

---

# Periodització de macronutrients i micronutrients en funció del cicle menstrual. Nutrició enfocada al rendiment de la dona esportista de resistència.

TFM de **REVISIÓ**

*Treball Final de Màster*

*Màster d'Alimentació en l'Activitat Física i l'Esport*

Autor/a: Sergi Matas Largo

Tutor/a del TFM: Núria Giménez Blasi

---

Octubre 2022-Gener 2023



Aquesta obra està subjecta a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>)

# Índex

|   |    |
|---|----|
| Resum   | 2  |
| Abstract  | 2  |
| 1. Introducció  | 4  |
| 2. Objectius  | 6  |
| 2.1. Objectiu general                                       | 6  |
| 2.2. Objectius específics                                   | 6  |
| 3. Preguntes investigables                                  | 6  |
| 4. Metodologia  | 7  |
| 4.1. Estratègia de recerca: paraules clau usades.           | 8  |
| 4.2. Selecció d'estudis.                                    | 8  |
| 5. Resultats  | 9  |
| 5.1. Oxidació de substrats energètics.                      | 9  |
| 5.2. Hidratació.  | 13 |
| 5.3. Suplements de micronutrients i agents ergogènics       | 14 |
| 6. Discussió  | 19 |
| 6.1 Substrats energètics:                                   | 20 |
| 6.2. Hidratació   | 21 |
| 6.3 Micronutrients i agents ergogènics                      | 22 |
| 6.3.1. Begudes electrolítiques amb HC.                      | 22 |
| 6.3.2. Cafeïna  | 23 |
| 6.3.3. Ferro  | 23 |
| 6.3.4. Calci  | 24 |
| 6.3.5. Fosfat   | 24 |
| 6.3.6. Antioxidants: Ribes Negres, Vitamina C i Catequines. | 25 |
| 6.3.7. Omega-3: Oli de peix                                 | 26 |
| 7. Limitacions, aplicabilitat i noves línies de recerca     | 28 |
| 8. Conclusions  | 29 |
| 9. Bibliografia   | 31 |

## Resum

El rendiment de l'esportista de resistència es troba molt condicionat per variables com la el tipus d'entrenament, la nutrició i altres molts aspectes que poden influenciar a nivell fisiològic i hormonal. Les dones esportistes tenen una variable més a nivell d'influència hormonal que pot modificar els nivells de certs nutrients: el cicle menstrual. Per això és un factor a tenir en compte alhora de realitzar una temporada esportiva i una planificació nutricional.

Per aquesta revisió es va realitzar una cerca d'estudis en les bases de dades *Pubmed* i *Google Scholar* amb les paraules clau "*nutrition*", "*menstrual cycle*", "*performance*", "*exercise*", "*female athlete*", "*follicular*", "*luteal*" i que inclogués almenys alguna de les següents paraules clau "*carbohydrates*", "*fat*", "*lipid*", "*protein*", "*micronutrient*", "*iron*" o "*calcium*". Es va obtenir un total de 252 registres que, després d'un cribratge i selecció per idoneïtat es van admetre 20 estudis.

Hi ha escassetat d'estudis sobre el rendiment esportiu en dones i, encara més sobre l'efecte del cicle menstrual, pel que l'evidència al respecte és limitada. Però sembla que nutrients com el ferro i el calci poden veure's fortament afectats pel cicle menstrual i caldria perioditzar una suplementació en casos concrets on pot produir-se hipocalcèmies (possibles en moments de pics d'estrògens com la fase fol·licular final i fase lútea mitjana) o deficiències de ferro (típiques en menstruacions amb grans pèrdues de sang durant la menstruació o per triada de la dona esportista). La suplementació amb Hidrats de Carboni durant l'exercici podria ajudar a disminuir la depressió immunitària post-entrenament comuna durant la fase lútea. La suplementació amb te verd pot ajudar a anular la disminució de l'oxidació lipídica donada en la fase lútea, que podria suggerir un augment del rendiment de resistència. Finalment, altres suplementacions com la cafeïna i les Ribes Negres no requereixen de periodització ja que poden augmentar el rendiment aeròbic independentment de la fase menstrual.

### *Paraules clau*

Revisió, rendiment, nutrició, cicle menstrual, dona esportista, suplementació

## Abstract

The endurance athlete's performance is highly conditioned by variables such as the type of training, nutrition and many other aspects that can influence at a physiological and hormonal level. Female athletes have another variable on hormonal influence that can modify the levels of certain nutrients: the menstrual cycle. That is why it is a factor to be taken into account when designin an athlete season and a nutritional planning.

In this review, a research was carried out in Pubmed and Google Scholar databases with the keywords "*nutrition*", "*menstrual cycle*", "*performance*", "*exercise*", "*female athlete*", "*follicular*", "*luteal*" and including at least one of the following keywords: "*carbohydrates*", "*fat*", "*lipid*", "*protein*", "*micronutrient*", "*iron*" or "*calcium*". A total of 252 records were obtained and, after a screening and selection for suitability, 20 studies were admitted.

There is a few studies on sports performance in women, and even less on the effect of the menstrual cycle, so the evidence is limited. But it appears that nutrients such as

iron and calcium can be strongly affected by menstrual cycle and supplementation should be periodized in specific moments where hypocalcaemia may occur (possible when reaching estrogen peaks such as the late follicular phase and mid-luteal phase) or iron deficiencies (typical in periods with heavy blood loss during menstruation or because of the female athlete triad). Carbohydrate supplementation during exercise could help decrease the common post-exercise immune depression during the luteal phase. Green tea supplementation may help reverse the decrease in lipid oxidation usually during the luteal phase, which could suggest an increase in endurance performance. Finally, other supplements such as caffeine and blackcurrants do not require periodization as they can increase aerobic performance regardless of the menstrual phase.

*Key words*

Review, performance, nutrition, menstrual cycle, female athlete, supplementation

## 1. Introducció

L'ésser humà es troba constantment en la recerca de l'eficiència i la millora en qualsevol dels àmbits que la vida presenta. Es pot parlar des d'un punt de vista a nivell empresarial, per ser més eficaços en la realització d'un producte o servei, reduir els costos i augmentar els beneficis. Però també es pot enfocar en l'estudi de la fisiologia humana i com tractar, cuidar, alimentar i inclús suplementar el propi cos per obtenir el màxim rendiment possible a nivell esportiu. És aquesta la raó per la qual, en l'àmbit de l'alt rendiment esportiu, la nutrició juga un paper tan destacat. Quin és el millor combustible per l'esportista? I no només això, les preguntes van molt més enllà. En quin moment cal proporcionar al cos aquest combustible? És igual d'efectiu independentment del moment en que s'ingereix? En quina quantitat és més eficient? Quins beneficis o perjudicis podria provocar la ingesta d'un aliment en un moment o altre? Tantes qüestions (i moltes més) fan que, cada cop més, els professionals de l'àmbit de la nutrició esportiva incideixin més en especificar la tipologia, la quantitat i la periodització de la ingesta en els atletes que busquen el màxim rendiment. I no només aquests esportistes d'elit, sinó que també afecta a un tema de salut i millora de la condició física de les persones que realitzen esport a un nivell més amateur o simplement per mantenir un estil de vida saludable.

És aquí on neix l'interès pel terme "*periodització*" que s'ha comentat fa un moment.

*"Els esportistes d'alt rendiment comparteixen un objectiu en comú independentment de la naturalesa única del seu esport: controlar el seu rendiment per obtenir els majors beneficis sostinguts durant el transcurs de la seva competició"* [1]. En la temporada d'un atleta, el volum i la intensitat fluctuen en funció de les competicions que es vol preparar per obtenir el millor resultat possible i establir una millora en la condició física de l'atleta al llarg del temps. Es parla d'una periodització de cargues de l'entrenament. Com que la demanda energètica també fluctua al llarg de la temporada, seria ingenu no fer el mateix amb la nutrició. La necessitat d'alguns nutrients específics tampoc es manté constant al llarg de la temporada. És el cas dels hidrats de carboni (HC), on la periodització adequada d'aquest macronutrient, pot explotar el potencial de l'atleta de resistència. Per que tal objectiu sigui possible, la ingesta d'HC no ha de ser constant en tota la temporada, sinó que trobem moments d'entrenaments d'alta intensitat on interessa augmentar-la i d'altres, de més baixa intensitat, disminuir-la [2]. Realitzar entrenaments de resistència aeròbica amb disponibilitat reduïda d'HC modula l'activació aguda d'alguns processos cel·lulars, promou adaptacions oxidatives del múscul esquelètic induïdes per l'entrenament i podria millorar el rendiment [2]. Per altra banda, els protocols de *carboloading* permet optimitzar al màxim l'ompliment dels dipòsits de glicogen dies abans de la carrera o competició. Anteriorment, el protocol clàssic consistia en fer una depleció de glicogen fins a 3 dies abans de la carrera i, seguidament

una càrrega de HC (superior als 10g/kg per dia) durant els 3 dies previs a la competició. El protocol modificat però, amb millors resultats, exclou la depleció prèvia i manté la sobrecàrrega 3-4 dies previs a la competició [3].

Els HC solen ser els casos més famosos de periodització, però això no acaba aquí, perquè també és clau la periodització d'altres macronutrients com les proteïnes, o inclús micronutrients com el ferro. En el cas de la proteïna, s'ha observat que, durant períodes de més intensitat, en esportistes de resistència ben entrenats, la seva demanda augmenta. *Kato et al. (2016)* parla d'unes necessitats proteiques d'1.65g/kg diàries incrementades a 1.83g/kg diària en períodes de major intensitat [4]. I en el cas del ferro, s'incrementen les seves necessitats en èpoques d'alta intensitat, ja que l'exercici juga un rol important en l'augment dels nivells d'hepcidina, la hormona reina de la regulació dels nivells de ferro. Un augment en la intensitat de l'exercici comporta un augment de l'activitat de l'hepcidina, que es tradueix en una disminució de l'absorció de ferro i el seu reciclatge [5].

Si amb totes aquestes peculiaritats, s'afegeix el factor del sexe de l'individu, s'obté una variable que afectarà de manera molt notable la periodització de la nutrició en funció de si és home o dona.

El cicle menstrual de la dona té un impacte molt rellevant en l'oxidació de substrats energètics, degut a les diferències i pics hormonals que es donen en les seves diferents fases [6]. Una variable amb molt de pes quan es tracta d'esports de resistència. Per exemple, durant la Fase Lútea la dependència d'HC en esforços de resistència és menor que en la Fase Fol·licular [6]. En atletes d'elit, considerar el cicle menstrual com un paràmetre més per a la individualització de l'entrenament és clau, ja que el seu impacte és molt rellevant i pot influenciar significativament el rendiment de l'atleta [7]. Tot i així, segons la revisió sistemàtica relativament recent de *Meignié et al. (2021)*, encara hi ha escassetat d'evidència respecte el tema i urgeixen estudis basats en dones esportistes per garantir una millor individualització de l'entrenament traduït a una gran avantatge en el rendiment esportiu [7].

És aquí on neix l'interès en perioditzar la nutrició (al igual que l'entrenament) en funció del cicle menstrual. Aquest treball es basarà en una revisió de la literatura científica actual amb l'objectiu de establir unes recomanacions nutricionals en funció del cicle menstrual per a la dona esportista de resistència que busca optimitzar el seu rendiment, al ser un factor clau i que cal tenir en compte en la temporada de la dona esportista.

## **2. Objectius**

### **2.1. Objectiu general**

L'objectiu d'aquesta revisió és analitzar i integrar l'evidència científica actual sobre la periodització nutricional en la dona esportista i establir unes pautes de com realitzar un pla nutricional en funció del cicle menstrual per a les esportistes de resistència.

### **2.2. Objectius específics**

- A. Entendre com el cicle menstrual pot afectar al rendiment de la dona esportista, en concret, la corredora de resistència.
- B. Descobrir quins són els nutrients que es veuen fortament afectats pel cicle menstrual de la dona esportista.
- C. Establir quines pautes caldria seguir per assegurar una bona periodització nutricional al llarg del cicle menstrual de la dona i optimitzar així en seu rendiment esportiu.

