



Diplôme d'Université Trail/Running

Comment peut-on adapter l'entraînement au cycle menstruel féminin?

**Présenté par
Chloé KAPPLER**

**Sous la direction de
Sabine EHRSTROM**

Promotion 2021

RÉSUMÉ

Objectif: Faire des recommandations individuel sur les types d'entraînements à favoriser en fonction des différentes périodes du cycle menstruel des athlètes.

Méthode: Réalisation d'une étude sur 7 athlètes en trail/running. Ce groupe de volontaires a été choisi de façon à ce qu'elles soient en euménorrhée (cycle menstruel normal) et ne présentant aucun signe d'alerte de la triade féminine, c'est-à-dire que l'équilibre énergétique, l'euménorrhée et la santé osseuse semblent être respectés. De plus, aucune d'entre elles ne prend de contraceptif hormonal afin d'avoir un cycle menstruel naturel.

2 tests sont mis en place ; un test évaluant les capacités aérobies, 10x400m analysé en fonction de la VMA de chacune ou 8-10x1'30 en montée sur chemin et un test de détente pour étudier la force musculaire. Ces 2 types de séances sont réalisés pendant la phase folliculaire au moment du pic d'œstrogène et la phase lutéale lors du pic de progestérone et d'œstrogène, de leur cycle menstruel. Leurs ressentis, gênes (tendons/musculaires) douleurs ainsi que les données de performance, sensation et perception de l'effort seront les paramètres analysés. Le suivi des athlètes est réalisé via la plateforme Nolio.

Résultat: Pour les 7 volontaires aucune différence significative de performance n'est retrouvée pour le test d'endurance et de force musculaire. Cependant il y a des différences psychologiques entre la phase folliculaire et la phase lutéale. Certaines d'entre elles disent avoir une meilleure motivation et de meilleures sensations à réaliser les séances en phase folliculaire contrairement à la phase lutéale. Or, 3 d'entre elles sont psychologiquement dans le même état de méforme quelle que soit la phase du cycle menstruel. Cela peut s'expliquer en partie par les facteurs extérieurs (travail, vie privée..) qui ont un impact non négligeable sur l'état de forme général.

Conclusion: La cohorte d'athlètes reste restreinte cependant on peut déjà voir qu'il n'est pas possible de faire une conclusion générale. Chacune d'entre elle est différente, elles ont toutes des vies différentes qui n'impactent pas de la même façon leur forme physique. Les résultats obtenus confortent le fait que l'entraînement est individuel ; et même la prise en compte de l'impact du cycle menstruel sur l'entraînement doit être individualisée et adaptée à chacune. Ces résultats montrent l'importance du dialogue entre l'athlète et la personne qui l'entraîne.

2



Abréviations :

GnRH : Hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires

Kcals : kilocalories

Kg : kilogramme

VMA : Vitesse Maximale Aérobie



SOMMAIRE

| | |
|------------------------------|------|
| RÉSUMÉ..... | 2 |
| INTRODUCTION | 5 I. |
| REVUE DE LA LITTÉRATURE..... | 7 |

| | |
|---|--------------------|
| 1. Physiologie féminine..... | 7 a. |
| Les hormones..... | 7 b. |
| Influence du cycle menstruel sur l'utilisation des macronutriments | 9 |
| 2. Aspect psychologique, perception, sensation pendant le cycle menstruel..... | 12 3. |
| Performances..... | 13 a. |
| Influence du cycle menstruel sur les paramètres cardiorespiratoires..... | 15 b. |
| Influence du cycle menstruel sur le métabolisme..... | 15 c. |
| Influence du cycle menstruel sur la force musculaire..... | 16 d. |
| Influence du cycle menstruel sur des efforts aérobies et anaérobies | 17 e. |
| Influence du cycle menstruel sur la variabilité de fréquence cardiaque (HRV)..... | 17 4. |
| Blessures..... | 18 II. |
| MATERIEL ET METHODE..... | 21 1. |
| Population étudiée..... | 21 2. Mise |
| en place de l'étude et des tests..... | 21 3. |
| Indicateurs..... | 22 III. |
| RÉSULTATS..... | 24 1. |
| Athlète N°1 | 24 2. |
| Athlète N°2 | 26 3. |
| Athlète N°3 | 29 4. Les 4 |
| autres athlètes..... | 30 IV. |
| DISCUSSION ET CONCLUSION..... | 32 V. |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 34 |
| WEBOGRAPHIE | 37 |



INTRODUCTION

La démocratisation du sport chez les femmes est en grande évolution. Tokyo 2021 est en passe d'être les jeux les plus équilibrés avec une projection de participation à 49% pour les femmes. Ces dernières années, il y a eu une croissance exponentielle du nombre de femmes participant à des programmes d'exercice et d'entraînement physique. Aujourd'hui beaucoup

de recherches scientifique dans le sport sont réalisées sur les hommes mais ne peuvent pas être directement appliquées pour les femmes. Des différences aux niveaux anatomique, physiologique et endocrinologique sont à prendre en compte (Elliott-Sale et al. (2020)).

Le fait d'inclure les femmes dans la recherche a été considéré comme étant un obstacle dû à la complexité des fluctuations hormonales associées au cycle menstruel (Peinado et al. (2021)).

Les changements hormonaux ont une influence biologique sur le corps des femmes notamment sur l'aspect physique et émotionnel. Le sujet du cycle menstruel chez la femme commence à prendre place dans la société. Le monde du sport de haut niveau quant à lui commence à prendre en compte dans les pratiques sportives la question des règles et des cycles menstruels.

Il a été rapporté que 77% des athlètes élités féminines ont signalé des symptômes négatifs spécifiquement liés à leur cycle menstruel (Lei et al. (2020)). La prise en compte des différentes phases du cycle lors de la surveillance de la capacité d'endurance semble donc être un paramètre important (Julian et al. (2020)).

Dans mon approche du cycle menstruel, 2 hormones me semblent intéressantes, les œstrogènes et la progestérone qui permettent de différencier les phases d'un cycle. Nous avons pour habitude de séparer le cycle menstruel en 3 phases :

- le début de la phase folliculaire avec un faible taux d'œstrogène et de progestérone, -
- la phase ovulatoire avec un taux élevé en œstrogène et faible en progestérone, -
- milieu de la phase lutéale avec un taux élevé en œstrogène et progestérone.

D'après différentes études, la fluctuation des hormones peut avoir des effets sur la biomécanique, la tension des ligaments et des muscles. Le cycle menstruel serait aussi en lien avec les variations de la fréquence cardiaque et une période optimale pour la performance qui serait post-menstruelle (Serova et al. (2004) ; Oothuyse et al. (2010) ; Landram et al. (2020) ; Le Cornec-Boutineau (2021) ; Martin et al. (2021) ; Rael et al. (2021)).



A partir de ce constat, l'objectif serait donc d'établir des recommandations sur les types d'entraînements à favoriser en fonction des différentes périodes du cycle menstruel par rapport au taux d'œstrogène et progestérone et à leur influence physiologique. Ceci permettrait d'établir un entraînement cohérent et bénéfique pour une bonne progression et ne pas amener l'athlète à une fatigue extrême (musculaire ou nerveuse), des blessures (notamment ligamentaires) et des effets négatifs sur la biomécanique qui seraient contre productifs.

Dans une première partie, nous recenserons les études sur le cycle menstruel chez les sportives. Dans une deuxième partie, une étude de terrain sur des sportives pratiquant la course à pied et le trail sera développée. La troisième partie permettra de décrire les résultats obtenus lors de l'étude de terrain. Puis nous discuterons les résultats dans une quatrième partie afin d'établir des recommandations par rapport à la problématique de départ.

ANALYSE DE LA LITTÉRATURE

I. REVUE DE LA LITTÉRATURE

1. Physiologie féminine

a. Les hormones

Dans l'approche du cycle menstruel, 2 hormones sont intéressantes à étudier, les œstrogènes et la progestérone.

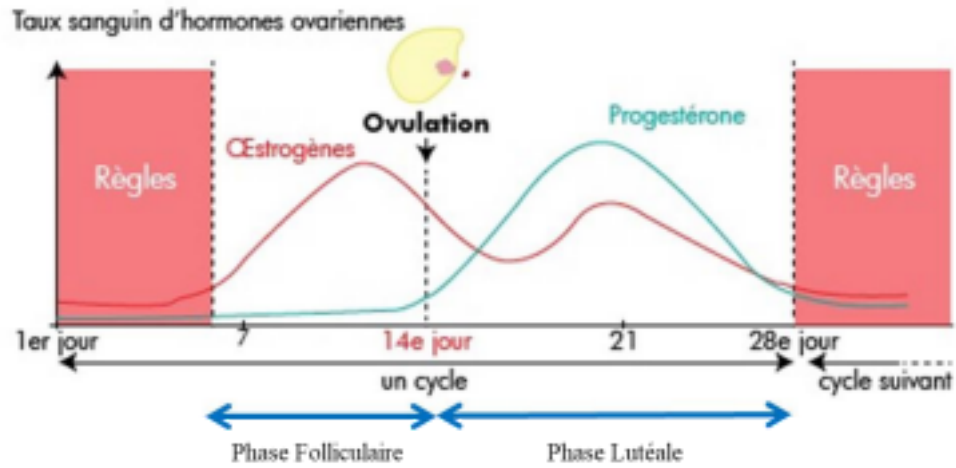


FIGURE 1 : Évolution de la quantité d'hormones ovariennes dans le sang au cours d'un cycle menstruel

Ce sont 2 hormones féminines sécrétées par les ovaires qui annoncent l'arrivée des menstruations. Pour le grand public cela est signe de fécondité. Cependant leur rôle est bien plus important.

L'œstrogène a un rôle dans la croissance des os et la rétention du calcium dans les os. Celle-ci a aussi un effet anabolisant sur le muscle squelettique, qui permet de maintenir sa masse ainsi que la force musculaire. C'est grâce à elle que la réparation musculaire après avoir subi des lésions ou blessures peut se faire par la différenciation des cellules satellites en cellules musculaires. L'œstrogène serait une hormone anabolisante favorisant la synthèse, tandis que la progestérone serait liée aux voies cataboliques favorisant la dégradation (Romero-Moraleda et al. (2019)). Selon Mc Nulty et al. (2020) l'œstrogène aurait des propriétés anti-oxydantes et stabilisatrices de membrane, ce qui pourrait offrir une protection contre les dommages musculaires induits par l'exercice et réduire les réponses inflammatoires.

