



**HAL**  
open science

# L'influence du cycle menstruel sur le risque de blessures musculaires chez la femme sportive

Célia Bonniot

► **To cite this version:**

Célia Bonniot. L'influence du cycle menstruel sur le risque de blessures musculaires chez la femme sportive. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04159025

**HAL Id: dumas-04159025**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04159025>**

Submitted on 11 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ  
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION  
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

**L'INFLUENCE DU CYCLE MENSTRUEL SUR LE  
RISQUE DE BLESSURES MUSCULAIRES CHEZ  
LA FEMME SPORTIVE**

**BONNIOT Célia**  
**Directeur de mémoire : Mme PILLIOL Émilie**



## Formulaire : Autorisation à soutenir le mémoire de fin d'études

Je soussigné, PILLIOL Émilie  
Directeur de mémoire de BONNIOT Célia

Au regard du manuscrit qui m'a été présenté, j'autorise l'étudiant(e) ci-dessous à se présenter à l'épreuve de soutenance de mémoire de fin d'étude sous garantit que l'étudiant dépose tous les documents requis dans le délai imparti :

- Autorisation de diffusion sur la base de données DUMAS signée,
- 4eme de couverture sur l'ENT pour enregistrement sur la base de données DUMAS
- version numérique du mémoire sur AMETICE,
- versions imprimés auprès de l'appariteur

Déposer au secrétariat ce formulaire dûment rempli et signé.

Cette autorisation ne garantit nullement la réussite à l'épreuve du mémoire, l'issue de la soutenance pouvant être, selon la délibération du Jury :

- soit une réussite sans condition.
- soit un échec. L'étudiant devra alors modifier son manuscrit et le soutenir une nouvelle fois lors de la 2eme session devant un Jury.

Date 20/04/2023

Signature du directeur de mémoire





## REMERCIEMENTS

Pour commencer, je remercie ma directrice de mémoire, Madame PILLIOL Émilie, pour son accompagnement, son soutien et sa disponibilité lors de la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier également ma mère et mon grand-père, sans qui rien de tout cela n'aurait été possible. Merci de m'avoir toujours soutenue, d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir apporté tout ce dont j'ai eu besoin pour m'épanouir et atteindre mes objectifs.

Je remercie mon copain, Théo, qui a toujours été là pour moi dans les mauvais moments comme dans les meilleurs. Merci de toujours être là pour moi.

Je remercie Inès, ma meilleure amie depuis l'enfance, qui a toujours su trouver les mots, pour m'aider, me soutenir et me prodiguer les meilleurs conseils possibles.

Évidemment merci à mon amie d'enfance, ma binôme, Emma, qui m'aura suivie du début jusqu'à la fin de ma scolarité.

Je remercie plus généralement l'ensemble de mon entourage, famille et amis confondus qui m'ont été d'une grande aide pour la rédaction de ce mémoire de fin d'étude.



