrollar fuerza y potencia muscular.

Uno de los aspectos más destacados de esta investigación es la importancia de comprender la variabilidad hormonal intrasujeto y su relación con los parámetros de fuerza y potencia en mujeres deportistas eumenorreicas. Se ha observado que existen diferencias significativas en el tamaño muscular y la fuerza isométrica entre hombres y mujeres en diferentes fases del ciclo menstrual de las deportistas (Kuehne et al, 2020). Estos hallazgos sugieren que las fluctuaciones hormonales pueden tener un impacto directo en el rendimiento físico de las mujeres, lo que subraya la necesidad de considerar el ciclo menstrual al planificar y ajustar los programas de entrenamiento. Además, se ha identificado la importancia de utilizar el conocimiento sobre las variaciones hormonales en el ciclo menstrual para ajustar las cargas de entrenamiento, monitorear el rendimiento y prevenir lesiones. Al comprender cómo las diferentes fases del ciclo menstrual pueden afectar la respuesta fisiológica al ejercicio, las mujeres deportistas pueden optimizar su entrenamiento y maximizar su rendimiento deportivo.

En cuanto a los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, se han encontrado estudios que no han hallado cambios significativos en la capacidad aeróbica-anaeróbica ni en la fuerza muscular dinámica durante las diferentes fases del ciclo menstrual (Köse et al, 2018). Sin embargo, otros estudios han sugerido que las fases menstruales pueden influir en la fuerza muscular, lo que destaca la importancia de considerar estas variaciones en el diseño de los programas de entrenamiento (Pournasiri et al, 2023), (Paula Souza Alves dos Santos et al, 2022) y (Gordon et al, 2013).

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

Es fundamental destacar que, a medida que aumenta la participación de las mujeres en el deporte, es necesario profundizar en la investigación sobre cómo el ciclo menstrual puede afectar el rendimiento deportivo. Es por ello que, (McNulty et al, 2020) señalan que el número de mujeres participantes en el ejercicio y el deporte de élite ha aumentado significativamente en las últimas décadas, lo que subraya la importancia de comprender y abordar las necesidades específicas de las mujeres deportistas.

En este sentido, se plantean diversas recomendaciones para futuras investigaciones en este campo. Por ejemplo, sería interesante estudiar en mayor profundidad las variaciones hormonales en las diferentes fases del ciclo menstrual y su relación con los parámetros de fuerza y potencia en mujeres deportistas. Asimismo, se sugiere investigar la eficacia de utilizar la variabilidad hormonal intrasujeto para ajustar las cargas de entrenamiento y planificar el rendimiento deportivo de manera más precisa.

Recopilando lo expuesto hasta el momento, se manifiesta que este trabajo de fin de titulación tiene por objeto contribuir a ampliar el conocimiento sobre los efectos de la fase del ciclo menstrual en el rendimiento en el entrenamiento de fuerza en las mujeres deportistas. Los hallazgos obtenidos resaltan la importancia de considerar las variaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual al diseñar programas de entrenamiento personalizados y adaptados a las necesidades fisiológicas de las mujeres. Se espera que este estudio sirva como punto de partida para futuras investigaciones en este campo y contribuya a mejorar el rendimiento y la salud de las mujeres deportistas en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. En este contexto, es relevante destacar la importancia de la individualización de los programas de entrenamiento en función de las características fisiológicas y hormonales de cada mujer deportista. La comprensión de cómo las variaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual pueden influir en la respuesta al entrenamiento de fuerza es crucial para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones. Por lo tanto, cuerpo técnico y profesionales del deporte deben considerar la fase del ciclo menstrual de las deportistas al diseñar sus programas de entrenamiento,

adaptando las cargas y la intensidad en función de las necesidades específicas de cada fase hormonal.

Además, es importante destacar que la investigación en este campo aún presenta ciertas limitaciones y áreas de mejora. Por ejemplo, la mayoría de los estudios revisados se han centrado en mujeres eumenorreicas, es decir, aquellas con ciclos menstruales regulares. Sería interesante ampliar la investigación para incluir a mujeres con trastornos menstruales o a aquellas que utilizan anticonceptivos hormonales, ya que estos factores pueden influir en las respuestas hormonales y en el rendimiento deportivo. Otro aspecto a considerar es la necesidad de realizar estudios longitudinales y ensayos controlados aleatorizados que permitan evaluar de manera más precisa los efectos de las fluctuaciones hormonales en el rendimiento deportivo de las mujeres. Estos diseños de investigación rigurosos son fundamentales para establecer relaciones causales y determinar la verdadera influencia de las hormonas en la fuerza y la potencia muscular. También, sería interesante explorar cómo otros factores, como la nutrición, el descanso y el estrés, interactúan con las variaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual para influir en el rendimiento deportivo. La comprensión de estas interacciones podría proporcionar información valiosa para optimizar la preparación física y mental de las mujeres deportistas en función de su ciclo menstrual.