La phase du cycle influencerait la sécrétion de catécholamines à l'exercice du fait de la variation de la concentration en œstrogène au cours du cycle menstruel. Les catécholamines sont des hormones induisant des modifications physiologiques de l'organisme en situation de

stress (augmentation de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle et du taux de glucose dans le sang) (Serova et al. (2004)). Selon Oothuyse et al. (2010), par modification du métabolisme (processus biochimique) des glucides, des graisses et des protéines, l'œstrogène semble pouvoir favoriser la performance. En effet, l'absorption du glucose dans les fibres musculaires de type I comme carburant de choix pour un exercice intense et de courte durée est favorisée. Ceci devrait être bénéfique pour la performance dans les exercices d'aérobie d'intensité plus élevée. La concentration élevée d'œstrogènes au milieu de la phase lutéale augmente la capacité de stockage du glycogène musculaire par rapport à la phase folliculaire

précoce où le taux d'œstrogènes est plus faible. Certaines études ont montré que le taux d'apparition et de disparition du glucose pendant l'exercice est atténué soit par l'augmentation thérapeutique de l'œstrogène circulant, soit par l'augmentation simultanée des œstrogènes et de la progestérone au milieu de la phase lutéale du cycle menstruel par rapport à la phase folliculaire précoce (Oothuyse et al. (2010)).

Les œstrogènes favorisent la lipolyse et augmentent la disponibilité des graisses dans le plasma pendant l'exercice. Cela augmente les réserves lipidiques intramusculaires ainsi que la capacité des cellules à oxyder les graisses. Cette observation est aussi retrouvée dans l'étude de Mc Nulty et al. (2020) dans laquelle il est précisé que l'œstrogène entraîne des modifications du métabolisme du substrat (molécule utilisée) grâce à un stockage accru du glycogène musculaire et à une utilisation accrue des graisses.

Plus simplement, l'œstrogène permet un meilleur stockage du glycogène musculaire mais favorise aussi l'utilisation du glycogène et des graisses à l'exercice. Un apport en glucose pendant l'exercice réduit la demande de production de glucose endogène et donc réduit l'effet du cycle menstruel.

Par ailleurs, Oothuyse et al. (2010) montrent que les hormones ovariennes ont une influence notable sur le métabolisme des protéines au repos et pendant l'exercice, avec un catabolisme accru durant la phase lutéale dû à une augmentation de la concentration de progestérone. Cependant les œstrogènes quant à elles réduisent le catabolisme des protéines.

L'augmentation de la concentration d'œstrogène pendant les phases folliculaires et ovulatoires tardives, et cette concentration qui reste élevée durant la phase mi-lutéale, peut affecter positivement la performance musculaire ou la performance d'exercice d'intensité maximale et sous-maximale. (Mc Nulty et al. (2020)).

L'action antagoniste de la progestérone et de l'œstrogène sur l'équilibre hydro-sodique décrit par Mc Nulty et al. (2020) engendre un effet sur les mécanismes de thermorégulation.

L'augmentation de la concentration d'œstrogène à un faible niveau de concentration de progestérone provoque une rétention d'eau et d'électrolytes. Une augmentation du taux de progestérone entraîne une perte d'eau et de sodium, entraînant une diminution du volume de plasma pendant la phase post-ovulatoire du cycle menstruel. Cet effet antagoniste conduit à une augmentation de la température centrale du corps pendant la phase lutéale du cycle menstruel (Wiecek et al. (2018)). Sur le plan physiologique Mc Nulty et al. (2020) décrivent la progestérone comme étant une hormone qui joue un rôle sur le centre respiratoire provoquant une augmentation de la ventilation pulmonaire. Cet aspect sera développé plus loin dans une partie dédiée à l'impact du cycle menstruel sur la performance.

Ces 2 hormones, l'œstrogène et la progestérone dont la concentration varie au cours du cycle menstruel semblent avoir un impact sur l'utilisation des macronutriments.

b. Influence du cycle menstruel sur l'utilisation des macronutriments

Selon Rocha-Rodrigues et al. (2021) les niveaux d'œstrogènes et de progestérone affectent les proportions de macronutriments utilisés comme carburant non seulement au repos, mais aussi pendant l'entraînement physique. Pour contrer ces déséquilibres, un ajustement nutritionnel pendant le cycle menstruel chez les femmes euménorrhéiques (cycles menstruels normaux) peut être nécessaire. L'action des hormones ovariennes sur le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines a été rapportée à la fois dans des études sur l'homme et sur l'animal, et suggère des répercussions sur la performance de l'exercice chez les femmes euménorrhéiques. Les influences des hormones ovariennes sur les différentes voies métaboliques semblent très complexes et souvent spécifiques aux tissus (Oothuyse et al. (2010)). Bailey et al. (2000) évoquent que les concentrations élevées d'œstrogènes et de progestérone pendant la phase lutéale du cycle menstruel ont été associées à une altération de l'utilisation du glycogène musculaire et des graisses au repos et lors d'exercice sous-maximal. Ces différences dans l'utilisation du substrat peuvent influencer les performances pendant un exercice prolongé en modifiant la disponibilité du glycogène musculaire.

De façon plus poussée, dans l'étude d'Oothuyse et al. (2010) des mesures calorimétriques indirectes occasionnelles laissent suggérer qu'une plus grande utilisation des lipides du corps pendant l'exercice se ferait pendant les phases folliculaires tardives ou au milieu de phase lutéale ou le taux d'œstrogène est élevé par rapport à la phase précoce folliculaire ou le milieu de la phase folliculaire.



Par ailleurs, Oothuyse et al. (2010) pensent que compléter l'apport énergétique pendant l'exercice avec des protéines peut être plus pertinent lorsque la concentration de progestérone est élevée par rapport aux phases menstruelles favorisant une concentration relative d'œstrogènes plus élevée, car la progestérone favorise la dégradation des protéines par catabolisme tandis que les œstrogènes suppriment le catabolisme des protéines. Les résultats de Bailey et al. (2000) indiquent que le temps d'exercice jusqu'à la fatigue pendant un exercice prolongé à 70% VO₂max serait amélioré par une supplémentation en glucides pendant les phases folliculaire et lutéale du cycle menstruel.

Selon Rocha-Rodrigues et al. (2021), on se heurte à des difficultés pour conclure sur les

besoins énergétiques et l'apport nutritionnel chez les femmes en relation avec les fluctuations hormonales. Une dépense énergétique plus élevée dans certaines phases du cycle menstruel tend à être naturellement compensée par une augmentation de l'apport nutritionnel. Par conséquent, même si une augmentation d'énergie est nécessaire, elle se produira probablement naturellement. Les stratégies visant à augmenter l'oxydation des graisses ne semblent pas apporter d'avantages en termes de performance à l'effort. De plus la gestion des apports protéiques lors des différentes phases du cycle menstruel reste encore mal comprise.

A contrario, Bailey et al. (2000) mettent en avant que les différences de performance d'endurance pendant les phases du cycle menstruel ont été retrouvées comme étant dues à des différences dans la disponibilité du substrat du métabolisme.

Selon Marquez et al. (2013) chez les individus en bonne santé, la disponibilité énergétique et d'environ 45 kcals par kg de masse maigre par jour. Lorsque les valeurs sont inférieures à 30 kcals par kg de masse grasse libre par jour, la fonction reproductrice et la formation osseuse sont réduites pour rétablir l'équilibre énergétique, ce qui entraîne une altération de la santé reproductive et squelettique. Une faible disponibilité d'énergie peut survenir lorsque la dépense énergétique à l'exercice augmente plus que l'apport énergétique, comme cela peut se produire dans les sports d'endurance, mais apparaît également lorsque l'apport énergétique est plus réduit que la dépense énergétique à l'exercice. Des apports alimentaires insuffisants quantitativement et qualitativement, induisent des troubles du cycle par dérèglement hormonal engendrant une déminéralisation osseuse puis une ostéoporose (Delespierre-Mauppin (2015)). Le dysfonctionnement menstruel serait la résultante de la perturbation du générateur d'impulsions GnRH en raison d'une faible disponibilité d'énergie. Plus simplement,

10



l'hypothalamus sécrète l'hormone GnRH qui à son tour stimule la libération des hormones lutéinisante (pour la phase lutéale) et folliculo-stimulante (pour la phase folliculaire). La stimulation faite par la GnRH serait impactée par un manque d'énergie et donc engendre un dysfonctionnement au niveau des hormones sexuelles.

Selon Marquez et al. (2013), l'athlète féminine idéale est à l'extrême droite du spectre (figure 2), qui définit la santé optimale. En 1992, l'American College of Sports Medicine (ACSM) décrit pour la première fois la « triade de la femme sportive ». Ce syndrome relie la perte de masse osseuse, les troubles alimentaires et le déficit énergétique.

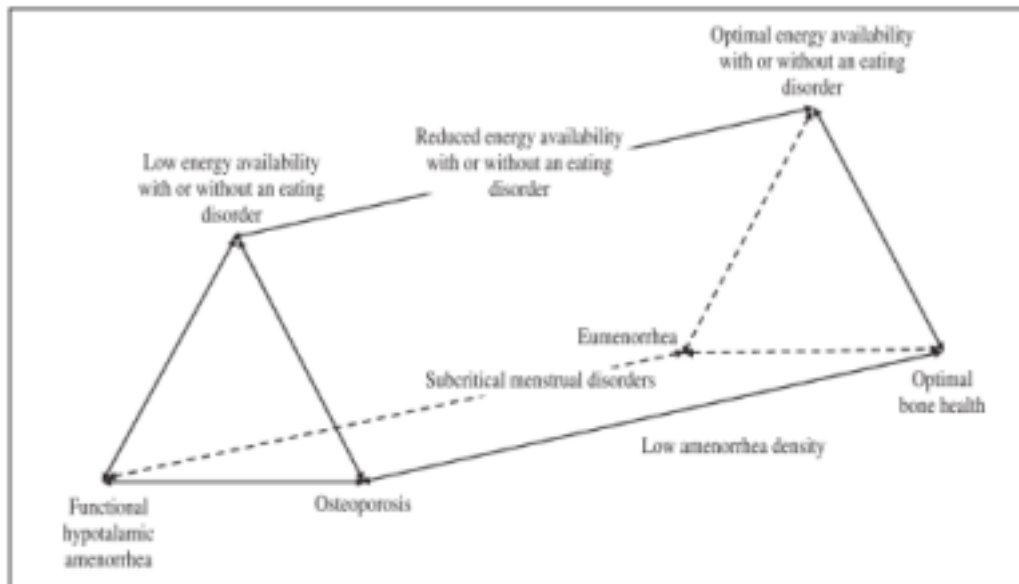


FIGURE 2 : Triade de l'athlète féminine (adapté de Nattiv et al. (2007)).