## **3. Preguntes investigables**

Les preguntes investigables a les que es vol donar resposta amb aquest estudi és:

- A. Quines hormones es troben involucrades i com fluctuen en el cicle menstrual de la dona?
- B. Com afecten els canvis hormonals en el rendiment de la dona?
- C. Com afecten els canvis hormonals en la oxidació de substrats energètics?
- D. Fins a quin punt la nutrició és rellevant en el rendiment esportiu de la dona?
- E. Quins nutrients es veuen alterats al llarg de les etapes del cicle menstrual de la dona esportista?
- F. Quins rangs o quantitats de nutrients cal assegurar per a la dona esportista al llarg de cada etapa del cicle menstrual?
- G. Com podem manipular la ingesta de nutrients al llarg del cicle menstrual de la dona esportista per a obtenir el millor rendiment esportiu possible?
- H. Existeixen millors opcions d'aliments per assegurar una bona periodització nutricional al llarg del cicle menstrual?

#### 4. Metodologia

Per al disseny d'aquest estudi es va utilitzar la metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) [8], tal com indica el seu nom, es basa en un conjunt d'elements enfocats en la elaboració de revisions sistemàtiques i meta-anàlisis. Seguint el procediment PRISMA, després de definir l'objectiu principal i les preguntes investigables, es va especificar els criteris d'exclusió i inclusió per a la recerca d'articles científics. Primer es va realitzar una recerca basada en el Títol i *Abstract* dels articles extrets de la base de dades. Després es va realitzar un 1er cribratge simple segons el tipus d'estudi i, posteriorment, es va fer una selecció d'idoneïtat més específic amb els criteris d'exclusió i inclusió definits en aquesta revisió (ambdós explicats al subapartat de "Selecció d'estudis"). La base de dades principalment utilitzada va ser *Pubmed*, però els resultats eren tan escassos que es va optar per usar també *Google Scholar*, ja que ofereix una gran varietat d'informació i va permetre obtenir un major número de registres. La recerca es va dur a terme entre l'octubre de 2022 i el novembre de 2022.

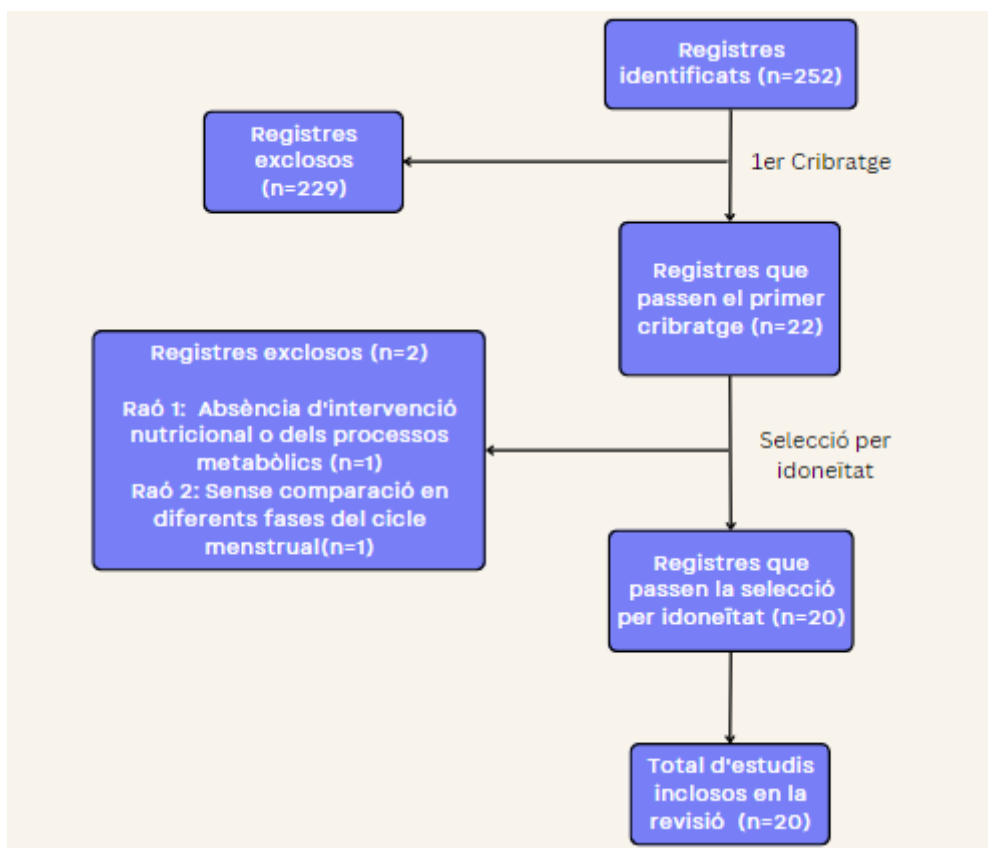


Figura 1: Diagrama de flux simplificat de la metodologia PRISMA per a la realització de la revisió. Adaptat de Page et al. (2020) [8].



#### 4.1. Estratègia de recerca: paraules clau usades.

Es va utilitzar una cerca avançada amb les paraules clau “*nutrition*”, “*menstrual cycle*” i “*performance*” or “*exercise*” per *Pubmed*, mentre que per limitar el gran número de resultats de *Google Scholar* es va optar per:

- Que inclogués les paraules: “*nutrition*”, “*female athlete*”, “*follicular*”, “*luteal*”, “*performance*”.
- Que inclogués la frase: “*menstrual cycle*”.
- Que inclogués almenys una de les paraules: “*carbohydrates*”, “*fat*”, “*lipid*”, “*protein*”, “*micronutrient*”, “*iron*”, “*calcium*”.

Es van excloure les revisions i revisions sistemàtiques i es va limitar a resultats dels últims 10 anys. El resultat va ser de 19 registres a *Pubmed* i 233 a *Google Scholar*, fent un total de 252.

#### 4.2. Selecció d'estudis.

- *Criteris per a la inclusió durant el primer cribratge:*
  1. Subjectes: població femenina físicament activa/esportista (no sedentària)
  2. Intervenció: control de la nutrició en funció de macronutrients, micronutrients, hidratació i/o suplementos o dels seus processos metabòlics en diferents etapes del cicle menstrual.
  3. Resultats (“outcomes”): millora/disminució del rendiment esportiu (condició aeròbica, anaeròbica, força, etc.) i/o augment/disminució d'estrès fisiològic.
  4. Dissenys d'estudis inclosos: estudis experimentals (clínic controlats i aleatoritzats) i estudis observacionals (casos i controls, cohorts i transversals).

Es va considerar que els criteris d'exclusió serien: (1) models animals (no-humans); (2) participants sedentàries; (3) estudis on no es controla o s'omet la informació del cicle menstrual; (4) Estudis on els *outcomes* no estan relacionats amb el rendiment esportiu o canvis en les condicions d'estrès fisiològic; (5) revisions.

El resultat va ser un total de 22 estudis seleccionats per extraure les dades a partir del text complet.

- *Selecció per idoneïtat*: a partir dels 22 estudis seleccionats es va fer una selecció d'aquells que passen els criteris d'idoneïtat. Les raons d'aquells que es van excloure es citen a la Figura 1. Es van seleccionar finalment un total de 20 articles, sobre els quals es farà la revisió.

## 5. Resultats

Dels 20 estudis que va incloure aquesta revisió es van obtenir 13 estudis clínics controlats aleatoritzats, 6 estudis transversals i 1 estudi pilot. Els objectius dels estudis podien classificar-se generalment en dos tipus: estudis que mesuren l'efecte d'algun tipus d'ingesta (Hidrats de Carboni, begudes electrolítiques, micronutrients, suplementes ergogènics, etc.) sobre el rendiment en funció de diferents fases del cicle menstrual o estudis que analitzen directament l'efecte del cicle menstrual sobre la homeòstasi de la esportista (balanç de fluids, oxidació de substrats energètics, etc.).

### 5.1. Oxidació de substrats energètics.

6 dels estudis que es van incloure en la revisió tractaven sobre l'oxidació de substrats energètics en funció del cicle menstrual, tal com mostra la Taula 1.

El primer registre que data del 2013, *Kraemer et al. (2013)*, és un transversal que es va realitzar amb una mostra de 5 dones amb cicle menstrual regular, durant les fases fol·licular i lútia. L'objectiu era determinar quin efecte tenia el cicle menstrual sobre la glucosa i les hormones amilina, insulina, pèptid-C, glucagó, leptina i cortisol en resposta a l'exercici físic prolongat de 90 minuts. Es van realitzar 2 tests durant l'estudi: un en fase fol·licular inicial i un en fase lútia mitjana. Aquests consistien en 90min en cinta de córrer al 60% del  $VO_2$ max mentre es recollien mostres de sang. No es van observar diferències significatives entre les dues fases, pel que es va concloure que el cicle menstrual no afectava a les concentracions de glucosa o de les hormones relacionades amb l'oxidació de substrats [9].

En el 2016, *Martin et al. (2016)*, un estudi transversal realitzat en 26 remadores d'elit, va estudiar les diferents fases del cicle menstrual i l'absència de menstruació en l'oxidació d'hidrats de carboni o greixos en períodes de repòs. Es van realitzar 2 etapes. En la primera es va recollir informació sobre el cicle menstrual durant 2 mesos d'activitat partits per test de Metabolisme Basal, donant lloc a un mes A1 (anterior al test) i un mes A2 (posterior al test). En la segona etapa es va obtenir informació sobre el metabolisme energètic. Es va concloure que un augment dels dies en fase de menstruació s'associa amb una modificació de la font energètica utilitzada en períodes de repòs. Es va observar que l'augment del consum de greixos durant el període de repòs era significatiu en les atletes en la menstruació, disminuint l'ús d'HC fins a un 40% de la demanda energètica a mesura que avançaven en aquesta fase. Per altra banda, l'augment de consum d'HC en períodes de repòs es va associar a atletes amb disfunció menstrual

per amenorrea. Donat els resultats, per correlació indirecte, es va concloure que ampliar el període de menstruació ( $\geq 4$  dies) podria associar-se, durant períodes de repòs, amb menors paràmetres de respiració i augment d'altres paràmetres relacionats amb el volum tidal, tensió tidal de  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$  expirat, que facilitarien l'augment del consum de greixos en repòs i la disminució del consum d'HC [10].

Un altre estudi transversal que data de 2017, *Price & Sanders (2017)*, va estudiar el consum de glicogen muscular (en tronc superior i inferior) i hepàtic durant l'exercici prolongat de càrrega de pes (30kg). La mostra constava de 15 homes i 10 dones no fumadors i sans, pel que permetia veure les diferències en funció del sexe i de les dues fases de la menstruació estudiades: fase fol·licular i fase lútia. Els participants van ingerir un àpat que constava de 32g d'HC, 9g de proteïnes i 6g de greixos abans de començar l'exercici i es van fer unes mesures del glicogen muscular amb espectroscòpia de ressonància magnètica (MRS) abans, durant i al finalitzar l'exercici. Els llocs de mesura eren el fetge, el quàdriceps esquerra (*vastus lateralis*) i el bíceps esquerra (*biceps brachialis*). El procediment de l'exercici es basava en aixecar una caixa de 30kg, caminar amb ella 3 metres i deixar-la a una altura d'1,3 metres i retornar la caixa al punt inicial, durant 3 hores (o fins l'esgotament), parant cada 15 minuts per realitzar la MRS. Es va observar que, en el cas dels quàdriceps, les reserves de glicogen muscular eren similars tant en homes com en dones en fase fol·licular, però menors en fase lútia i la depleció de glicogen muscular era similar en els 3 casos. En el cas dels bíceps, les reserves de glicogen van ser similars en homes i dones d'ambdues fases menstruals però la depleció de glicogen va ser molt menor en dones que en homes, sobretot en aquelles en fase fol·licular. Finalment, a nivell hepàtic, les reserves de glicogen van ser similars en els 3 casos i la depleció d'aquest també, tot i que es va observar una depleció hepàtica un 34% menor en el cas de la fase lútia comparada amb la fase fol·licular (i un 35% menor comparada amb els homes) [11].