## LISTE DES ABREVIATIONS

**CM** : Cycle menstruel

**DOMS** : Delayed Onset Muscle Soreness (courbatures)

**CK** : Créatine Kinase

**LDH** : Lactate Déshydrogénase

**Mb** : Myoglobine

**AST** : Aspartate aminotransférase

**CRP** : Protéine C reactive

**TNF- $\alpha$**  : Facteur de nécrose tumorale

**IL-6** : Interleukine-6

**EFP** : Early Follicular Phase (phase folliculaire précoce)

**LFP** : Late Follicular Phase (phase folliculaire tardive)

**MLP** : Middle Luteal Phase (phase lutéale Moyenne)



# Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Contexte.....	1
1.2	Le cycle menstruel .....	2
1.2.1	Les phases du cycle menstruel .....	3
1.2.2	La contraception hormonale .....	4
1.3	La physiologie musculaire .....	5
1.3.1	Rappel anatomique .....	5
1.3.2	Le muscle lisse .....	5
1.3.3	Le muscle cardiaque .....	5
1.3.4	Le muscle squelettique.....	5
1.3.4.1	Organisation anatomique .....	6
1.3.4.2	L'excitabilité musculaire .....	8
1.3.4.3	La contractibilité du muscle squelettique strié.....	9
1.3.4.4	Mécanisme général de la contraction musculaire.....	9
1.3.4.5	La relaxation musculaire .....	10
1.3.4.6	L'élasticité musculaire.....	10
1.4	Les blessures musculaires .....	11
1.4.1	Les différents types de lésions.....	11
1.4.1.1	Lésions musculaires non traumatiques .....	11
1.4.1.2	Lésions musculaires traumatiques.....	12
1.4.2	Classifications des lésions musculaires traumatiques .....	12
1.4.3	Examens cliniques et paracliniques .....	13
1.4.3.1	DOMS .....	13
1.4.3.2	Lésions traumatiques.....	14
1.4.3.3	Les marqueurs sanguins de lésions musculaires .....	14
1.4.4	Traitement des lésions musculaires .....	15
1.4.4.1	Traitement des DOMS.....	15
1.4.4.2	Traitement des lésions musculaires traumatiques.....	15
1.4.5	Le processus de réparation musculaire .....	16
1.5	Influence hormonale sur le corps .....	17
1.5.1	L'influence hormonale sur le muscle squelettique .....	18
1.5.2	Blessures et cycle menstruel .....	19
1.6	Hypothèse et intérêt de l'étude.....	19
1.6.1	Intérêt de cette revue de littérature .....	19
1.6.2	Question étiologique basée sur le modèle PICO .....	20
1.6.3	Objectif de cette revue de littérature.....	20

2	Méthode.....	21
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue.....	21
2.1.1	Types d'études.....	21
2.1.2	Population.....	22
2.1.3	Facteur de risque.....	22
2.1.4	Évènements causés par le facteur de risque.....	22
2.2	Méthodologie de recherche des études.....	22
2.2.1	Sources documentaires.....	22
2.2.2	Équation de recherche.....	22
2.3	Méthodologie d'extraction et d'analyse des données.....	23
2.3.1	Méthode de sélection des études.....	23
2.3.1.1	Critères d'inclusion.....	23
2.3.1.2	Critères d'exclusion.....	24
2.3.2	Évaluation de la qualité méthodologique.....	24
2.3.3	Méthode d'extraction des données.....	25
2.3.4	Méthode de synthèse des résultats.....	25
3	Résultats.....	26
3.1	Description des études.....	26
3.1.1	Processus de sélection des études.....	26
3.1.2	Études exclues.....	28
3.1.3	Études incluses.....	29
3.1.3.1	Liste des études incluses.....	29
3.1.3.2	Caractéristiques des études et des participantes.....	29
3.2	Risque de biais des études incluses.....	38
3.2.1	Grille Newcastle-Ottawa Scale (NOS).....	38
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés dans les études.....	39
3.3	Effets de l'intervention.....	40
3.3.1	Critère de jugement principal.....	40
3.3.2	Critères de jugement secondaire.....	41
4	Discussion.....	41
4.1	Analyse des principaux résultats.....	41
4.1.1	Analyse des populations.....	42
4.1.1.1	Nombre de participantes.....	42
4.1.1.2	Critères d'inclusion.....	42
4.1.1.3	Critères d'exclusion.....	42
4.1.1.4	Age des participantes.....	43
4.1.2	Analyse des interventions.....	43

4.1.3	Analyses des résultats pour le critère de jugement principal .....	44
4.1.4	Analyse des résultats pour les critères de jugement secondaires .....	45
4.1.4.1	Force musculaire.....	45
4.1.4.2	Inflammation.....	45
4.1.4.3	DOMS.....	46
4.1.4.4	Performance .....	46
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	47
4.3	Qualité des preuves .....	48
4.4	Biais potentiels de la revue .....	49
5	Conclusion .....	51
6	Table des illustrations.....	53
7	Bibliographie.....	55
8	Annexes .....	59



# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

Alors que les exigences de performances sportives chez les femmes ne cessent d'augmenter dans la population actuelle, un sujet jusqu'alors tabou, est de plus en plus mentionné et mis en avant : le cycle menstruel.

Les fluctuations d'hormones sexuelles, dues aux différentes phases du cycle menstruel, sont propres à la physiologie féminine.