Une faible disponibilité énergétique entraîne un dysfonctionnement du cycle menstruel et par conséquent une production d'œstrogène inadéquate entraînant à son tour une perte de la masse osseuse. L'œstrogène a un effet direct sur les ostéoblastes (jeunes cellules osseuses) en augmentant la prolifération cellulaire mais a aussi un effet direct sur les protéines qui altèrent le remodelage osseux et inhibe la production de cytokines (rôle de signaux permettant aux cellules d'agir à distance sur d'autres cellules pour en réguler l'activité et la fonction) associées à la réabsorption osseuse (Marquez et al. (2013)).

Avec les connaissances actuelles on ne peut pas conclure sur l'influence du cycle menstruel sur l'utilisation des macronutriments. On peut tout de même mettre en avant qu'un apport énergétique suffisant quantitativement et qualitativement est nécessaire.

2. Aspect psychologique, perception, sensation pendant le cycle menstruel

Dans sa revue Prado et al. (2021) étudient l'effet des phases du cycle menstruel et l'intensité de l'exercice sur les réponses psychophysiologiques avant pendant et après un effort physique. Pour cela quatorze femmes en bonne santé, euménorrhéiques et physiquement actives sont incluses dans l'étude. Deux séances d'exercice de 15 min au-dessus et au-dessous du seuil anaérobie dans la phase folliculaire et la phase lutéale sont effectuées.

Durant la phase folliculaire pendant l'exercice des niveaux plus faibles de dépression et d'hostilité et des niveaux plus élevés de vigueur, d'affection et de motivation ont été observés.

L'exercice à intensité modérée a suscité des réponses psychologiques plus positives que l'exercice de haute intensité. Les résultats de l'étude ne montrent pas d'effet particulier du cycle menstruel sur les réponses physiologiques, mais les réponses psychologiques sont altérées dans la phase lutéale, et surtout pendant un exercice à haute intensité.

Une autre étude menée par Prado et al. (2021) explique que tous les mécanismes psychologiques sont modulés par le niveau de sensibilité des récepteurs neuronaux et par la concentration d'hormones et de stéroïdes neuro-actifs correspondant à la capacité de chaque femme à amortir ce qui est négatif. Pendant la phase lutéale, les émotions négatives peuvent nuire à la prise de décision en diminuant ainsi la tolérance et l'intérêt pour une activité de routine (exemple, l'adhésion à un exercice physique). Cette étude montre l'impact du cycle menstruel sur les changements psychologiques négatifs, principalement dans la phase lutéale. Les auteurs suggèrent que la prévalence de l'inactivité physique et de l'abandon d'un exercice physique chez les femmes sont en partie dus à une altération du plaisir pendant la période prémenstruelle.

| | | | | |
|--|-----------------|--|------------------------------|--|
| | Hormones | Mécanismes physiologiques et psychologiques | Réponse psychologique | Prise de décision pour un effort physique |
|--|-----------------|--|------------------------------|--|

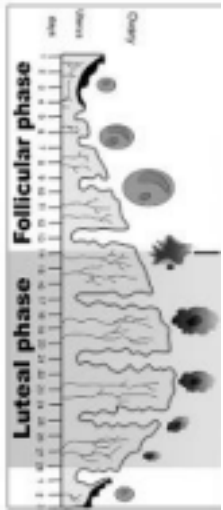
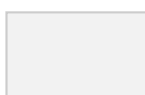
| | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|---|
|  | Œstrogène | Diminution : <ul style="list-style-type: none"> ○ sensibilité au stress ○ mémoire émotionnelle négative ○ température basale du corps | <ul style="list-style-type: none"> ○ Sentiments plaisants ○ Résilience ○ Emotions positives | Sentiments positifs -> Adhérence à l'effort physique |
| | Progestérone ++ Œstrogène + | Augmentation : <ul style="list-style-type: none"> ○ sensibilité au stress ○ mémoire émotionnelle négative ○ température basale du corps | <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation de l'anxiété, de la douleur ○ Diminution de la motivation ○ Emotions négatives ○ Augmentation de l'évaluation de la perception d'effort | Sentiments négatifs -> abandon de l'exercice physique |

TABLEAU 1 : Illustration schématique des barrières possibles à l'adhésion à l'exercice physique par les femmes (adapté de Prado et al. (2021)).

3. Performances

Femme et homme diffèrent sur leur composition corporelle. La femme a une masse grasse plus importante, une masse musculaire plus faible comme son volume osseux et sa section osseuse. L'épaisseur cartilagineuse, la surface articulaire, la section des tendons sont également plus faibles chez la femme. Sur le plan constitutionnel, l'homme semble être plus apte à réaliser des performances dans des sports nécessitant de la force, de la puissance et de la vitesse. La femme par son morphotype est plus apte à réaliser des sports nécessitant de la souplesse et des pratiques de très longue durée. Cependant le lien entre le cycle menstruel et l'impact sur l'activité et les performances physique reste aujourd'hui un sujet encore à étudier.

Selon l'article de Le Cornec-Boutineau, les femmes ont moins de force, car elles ont davantage de fibres lentes (type I) (51% pour les hommes contre 46% pour les femmes) que de fibres rapides (type IIa et IIb). Leur taux d'oxydation des lipides est le double de celui des hommes, ce qui leur permet de préserver leur glycogène musculaire. La résultante force/vitesse= puissance, est inférieure à celle des hommes ce qui peut expliquer leurs moins bonnes performances. Mais plus la distance est longue, plus les femmes pourront se rapprocher des performances des hommes (Tille N.B et all (2021)). Il reste une différence,

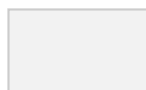


celle de la VO2max. Le cœur de la femme a un débit cardiaque plus faible. Chez la femme le

VO₂max varie entre 25 et 70 ml/kg/mn alors que chez l'homme elle est de 30 à 90 ml/kg/mn. Mais si on se rapporte par rapport au poids (Kg), la VO₂max chez la femme est finalement peu inférieure par rapport à celle l'homme. La pression artérielle est plus basse et la fréquence cardiaque maximale est moins élevée que chez l'homme. De plus, la concentration en hémoglobine et les réserves en fer sont plus basses en raison des menstruations. Ainsi les femmes ont une moins bonne capacité de transport de l'oxygène dans le sang. Les femmes ont également des ligaments laxes mais qui possèdent la même résistance que celles des hommes. La foulée et la biomécanique des membres inférieurs sont différentes de celles des hommes. Les femmes ont un talon plus rapproché vis-à-vis de l'avant de leur pied. Elles ont également un pied moins large. Le cycle hormonal de la femme a une influence sur l'hydratation des tendons et sur leur résistance. Il a été également montré que la structure du pied féminin change à mesure que la quantité d'œstrogènes évolue pendant le mois. Les œstrogènes sont connus pour leur effet assouplissant sur les tissus mous, et ceci provoque entre autres un abaissement de la hauteur de l'arche du pied. Ce qui influence à son tour la biomécanique du pied, et de façon spécifique le fascia plantaire, un regroupement de tissus épais qui s'étend sur toute la longueur du pied. A chaque pas, le fascia plantaire se contracte et se détend dans une suite de mouvements (mécanisme windlass) (Le Cornec-Boutineau).

Dans son étude Greenhall et al. (2020) ont examinés l'impact potentiel des fluctuations des hormones tout au long du cycle menstruel sur les performances de course en marathon sur des athlètes féminines récréatives. Pour cela ils ont fait remplir un questionnaire à des femmes ayant terminé plusieurs marathons au cours des 18 derniers mois. Ils en concluent qu'une majorité des femmes ont eu leur meilleure performance en marathon pendant la phase lutéale du cycle menstruel. Cette conclusion semble être le contraire des résultats des études précédentes. Deux limites à cette étude sont citées, l'auto-évaluation des sujets qui répondent au questionnaire et le fait de ne pas avoir vérifié que les femmes sont bien euménorrhéiques avec des changements hormonaux normaux et sans contraceptif.

Les données actuelles sont hétérogènes mais semblent montrer une tendance de performance en faveur de la phase post-menstruelle soit dans la phase folliculaire.

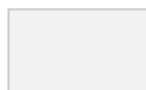


L'auteur Rael et al. (2021) ont remarqués des valeurs plus élevées de ventilation au milieu de la phase lutéale par rapport à la phase folliculaire précoce et tardive. Les variations cardiorespiratoires se produisent au milieu de la phase lutéale lors du pic de progestérone. Rael et al. (2021) évoquent le mécanisme induit par la progestérone, qui détend les muscles lisses bronchiques et réduit la contraction des muscles respiratoires, ce qui peut expliquer l'augmentation du débit et de ventilation pour maintenir le débit cardiaque. Des valeurs de fréquence cardiaque plus élevées au milieu de la phase lutéale par rapport au milieu de la phase folliculaire sont observées sur des femmes entraînées. Cependant l'effet de la progestérone sur cette variable physiologique peut être masqué lors d'un exercice de haute intensité. Cette dernière remarque est aussi mentionnée par Oothuyse et al. (2010), aucune différence au niveau de la fréquence respiratoire dans un test de performance Wingate (mesure la puissance et la capacité anaérobie) ou avec des sprints de 10 secondes n'a été retrouvée. L'influence du cycle menstruel sur les performances aérobies ou anaérobies maximales n'a été retrouvé qu'occasionnellement.

Or il conclue tout de même sur le fait que divers changements physiologiques (tels que la fréquence respiratoire) associés aux hormones ovariennes, autres que de simples altérations du métabolisme, peuvent influencer l'exercice à des intensités aussi élevées.

b. Influence du cycle menstruel sur le métabolisme

A partir d'un exercice de contre la montre, Oothuyse et al. (2010) observent une amélioration des performances au milieu de la phase folliculaire sans supplémentation en glucides pendant l'exercice. Cette performance serait associée à une utilisation plus élevée des glucides avec un taux d'apparition du glucose dans le corps (production hépatique de glucose) et à un taux de disparition (ou absorption de glucose) montrant une meilleure capacité à utiliser les glucides. La concentration de progestérone élevée au milieu de la phase lutéale peut avoir contré les avantages de l'œstrogènes et conduire à une performance moins bonne. Selon eux, l'utilisation de suppléments d'hydrates de carbone pendant l'exercice favorise le taux d'apparition, disparition et l'utilisation du glucose plasmatique. Devenant un carburant de choix pour favoriser une performance optimale lors d'un exercice de contre la montre de courte durée et à haute intensité, quelle que soit la phase menstruelle.