*Ortega-Santos et al. (2018)* és un estudi pilot sobre la influència del cicle menstrual en l'oxidació de substrats energètics durant l'exercici de resistència. L'estudi es va realitzar en 24 dones sanes, entrenades i eumenorreiques que, o tenien un cicle menstrual regular o prenien anticonceptius orals. El protocol per a l'exercici de resistència es basava en una sessió de 5min d'escalfament al 60% del  $\text{VO}_2\text{max}$ , 40min al 75% del  $\text{VO}_2\text{max}$  i 5min de recuperació al 30% del  $\text{VO}_2\text{max}$ . Es va realitzar aquest exercici en 3 fases diferents del cicle menstrual en el cas del grup amb cicle regular: fase fol·licular inicial i mitjana i fase lútia. En el cas del grup amb anticonceptius es va fer 2 vegades, fase hormonal i fase no hormonal. En general, no es van observar diferències

significatives ni en la taxa d'intercanvi respiratori (RER), ni en l'oxidació d'HC, ni en la de greixos en funció del cicle menstrual en el grup del cicle regular. Tanmateix, es puntualitza que el seu anàlisi suggereix un probable efecte de la fase fol·licular inicial per la RER, mentre que també suggereix un probable efecte de la fase fol·licular mitjana en l'oxidació de lípids. En el cas del grup d'anticonceptius, tampoc es va observar diferències significatives entre fase hormonal i no hormonal en quan a RER i oxidació d'HC, mentre que si es va observar una oxidació de greixos significativament major en la fase hormona [12].

*Frandsen et al. (2020)*, un altre estudi transversal en 19 dones sanes i físicament actives van estudiar l'efecte del cicle menstrual sobre el pic màxim d'oxidació de lípids (PFO) i la màxima intensitat d'oxidació de lípids (FATmax) durant un exercici d'intensitat incremental en ciclisme. Es van estudiar 3 fases del cicle menstrual: Fase fol·licular mitjana i final i fase lútia. En cada test es van mesurar els volums d'O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>. No es van trobar diferències significatives ni en el PFO ni en la FATmax entre les diferents fases mensuals estudiades. Alhora, tampoc es van observar canvis en la composició corporal, VO<sub>2</sub>pic o nivells d'àcids grassos lliures, glicerol, glucosa, lactat i insulina [13].

L'últim dels estudis en treballar els substrats energètics data del 2022. *Matsuda et al. (2022)* es va centrar en com el cicle menstrual influencia els nivells de glicogen muscular i substrats circulants durant exercicis intermitents d'alta intensitat fins a l'esgotament en una mostra de 11 dones amb cicle menstrual regular, sanes i físicament actives. Es van realitzar 3 tests, cadascun d'ells en diferents fases del cicle menstrual estudiades: fase fol·licular inicial i final i fase lútia. Es va realitzar anàlisis de sang i de glicogen muscular (per MRS). Es va observar que la utilització del glicogen muscular degut a l'exercici era significativament major en la fase fol·licular final que la fase fol·licular inicial, però sense diferències significatives entre fase fol·licular inicial i fase lútia i entre fase fol·licular final i fase lútia. Tot i així, els nivells en sang de glucosa, lactat, àcids grassos lliures i insulina no van ser diferents entre fases mensuals. Finalment, es va observar que, tot i haver una correlació positiva entre utilització de glicogen muscular i el temps d'exercici que es pot aguantar al 90% de potència màxima (Wmax), les diferents fases del cicle menstrual no van afectar significativament en el temps d'esgotament o el temps d'exercici al 90% de Wmax [14].

| <b>Estudi</b>                           | <b>Tipus d'estudi</b> | <b>Mostra</b>  | <b>Fase menstrual estudiada</b>               | <b>Conclusions/Outcomes</b>  |
|---|-----------------------|--|---|--|
| <i>Kraemer et al. (2013) [9]</i>        | Estudi transversal    | 5 dones eumenorreiques físicament actives (20-35 anys)               | FFI i FL                                      | S/d en els nivells de glucosa, insulina, pèptid-C, amilina, glicogen, cortisol i leptina.  |
| <i>Martin et al. (2016) [10]</i>        | Estudi transversal    | 26 dones remadores d'elit (20.9±2,69 anys)                           | FF, FO, FL, M i dones amenorreiques           | Augment de l'oxidació lipídica i disminució de l'oxidació d'HC en repòs a mesura que s'avança en la fase M.<br>Disfuncions menstruals influencien en la demanda energètica en repòs.<br>Demandes energètiques són majors durant la FO. |
| <i>Price &amp; Sanders (2017) [11]</i>  | Estudi transversal    | 15 homes (28± 2 anys) i 10 dones (26±3 anys) sans i no fumadors      | FF i FL                                       | Quàdriceps: reserves menors en FL. Depleció similar.<br>Bíceps: reserves similars. Depleció menor en FF.<br>Fetge: reserves i depleció similars.   |
| <i>Ortega-Santos et al. (2018) [12]</i> | Estudi pilot          | 24 dones (25-40 anys) sanes, entrenades i eumenorreiques             | FFI, FFM, FL i dones amb anticonceptius orals | S/d en RER en cicle regular i en anticonceptius.   |
| <i>Frandsen et al. (2020) [13]</i>      | Estudi transversal    | 19 dones (n/s) sanes i físicament actives                            | FFM, FFF i FL                                 | S/d PFO i FATmax.<br>S/d en la composició corporal i nivells d'àcids grassos lliures, glicerol, glucosa, lactat o insulina.  |
| <i>Matsuda et al. (2022) [14]</i>       | Estudi transversal    | 11 dones (20,3±1,3 anys) sanes, físicament actives i eumenorreiques. | FFI, FFM i FL                                 | Major utilització de glicogen muscular en la FFF que en la FFI. S/d entre FFI i FL. S/d entre FFF i FL.<br>S/d en els nivells de glucosa, lactat, àcids grassos lliures i insulina en les diferents fases.                             |

*Taula 1: Estudis seleccionats per a la oxidació de substrats. S/d (Sense diferències significatives), FF (Fase Fol·licular) FFI (Fase Fol·licular Inicial), FFM (Fase Fol·licular Mitjana), FFF (Fase Fol·licular Final), FO (Fase Ovulatòria), Pre-O (Fase pre-ovulatòria), FL (Fase Lútea), FLM (Fase Lútea Mitjana), M (Menstruació).*

## 5.2. Hidratació.

Només 2 estudis dels seleccionats tenen en compte la hidratació en funció del cicle menstrual i com afecta el rendiment esportiu.

*Chryssanthopoulos et al. (2018)* van estudiar l'efecte de glopejar (sense ingesta) una beguda amb 6,4% d'HC o placebo sobre el rendiment de la cursa a peu de resistència en 15 dones esportistes físicament actives. La fase menstrual que es va analitzar va ser la fol·licular, representant del 3er al 10è dia del cicle en el cas de les corredores premenopàusiques. En el cas de les corredores menopàusiques, el dia era indiferent. El test que van realitzar les participants constava de dues contrarellotges de 60 min. Les variables a analitzar van ser la percepció d'esforç (RPE), els canvis de massa corporal, freqüència cardíaca i velocitat al VO<sub>2</sub>pic. No es van trobar diferències significatives entre els dos grups [15].

*Rodriguez-Giustiniani & Galloway (2019)* és un estudi transversal sobre la influència del cicle menstrual en la recuperació del balanç de fluids després d'una deshidratació. Es va centrar en les diferències entre la FFF i la FLM, amb una mostra de 10 dones eumenorreiques. Es van realitzar 3 tests, un en cada fase menstrual estudiada diferent (el tercer test repetia alguna de les dues fases) que consistien en un exercici de ciclisme a moderada intensitat (60% del VO<sub>2</sub>max) havent patit un procés de deshidratació. Es van fer anàlisis de massa corporal per determinar la pèrdua de massa i calcular així la taxa de sudoració. Al arribar al 2% de deshidratació es detenia la prova i es començava el procés de rehidratació amb una beguda esportiva comercial (6,4% d'HC, 25 mmol/L Na i 3,5 mmol/L K). No es van observar diferències significatives entre fases menstruals pel que es va concloure que el cicle no afecta a la recuperació de fluids i balanç d'electrolits després d'una deshidratació en dones eumenorreiques [16].

| Estudi  | Tipus d'estudi                       | Mostra   | Fase menstrual estudiada | Conclusions/Outcomes  |
|---|--------------------------------------|--|--------------------------|---|
| <i>Chryssanthopoulos et al. (2018) [15]</i>             | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 15 dones (43,1±2,2 anys) esportistes                     | FF i menopàusiques       | s/d en el RPE, massa corporal, FC i velocitat al VO <sub>2</sub> pic. |
| <i>Rodriguez-Giustiniani &amp; Galloway (2019) [16]</i> | Estudi transversal                   | 10 dones (18-33 anys) eumenorreiques, físicament actives | FFF i FLM                | s/d en volum d'orina, electrolits o set.                              |

Taula 2: Estudis seleccionats per a la hidratació. S/d (Sense diferències significatives), FF (Fase Fol·licular) FFI (Fase Fol·licular Inicial), FFM (Fase Fol·licular Mitjana), FFF (Fase Fol·licular Final), FO (Fase Ovulatòria), Pre-O (Fase pre-ovulatòria), FL (Fase Lútia), FLM (Fase Lútia Mitjana), M (Menstruació).

### 5.3. Suplements de micronutrients i agents ergogènics

12 dels 20 estudis van analitzar l'efecte de la suplementació amb micronutrients o agents ergogènics molt estudiats avui en dia com la cafeïna.

*West et al. (2012)* van estudiar l'efecte de la suplementació amb fosfat durant 6 dies en 11 homes i 9 dones entrenades sobre la sensació de gana, l'obtenció d'energia i la capacitat aeròbica durant la FF del cicle menstrual. El grup experimental es va suplementar amb 50mg/kg al dia de fosfat de sodi i el control amb un placebo, ambdós van realitzar una prova en cinta de córrer incrementant la intensitat fins a l'esgotament. No es van observar diferències significatives entre grups conclouent que la suplementació aguda o continuada per 6 dies de fosfat no influencia a la sensació de gana, l'obtenció d'energia o la capacitat aeròbica [17].

*Braakhuis, Hopkins & Lowe (2014)* van analitzar la suplementació amb antioxidants sobre el rendiment en 23 dones corredores. L'estudi va constar de 3 blocs d'entrenament d'alta intensitat de 3 setmanes de duració cadascun, separats d'1 setmana de període normal d'entrenament. Cada bloc acabava amb un test de córrer d'increment d'intensitat i una contrarellotge de 5km on es prendrien mostres de sang. Es va dividir el cicle menstrual en FLM o la resta categoritzat com a "altre". La suplementació seria amb vitamina C, suc de ribes negres o placebo. Es va observar que la vitamina C disminuïa la velocitat en que corrien el test i augmentaven els marcadors d'estrès suggerint una acció pro-oxidant. En el cas del suc de ribes negres possiblement també disminuïa la velocitat en general (no tant com la vitamina C), tanmateix, les corredores més ràpides es van veure beneficiades millorant el seu rendiment en la prova de 5km. No van observar efectes significatius del cicle menstrual sobre el rendiment o marcadors d'estrès oxidatiu [18].