En este sentido, la educación y la concienciación sobre la importancia de considerar el ciclo menstrual en el entrenamiento deportivo son clave para promover la igualdad de género y garantizar que las mujeres deportistas reciban el apoyo y la atención necesarios para alcanzar su máximo potencial. Los equipos profesionales y los/as entrenadores/as deben estar capacitados/as para abordar las necesidades específicas de las mujeres en función de su ciclo menstrual, fomentando un enfoque inclusivo y respetuoso hacia la salud y el rendimiento de las deportistas.

En resumen, el estudio de los efectos de la fase del ciclo menstrual en el rendimiento en el entrenamiento de fuerza en las mujeres deportistas es un campo de investigación en constante evolución que presenta importantes implicaciones para la práctica deportiva. A medida que se profundiza en la comprensión de cómo las fluctuaciones hormonales afectan la respuesta al ejercicio, se abren nuevas oportunidades para optimizar el rendimiento y la salud de las mujeres en el ámbito deportivo. Se espera que este trabajo de fin de titulación contribuya a impulsar futuras investigaciones en este campo y a promover un enfoque más holístico y personalizado en el entrenamiento de las mujeres deportistas.

En conclusión, la integración de la información sobre las variaciones hormonales en el ciclo menstrual en la planificación del entrenamiento de fuerza puede ser un factor determinante para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones en las mujeres deportistas. La individualización de los programas de entrenamiento, la consideración de las necesidades específicas de cada fase del ciclo menstrual y la colaboración interdisciplinaria entre profesionales de la salud y del deporte son clave para optimizar el rendimiento deportivo de las mujeres. Este trabajo de fin de titulación busca representar un paso importante en la comprensión de este tema y abre nuevas vías para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Conclusiones

El análisis del impacto del ciclo menstrual en la fuerza y el rendimiento muscular revela una compleja interacción entre los cambios hormonales y los parámetros físicos en mujeres deportistas eumenorreicas. Aunque algunos estudios sugieren que el ciclo menstrual puede no afectar significativamente a la fuerza muscular, otros destacan posibles asociaciones, especialmente durante la fase ovulatoria. La variabilidad en los resultados puede atribuirse a factores como la respuesta hormonal individual y la diversidad metodológica. Es crucial adaptar los programas de entrenamiento y competición según las fluctuaciones hormonales para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones en mujeres deportistas.

Amanhuy Alonso González, Miranda Rodríguez Cubas

Referencias bibliográficas

1. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1667. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041667>
2. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrhic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(10), 1813–1827. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
3. Farage, M. A., Neill, S., & MacLean, A. B. (2009). Physiological changes associated with the menstrual cycle: a review. *Obstetrical & gynecological survey*, 64(1), 58–72. <https://doi.org/10.1097/OGX.0b013e3181932a37>
4. Elliott-Sale, K. J., McNulty, K. L., Ansdell, P., Goodall, S., Hicks, K. M., Thomas, K., Swinton, P. A., & Dolan, E. (2020). The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(10), 1785–1812. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01317-5>
5. Dadgostar, H., Razi, M., Aleyasin, A. *et al.* La relación entre los deportes atléticos y la prevalencia de amenorrea y oligomenorrea en atletas iraníes. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 1 , 16 (2009). <https://doi.org/10.1186/1758-2555-1-16>
6. Verrilli, L., Blanchard, H., Landry, M., & Stanic, A. (2018). Prevalence and predictors of oligomenorrhea and amenorrhea in division 1 female athletes. *Fertility and Sterility*, 110(4), e245. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2018.07.702>
7. Martin, D., Sale, C., Cooper, S. B., & Elliott-Sale, K. J. (2018). Period Prevalence and Perceived Side Effects of Hormonal Contraceptive Use and the Menstrual Cycle in Elite Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 926-932. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0330>