Lors d'un exercice au-delà de 50% de VO_{2max} , le taux d'apparition du glucose est impacté.

Ce taux devient plus faible lors de la phase lutéale en présence de progestérone. Les auteurs concluent que la cinétique du glucose est influencée par les phases du cycle menstruel lors d'exercice à haute intensité demandant un taux de production de glucose au-dessus du seuil basal. Or cette cinétique devient négligeable lorsqu'il y a un apport de glucose exogène (externe) tout au long de l'exercice physique.

A l'inverse, Bailey et al. (2000) indiquent que les effets de la supplémentation en glucides sur l'amélioration des performances lors d'un exercice prolongé à 70% de VO₂max ne sont pas influencés par la phase du cycle menstruel. Les performances d'endurance ne seraient pas non plus influencées par les phases du cycle menstruel.

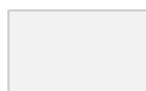
Concernant l'ultra-endurance chez la femme, Rocha-Rodrigues et al. (2021) proposent que l'action hormonale et métabolique puisse contribuer à améliorer la capacité physique pour l'ultra-endurance chez les femmes. Ils décrivent l'œstrogène comme ayant un effet anabolisant sur le muscle squelettique avec un rôle dans les modifications du métabolisme du substrat. L'œstrogène permettrait l'augmentation de la capacité de stockage du glycogène musculaire, la disponibilité des acides gras libres et l'utilisation de voies oxydatives. Or ce mécanisme diminue l'utilisation des voies anaérobies pour la production d'ATP, et ainsi abaisse les taux de lactate sanguins, entraînant moins de fatigue.

Lors d'un exercice prolongé les préférences métaboliques en présence d'un fort taux d'œstrogènes peuvent être différentes. Cela induirait une épargne hépatique du glycogène, ce qui dans l'étude d'Oothuyse et al (2010) coïncide avec une augmentation de la capacité d'endurance.

Avec les connaissances actuelles, il est difficile de conclure sur l'influence du cycle menstruel sur le métabolisme et notamment sur la cinétique du glucose. Or ce que l'on peut dire c'est que l'apport régulier de glucose exogène pendant un effort physique permettrait de minimiser cette cinétique.

c. Influence du cycle menstruel sur la force musculaire

Concernant la force musculaire, dans l'étude de Romero-Moraleda et al. (2019), des femmes euménorrhéiques ont réalisé des tests de demi-squat (machine Smith) à différents moments du cycle menstruel. Il en est ressorti qu'il y avait aucune différence significative de force musculaire et des performances de puissance pendant les différentes phases du cycle. Cependant l'idée que la fluctuation hormonale pendant le cycle menstruel pourrait influencer



les adaptations à l'exercice de résistance à long terme n'est pas exclue. Cela pourrait se

traduire par une augmentation de la force et une hypertrophie musculaire quand la fréquence de l'exercice est élevée. Cette augmentation se ferait potentiellement pendant la phase folliculaire en corrélation avec l'augmentation de l'oestrogène qui a des propriétés anabolisantes associé à une augmentation de la synthèse des protéines musculaire dû à l'augmentation de l'entraînement. Le gain de masse musculaire serait ainsi favorisé pendant la phase folliculaire tardive. Sung et al. (2014) ont étudiés les effets de l'entraînement en force en fonction des phases du cycle menstruel sur les adaptations musculaires de force (macroscopiques et microscopiques) dans un environnement contrôlé chez de jeunes femmes euménorrhéiques. Ils rapportent une augmentation significative de la force max (extension isométrique de la jambe) et du diamètre musculaire pendant la phase folliculaire par rapport à la phase lutéale. L'auteur fait le lien avec un ratio plus élevé entre la synthèse et la dégradation des protéines pendant ou après les séances en phase folliculaire.

d. Influence du cycle menstruel sur des efforts aérobie et anaérobies

Les différences de concentration en oestrogène et progestérone entre les phases folliculaire et lutéale peuvent provoquer des réactions différentes à l'exercice chez la femme, en fonction du cycle menstruel.

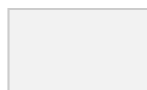
Concernant un effort de puissance anaérobie, Wiecek et al. (2016) décrivent qu'il n'y a pas de différence significative entre les phases du cycle menstruel. Les changements hormonaux du cycle menstruel ne semblent pas influencer les performances d'endurance anaérobies.

En revanche, l'étude de Julian et al. (2017) sur des joueuses de football, montrent qu'il y a potentiellement une diminution de l'endurance maximale aérobie au cours du cycle menstruel au milieu de la phase lutéale. Ce changement de performance n'est pas observé pour les exercices physiques tels que le saut et le sprint.

Aujourd'hui très peu de données sur l'influence du cycle menstruel sur des efforts aérobie ou anaérobies sont publiées. Beaucoup de choses restent à étudier dans ce domaine.

e. Influence du cycle menstruel sur la variabilité de fréquence cardiaque (HRV)

Le HRV est un marqueur du système nerveux autonome. Il est de plus en plus utilisé par les entraîneurs comme outils de prédiction de performance. L'application HRV4training



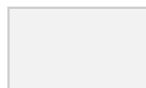
explique au travers de l'article de Marco A. (2019) que plusieurs études montrent que la

régulation du système nerveux autonome est modifiée au cours du cycle menstruel. Il semble donc intéressant d'approfondir la relation avec le marqueur de l'activité parasympathique et la variabilité de la fréquence cardiaque. Selon les données collectées par les auteurs, la plupart des résultats suggèrent que la phase folliculaire est caractérisée par une activité parasympathique tandis que la phase lutéale par une activité sympathique accrue. La fréquence cardiaque augmente et le HRV diminue tout au long du cycle menstruel. Ces données sont confortées par l'article de Brar T.K. (2015).

4. Blessures

Le cycle menstruel a été montré comme un facteur susceptible de modifier le risque de blessure chez les athlètes féminines. Les fluctuations des hormones de reproduction, œstrogène et progestérone peuvent influencer les tissus musculo-squelettiques tels que les muscles, les tendons et les ligaments. Martin et al. (2021) décrivent une augmentation des lésions du ligament croisé antérieur sur une population de footballeuses, lors de la phase folliculaire tardive juste avant l'ovulation lors du pic d'œstrogène. Il explique que d'autres études montrent que les œstrogènes sont associés à la raideur tendineuse se trouvant être la plus faible dans la phase folliculaire tardive, alors que d'autres études ne montrent aucun changement de la raideur tout au long du cycle menstruel. Pour conclure, les données montrent que les lésions musculaires et tendineuses peuvent survenir environ deux fois plus souvent dans les jours précédant l'ovulation, sans que le lien avec les modifications de raideur musculo-tendineuses n'aient été démontrées. Un autre point important, la carence énergétique appelé RED-S augmente le risque de blessures chez les sportives.

Landram et al. (2020) s'intéressent à l'influence de la course à pied discontinue d'intensité modérée ou élevée sur le ligament croisé antérieur et les ischios-jambier chez les femmes euménorrhéiques. La plupart des études s'accordent sur le fait qu'il y a une augmentation de la laxité autour de l'ovulation et pendant la phase lutéale. Cela met en cause le niveau élevé d'œstrogènes comme étant impliqué dans le taux des blessures du ligament croisé antérieur chez les femmes. Les résultats montrent une diminution de la stabilité du genou pendant la phase lutéale lors d'une pratique physique dans cette phase. Les ischio-jambier et le ligament antérieur fonctionnent en synergie pour la stabilité du genou. Les déchirures du ligament croisé antérieur seraient trois fois plus probables chez les athlètes femmes que les athlètes hommes.



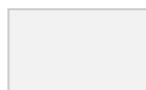
Hackney et al. (2019) examine les réponses physiologiques jusqu'à 72h après un effort sur les lésions musculaires, les processus inflammatoires lors de la récupération d'un exercice

d'endurance (course sur tapis à 70% VO₂max) au cours du cycle menstruel. La créatine kinase utilisé comme un biomarqueur pour représenter les dommages musculaires et l'interleukine-6 impliqué dans la régulation de l'inflammation sont deux molécules utilisés pour suivre le processus de récupération musculaire. Il est décrit qu'une réponse physiologique lors d'une période de récupération, de la créatine Kinase et de l'interleukine-6 semble plus importante lorsque les hormones féminines sont réduites. Soit au milieu de la phase folliculaire ou les aspects antioxydants des œstrogènes sont atténués. Ils concluent que les phases du cycle menstruel affectent les réponses physiologiques lors d'une période de récupération après un effort intensif chez les femmes euménorrhéiques.

L'article de Peinado et al. (2021) décrivent le muscle squelettique comme étant le plus grand tissu contenant des récepteurs oestrogéniques. Les œstrogènes peuvent jouer un rôle protecteur en stabilisant la membrane. Par conséquent, les œstrogènes peuvent prévenir les lésions musculaires induites par l'exercice et une inflammation ultérieure.

Au travers de l'étude IronFEMME, Romero-Parra et al. (2020) étudient l'effet du cycle menstruel sur les douleurs musculaires pour potentiellement identifier une phase du cycle menstruel qui serait plus sensible aux douleurs musculaires. Il s'intéresse particulièrement aux douleurs musculaires qui arrivent post-effort. Les résultats montrent une différence entre les phases entre 24h et 72h post-effort. Les douleurs musculaires seraient plus importantes pendant les phases folliculaires précoces et tardives lorsque les concentrations d'hormones sont faibles. Pendant la phase folliculaire précoce, les tissus musculaires peuvent ne pas supporter des charges aussi intenses que celles réalisées pendant les phases du cycle ou le taux d'hormone est élevé. Ces résultats peuvent suggérer des moments plus appropriés pour augmenter les charges (Phase folliculaire tardive et milieu de la phase lutéale) en fonction de la perception de la douleur et de la performance des athlètes.

La fluctuation hormonale peut influencer la distribution et la présence des récepteurs des oestrogènes entre les fibres musculaires. Comme vue aussi dans l'article de Mc Nulty et al. (2020) ces récepteurs oestrogéniques peuvent intervenir dans la réparation des tissus musculaires et l'adaptation à l'entraînement. L'étude de Romero-Parra et al. (2020) conclue sur le fait que les hormones influencent la réponse aux lésions musculaires qui s'étendent jusqu'à 72 heures post-effort. Contrairement à d'autres études ils ne trouvent pas de différences dans la réponse de la créatine-kinase au cours du cycle menstruel.