*Dellavalle & Haas (2014)* és un estudi que va durar 6 setmanes d'intervenció, pel que els es va decidir simplement registrar diàriament l'estat menstrual de les participants. Es va analitzar l'efecte de la suplementació amb 100mg de ferro en la eficiència energètica en remadores amb depleció de ferro. Es va realitzar un test de 4km de contrarellotge al inici del programa i al final i es va mesurar l'eficiència energètica i el lactat en sang. Es va observar una millora en l'estat del ferro, reducció en l'augment de lactat en sang i una recuperació més ràpida i una més eficiència energètica amb la suplementació amb ferro. No es van observar efectes del cicle menstrual en les variables estudiades [19].

*Hashimoto et al. (2014)* van estudiar l'efecte del cicle menstrual i la ingesta d'HC sobre la resposta immunitària durant l'exercici de resistència en 6 dones sanes. Es van dur a terme un total de 4 tests de 90min de ciclisme al 50% del pic de potència aeròbica a 30°C, cadascun. Durant els tests les participants consumirien una beguda amb HC al 3,8% o placebo. Es va observar una major mobilització de leucòcits en la fase lútia pel que es va concloure que el cicle menstrual afecta a la circulació leucocitària. L'efecte és major a mesura que disminueixen les reserves endògenes d'HC. Tot i així, amb la ingesta d'HC s'eliminava aquest efecte. No es va observar efecte del cicle menstrual en les citocines [20].

*Sun et al. (2015)* va ser un estudi sobre l'efecte de les begudes electrolítiques amb HC en tests de córrer a intensitats submàximes fins a l'esgotament amb 8 dones en la fase fol·licular. Es va consumir una beguda al 6% d'HC o un placebo, 3ml/kg cada 20 min durant el test, mentre es registraven la FC, les percepcions d'esforç (RPE), de set (PTS) i incomoditat abdominal (PAS) i els gasos expirats per estimar l'oxidació de substrats. Es va concloure que les begudes electrolítiques amb HC milloraven el rendiment de l'exercici de moderada intensitat durant la fase fol·licular, ja que augmentava significativament (16%) el temps a l'esgotament [21].

*Haakonssen et al. (2015)* és un estudi controlat aleatoritzat en 32 ciclistes que van completar 2 tests de 90 min separats per un dia. Es va mesurar l'efecte que tenia la suplementació de calci pre-exercici en els biomarcadors de la homeòstasi del calci, balancejant les fases fol·licular i lútia entre ambdós grups. El grup experimental va rebre una ingesta pre-exercici rica en calci (~1350 mg) i el control una pobra en calci (~46mg). Durant l'exercici es van prendre mostres i es va observar que una ingesta pre-exercici rica en calci pot reduir l'augment de biomarcadors de risc de resorció òssia derivada de l'exercici en les dues fases estudiades [22].

*McKinley-Barnard et al. (2018)* van estudiar l'efecte de la suplementació amb oli de peix en la atenuació del dany muscular derivat de l'entrenament en dones durant les fases fol·licular mitjana i lútia mitjana. El principal objectiu de l'estudi era determinar si la diferència en els nivells d'estrogen entre les dues fases disminuïa el la rigidesa muscular derivada de l'entrenament, l'estrès oxidatiu i els marcadors inflamatoris. El segon objectiu era comprovar si la suplementació amb oli de peix tenia algun efecte sobre el rendiment muscular i la rigidesa muscular derivada de l'exercici. Es va realitzar un exercici excèntric de les articulacions dels genolls mentre es feien anàlisis de rigidesa muscular, força muscular, mostres de sang i biòpsies. Aquest protocol es va repetir en



dues ocasions, una en cada fase. El grup experimental va ingerir 6 càpsules d'oli de peix per dia, rebent un total de 6g d'oli de peix, mentre que el grup experimental ho feia d'oli de safrà, que no conté els àcids omega 3 (DHA i EPA). Es va observar que, els nivells més elevats de la fase lútia mitjana podrien oferir una major protecció contra el dany muscular derivat de l'exercici i la rigidesa associada a ell. No es va observar un efecte significatiu en la suplementació d'oli de peix en quan a la disminució de dany muscular derivat de l'entrenament, però sorprenentment, el grup experimental va tenir una percepció de rigidesa muscular més alta [23].

*Strauss et al. (2018)*, un estudi controlat aleatoritzat en 16 dones entrenades en resistència, va estudiar l'efecte de la suplementació amb extracte de ribes negres de Nova Zelanda, durant 7 dies, sobre l'oxidació de lípids durant l'exercici prolongat de ciclisme. El grup experimental va consumir 600mg/dia d'extracte, mentre que el control de cel·lulosa i van realitzar un test de 120 min de ciclisme al 65% del VO<sub>2</sub>max analitzant els gasos, la glucosa, àcids grassos lliures i glicerol en sang. Es va realitzar l'exercici durant la fase fol·licular. Es va observar que la ingesta d'extracte de Ribes Negres per 7 dies augmentava els nivells plasmàtics d'àcids grassos lliures i glicerol, indicatiu d'un augment de la taxa lipolítica alhora que van observar un augment de l'oxidació de lípids a partir del RER [24].

*Romero-Moraleda et al. (2019)* van estudiar l'efecte de la cafeïna sobre la velocitat en que es feia un exercici de flexió de tronc inferior (*Half-Squat*) durant les fase fol·licular inicial i final i la fase lútia mitjana. 13 dones van realitzar la 2 tests que consistien en realitzar la flexió de cames amb diferents percentatges de càrregues de la repetició màxima (1RM) a la màxima velocitat possible. En cada test, el grup experimental estaria suplementat amb 3mg/kg de massa corporal. Es va observar que la ingesta de 3mg/kg de cafeïna abans de realitzar l'exercici tenia un efecte positiu, de similar magnitud en les 3 fases estudiades, incrementant la velocitat màxima de flexió [25].

*Hiles et al. (2020)* és un altre estudi sobre l'efecte de la suplementació amb ribes negres de Nova Zelanda en la termoregulació i el metabolisme de substrats energètic amb la calor. Similar a Strauss et al. (2018), però aquest cop amb 6 dones, estudiant la fase lútia mitjana. El protocol es basava en realitzar un test de 60 min corrent al 65% del VO<sub>2</sub>max en condicions caloroses (34°C i 40% d'humitat relativa) al 7è dia de suplementació amb 600mg/dia d'extracte de Ribes Negres o de placebo (cel·lulosa). Es va analitzar la freqüència cardíaca, la temperatura corporal, RPE i el RER per calcular els diferents substrats energètics oxidats. Es va concloure que la suplementació per 7

dies amb extracte de Ribes Negres va augmentar l'oxidació de lípids sense tenir cap efecte (negatiu o positiu) sobre la termoregulació [26].

*Lara et al. (2020)* és un altre estudi sobre la cafeïna. En aquest cas es va estudiar l'efecte agut de 3mg/kg de cafeïna sobre el rendiment en un test de ciclisme incrementant la potència 25W cada minut fins a l'esgotament, amb comparació amb un placebo de cel·lulosa. Les fases estudiades van ser la fol·licular, la pre-ovulatòria i la lúcia mitjana. Es van realitzar mesures de freqüència cardíaca en repòs i pressió diastòlica i un anàlisi de gasos per determinar el VO<sub>2</sub> i el VCO<sub>2</sub>. Es va observar que la ingesta de 3mg/kg de cafeïna, en comparació amb el placebo, incrementava el pic aeròbic de potència en l'exercici de ciclisme en les tres fases estudiades. No es van observar diferències significatives entre fases [27].

Per últim, *Ishikawa et al. (2022)* van estudiar l'efecte del te verd sobre l'oxidació de lípids durant l'exercici en el cicle menstrual. 10 dones eumenorreiques van realitzar un test de ciclisme de 30 min al 50% del treball màxim mentre estudiaven els gasos i prenen mostres de sang per analitzar els àcids grassos lliures, la noradrenalina, la glucosa i el lactat. Les participants van ingerir, en funció del grup assignat, 1200mg d'extracte de te verd (968,4mg de catequines i 406,8mg de EGCG) o un placebo de maltodextrina. Es va observar que l'oxidació de lípids durant l'exercici era significativament major durant la fase fol·licular que durant la fase lúcia en el grup control, però aquesta oxidació no va diferir entre fases en el grup de suplementació amb extracte de te verd. L'oxidació d'HC no va presentar diferències significatives entre fases en cap dels dos grups. Per tant, es va concloure que la ingesta d'extracte de te verd millorava la disminució d'oxidació de lípids donada en la fase lúcia [28].

| Estudi   | Tipus d'estudi                       | Mostra   | Fase menstrual estudiada            | Conclusions/Outcomes   |
|--|--------------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| <i>West et al. (2012) [17]</i>                   | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 10 homes i 9 dones (23±3 anys) entrenats                           | FF                                  | s/d en gana, obtenció d'energia o capacitat aeròbica amb suplementació amb fosfat  |
| <i>Braakhuis, Hopkins &amp; Lowe (2014) [18]</i> | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 23 dones (31±8 anys) corredores entrenades                         | FLM i "altre"                       | Disminució de la velocitat de carrera i augment de marcadors oxidatius amb vitamina C. Possible disminució de la velocitat de carrera amb Ribes Negres però millora del rendiment en les corredores més ràpides. |
| <i>Dellavalle &amp; Haas (2014) [19]</i>         | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 31 dones (19,8±1,1 anys i 19,7±0,9 anys) remadores amb experiència | Registre diari de l'estat menstrual | Millora de l'estat del Ferro, reducció del lactat i millora de la recuperació i major eficiència energètica amb suplementació amb ferro en estat de depleció de ferro.   |
| <i>Hashimoto et al. (2014) [20]</i>              | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 6 dones (23±2,6) sanes, físicament actives                         | FF i FL                             | Disminució, al consumir HC, de l'efecte de la circulació leucocitària donat en la FL.  |
| <i>Sun et al. (2015) [21]</i>                    | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 8 dones (28±1,5 anys) no fumadores, físicament actives             | FF                                  | Millora del rendiment en intensitats moderades al consumir HC en FF.   |
| <i>Haakonssen et al. (2015) [22]</i>             | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 32 dones (24.3 ± 4.1 anys) ciclistes entrenades                    | FF i FL                             | Millora dels biomarcadors de resorció òssia al consumir calci pre-exercici.  |
| <i>McKinley-Barnard (2018) [23]</i>              | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 22 dones (20,9 ± 1,4 anys) físicament actives                      | FF i FL                             | Els nivells d'estrogen superiors en la FLM ofereixen més protecció davant el dany muscular que en la FFM. La suplementació amb 6g d'oli de peix no disminueix el dany muscular derivat de l'exercici.            |
| <i>Strauss et al. (2018) [24]</i>                | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 16 dones (28 ±8 anys) entrenades                                   | FF                                  | Augment dels nivells d'àcids grassos lliure i glicerol amb sang i augment de l'oxidació de lípids (i disminució d'HC) amb suplementació amb Ribes Negres   |
| <i>Romero-Moraleda et al. (2019) [25]</i>        | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 13 dones (31 ±6 anys)  | FFI, FFF i FLM                      | Augment petit de la velocitat de flexió de cames al suplementar-se amb 3mg/kg amb cafeïna, en totes del fases menstruals   |
| <i>Hiles et al. (2020) [26]</i>                  | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 12 homes i 6 dones (27 ± 6anys) físicament actius                  | FLM                                 | Augment de l'oxidació de lípids (i disminució d'HC) amb suplementació amb Ribes Negres   |
| <i>Lara et al. (2020) [27]</i>                   | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 13 dones (31 ± 6 anys) eumenorreiques, triatletes ben entrenades   | FF, Pre-O i FLM                     | Millora del rendiment aeròbic amb 3mg/kg de cafeïna en les 3 fases estudiades.   |
| <i>Ishikawa et al. (2022) [28]</i>               | Estudi clínic controlat aleatoritzat | 10 dones (21 ± 1,9 anys) sanes, eumenorreiques                     | FF i FL                             | L'extracte de te verd millora la disminució de l'oxidació de lípids que es dona en la fase lútia.  |

*Taula 3: Estudis seleccionats per als micronutrients i agents ergogènics. S/d (Sense diferències significatives), FF (Fase Fol·licular) FFI (Fase Fol·licular Inicial), FFM (Fase Fol·licular Mitjana), FFF (Fase Fol·licular Final), FO (Fase Ovulatòria), Pre-O (Fase pre-ovulatòria), FL (Fase Lútia), FLM (Fase Lútia Mitjana), M (Menstruació).*

## 6. Discussió

El cicle menstrual és una variable a tenir en compte quan es pretén preparar una temporada esportiva, ja que el seu efecte sobre el metabolisme, com hem pogut observar en alguns dels resultats, tindrà un impacte rellevant. El cicle menstrual es divideix en varies fases que presenten diferències hormonals, afectant així al rendiment de la esportista.