8. Larsen, B., Morris, K., Quinn, K., Osborne, M., & Minahan, C. (2020). Practice does not make perfect: A brief view of athletes' knowledge on the menstrual cycle and oral contraceptives. *Journal of science and medicine in sport*, 23(8), 690–694. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.02.003>
9. Constantini, N. W., Dubnov, G., & Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in sports medicine*, 24(2), e51–xiv. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003>
10. Barba-Moreno, L., Cupeiro, R., Romero-Parra, N., Janse de Jonge, X. A. K., & Peinado, A. B. (2022). Cardiorespiratory Responses to Endurance Exercise Over the Menstrual Cycle and With Oral Contraceptive Use. *Journal of strength and conditioning research*, 36(2), 392–399. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003447>
11. Elliott, K. J., Cable, N. T., Reilly, T., & Diver, M. J. (2003). Effect of menstrual cycle phase on the concentration of bioavailable 17- β oestradiol and testosterone and muscle strength. *Clinical Science*, 105(6), 663-669. <https://doi.org/10.1042/CS20020360>
12. Cook, C. J., Kilduff, L. P., & Crewther, B. T. (2018). Basal and stress-induced salivary testosterone variation across the menstrual cycle and linkage to motivation and muscle power. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(4), 1345–1353. <https://doi.org/10.1111/sms.13041>
13. Dougherty, D., Bjork, J., Moeller, F., & Swann, A. (1997). The Influence of Menstrual-Cycle Phase on the Relationship Between Testosterone and Aggression. *Physiology & Behavior*, 62(2), 431-435. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)88991-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)88991-3)
14. Abdelsattar, M., Konrad, A., & Tilp, M. (2018). Relationship between Achilles Tendon Stiffness and Ground Contact Time during Drop Jumps. *Journal of sports science & medicine*, 17(2), 223–228.
15. Girard, O., Brocherie, F., & Bishop, D. J. (2015). Sprint performance under heat stress: A review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25 Suppl 1, 79–89. <https://doi.org/10.1111/sms.12437>

16. Nédélec, E., Foli, E., Shultz, S. J., Swinton, P. A., Dolan, E., Enright, K., Piasecki, J., Matthews, J. J., Sale, C., & Elliott-Sale, K. J. (2021). Effect of menstrual cycle phase, menstrual irregularities and hormonal contraceptive use on anterior knee laxity and non-contact anterior cruciate ligament injury occurrence in women: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ open sport & exercise medicine*, 7(4), e001170. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001170>
17. Chelsea Football Club. (s/f). Chelsea women tailor training to players' menstrual cycles. Recuperado de <https://www.chelseafc.com/en/news/article/chelsea-women-tailor-training-to-players-menstrual-cycles>
18. Associated Press. (2019, 26 de mayo). No secrets: USWNT shares unprecedented period tracking program launched for World Cup. Yahoo Sports. Recuperado de <https://sports.yahoo.com/no-secrets-uswnt-shares-unprecedented-period-tracking-program-launched-for-world-cup-205546390.html?guccounter=1>
19. BBC News. (2019, 23 de agosto). Aetna boss: Why we paid \$9m bonuses to our lowest-paid staff. Recuperado de <https://www.bbc.com/news/business-49426349>
20. Australian Broadcasting Corporation. (2020, February 19). Menstrual cycle tracking could improve female athletes' performance. ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2020-02-19/menstrual-cycle-tracking-female-athletes-performance/11966194>
21. Dos Santos et al. (2016). Europe PMC. *European Journal of Human Genetics*, 24(Suppl 1), Abstract 175. <https://europepmc.org/article/med/27045741>
22. Martínez-Fortuny, N., Alonso-Calvete, A., Da Cuña-Carrera, I., & Abalo-Núñez, R. (2023). Menstrual Cycle and Sport Injuries: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 20(4), 3264. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043264>
23. Blagrove, R. C., Bruinvels, G., & Pedlar, C. R. (2020). Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic

- women: A systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 23(12), 1220–1227. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.04.022>
24. Kuehne, T. E., Kataoka, R., Yitzchaki, N., Zhu, W. G., Vasenina, E., & Buckner, S. L. (2021). An examination of changes in muscle thickness, isometric strength and body water throughout the menstrual cycle. *Clinical physiology and functional imaging*, 41(2), 165–172. <https://doi.org/10.1111/cpf.12680>
25. Köse, B. (2018). Analysis of the Effect of Menstrual Cycle Phases on Aerobic-Anaerobic Capacity and Muscle Strength. *Journal of Education and Training Studies*, 6(8), páginas. <https://doi.org/10.11114/jets.v6i8.3207>
26. Michalski, T., Michalik, P., Dąbrowska-Galas, M., Król, T., & Rutkowska, M. (2019). Effect of the menstrual cycle on the muscle strength in young women. *Polish Annals of Medicine*, 27(1), 39–44. <https://doi.org/10.29089/2019.19.00092>
27. Soliman, H. A., Yousef, A. M., Hamada, H. A., & Hassan, E. S. (2024). Hand grips strength in athletic and non-athletic girls at different phases of menstrual cycle: An observational case-control study. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 29:10. <https://doi.org/10.1186/s43161-024-00175-w>
28. Pournasiri, F., Zarei, M., Mainer-Pardos, E., & Nobari, H. (2023). Isometric and isokinetic strength of lower-limb muscles in female athletes during different phases of menstrual cycle: a causal-comparative study. *BMC women's health*, 23(1), 657. <https://doi.org/10.1186/s12905-023-02819-w>
29. Santos, P. S. A. dos, Ferreira, J. P. de S., Adilson, A. A., Loures, P. de L. C., Silva, C. C. D. R. da, & Silva, S. F. da. (2022). Análise do desempenho da força e da potência muscular durante as fases do ciclo menstrual. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 16(105), 420-429. <https://doi.org/10.33233/rbpfex.105.2022>
30. Romero-Moraleda, B., Coso, J. D., Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Grgic, J., & Lara, B. (2019). The Influence of the Menstrual Cycle on