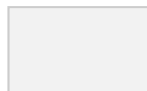


A ce jour, il reste encore des questions auxquelles la recherche n'a pas répondu. J'ai donc mis en place une étude de terrain sur des femmes sportives pour nous permettre

d'éclaircir la problématique initiale et l'hypothèse que la phase folliculaire semble plus propice à la performance même si cela reste individu dépendant. Il serait intéressant de faire des recommandations aussi bien pour les entraîneurs(es) que pour les athlètes elles-mêmes qui n'ont pas toutes consciences de l'impact de leur cycle menstruel sur leur pratique sportive.

20

MÉTHODOLOGIE



II. MATERIEL ET METHODE

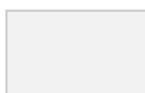
1. Population étudiée

Une population féminine au nombre de 7 nous a permis de réaliser une étude de terrain sur 3 mois. Ce sont toutes des femmes en âge de procréer allant de 23 à 40 ans (moyenne d'âge : 31 ans). Ce sont toutes des coureuses pratiquant la course à pied ou le trail dans une structure ou non. Les critères de sélection des participantes à l'étude ont été définis au préalable. Les critères sont les suivants : être majeure, en euménorrhée, ne pas avoir de contraceptifs hormonaux et accepter de donner des informations sur leur cycle menstruel et de réaliser les tests programmés. Dans cette étude aucun signe d'alerte de la triade féminine n'est présent, c'est-à-dire que l'équilibre énergétique, l'euménorrhée et la santé osseuse semblent être respectés.

2. Mise en place de l'étude et des tests

Au début de l'étude, le projet a été présenté à chacune indépendamment par visioconférence. Cette présentation de l'étude incluait les critères de sélection, les tests à réaliser et les renseignements nécessaires pour l'analyse. Un test de détente et un test en course à pied, 10x400m r1' ou 10x1'30 en côte r1', en fonction du choix fait par la volontaire. Ces 2 séances sont à réaliser 2 fois dans le mois, avant ovulation entre le 10^{ème} et 14^{ème} jour et après ovulation entre le 20^{ème} et le 24^{ème} jour de leur cycle. L'objectif étant quelles réalisent les séances au moment du pic d'oestrogène en phase folliculaire et au moment du pic de progestérone plus d'oestrogène en phase lutéale. Associé à ces séances un questionnaire sur leur perception d'effort, leur sensation, leur envie de réaliser la séance, les douleurs (ventre, tendons, muscles..) qu'elles peuvent avoir est à remplir pour enrichir l'étude. Certaines d'entre elles réalisent des mesures de HRV (Heart Rate Variability) via l'application Haptools qui est connecté à Nolio permettant de centraliser les données. Pour m'aider à récolter les séances de chacune ainsi que les différentes données, j'utilise une plateforme de suivi d'entraînement : Nolio. Cette plateforme permet à chacune des volontaires de renseigner leur période de règles me permettant de leur planifier les séances à réaliser et de récupérer les données.

21



3. Indicateurs

a. Allures des séances

Concernant les séances 10x400m, les allures sont définies par rapport à la VMA des athlètes. Sur les séances de 8-10x1'30 en côte, l'allure est défini par rapport à la fréquence cardiaque et au ressenti. Une séance test a été réalisée par quelques-unes des volontaires pour avoir une idée de l'allure et de la distance parcourue sur les 1'30 d'effort. Pour l'analyse de chaque séance du protocole, on effectue la moyenne des temps d'effort (ou distance parcourue pour la séance en côte), en retirant la meilleure et la moins bonne répétition.

b. Indice de perception de l'effort et de sensation

La plateforme Nolio propose des indices de sensation et de perception de l'effort à renseigner à chaque séance réalisée. Ces 2 indicateurs nous permettent en plus des résultats de performance, de comprendre dans quel état psychologique l'athlète se trouve sur la séance. On a vu précédemment dans l'article de Prado et al. (2021), que l'état psychologique est différent en fonction de la phase du cycle menstruel dans laquelle se trouve l'athlète.

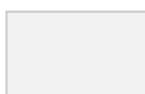


FIGURE 3 : Illustration des indicateurs de sensation et de perception de l'effort de la plateforme Nolio.

c. Variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) par Haptools

Quelques rappels pour mieux comprendre ce qu'est le HRV. Tout commence avec notre système nerveux autonome qui intervient dans la régulation de la fréquence cardiaque en temps réel pour maintenir une homéostasie. La branche sympathique permet de faire accélérer le cœur tandis que la branche parasympathique permet de freiner le cœur. Ces 2 branches permettent de réguler notre fréquence cardiaque avec des micro-variations en millisecondes. C'est l'étude de l'évolution dans le temps de ces micro-variations en fonction de l'activité physique réalisée au préalable que l'on va pouvoir suivre la forme physique d'un athlète.

22



Le HRV est un marqueur du système nerveux autonome. C'est un outil qui permet de faire de la prédiction de performance, de faire de la détection de surentraînement, du suivi de forme et d'individualiser la charge d'entraînement. L'information du HRV le matin au réveil permet de renseigner l'entraîneur sur sa capacité à bien réaliser une séance le jour même.

2 limites sont mentionnées par les chercheurs d'Haptools, le traitement du signal qui peut être réalisé de différentes façon et les conditions d'enregistrement. Selon les méthodes utilisées les résultats peuvent être très différents. Haptools a choisi de se baser sur les courbes RMSSD (moyenne quadratique des intervalles R-R successifs) et des brevets qu'ils ont publiés et dont l'information est confidentielle.

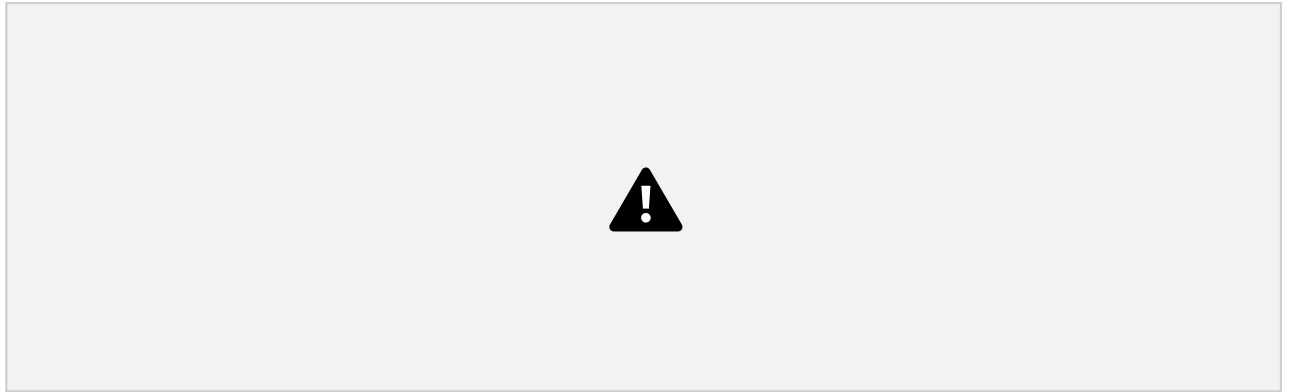


FIGURE 4 : Protocole pour réaliser les mesures de HRV par Haptools

Concernant l'analyse des courbes, cela peut se faire directement sur l'application Haptools mais aussi via la plateforme Nolio. Il faut faire une analyse des courbes normalisées et lissées, car les courbes de données brutes peuvent être intéressantes si on veut regarder un jour précis sinon elles sont trop complexes à interpréter. Des zones rouges pour la fatigue et verte pour la forme sont représentées sur la courbes aidant ainsi à l'interprétation. Il est nécessaire de regarder la courbe sur une longue période et avec des informations corrélées comme la charge d'entraînement.

RÉSULTATS

III.RÉSULTATS

Dans un premier temps, les données de 3 athlètes seront analysées individuellement pour

l'interprétation des résultats obtenus lors de l'étude de terrain. Puis dans un second temps les données des 4 autres athlètes seront analysées de façon globale. L'entraînement reste individuel et il n'est pas possible de faire de conclusion générale mais potentiellement d'en sortir certains principes.

1. Athlète N°1

La première athlète que je vous présente pratique la course à pied au moins 2 fois par semaine ainsi que l'équitation. Elle a une longue expérience sportive en athlétisme mais aussi en ski de fond et ski alpinisme. Au moment de l'étude elle n'était pas sous contraceptif et a choisi de faire comme séance type, 8x1'30 en côte sur chemin, en plus de ces activités physique régulière. Il me semble important de préciser que c'est une maman de 2 enfants dont la dernière grossesse date de 2019-2020. Les facteurs extérieurs impactant sa forme ne sont donc pas négligeables. Pour déterminer les dates des séances à réaliser, je me suis basée sur les données de ces périodes de règles qui ont été régulières à + ou - 2 jours.

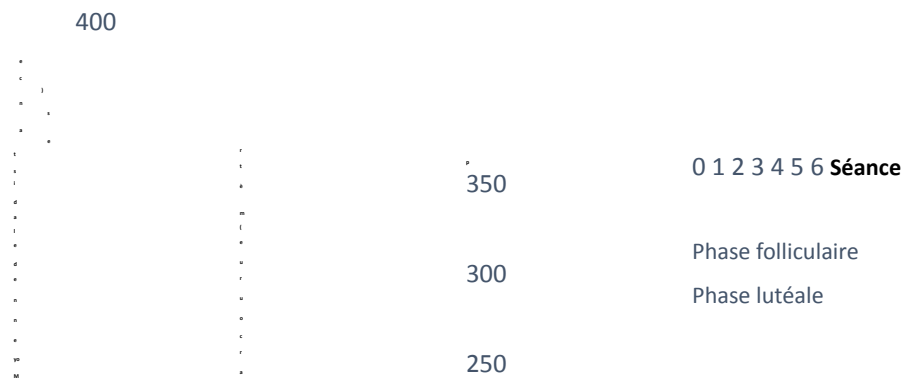


FIGURE 5 : Graphique représentant la moyenne de la distance parcourue en mètres de chaque intervalle de 1'30 en côte de chaque séance en fonction de la phase de son cycle menstruel.

| | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | Séance 1 Phase folliculaire | Séance 2 Phase lutéale | Séance 3 Phase folliculaire | Séance 4 Phase lutéale | Séance 5 Phase folliculaire | Séance 6 Phase lutéale |
|--|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|











| | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|--|---|---|
| Sensation |  |  |  |  |  |  |
| Perception de l'effort |  |  |  |  |  |  |

TABLEAU 2 : Tableau récapitulatif des sensations et perception d'efforts pour chaque séance

3 séances avant ovulation au moment du pic d'œstrogène et 3 séances après ovulation lors du pic de testostérone associé au pic d'œstrogène, ont été réalisées. Globalement on n'observe pas de différence significative sur la performance entre la phase folliculaire et la phase lutéale. Cependant si l'on regarde les sensations, perceptions d'effort et les commentaires laissés par l'athlète on peut voir que ce soit en phase folliculaire ou lutéale les séances ont été difficiles avec des douleurs musculaires, tendineuses et parfois des douleurs au ventre. Ceci peut-être expliqué par le fait que l'athlète reprenait ce type de séance après plusieurs années d'interruptions et qu'il faut un temps d'adaptation aux muscles, aux tendons et tout simplement au corps pour encaisser des séances d'intensités élevées. En plus des séances, des mesures de HRV ont été réalisées par l'athlète sur la période de l'étude. Ces mesures sont faites via la méthode d'Haptools (HaPT) décrite précédemment.