En aquesta revisió s'observa com es pot dividir el cicle menstrual en diverses fases: Menstruació, fase fol·licular, fase ovulatòria i fase lútea. També s'observa que molts estudis tracten diferents dies específics dins de les pròpies fases, dividint d'aquesta manera les fases en subfases: Fase fol·licular inicial, mitjana i final i fase lútea inicial, mitjana i final. Aquestes divisions es fan per la gran fluctuació hormonal que es dona durant els 28 dies que dura el cicle. En concret, es pot observar les fluctuacions de 4 hormones principals. 6 estudis van analitzar les fluctuacions d'almenys una de les 4 hormones [12], [13], [14], [16], [20], [28].

S'observen 2 pics d'estrogen durant la fase fol·licular (en concret la final) i la fase lútea (en concret la mitjana), sent major el primer. En el cas de la progesterona, es dona un pic durant la fase lútea mitjana [29], [30]. Aquestes dues hormones tenen un efecte positiu, per part de l'estrogen, i negatiu, per part de la progesterona sobre la excitació neuronal resultant en una relació positiva i negativa de la producció de força respectivament [31]. Les altres dues hormones són la hormona luteïnitzant (LH) i la fol·liculostimulant (FSH). Ambdues tenen un pic durant la fase ovulatòria, sent el de la LH molt més alt [29], [30] (Fig. 2).

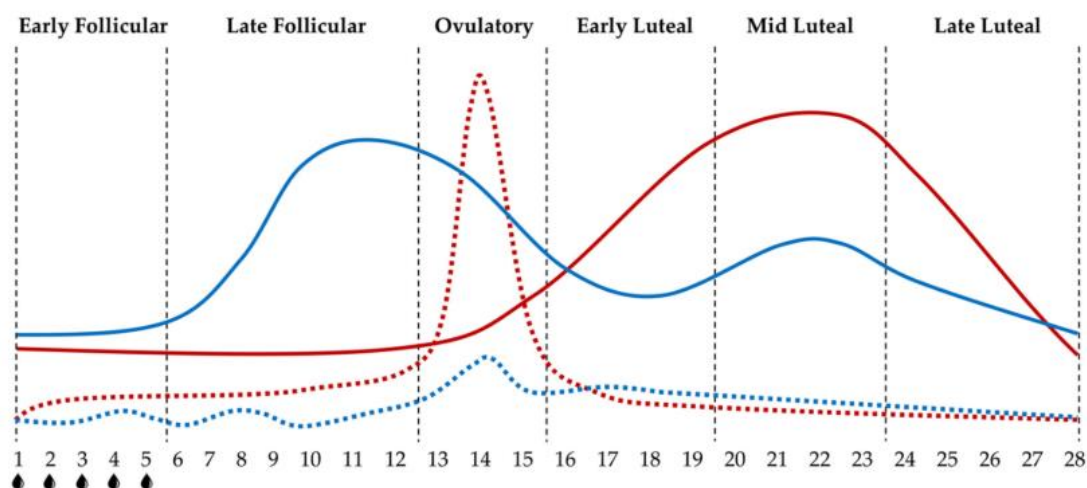


Figura 2: Flux hormonal durant les diferents fases del cicle hormonal. Estrogen (línia contínua blava), Progesterona (línia contínua vermella), FSH (línia discontinua blava), LH (línia discontinua vermella). Extret de Carmichael et al. (2021) [29].

A nivell de rendiment, s'ha observat que en l'exercici aeròbic té el seu pic en la fase fol·licular inicial i es troba en el pitjor moment en la fase lútia final. En quan a la força i el rendiment anaeròbic, aquests troben el seu pic en la fase ovulatòria, mentre que es troben disminuïts en la fase lútia final i la fase fol·licular final respectivament [29].

La nutrició és també una variable clau que influirà dràsticament en el rendiment de l'atleta, tal com es discuteix en la introducció d'aquesta revisió. Per tant, ambdós aspectes, cicle menstrual i nutrició, han de prendre partit en la planificació de la temporada de la dona esportista.

Aquesta revisió ha inclòs 20 estudis que han analitzat o observat com aspectes nutricionals afecten el rendiment en funció de la fase menstrual en què es trobi la atleta i han estat dividits en 3 camps:

### **6.1 Substrats energètics:**

Els estudis que realitzaven intervencions analitzant l'ús de substrats energètics en l'exercici aeròbic de resistència, no van observar diferències significatives entre fases menstrual en quan a l'oxidació de substrats [9], [12], [13]. En concret, no es va observar diferències en la taxa d'intercanvi respiratori quan es realitzava un exercici aeròbic prolongat, indicant, que la relació d'oxidació d'HC i de lípids és la mateixa en les diferents fases, també en aquelles esportistes que prenen anticonceptius [12]. Tampoc es van observar diferències en els nivells de metabòlits que indicarien un canvi en l'ús de substrats, com la glucosa, insulina, àcids grassos lliures, etc. [9], [13]. L'estrogen influeix positivament en la disponibilitat d'àcids grassos lliures i promou l'oxidació lipídica en el múscul, mentre que la progesterona fa el contrari, limitant la oxidació de lípids [32], per tant, tindria sentit obtenir uns valors més alts en oxidació de lípids durant la fase fol·licular en comparació amb la fase lútia, però això no sembla ser així, almenys en intensitats moderades del 60% del VO<sub>2</sub>max [9], [12], 70% del VO<sub>2</sub>max [12] o tests incrementant la duresa fins l'esgotament [13]. Tanmateix, en les reserves de glicogen muscular sí que hi ha un efecte significatiu del cicle menstrual. S'observa que les reserves de glicogen són significativament majors en el tronc inferior (quàdriceps) i una depleció menor de les reserves en el tronc superior (bíceps) en la fase fol·licular [11]. En el cas de les reserves hepàtiques, no es van observar diferències significatives tot i observar una depleció un 34% menor en la fase fol·licular [11]. Això pot ser degut a que l'estrogen té un efecte economitador de l'ús del glicogen en resposta a l'exercici [33], ja que els nivells de estrogen són elevats tant en fase fol·licular com en la lútia, però el pic més alt es dona en la primera. No s'observa el mateix en l'estudi de *Matsuda et al.* (2022) on l'ús del glicogen muscular és similar entre fases en exercicis intermitents d'alta

intensitat fins a l'esgotament. Hi ha diferències significatives entre l'inici de la fase fol·licular i el final d'aquesta, observant un major ús de glicogen en el final de la fol·licular, però sense diferències en comparar la fase lútia amb la fase fol·licular final o la inicial [14], això provoca que els resultats siguin divergents entre els estudis analitzats. Per altra banda, quan la esportista es troba en repòs, a mesura que avança en la fase de menstruació, s'observa que la augmenta la oxidació lipídica i disminueix la d'HC [10]. La menstruació és una de les causes principals de deficiència de ferro en la dona esportista i, l'impacte que pot tenir la depleció de les reserves de ferro en el metabolisme oxidatiu pot ser significatiu, reduint la hemoglobina total, compromentent la capacitat de transport d'oxigen i així el rendiment [34]. Aquesta podria explicar l'increment d'oxidació de lípids i la disminució de l'oxidació d'HC. Aquests resultats tan divergents, podria ser degut a la intensitat en que es realitzaven els tests, ja que altres autors han observat que no s'observen diferències significatives en la oxidació de substrats i l'ús d'HC quan l'exercici es dona a una intensitat moderada, però si que es poden observar diferències quan es donen intensitats moderadament altes (properes al 75% del VO<sub>2</sub>max), tot i que, una vegada més, no sempre s'observen aquestes diferències [35].

En base als resultats obtinguts, no hi ha una evidència clara en l'oxidació de substrat energètics en funció del cicle menstrual. Només un estudi va poder observar un efecte significativament major en la oxidació lipídica entre fases, però aquest es donava en un període de repòs [10]. Dos estudis van observar diferències en l'oxidació d'HC. Un d'ells va obtenir una menor depleció d'HC en el tronc superior i uns dipòsits majors en el tronc inferior durant la fase fol·licular [11], l'altre però, va observar unes utilitzacions de glicogen similar entre fases, només diferien en la mateixa fase fol·licular, ja que al final d'aquesta la oxidació d'HC era major que al inici, però cap de les dues subfases mostrava diferències significatives al comparar-ho amb la lútia [14]. La resta dels estudis analitzats no van observar diferències estadísticament significatives en l'oxidació de substrats entre fases menstruals durant l'exercici. Per tant, amb la poca evidència actual faltarien nous estudis per poder determinar una periodització de substrats energètics correcte.

## **6.2. Hidratació**

Són pocs els estudis que realitzen intervencions en quan a hidratació en funció del cicle menstrual i l'exercici. No s'observen diferències significatives en funció de la fase del cicle menstrual en quan a la recuperació del balanç de fluids d'electròlits després d'una deshidratació ni en la set [16]. Tampoc es van observar diferències al glopejar una beguda amb HC al 6,4% i sense HC, sense ingerir, en la percepció d'esforç, la massa

corporal, la freqüència cardíaca o la velocitat al VO<sub>2</sub>pic [15]. La absència de diferències significatives pot deures a que el flux hormonal durant el cicle menstrual té un mínim efecte sobre el sodi i el manteniment de fluids, ja que, tot i observar-se un augment de la temperatura corporal durant la fase lútia, aquest no sembla ser suficient per incrementar el risc de cop de calor, que normalment segueix a la deshidratació [36].

L'evidència en quan a la hidratació en funció del cicle menstrual sembla ser pràcticament inexistent, però sembla apuntar a que l'efecte que té el cicle menstrual sobre aquesta no seria rellevant, pel que podria no ser necessari pactar una periodització de nutrició en funció del cicle menstrual, sinó dirigir-la a aspectes més intra-individuals o condicions ambientals que influencien sobre la taxa de sudoració i el nivell de deshidratació de l'atleta. Tot i així, l'evidència segueix sent molt escassa i es requereixen nous estudis sobre la hidratació i el cicle menstrual durant l'exercici.

### **6.3 Micronutrients i agents ergogènics**

#### *6.3.1. Begudes electrolítiques amb HC.*

La ingesta d'HC i begudes electrolítiques amb HC tenen una classificació de categoria I per l'ISSN: Amb forta evidència per recolzar la seva eficàcia com a agent ergogènic i aparentment segurs [37]. En funció del cicle menstrual, estudis realitzats en la fase fol·licular, obtenen una millora del rendiment en exercicis d'intensitat moderades al consumir 3ml/kg cada 20min d'una beguda electrolítica amb concentració d'HC al 6%, allargant el temps d'esgotament fins a un 16% [21]. La ingesta d'HC intra-exercici ha demostrat que pot augmentar significativament el rendiment i la capacitat de resistència en proporcions de 60g/h en exercicis propers a les 2h i de 90g/h en exercicis superiors a les 2,5h, ja que maximitzen les taxes d'oxidació d'HC [38], [39]. Però també s'ha observat millores en el rendiment al consumir petites quantitats d'HC en exercicis de menor temps i alta intensitat (45-60 min) [38]. Tanmateix, falten estudis comparatius en la ingesta d'HC en les diferents fases menstruals actuals, però en alguns estudis s'ha observat que el cicle menstrual no altera l'efecte de la suplementació intra-exercici amb HC [40]. També s'ha observat que el cicle menstrual afecta a la circulació leucocitària i la suplementació amb HC intra-exercici pot eliminar aquest efecte que es produeix de forma molt rellevant durant la fase lútia [20]. L'exercici prolongat d'intensitat moderada i alta crea una depressió temporal de la funció immunitària [41], [42]. Períodes d'entrenament intens d'1 setmana o més poden resultar en una llarga disfunció immunitària que podria comprometre la resistència de l'atleta a malalties [43]. S'ha observat també que un dels motius que intensifiquen aquesta davallada del sistema immunitari al realitzar exercici prolongat és no ingerir aliments durant l'entrenament [43].