Anexo

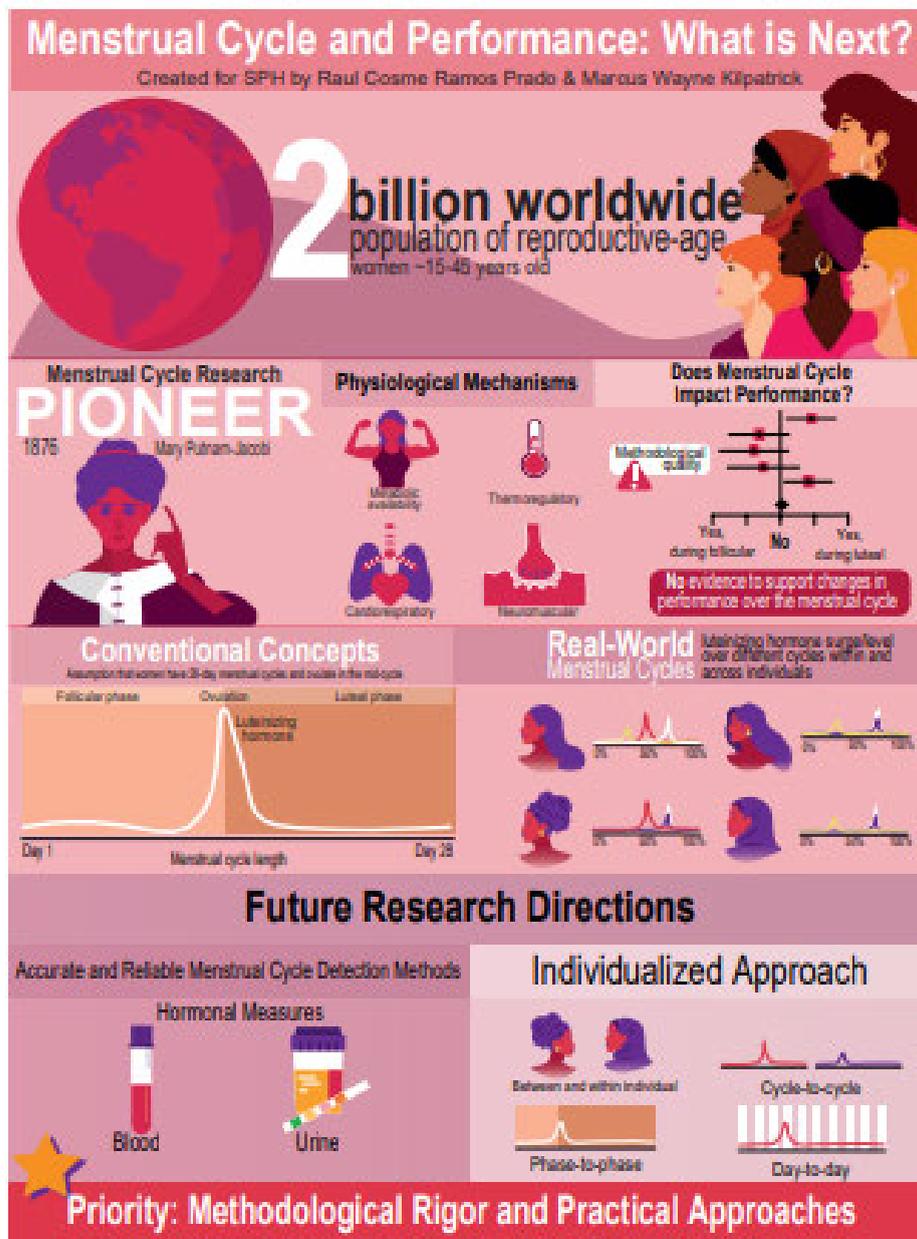


Figura 3. Infografía creada por el grupo SPH by Raul Cosme Ramos Prado & Marcus Wayne Kilpatrick (2023), donde a modo recopilatorio, refleja la investigación acerca del ciclo menstrual, desde su definición hasta las variaciones hormonales, mecanismos fisiológicos y fluctuaciones en el rendimiento deportivo de las atletas.