Phase Lutéale Folliculaire
Phase Lutéale
Phase

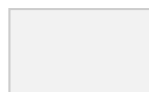


Phase Folliculaire

FIGURE 6 : Graphique représentant la variabilité de fréquence cardiaque normalisée (Forma HaPT)

Sur le graphique d'Haptools (figure 6), la zone entre le 11 mai 2021 et le 31 mai 2021 ne comporte pas de mesures dues à un problème de synchronisation. On peut voir que la forme

25



est inversement corrélée à la fréquence cardiaque au repos. Une hausse de la fréquence cardiaque au repos est signe de fatigue et inversement une baisse de la fréquence cardiaque au repos est liée à un état de forme physique. Si on regarde le premier cycle sur Avril-Mai, la phase lutéale suivie de la période des règles montre une hausse de la fréquence cardiaque au repos. Celle-ci redescend lors de la phase folliculaire. On ne peut cependant pas conclure sur les tendances d'état de forme de cette athlète car nous n'avons pas assez de données mais la variabilité de la fréquence cardiaque semble suivre son cycle menstruel. Un test de détente a été réalisé afin de regarder s'il pouvait y avoir un impact de la puissance musculaire en lien avec les phases du cycle menstruel.



FIGURE 7 : Graphique représentant la détente (cm) obtenue en fonction des phases du cycle menstruel

Seuls 4 tests de détente sont représentés ici car les 2 derniers tests n'ont pas été effectués. La variabilité est visible dans les 2 phases du cycle menstruel. Il n'y a pas de différence significative de la puissance musculaire en fonction de la période du cycle pour cette athlète.

2. Athlète N°2

La deuxième athlète que je vous présente pratique l'athlétisme très régulièrement entre 5 à 7 séances par semaine. Au moment de l'étude elle n'était pas sous contraceptif et a choisi de faire 10x400m sur piste comme séance type en plus de son entraînement quotidien. Pour déterminer les dates des séances à réaliser, je me suis basée sur les données de ces périodes de règles et d'ovulation récupérées à partir de son application Garmin.

26

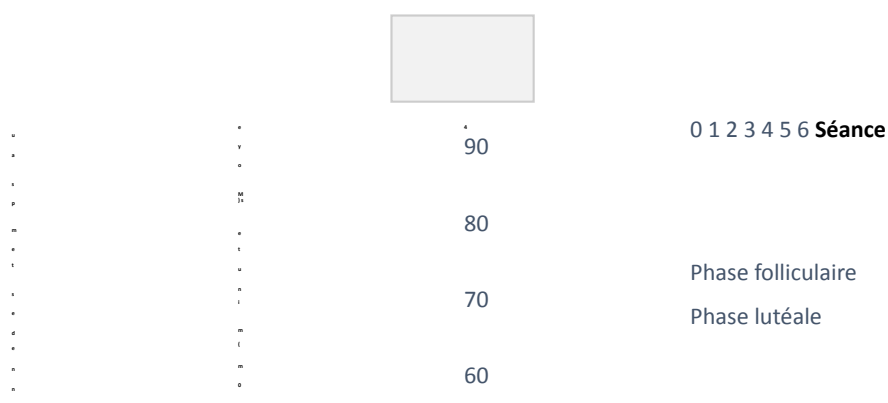


FIGURE 8 : Graphique représentant la moyenne du temps effectué sur chaque 400m par séance en fonction de la phase de son cycle menstruel.

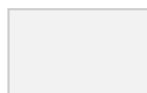
| | Séance 1 Phase folliculaire | Séance 2 Phase lutéale | Séance 3 Phase folliculaire | Séance 4 Phase lutéale | Séance 5 Phase folliculaire | Séance 6 Phase lutéale |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Sensation | | | | | | |
| Perception de l'effort | | | | | | |

TABLEAU 3 : Tableau récapitulatif des sensations et perception d'efforts pour chaque séance

3 séances avant ovulation au moment du pic d'œstrogène et 3 séances après ovulation lors du pic de testostérone associé au pic d'œstrogène, ont été réalisées. Globalement on n'observe pas de différence significative sur la performance entre la phase folliculaire et la phase lutéale. Cependant si l'on regarde les sensations, perceptions d'effort et les commentaires laissés par l'athlète on peut voir que pendant la phase folliculaire, l'athlète avait une bonne motivation à aller réaliser la séance. Sur les premiers 400m elle se sentait bien dans son effort habituel puis à partir des 4 derniers 400m cela devenait plus compliqué. Une sensation de fatigue, diminution de la forme voire même une sensation d'acide lactique dans les cuisses étaient perçus par l'athlète. A cela vient s'ajouter des paramètres extérieurs météorologiques que l'on ne maîtrise pas comme le vent, la chaleur mais aussi la prise en compte de son entraînement quotidien qui impacte son état de forme. Il a souvent été mentionné par l'athlète que la diminution de forme venait aussi du fait de réaliser la séance seule.

Lors des séances réalisées pendant la phase lutéale j'ai remarqué qu'elle n'avait pas de motivation à aller faire la séance. Les sensations étaient plutôt mauvaises, il y avait des

27



douleurs de ventre, jambes lourdes, ventre gonflé. Cela n'est pas très étonnant puisque nous sommes bientôt en fin de cycle et proche des règles.

En plus des séances, des mesures d'HRV ont été réalisées par l'athlète sur la période de l'étude. Ces mesures sont faites via la méthode d'Haptools (HaPT) décrite précédemment.

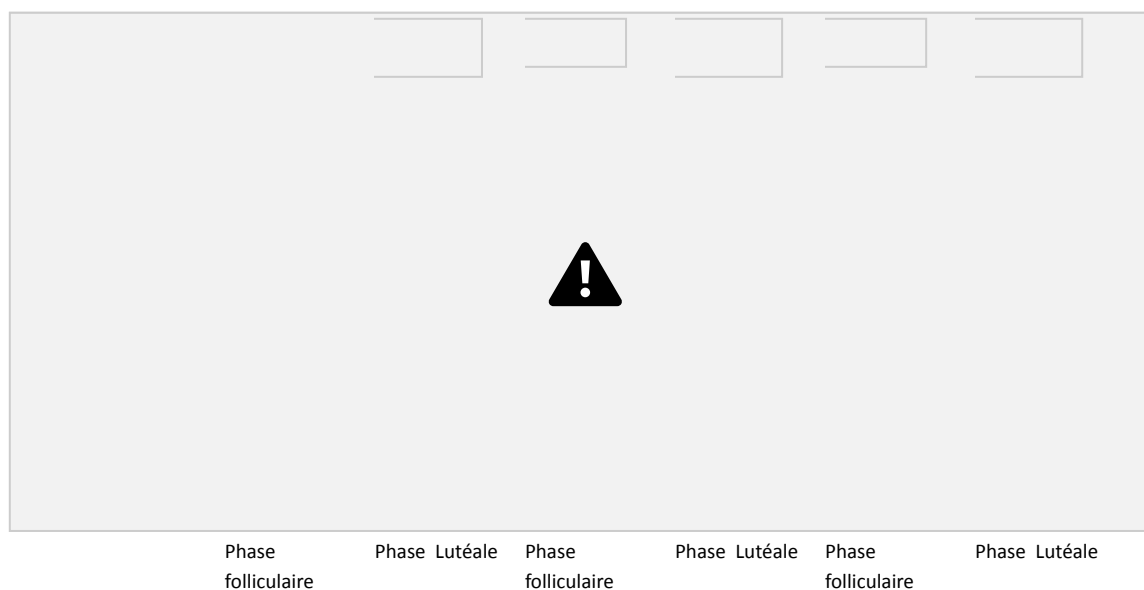


FIGURE 9 : Graphique représentant la variabilité de fréquence cardiaque normalisée (Forma HaPT) ainsi que la charge d'entraînement via la modèle de Foster.

Les phases du cycle menstruel ont été ajoutées sur le graphique pour nous aider. Il me semble pertinent de se focaliser sur les 2 derniers cycles menstruels, plusieurs semaines de données du HRV sont nécessaires pour que ce soient interprétables. On observe 2 points de rupture dans la courbe de forme HaPT du à l'absence de données, l'athlète n'arrivait plus à faire la synchronisation de la ceinture cardiaque avec l'application Haptools. On peut voir que la charge d'entraînement augmente progressivement tout comme la courbe de tendance de la forme HaPT. La courbe de forme HaPT semble elle aussi corrélée aux 2 autres courbes. Ce que l'on voit nous laisse penser qu'en phase folliculaire l'athlète est en période de forme contrairement à la phase lutéale où la forme diminuerait. Un test de détente a été réalisé afin de regarder s'il pouvait y avoir un impact de la puissance musculaire en lien avec les phases du cycle menstruel.



FIGURE 10 : Graphique représentant la détente (cm) obtenue en fonction des phases du cycle menstruel

Comme d’écrit dans les différentes publications à ce sujet, aucune différence significative n’est observée entre la phase folliculaire et la phase lutéale concernant la puissance musculaire. Je pense que la variabilité observée vient de la précision avec laquelle est fait le test, s’il y a eu une prise d’élan plus importante et la prise de mesure entre les 2 marques.