### 6.3.2. Cafeïna

La cafeïna també és un agent ergogènic classificada a la categoria I per l'ISSN [37]. En un estudi analitzat s'ha observat que la ingesta de 3mg/kg de cafeïna augmentava el pic aeròbic de potència en l'exercici de ciclisme, augmentant així el rendiment aeròbic en la fase fol·licular, pre-ovulatòria i lútia, sense diferències entre elles [27]. Hi ha una forta evidència de que la ingesta prèvia a l'exercici de 3-6mg/kg de cafeïna incrementa el temps a l'esgotament, millora la capacitat de treball i redueix la percepció de la fatiga [44], però l'efecte en el rendiment anaeròbic no es troba tan estudiat. L'altre estudi analitzar estudiava l'efecte de 3mg/kg de cafeïna sobre la màxima velocitat de flexió de cama i va observar una millora amb la suplementació aguda de cafeïna, el que suposaria un augment del rendiment anaeròbic en la fase fol·licular inicial, sense diferències entre la fase fol·licular final i la fase lútia mitjana. L'efecte va ser petit però significatiu, segons els autors [25]. S'ha observat que la cafeïna té un efecte ergogènic millorant el rendiment anaeròbic en exercicis de màxima velocitat i d'alta intensitat intermitent [45], [46]. Un dels casos és en l'exercici *Winget* amb 5mg/kg de cafeïna [45]. També s'ha observat el seu efecte ergogènic en la força muscular del tronc inferior, però en quan al tronc superior l'efecte és menys clar [46]. Caldrien més estudis enfocats en el consum de cafeïna i el rendiment anaeròbic.

### 6.3.3. Ferro

La suplementació amb ferro no sembla que millori el rendiment aeròbic a no ser que l'atleta pateixi una depleció de ferro o una anèmia [37]. S'ha observat que la ingesta de 100mg de ferro en remadores que han patit una depleció de ferro millora l'estat del ferro, redueix l'augment de lactat en sang durant l'exercici aeròbic i proporciona una millor recuperació i eficiència energètica [19]. En aquest estudi però, no es va observar efecte del cicle menstrual amb la suplementació, tot i que el control del cicle es va fer a través d'un registre diari de l'estat menstrual de les esportistes. Els atletes, en concret les atletes femenines d'esports de resistència es troben en un risc major de comprometre el seu estat de ferro per culpa de les elevades pèrdues de ferro donades per la menstruació i els mecanismes associats a l'activitat de resistència [47]. Alhora, és comú parlar de la tríada de la dona esportista, donada per disfuncions menstrual, baixa densitat mineral i una ingesta energètica insuficient, observat en les dones esportistes [48], [49]. Tot i que la prevenció o el tractament per deficiències de ferro sol ser la suplementació amb ferro, alguns estudis han observat que podria ser més indicat introduir una dieta rica en ferro per evitar així els efectes adversos donats per la suplementació, com la toxicitat per ferro [47]. Tanmateix, la suplementació amb ferro



segueix vigent com a tractament per a la millora de deficiències de ferro i anèmies, millorant també la capacitat d'exercici [37]. La literatura actual suggereix que les atletes, especialment quan es troben en períodes d'entrenament de gran intensitat i de competició, les intervencions de ferro ajudarien a mantenir bons nivells de ferro [50]. També, aquelles atletes amb cicle menstrual regular, particularment les que tenen grans pèrdues de sang menstrual es trobarien en un risc major de patir deficiències de ferro [51], per tant caldria tenir en compte la fase de menstruació i les pèrdues de ferro que es donen en ella al planificar una suplementació amb ferro.

#### *6.3.4. Calci*

Un dels estudis analitzats ha observat que la suplementació amb calci, aproximadament 1350mg, dins d'un àpat abans de realitzar un exercici de 90min de ciclisme, reduïa l'augment de biomarcadors de risc de resorció òssia que deriva de l'exercici, tant en la fase fol·licular com en la fase lútea, alhora els marcadors de formació òssia no es van veure afectats amb la suplementació [22]. S'ha observat que els atletes que realitzen esports de resistència tendeixen a tenir una densitat òssia més baixa que aquells que participen en esports de pilota o de potència, per tant, la salut òssia de corredors, ciclistes, nedadors, etc. sol estar més compromesa [52]. Una suplementació amb calci podria disminuir el risc de resorció òssia i augmentar la salut òssia, tot i que la evidència sembla decantar-se per la suplementació amb calci quan l'atleta és susceptible a patir osteoporosis prematura, per tal de mantenir la massa òssia [37]. El calci pot veure's afectat pel cicle menstrual, ja que és possible que l'augment d'estrogen induïxi a un augment de calcitonina, provocant hipocalcèmia [53], però l'estudi analitzat no realitza comparacions entre fases, ja que balanceja les participants en diferents fases per anular l'efecte del cicle. És necessari més estudis enfocats en la regulació de possibles hipocalcèmies induïdes pel cicle menstrual i per l'esport de resistència.

#### *6.3.5. Fosfat*

La suplementació amb fosfat de sodi ha estat classificada com a categoria I per l'ISSN en quan a millora del rendiment. Existeix evidència de que aquest agent ergogènic pot millorar el sistema energètic d'oxigen en exercicis de resistència amb concentracions de 4g/dia durant 3 dies [37]. Alguns estudis suggereixen que les dosis de suplementació per a obtenir un efecte ergogènic es troben en 3-5g/dia durant 3-6 dies, sent possible una millora de la capacitat aeròbica, augment del pic de potència, millora del llindar anaeròbic i de la resposta cardiovascular a l'exercici [54]. Tanmateix, en l'estudi analitzat en la revisió, en una suplementació amb 50mg/kg de fosfat de sodi al dia durant 6 dies, no es van observar millores en l'obtenció d'energia o la capacitat aeròbica, tampoc en

el pic de potència o en el lliandar anaeròbic [17]. L'estudi es va realitzar en dones en la seva fase fol·licular i en homes, però cap grup va observar diferències significatives respecte el placebo. Els autors suggereixen que és possible que la falta de resultats positius en la suplementació podria ser degut a la forma d'administració del suplement (càpsules de gelatina en ves de solució líquida) o la mescla de suplementació usada en altres estudis, que constava de fosfat sòdic amb fosfat potàssic [17]. Sembla ser que, tot i ser classificat com agent ergogènic de categoria I, faltarien més estudis sobre el seu efecte en diferents fases menstruals per observar els possibles beneficis en el rendiment aeròbic.

#### *6.3.6. Antioxidants: Ribes Negres, Vitamina C i Catequines.*

S'ha observat que l'ús d'antioxidants podria ajudar a restaurar les defenses antioxidants quan són estressades durant l'exercici, però dosis molt elevades podrien interferir en les respostes adaptatives a l'entrenament [37]. En aquesta revisió hi ha 4 estudis sobre la suplementació amb antioxidants. El primer estudi, de 2014, inclòs a la revisió va observar que la suplementació amb antioxidants, vitamina C i extracte de Ribes Negres (ric en antioxidants), disminuïa la velocitat en carrera i augmentava els marcadors oxidatius en el cas de la vitamina C. Tanmateix, tot i observar una possible disminució en el temps de carrera al suplementar amb extracte de Ribes Negres, els autors van observar una millora del rendiment aeròbic en les corredores més ràpides. Les dosis d'estudi van ser d'1g de vitamina C pel grup de vitamina C, 300mg d'antocianina i 15mg de vitamina C pel grup de Ribes Negres i una beguda esportiva pel grup control. L'estudi va dividir l'estudi de fases en fase lúcia mitjana o qualsevol altra fase i no va observar efecte del cicle menstrual sobre els marcadors oxidatius [18]. S'ha observat en diferents estudis que l'administració de suplementes antioxidants com la vitamina C, no només no mostra una millora significativa de l'estrès oxidatiu, sinó que augmenta els marcadors oxidatius [55] i, a més a més, s'ha observat en diversos estudis que no millora el rendiment en esports de resistència (cursa a peu, ciclisme, triatlletes), d'ultraresistència o inclús en futbol en homes moderadament entrenats i dones i homes no entrenats [55]. El segon estudi, de 2018, va estudiar l'efecte de la suplementació amb 600mg/dia de càpsules amb extracte de Ribes Negres o placebo per 7 dies. Els autors van observar una tendència a una major oxidació lipídica i menor oxidació d'HC al suplementar-se amb Ribes Negres en dones estudiades durant la fase fol·licular durant l'exercici de 90 min de ciclisme [24]. S'observen resultats similars en un estudi de 2020, que aquest cop es fa en dones en fase lúcia. Les dosis també eren de 600mg d'extracte de Ribes Negres o de placebo repartits en dues capsules durant 7 dies. En un test de 60 min de córrer es va concloure que la suplementació amb Ribes Negres augmentava l'oxidació lipídica

sense tenir efectes sobre la termoregulació [26]. L'efecte de les Ribes Negres ja s'havia estudiat prèviament en homes, observant una millora de l'oxidació lipídica en esforços de resistència [56] que s'ha pogut reproduir en dones. Encara no és segur per quin mecanisme es dona exactament aquest augment de l'oxidació lipídica, però s'ha observat que les antocianines, pigments antioxidants, incrementen els nivells de AMPK en múscul de ratolins diabètics [57], la qual, en termes molt generals, provoca que augmenti l'oxidació lipídica i disminueixi la síntesi d'àcids grassos [58]. També s'ha observat que les antocianines augmenten l'oxidació en cèl·lules humanes HepG2 en incubació *in vitro* [59]. Un estudi de 2022 va analitzar l'efecte de la suplementació amb te verd sobre l'oxidació de lípids en l'exercici aeròbic en les fases fol·licular i lútia, observant una major oxidació lipídica en la fase fol·licular que en la lútia en els controls, però aquestes diferències desapareixien al suplementar amb extracte de te verd. Els autors van concloure que la suplementació amb extracte de te verd anul·lava la disminució de l'oxidació de lípids en la fase lútia [28], el que podria millorar el rendiment aeròbic que es sol disminuir en la fase lútia [29]. Un estudi de 2022 va analitzar l'efecte de la suplementació amb te verd sobre l'oxidació de lípids en l'exercici aeròbic en les fases fol·licular i lútia, observant una major oxidació lipídica en la fase fol·licular que en la lútia en els controls, però aquestes diferències desapareixien al suplementar amb extracte de te verd. Els autors van concloure que la suplementació amb extracte de te verd anul·lava la disminució de l'oxidació de lípids en la fase lútia [28], el que podria millorar el rendiment aeròbic que es sol disminuir en la fase lútia [29]. S'ha observat que l'extracte de te verd pot millorar el rendiment, incrementar l'oxidació lipídica a través del sistema nerviós simpàtic, en concret, per la via de la catecolamina i noradrenalina [60]. Les catequines, en concret, estimulen el catabolisme lipídic en el fetge [61].