3. Athlète N°3

La troisième athlète que je vous présente pratique la course à pied au moins 3-4 fois par semaine. Elle n’a pas de passé de sportive, elle s’est mise à courir il y a 5 ans. Au moment de l’étude elle n’était pas sous contraceptif et a choisi de faire comme séance type, 8x1’30 en côte sur chemin. Pour déterminer les dates des séances à réaliser, je me suis basée sur les données de ces périodes de règles qui ont été régulières à + ou – 2 jours. Je présente 2 cycles menstruels complets car pour le 3^{ème} les séances n’ont pas été effectuées au bon moment du cycle, ce qui ne me permettait pas de les comparer avec les données précédentes.

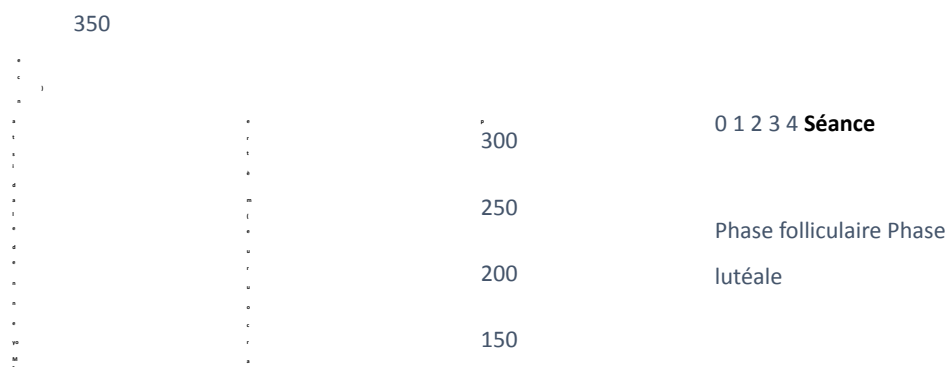


FIGURE 11 : Graphique représentant la moyenne de la distance parcourue en mètres de chaque intervalle de 1’30 en côte de chaque séance en fonction de la phase de son cycle menstruel.

| | Séance 1 Phase | Séance 2 Phase lutéale | Séance 3 Phase | Séance 4 Phase |
|--|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | |









| | folliculaire | | folliculaire | lutéale |
|------------------------|---|---|--|---|
| Sensation |  |  |  |  |
| Perception de l'effort |  |  |  |  |

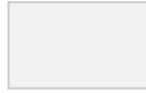
TABLEAU 4 : Tableau récapitulatif des sensations et perception d'efforts pour chaque séance 2 séances avant ovulation au moment du pic d'œstrogène et 2 séances après ovulation lors du pic de testostérone associé au pic d'œstrogène, ont été réalisées. Globalement on n'observe pas de différence significative sur la performance entre la phase folliculaire et la phase lutéale. A noter que cette athlète n'a pas l'habitude de faire des séances d'intervalles de ce type-là. Cependant si l'on regarde les sensations, perceptions d'effort et les commentaires laissés par l'athlète on peut voir que pendant la phase folliculaire, l'athlète avait une bonne motivation à aller réaliser la séance. Elle se sentait de mieux en mieux au fil de la séance et des intervalles. Lors des séances réalisées pendant la phase lutéale elle mentionne à chaque fois une perte de motivation à aller faire la séance. Les sensations étaient plutôt mauvaises, il y avait des douleurs de ventre gonflé, mal au bas du dos. Les séances ont été réalisées jusqu'au bout même si l'envie d'arrêter la séance au milieu été présente.

Le test de détente n'ayant été réalisé que 2 fois je n'ai pas assez de données pour les interpréter.

4. Les 4 autres athlètes

Dans ce paragraphe les données des 4 autres athlètes vont être présentées de façon plus globale. Plusieurs contraintes ont fait que certaines séances n'ont pas pu être réalisées. Il me semble que c'est scientifiquement plus pertinent de regarder les sensations, perceptions d'efforts et les commentaires de chacune plutôt que de se baser sur les données de performance.

Concernant les séances en phase folliculaire, 2 des 4 athlètes (groupe A) avaient de bonnes sensations un meilleur dynamisme et pas de fatigue spécifique. Cependant pour les 2 autres athlètes (groupe B) des facteurs extérieurs (entraînement et travail) ont eu une forte incidence. De mauvaises sensations, une baisse de forme, des jambes lourdes et de la fatigue sont les termes qui décrivent leurs séances.



En phase lutéale, contrairement à la phase folliculaire pour les 2 athlètes du groupe A, les sensations étaient mauvaises. Elles avaient les jambes lourdes, des courbatures et même pour l'une d'entre elles des difficultés au niveau respiratoire. Pour le groupe B, peu de différence avec la phase folliculaire est observée. De mauvaises sensations avec une baisse de forme, de motivation et des sensations de jambes lourdes sont décrites par les athlètes.

Pour le groupe A l'effet du cycle menstruel semble avoir un impact sur les sensations et la motivation des athlètes. Pour le groupe B, les facteurs extérieurs travail et la charge d'entraînements ont un impact non négligeable. L'une d'entre elle a fait le suivi de son HRV, ce que l'on peut voir depuis le début de l'étude c'est que la tendance de la forme est stable avec une baisse de la forme en mai. Peut-être que cela est dû à une accumulation de fatigue, une récupération qui n'est pas totale (figure 12). Elle qualifie son entraînement d'intense (entraînement qu'elle effectue depuis 3ans) mais dit tenir les allures et progresser.

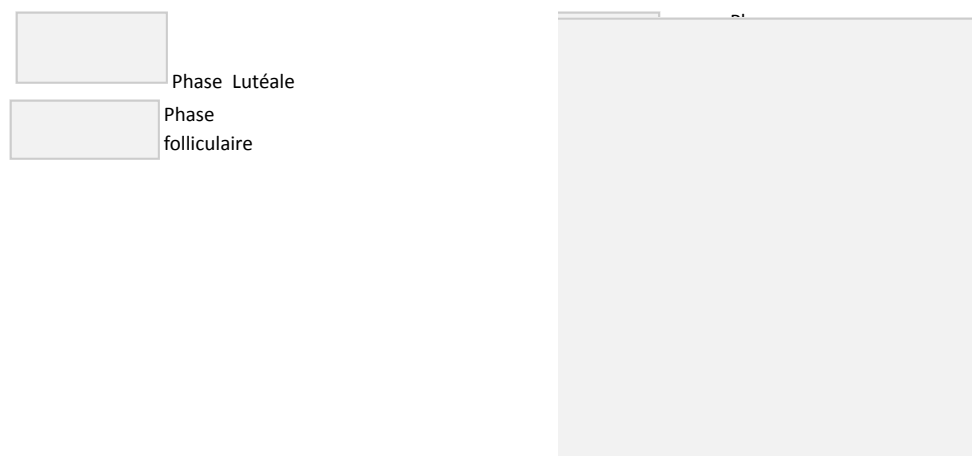


FIGURE 12 : Graphique représentant la variabilité de fréquence cardiaque normalisée (Forma HaPT) ainsi que la charge d'entraînement via la modèle de Foster.

La cohorte d'athlète reste restreinte cependant on peut déjà voir qu'il n'est pas possible de faire une conclusion générale. Chacune d'entre elle est différente, elles ont toutes des vies différentes qui n'impactent pas de la même façon leur forme physique. Les résultats obtenus confortent le fait que l'entraînement est individuel et la prise en compte de l'impact du cycle menstruel sur l'entraînement fait partie intégrante de cette adaptation à chaque athlète.

DISCUSSION

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

La littérature nous a permis de mieux comprendre le rôle de l'œstrogène et de la progestérone dans le cycle menstruel de la femme. Ces 2 hormones sont impliquées dans les modifications physiologiques et joue un rôle antagoniste notamment lors de la phase lutéale avec la présence d'un pic d'œstrogène et de progestérone qui est concomitant. Selon Rocha Rodrigues et al. (2021) les niveaux d'œstrogènes et de progestérone affectent les proportions de macronutriments utilisés comme carburant non seulement au repos, mais aussi pendant l'entraînement physique. L'œstrogène permet un meilleur stockage du glycogène musculaire mais favorise aussi l'utilisation du glycogène et des graisses à l'exercice. Or un apport en glucose pendant l'exercice semble réduire la demande de production de glucose endogène et donc réduire l'effet du cycle menstruel. On se heurte à des difficultés pour conclure sur les besoins énergétiques et l'apport nutritionnel chez les femmes en relation avec les fluctuations hormonales. Une dépense énergétique plus élevée dans certaines phases du cycle menstruel tend à être naturellement compensée par une augmentation de l'apport nutritionnel. Par conséquent, même si une augmentation d'énergie est nécessaire, elle se produira probablement naturellement (Rocha-Rodrigues et al. (2021)).

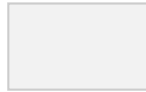
Un point très important et qui reste aujourd'hui souvent oublié c'est la « Triade de l'athlète ». Une faible disponibilité énergétique entraîne un dysfonctionnement du cycle menstruel et par conséquent une production d'œstrogène inadéquate entraînant à son tour une perte de la masse osseuse. C'est pour moi le point de départ à vérifier avant toute chose chez une athlète.

Les études sur les différences de performances entre les phases du cycle menstruel sont à ce jour encore trop peu et ont toutes des conclusions qui divergent. Cela est notamment dû à la population choisie au départ pour l'étude mais aussi des tests réalisés. Il ne faut pas oublier que l'entraînement reste individuel et chaque femme est différente. Leur réponse à un exercice donné sera donc tout aussi différente. Notre étude de terrain nous a permis de voir malgré le

faible nombre de participantes, que la performance ne semble pas être affectée, modifiée selon les phases du cycle menstruel.

Or, la réponse psychologique semble quant à elle impactée par le cycle menstruel. L'étude de Prado et al. (2021) dit que l'exercice à intensité modérée suscite des réponses psychologiques plus positives que l'exercice de haute intensité. Les réponses psychologiques sont altérées dans la phase lutéale, et surtout pendant un exercice à haute intensité. Il explique cela par le

32



faite les mécanismes psychologiques sont modulés par le niveau de sensibilité des récepteurs neuronaux et la concentration d'hormones et de stéroïdes neuro-actifs correspondant à la capacité de chaque femme à amortir ce qui est négatif. Selon eux la prévalence de l'abandon d'un exercice physique est en partie due à une altération du plaisir pendant la période prémenstruelle soit en phase lutéale du cycle. Cette différence psychologique entre la phase folliculaire et lutéale est retrouvée dans l'étude de terrain mené sur 7 athlètes. 4 d'entre elles ont perdu toute motivation en phase lutéale, ce à quoi s'ajoutent des douleurs au ventre et des sensations de jambes lourdes. Pour les 3 autres athlètes, le manque de motivation, la fatigue, les mauvaises sensations étaient perçues dans les 2 phases du cycle. L'impact des facteurs extérieurs est important pour ces 3 athlètes.

Cela m'emmène à conclure encore une fois à l'individualisation de l'entraînement. On ne peut pas faire de conclusion générale mais seulement en sortir des tendances qui sont à adapter pour les athlètes. Certaines athlètes ont réalisé un suivi de leur variabilité de fréquence cardiaque au repos le matin au réveil. Les données sont maigres mais il pourrait y avoir une tendance de corrélation entre l'évolution de la variabilité de fréquence cardiaque et celui du cycle menstruel. Une étude plus approfondie mériterait d'être réalisée afin d'en tirer de meilleures conclusions car le suivi de la variabilité de fréquence cardiaque au repos pourrait être un outil d'aide de suivi de la forme en fonction du cycle menstruel pour les entraîneurs.

Pour finir la publication de Brown (2021) décrit très bien comment les cycles menstruels sont vus et vécus par les athlètes de nos jours qui reste encore beaucoup trop négative. Un certain nombre d'athlètes élites mentionnent une baisse de motivation à s'entraîner, des symptômes physiques et des troubles de l'humeur liés à leur cycle menstruel. Ces athlètes sont ouvertes à discuter de leur cycle menstruel avec une personne féminine de l'équipe cependant il y a un ressenti d'inconfort des athlètes à discuter avec les entraîneurs masculins. Il est important selon ces auteurs de promouvoir un environnement de discussion ouvert pour les athlètes élites féminine. Ceci devrait pouvoir s'étendre aux athlètes féminine non-élites aussi.

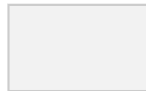
BIBLIOGRAPHIE

V. BIBLIOGRAPHIE

- Bailey, S. P., Zacher, C. M., & Mittleman, K. D. (2000). Effect of menstrual cycle phase on carbohydrate supplementation during prolonged exercise to fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 690–697. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.2.690>
- Brar, T. K., Singh, K. D., & Kumar, A. (2015). Effect of different phases of menstrual cycle on heart rate variability (HRV). *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(10), CC01–CC04. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13795.6592>
- Brown, N., Knight, C. J., & Forrest (née Whyte), L. J. (2021). Elite female athletes' experiences and perceptions of the menstrual cycle on training and sport performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(1). <https://doi.org/10.1111/sms.13818>
- Delespierre Mauppin, M. (2015). *Répercussions médicales de l'ultra sport : perceptions des femmes sportives*.
- Elliott-Sale, K. J., McNulty, K. L., Ansdell, P., Goodall, S., Hicks, K. M., Thomas, K., Swinton, P. A., & Dolan, E. (2020). The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(10), 1785–1812. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01317-5>
- Greenhall, M., Taipale, R. S., Ihalainen, J. K., & Hackney, A. C. (2020). Influence of the Menstrual Cycle Phase on Marathon Performance in Recreational Runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, August, 1–4. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0238>
- Hackney, A. C., Kallman, A. L., & Åggön, E. (2019). Female sex hormones and the recovery from exercise: Menstrual cycle phase affects responses. *Biomedical Human Kinetics*, 11(1), 87–89. <https://doi.org/10.2478/bhk-2019-0011>
- Julian, R., Hecksteden, A., Fullagar, H. H. K., & Meyer, T. (2017). The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLoS ONE*, 12(3), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173951>

- Landram, M. J., & Halligan, M. K. (2020). Continuous moderate intensity versus discontinuous high intensity treadmill running on anterior cruciate ligament laxity and hamstrings flexibility in eumenorrhic women. *J Can Chiropr Assoc*, 64(3).
- Lei, T. H., Zheng, H., Badenhorst, C. E., & Mündel, T. (2020). Comment on: “The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrhic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis” and “The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis.” In *Sports Medicine*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01384-8>

34

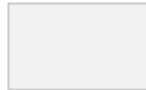


- Márquez, S., & Molinero, O. (2013). Disponibilidad De energía, disfunción menstrual y salud ósea en el deporte; una revisión de la tríada de la atleta femenina. In *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 28, Issue 4, pp. 1010–1017). <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.4.6542>
- Martin, D., Timmins, K., Cowie, C., Alty, J., Mehta, R., Tang, A., & Varley, I. (2021). Injury Incidence Across the Menstrual Cycle in International Footballers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.616999>
- McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrhic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 50(10), 1813–1827. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
- Oosthuysen, T., & Bosch, A. N. (2010). The Effect of the Menstrual Cycle on Exercise Metabolism. *Sports Medicine*, 40(3), 207–227. <https://doi.org/10.2165/11317090-000000000-00000>
- Peinado, A. B., Alfaro-Magallanes, V. M., Romero-Parra, N., Barba-Moreno, L., Rael, B., Maestre-Cascales, C., Rojo-Tirado, M. A., Castro, E. A., Benito, P. J., Ortega-Santos, C. P., Santiago, E., Butragueño, J., García-De-Alcaraz, A., Rojo, J. J., Calderón, F. J., García-Bataller, A., & Cupeiro, R. (2021). Methodological approach of the iron and muscular damage: Female metabolism and menstrual cycle during exercise project (IronFEMME study). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020735>
- Prado, R. C. R., Silveira, R., Kilpatrick, M. W., Pires, F. O., & Asano, R. Y. (2021). The effect of menstrual cycle and exercise intensity on psychological and physiological responses in healthy eumenorrhic women. *Physiology and Behavior*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113290>
- Prado, R. C. R., Silveira, R., Kilpatrick, M. W., Pires, F. O., & Asano, R. Y. (2021). Menstrual Cycle, Psychological Responses, and Adherence to Physical Exercise: Viewpoint of a Possible Barrier. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.525943>
- Rael, B., Alfaro-Magallanes, V. M., Romero-Parra, N., Castro, E. A., Cupeiro, R., de Jonge, X. A. K. J., Wehrwein, E. A., & Peinado, A. B. (2021). Menstrual cycle phases influence on cardiorespiratory response to exercise in endurance-trained females. *International*

Rocha-Rodrigues, S., Sousa, M., Reis, P. L., Leão, C., Cardoso-Marinho, B., Massada, M., & Afonso, J. (2021). Bidirectional interactions between the menstrual cycle, exercise training, and macronutrient intake in women: A review. In *Nutrients* (Vol. 13, Issue 2, pp. 1–20). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu13020438>

Romero-Moraleda, B., Coso, J. Del, Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Grgic, J., & Lara, B. (2019). The influence of the menstrual cycle on muscle strength and power

35



performance. *Journal of Human Kinetics*, 68(1), 123–133. <https://doi.org/10.2478/hukin2019-0061>

Romero-Parra, N., Cupeiro, R., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Rubio-Arias, J. A., Peinado, A. B., & Benito, P. J. (2020). *Exercise-Induced Muscle Damage During the Menstrual Cycle: A Systematic Review and Meta-Analysis*. <https://journals.lww.com/nsca-jscr>

Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C., & Platen, P. (2014). Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *SpringerPlus*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-668>

Tiller, N. B., Elliott-Sale, K. J., Knechtle, B., Wilson, P. B., Roberts, J. D., & Millet, G. Y. (2021). Do Sex Differences in Physiology Confer a Female Advantage in Ultra Endurance Sport? *Sports Medicine*, 51(5), 895–915. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01417-2>

Wiecek, M., Szymura, J., Maciejczyk, M., Cempla, J., & Szygula, Z. (2016). Effect of sex and menstrual cycle in women on starting speed, anaerobic endurance and muscle power. *Acta Physiologica Hungarica*, 103(1), 127–132. <https://doi.org/10.1556/036.103.2016.1.13>

Wiecek, M. (2019). Menstrual Cycle and Physical Effort. *Menstrual Cycle*, November 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79675>

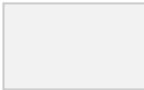
Serova, L. I., Maharjan, S., & Sabban, E. L. (2005). Estrogen modifies stress response of catecholamine biosynthetic enzyme genes and cardiovascular system in ovariectomized female rats. *Neuroscience*, 132(2). <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2004.12.040>

WEBOGRAPHIE

WEBOGRAPHIE

Le Cornec A., "Les spécificités des femmes sportives", disponible sur <https://sdpo.com/les-specificites-femme-sportive-amandine-cornec/> (date d'accès, 2021)

Marco A, " Heart rate variability (HRV) and the menstrual cycle ", disponible sur «<https://www.hrv4training.com/blog/heart-rate-variability-hrv-and-the-menstrual-cycle> (date d'accès, 2021)



Comment peut-on adapter l'entraînement
au cycle menstruel féminin?

L'œstrogène et de la progestérone sont 2 hormones impliquées dans les modifications physiologiques et joue un rôle antagoniste notamment lors de la phase lutéale avec la présence d'un pic d'œstrogène et de progestérone qui est concomitant. Les niveaux d'œstrogènes et de progestérone affectent les proportions de macronutriments utilisés comme carburant non seulement au repos, mais aussi pendant l'entraînement physique. Une dépense énergétique

plus élevée dans certaines phases du cycle menstruel tend à être naturellement compensée par une augmentation de l'apport nutritionnel.

La « Triade de l'athlète » est souvent oubliée mais reste un point clés pour la santé de l'athlète. Ce syndrome relie la perte de masse osseuse, les troubles alimentaires et le déficit énergétique. Un apport énergétique suffisant quantitativement et qualitativement est nécessaire pour le bon fonctionnement du cycle menstruel. La fluctuation des hormones jouent aussi sur l'augmentation de la laxité des tendons autour de l'ovulation et pendant la phase lutéale.

Notre étude de terrain sur 7 athlètes euménorrhée (cycle menstruel normal) sans contraceptifs hormonaux nous a permis de voir malgré le faible nombre de participantes, que la performance ne semble pas être affectée, selon les phases du cycle menstruel. Or, la réponse psychologique semble quant à elle impactée par le cycle menstruel. La prévalence de l'abandon d'un exercice physique est en partie due à une altération du plaisir pendant la phase lutéale du cycle. Selon les données de l'étude, il pourrait y avoir une tendance de corrélation entre l'évolution de la variabilité de fréquence cardiaque et celui du cycle menstruel. Cela pourrait être un outil d'aide de suivi de la forme en fonction du cycle menstruel pour les entraîneurs.

L'entraînement reste individuel ainsi que la prise en compte du cycle menstruel. L'entraîneur doit adapter son approche de l'entraînement avec chaque athlètes.