#### 6.3.7. Omega-3: Oli de peix

Un estudi de 2018 va estudiar la suplementació amb 6g/dia d'oli de peix, ric en àcids omega 3 (2,4g DHA i 1,8g EPA) sobre la atenuació del dany muscular derivat de l'entrenament en dones en fase fol·licular i lútia. Es va observar que, durant la fase lútia mitjana, el dany muscular derivat de l'exercici era menor, suggerint un efecte crioprotector muscular dels nivells d'estrogen més elevats durant aquesta fase en comparació amb la fol·licular mitjana. Per altra banda, en el seu objectiu secundari, es va observar que, no només la suplementació amb oli de peix no disminuïa el dany muscular sinó que augmentava la percepció de la rigidesa muscular [23]. La suplementació amb oli de peix per millorar el dany muscular derivat de l'entrenament conté varies discrepàncies en la literatura científica actual, alguns estudis observant millores del 33 al 44% en la reducció de la rigidesa muscular amb la mateixa quantitat

de 6g/dia [62], o aspectes menors del dany muscular amb 3g/dia [63], mentre que altres no observen diferències significatives, tot i ingerir quantitats menors (1,8g/dia) però en 30 dies de suplementació [64]. De totes formes, al 2020, una revisió sistemàtica i meta-anàlisi de 12 estudis controlats aleatoritzats va concloure que existeix evidència de poca qualitat sobre la reducció de la rigidesa muscular derivada de l'exercici amb la suplementació d'omega-3 i, però la reducció en el dany no és probable que sigui clínicament rellevant. Afegeixen que prendre suplementes d'omega-3 no és una forma efectiva de reduir la rigidesa muscular derivada de l'exercici [65].

Amb els resultats obtinguts en aquesta revisió, s'observa que els principals micronutrients que cal tenir en compte per a l'atleta són el ferro i el calci, sobretot el primer. Tal com s'ha comentat, caldria perioditzar la suplementació amb ferro en aquelles atletes de resistència que tenen grans pèrdues de sang durant la menstruació, pel que seria interessant enfocar la suplementació en la fase menstrual. Alhora, també és comú la tríada de la dona esportista, que caldria resoldre també amb una correcta ingesta energètica i una millora de la densitat mineral. Per tant, es suggereix que els factors més importants per planificar una correcta periodització de suplementació amb ferro serien la anèmia, la tríada de la dona esportista (incloent els aspectes d'ingesta energètica i densitat mineral correcta), la menstruació quan les pèrdues de sang són elevades, les deficiències de ferro no anèmiques. Per la suplementació amb calci caldrien més estudis al respecte de les possibles hipocalcèmies possiblement provocades pel flux hormonal del cicle menstrual. Ara per ara, caldria valorar si l'esportista de resistència, que ja de per si té un risc major de deficiència de calci que altres esports [52], podria ser susceptible a una osteoporosis prematura i realitzar un anàlisi individual per observar si els nivells de calci poden disminuir en fases on els estrògens es troben elevats (fase fol·licular final i fase lútea mitja) (Fig. 1).

A nivell de suplementació amb agents ergogènics, els únics que es recolzarien amb evidència sòlida per perioditzar en la dona esportista serien les begudes electrolítiques amb HC, la cafeïna i els antioxidants. També es podria incloure el fosfat però l'evidència és dèbil al respecte. La suplementació intra-exercici amb HC podria ser interessant realitzar-la més enfocada amb la fase lútea per eliminar la circulació leucocitària disminuint la depressió immunitària després d'un exercici intens i prolongat, més enllà de la suplementació amb HC habitual en qualsevol entrenament de llarga distància que la requereixi tal com hem comentat anteriorment. La suplementació amb cafeïna no presenta diferències significatives en funció de la fase menstrual, pel que se suggereix que no es perioditzi en funció del cicle menstrual. La suplementació amb antioxidants, en concret l'extracte de te verd, podria ser interessant enfocar-la en la fase lútea per

anular la disminució en la oxidació lipídica observada en aquesta fase, podent millorar el rendiment aeròbic [28], [29]. No sembla rellevant una periodització de la resta de suplementos ergogènics, en el cas del fosfat per la falta d'evidència en funció del cicle menstrual i en el cas de l'oli de peix per la falta d'evidència sobre si té efecte ergogènic.

## **7. Limitacions, aplicabilitat i noves línies de recerca**

Els estudis inclosos en aquesta revisió han permès orientar algunes pautes nutricionals que cal tenir en compte alhora de planificar la nutrició en una dona esportista de resistència. Tanmateix, tots ells presenten algunes limitacions.

La gran majoria d'ells són estudis clínics aleatoritzats i controlats que presenten, en general, un dels majors graus d'evidència. Aquests són els que han estudiat l'efecte de suplementació amb micronutrients o agents ergogènics. L'inconvenient més gran d'alguns d'aquests estudis seleccionats és la mida de la mostra, ja que tenim estudis de fins a 6 participants [20], comportant un possible biaix per insensibilitat de la mida de la mostra. No és exclusiu dels estudis aleatoritzats i controlats, ja que hi ha un transversals amb 5 participants [9].

Per altra banda s'inclou estudis de caràcter observacional transversal, que són la base dels que han analitzat la relació d'ús de substrats energètics amb l'exercici a determinades intensitats. Aquests solen estudiar diferents variables alhora. A més a més, el fet d'estudiar el rendiment de l'atleta, el qual és un aspecte amb influència multivariable, fa que les variabilitats intra-individuals siguin molt considerables [12]. Per aquesta raó, és comú caure en el biaix de confusió en aquest tipus d'estudi.

Altres biaixos que poden condicionar els estudis analitzats són el biaix per desgast, ja que en alguns d'ells, alguns participants no els finalitzaven i quedaven fora de l'equació final [13], [17], [19], [28].

Les noves línies de recerca han d'estar enfocades en estudis de tipus clínic aleatoritzat controlat però amb mostres de major mida per tal de que els efectes que es puguin donar a l'atzar siguin molt significatius. També ens permetrà reduir el biaix per insensibilitat de la mida de la mostra. Aquests estudis són els que s'han de realitzar quan es vulgui mesurar l'efecte de certs micronutrients o agents ergogènics, per tal de poder comparar amb un control o realitzar estudis clínics de no inferioritat per identificar nous suplementos, dosis o formes d'administració més eficients. De tota manera, la falta d'evidència científica en relació amb el cicle menstrual és molt present. Caldria realitzar

més estudis tenint en compte la variable “fase menstrual” i analitzar l’efecte en funció d’aquesta.

També caldria enfocar les noves línies de recerca en estudis longitudinals, més que transversals, alhora de treballar amb l’oxidació de substrats en funció de la fase menstrual en que es troba l’atleta. Aquests deixarien observar l’efecte més a llarg termini, permetent introduir la variable “temps” i estudiar l’oxidació de substrats al llarg d’una temporada d’entrenaments i al llarg de diversos cicles mensuals, podent proporcionar informació de possibles d’adaptacions de l’atleta al llarg del temps. Alhora, aquests estudis requereixen de mostres més grans. Els estudis analitzats en oxidació de substrats tenen com a màxim 26 participants [10], seria interessant i proporcionaria evidència més clara estudis dissenyats amb mostres molt més grans per evitar biaix biaix per insensibilitat de la mida de la mostra.

Així doncs, una proposta de noves investigacions seria realitzar un estudi longitudinal sobre les taxes d’oxidació de substrats en funció del cicle menstrual en dones esportistes que abastés una temporada completa esportiva sobre una població de dones eumenorreiques sanes i físicament ben entrenades. Les variables més estudiades es centrarien en el RER i anàlisis de sang de glucèmia, insulina, àcids grassos lliures, etc. tal com s’han realitzat en els estudis transversals de la revisió. Un dels baixos possibles a tenir en compte seria el biaix per desgast, ja que un estudi tan llarg pot provocar que els participants acabin sortint del programa. Aquesta retirada del programa ha de ser possible pel dret a participació voluntària, lliure i informada dels participants, així com també cal que l’estudi actuï d’acord amb els principis ètics per a l’experimentació amb éssers humans. [65].

## **8. Conclusions**

En conclusió, la periodització nutricional és un aspecte rellevant en la planificació de la temporada de la atleta de resistència i és important que aquesta tingui en compte el cicle menstrual. Cal que l’atleta faci una correcta distribució de nutrients per evitar possibles deficiències donades pel flux hormonal del cicle en combinació amb el període d’entrenament. Segons els resultats d’aquesta revisió caldria posar especial cura en perioditzar suplementacions de calci i ferro en els moments on es puguin produir hipocalcèmies (possible en fase lútia) o deficiència de ferro (possible deguda a grans pèrdues en la menstruació o tríada de la dona esportista). També valorar la suplementació d’HC que, a part de realitzar-la en funció de l’entrenament de resistència, cal especial atenció en aquells moments del cicle on es pugui donar una disminució

immunitària post-entrenament per una recirculació leucocitària comuna en moments amb pics d'estrògens (fase fol·licular final i fase lútia mitjana). Caldria valorar una periodització de l'extracte de te verd per augmentar l'oxidació lipídica i, possiblement, el rendiment d'esforços de resistència durant la fase lútia. Per altra banda, la cafeïna i les Ribes Negres serien suplementes que no caldria perioditzar segons la fase menstrual.

## 9. Bibliografia

1. Burke LM. Nutritional approaches to counter performance constraints in high-level sports competition. *Exp Physiol*. 2021;106(12):2304–23.
2. Impey SG, Hearn MA, Hammond KM, Bartlett JD, Louis J, Close GL, et al. Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sport Med [Internet]*. 2018;48(5):1031–48. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0867-7>
3. Campbell, S. Chapter 16 - Nutritional Recommendations for Athletes. Academic Press 2013; Pg. 279-293. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391884-0.00016-0>
4. Kato H, Suzuki K, Bannai M, Moore DR. Protein requirements are elevated in endurance athletes after exercise as determined by the indicator amino acid oxidation method. *PLoS One*. 2016;11(6):1–15.
5. Sim M, Garvican-Lewis LA, Cox GR, Govus A, McKay AKA, Stellingwerff T, et al. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *Eur J Appl Physiol [Internet]*. 2019;119(7):1463–78. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04157-y>
6. Devries MC, Hamadeh MJ, Phillips SM, Tarnopolsky MA. Menstrual cycle phase and sex influence muscle glycogen utilization and glucose turnover during moderate-intensity endurance exercise. *Am J Physiol - Regul Integr Comp Physiol*. 2006;291(4):1120–8.
7. Meignié A, Duclos M, Carling C, Orhant E, Provost P, Toussaint JF, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Elite Athlete Performance: A Critical and Systematic Review. *Front Physiol*. 2021;12(May).
8. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372.
9. Kraemer RR, Francois M, Webb ND, Worley JR, Rogers SN, Norman RL, et al. No effect of menstrual cycle phase on glucose and glucoregulatory endocrine responses to prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(9):2401–8.
10. Martin Ștefan A, Tomescu V, Hadamaș RM. Effects of menstrual period on daily energy demands in a group of elite female rowers. *Med Sport*. 2016;XII(1):2709–14.
11. Price TB, Sanders K. Muscle and liver glycogen utilization during prolonged lift and carry exercise: male and female responses. *Physiol Rep*. 2017;5(4):1–11.
12. Ortega-Santos CP, Barba-Moreno L, Cupeiro R, Peinado AB. Substrate oxidation in female adults during endurance exercise throughout menstrual cycle phases: IronFEMME pilot study. *J Hum Sport Exerc*. 2018;13(3):553–65.



13. Frandsen J, Pistoljevic N, Quesada JP, Amaro-Gahete FJ, Ritz C, Larsen S, et al. Menstrual cycle phase does not affect whole body peak fat oxidation rate during a graded exercise test. *J Appl Physiol*. 2020;128(3):681–7.
14. Matsuda T, Takahashi H, Nakamura M, Kanno M, Ogata H, Ishikawa A, et al. Influence of menstrual cycle on muscle glycogen utilization during high-intensity intermittent exercise until exhaustion in healthy women. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2022;47(6):671–80.
15. Chryssanthopoulos C, Ziaras C, Oosthuysen T, Lambropoulos I, Giorgios P, Zacharogiannis E, et al. Carbohydrate mouth rinse does not affect performance during a 60-min running race in women. *J Sports Sci [Internet]*. 2018;36(7):824–33. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1344358>
16. Rodriguez-Giustiniani P, Galloway SDR. Influence of peak menstrual cycle hormonal changes on restoration of fluid balance after induced dehydration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2019;29(6):651–7.
17. West JS, Ayton T, Wallman KE, Guelfi KJ. The effect of 6 days of sodium phosphate supplementation on appetite, energy intake, and aerobic capacity in trained men and women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22(6):422–9.
18. Braakhuis AJ, Hopkins WG, Lowe TE. Effects of dietary antioxidants on training and performance in female runners. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(2):160–8.
19. Dellavalle DM, Haas JD. Iron supplementation improves energetic efficiency in iron-depleted female rowers. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(6):1204–15.
20. Hashimoto H, Ishijima T, Hayashida H, Suzuki K, Higuchi M. Menstrual cycle phase and carbohydrate ingestion alter immune response following endurance exercise and high intensity time trial performance test under hot conditions. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(1).
21. Sun FH, Wong SHS, Chen SH, Poon TC. Carbohydrate electrolyte solutions enhance endurance capacity in active females. *Nutrients*. 2015;7(5):3739–50.
22. Haakonssen EC, Ross ML, Knight EJ, Cato LE, Nana A, Wluka AE, et al. The effects of a calcium-rich pre-exercise meal on biomarkers of calcium homeostasis in competitive female cyclists a randomised crossover trial. *PLoS One*. 2015;10(5):1–10.
23. McKinley-Barnard SK, Andre TL, Gann JJ, Hwang PS, Willoughby DS. Effectiveness of Fish Oil Supplementation in Attenuating Exercise-Induced Muscle Damage in Women During Midfollicular and Midluteal Menstrual Phases. *J Strength Cond Res*. 2018 Jun;32(6):1601-1612. doi: 10.1519/JSC.0000000000002247. PMID: 28930874.

24. Strauss JA, Willems MET, Shepherd SO. New Zealand blackcurrant extract enhances fat oxidation during prolonged cycling in endurance-trained females. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2018;118(6):1265–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-018-3858-3>
25. Romero-Moraleda B, Coso J Del, Gutiérrez-Hellín J, Lara B. The effect of caffeine on the velocity of half-squat exercise during the menstrual cycle: A randomized controlled trial. *Nutrients*. 2019;11(11):1–10.
26. Hiles AM, Flood TR, Lee BJ, Wheeler LEV, Costello R, Walker EF, et al. Dietary supplementation with New Zealand blackcurrant extract enhances fat oxidation during submaximal exercise in the heat. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2020;23(10):908–12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.02.017>
27. 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* [Internet]. 2020;59(6):2525–34. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00394-019-02100-7>
28. Ishikawa A, Matsuda T, Gam H, Kanno M, Yamada M, Ikegami N, et al. Effect of Green Tea Extract Ingestion on Fat Oxidation during Exercise in the Menstrual Cycle: A Pilot Study. *Nutrients*. 2022;14(19):3896.
29. 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 Feb 9;18(4):1667. doi: 10.3390/ijerph18041667. PMID: 33572406; PMCID: PMC7916245.
30. Romero-parra N, Barba-moreno L, Rael B, Alfaro-magallanes VM, Cupeiro R, Díaz ÁE, et al. Influence of the menstrual cycle on blood markers of muscle damage and inflammation following eccentric exercise. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1–12.
31. Smith MJ, Adams LF, Schmidt PJ, Rubinow DR, Wassermann EM. Effects of ovarian hormones on human cortical excitability. *Ann Neurol*. 2002 May;51(5):599-603. doi: 10.1002/ana.10180. PMID: 12112106.
32. Oosthuysen T, Bosch AN. The Effect of the Menstrual Cycle on Exercise Metabolism. *Sport Med*. 2010;40(3):207–27.
33. Janse De Jonge XAK. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sport Med*. 2003;33(11):833–51.
34. Bruinvels G, Burden R, Brown N, Richards T, Pedlar C. The prevalence and impact of heavy menstrual bleeding (Menorrhagia) in elite and non-elite athletes. *PLoS One*. 2016;11(2):1–8.

35. Horton TJ, Miller EK, Glueck D, Tench K. No effect of menstrual cycle phase on glucose kinetics and fuel oxidation during moderate-intensity exercise. *Am J Physiol - Endocrinol Metab.* 2002;282(4 45-4).
36. Holtzman B, Ackerman KE. Recommendations and Nutritional Considerations for Female Athletes: Health and Performance. *Sport Med [Internet].* 2021;51(s1):43–57. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01508-8>
37. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15(1):1–57.
38. Cermak NM, van Loon LJ. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Med.* 2013 Nov;43(11):1139-55. doi: 10.1007/s40279-013-0079-0. PMID: 23846824.
39. Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med.* 2014 May;44 Suppl 1(Suppl 1):S25-33. doi: 10.1007/s40279-014-0148-z. PMID: 24791914; PMCID: PMC4008807.
40. Bailey SP, Zacher CM, Mittleman KD. Effect of menstrual cycle phase on carbohydrate supplementation during prolonged exercise to fatigue. *J Appl Physiol (1985).* 2000 Feb;88(2):690-7. doi: 10.1152/jappl.2000.88.2.690. PMID: 10658039.
41. Shek PN, Sabiston BH, Buguet A, Radomski MW. Strenuous exercise and immunological changes: a multiple-time-point analysis of leukocyte subsets, CD4/CD8 ratio, immunoglobulin production and NK cell response. *Int J Sports Med.* 1995 Oct;16(7):466-74. doi: 10.1055/s-2007-973039. PMID: 8550256.
42. Pedersen BK, Tvede N. Immunsystemet og fysisk traening [The immune system and physical training]. *Ugeskr Laeger.* 1993 Mar 22;155(12):856-62. Danish. PMID: 8480381.
43. Gleeson M: Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol* 2007, 103:693–699.
44. Naderi A, de Oliveira EP, Ziegenfuss TN, Willems MT. Timing, Optimal Dose and Intake Duration of Dietary Supplements with Evidence-Based Use in Sports Nutrition. *J Exerc Nutrition Biochem.* 2016 Dec 31;20(4):1-12. doi: 10.20463/jenb.2016.0031. PMID: 28150472; PMCID: PMC5545206.
45. Davis JK, Green JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Med.* 2009;39(10):813-32. doi: 10.2165/11317770-000000000-00000. PMID: 19757860.
46. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008 Aug;18(4):412-29. doi: 10.1123/ijsnem.18.4.412. PMID: 18708685.

47. Alaunyte I, Stojceska V, Plunkett A. Iron and the female athlete: A review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2015;12(1):1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-015-0099-2>
48. Daily JP, Stumbo JR. Female Athlete Triad. *Prim Care*. 2018 Dec;45(4):615-624. doi: 10.1016/j.pop.2018.07.004. Epub 2018 Oct 4. PMID: 30401345.
49. Nazem TG, Ackerman KE. The female athlete triad. *Sports Health*. 2012 Jul;4(4):302-11. doi: 10.1177/1941738112439685. PMID: 23016101; PMCID: PMC3435916.
50. Alaunyte I, Stojceska V, Plunkett A. Iron and the female athlete: a review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015 Oct 6;12:38. doi: 10.1186/s12970-015-0099-2. PMID: 26448737; PMCID: PMC4596414.
51. Pedlar CR, Brugnara C, Bruinvels G, Burden R. Iron balance and iron supplementation for the female athlete: A practical approach. *Eur J Sport Sci*. 2018 Mar;18(2):295-305. doi: 10.1080/17461391.2017.1416178. Epub 2017 Dec 27. PMID: 29280410.
52. Scofield KL, Hecht S. Bone health in endurance athletes: runners, cyclists, and swimmers. *Curr Sports Med Rep*. 2012 Nov-Dec;11(6):328-34. doi: 10.1249/JSR.0b013e3182779193. PMID: 23147022.
53. Pitkin RM, Reynolds WA, Williams GA, Hargis GK. Calcium-regulating hormones during the menstrual cycle. *J Clin Endocrinol Metab*. 1978 Sep;47(3):626-32. doi: 10.1210/jcem-47-3-626. PMID: 263315.
54. Buck CL, Wallman KE, Dawson B, Guelfi KJ. Sodium phosphate as an ergogenic aid. *Sports Med*. 2013 Jun;43(6):425-35. doi: 10.1007/s40279-013-0042-0. PMID: 23568374.
55. Peternelj TT, Coombes JS. Antioxidant supplementation during exercise training: Beneficial or detrimental? *Sport Med*. 2011;41(12):1043–69.
56. Cook MD, Myers SD, Blacker SD, Willems ME. New Zealand blackcurrant extract improves cycling performance and fat oxidation in cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2015 Nov;115(11):2357-65. doi: 10.1007/s00421-015-3215-8. Epub 2015 Jul 15. PMID: 26175097.
57. Takikawa M, Inoue S, Horio F, Tsuda T. Dietary anthocyanin-rich bilberry extract ameliorates hyperglycemia and insulin sensitivity via activation of AMP-activated protein kinase in diabetic mice. *J Nutr*. 2010 Mar;140(3):527-33. doi: 10.3945/jn.109.118216. Epub 2010 Jan 20. PMID: 20089785.

58. Wang Q, Liu S, Zhai A, Zhang B, Tian G. AMPK-Mediated Regulation of Lipid Metabolism by Phosphorylation. *Biol Pharm Bull*. 2018 Jul 1;41(7):985-993. doi: 10.1248/bpb.b17-00724. Epub 2018 Apr 28. PMID: 29709897.
59. ADVANCE Collaborative Group, Patel A, MacMahon S, Chalmers J, Neal B, Billot L, Woodward M, Marre M, Cooper M, Glasziou P, Grobbee D, Hamet P, Harrap S, Heller S, Liu L, Mancia G, Mogensen CE, Pan C, Poulter N, Rodgers A, Williams B, Bompoint S, de Galan BE, Joshi R, Travert F. Intensive blood glucose control and vascular outcomes in patients with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2008 Jun 12;358(24):2560-72. doi: 10.1056/NEJMoa0802987. Epub 2008 Jun 6. PMID: 18539916.
60. Venables MC, Hulston CJ, Cox HR, Jeukendrup AE. Green tea extract ingestion, fat oxidation, and glucose tolerance in healthy humans. *Am J Clin Nutr*. 2008 Mar;87(3):778-84. doi: 10.1093/ajcn/87.3.778. PMID: 18326618.
61. Murase T, Nagasawa A, Suzuki J, Hase T, Tokimitsu I. Beneficial effects of tea catechins on diet-induced obesity: stimulation of lipid catabolism in the liver. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2002 Nov;26(11):1459-64. doi: 10.1038/sj.ijo.0802141. PMID: 12439647.
62. Tinsley GM, Gann JJ, Huber SR, Andre TL, La Bounty PM, Bowden RG, Gordon PM, Grandjean PW. Effects of Fish Oil Supplementation on Postresistance Exercise Muscle Soreness. *J Diet Suppl*. 2017 Jan 2;14(1):89-100. doi: 10.1080/19390211.2016.1205701. Epub 2016 Jul 21. PMID: 27441600.
63. Kyriakidou Y, Wood C, Ferrier C, Dolci A, Elliott B. The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021 Jan 13;18(1):9. doi: 10.1186/s12970-020-00405-1. PMID: 33441158; PMCID: PMC7807509.
64. Lenn J, Uhl T, Mattacola C, Boissonneault G, Yates J, Ibrahim W, Bruckner G. The effects of fish oil and isoflavones on delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 Oct;34(10):1605-13. doi: 10.1097/00005768-200210000-00012. PMID: 12370562.
65. Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla. Principios éticos que deben regir la experimentación con sujetos humanos. *Univ Sevilla [Internet]*. 2010;1–4. Available from: [https://research.uoc.edu/portal/resources/CA/documents/recerca/Principios\\_eticos\\_USevilla.pdf](https://research.uoc.edu/portal/resources/CA/documents/recerca/Principios_eticos_USevilla.pdf)