Environ 67 à 91 % des athlètes féminines sont euménorrhéiques, ce qui signifie qu'une grande proportion d'athlètes présentent un cycle menstruel régulier et subissent donc des fluctuations cycliques hormonales. [1]

Face à ce nombre important, l'impact du cycle menstruel doit être pris en considération afin d'optimiser les performances et de préserver la santé de ces athlètes. [1]

Mis en avant, lors du tournoi de Roland Garros 2022, Qinwen Zheng, une joueuse chinoise, âgée de dix-neuf ans, éliminée en huitième de finale, évoque l'impact qu'ont pu avoir ses menstruations sur sa performance. Elle déclare lors d'une interview : « Je voulais me battre, je voulais vraiment, mais je n'avais plus la force ». [2]

Ce sujet n'était pas méconnu puisqu'en 2016, aux Jeux Olympiques de Rio, Fu Yuanhui, une nageuse chinoise, va même jusqu'à s'excuser pour sa performance : « Je sens que je n'ai pas bien nagé aujourd'hui et je veux m'excuser pour ça. En fait, mes règles ont commencé hier soir. Du coup je me sens faible et très fatiguée ». [3]

Chez ces sportives, les notions de faiblesse et de perte de force ont été mentionnées.

Le premier élément mis en avant est la contre-performance liée à la période des menstruations.

La notion de performance résulte cependant à la fois du mental, de la technique, des relations avec l'entourage mais surtout des qualités physiques.

Ces dernières prennent en compte plusieurs facteurs : la force, la souplesse, la vitesse, la résistance, l'endurance et la coordination ; toutes directement liées à la physiologie musculaire des sportives.

Le tissu musculaire est à la fois l'élément principal de toutes ces qualités attendues mais aussi le siège de potentielles blessures.

L'importance du tissu musculaire est indissociable de la notion de performance. [4]

Face à cette ampleur encore trop peu démontrée, il est important de réaliser des études de type épidémiologiques.

Ces études permettent de découvrir l'influence des variations des hormones sexuelles féminines, tout au long du cycle menstruel, sur les qualités du tissu musculaire qui sont essentielles dans la pratique sportive.

Cette revue étudie le cycle menstruel ainsi que les variations hormonales qui en découlent, afin de voir si celui-ci impacte les qualités musculaires et ainsi les risques de blessures musculaires chez la femme sportive.

## 1.2 Le cycle menstruel

Le cycle menstruel est défini comme étant l'intervalle entre le premier jour des menstruations et le début des menstruations suivantes, sa durée moyenne de 28 jours.

Selon les femmes, cette durée peut être variable et s'étendre de 25 à 30 jours voire de 26 à 35 jours selon les auteurs.

Cette variabilité est due à la phase folliculaire du cycle, qui peut durer de 10 à 16 jours. [5][6][1]

Des mécanismes physiologiques complexes de contrôle ainsi que de rétrocontrôle hormonaux sont mis en place, faisant intervenir plusieurs structures de l'organisme, notamment l'hypothalamus, l'hypophyse antérieure, les ovaires et l'endomètre. [7]

Chacune d'entre elles possède un rôle important :

**L'hypothalamus** se trouve à la base du cerveau à proximité du troisième ventricule.

Il influence tous les phénomènes hormonaux permettant le déroulement physiologique du cycle menstruel.

La sécrétion d'une hormone de libération des gonadotrophines, la GnRH, stimule la production endocrinienne de l'hypophyse.

De plus, il est aussi le siège d'un rétrocontrôle mettant en jeu les hormones sexuelles féminines.

**L'hypophyse** est une glande endocrine, située elle aussi à la base du cerveau.

Sous l'influence de l'hypothalamus, elle produit plusieurs hormones agissant sur différents organes.

L'hormone de stimulation folliculaire (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH), qui sont des hormones glycoprotéiques, sont produites par celle-ci et agissent sur les ovaires en régulant leur production.

**Les ovaires** sont situés dans le petit bassin féminin, de part et d'autre de l'utérus.

Sous la stimulation des hormones hypophysaires, ils produisent quant à eux principalement deux hormones stéroïdes, aussi appelées hormones sexuelles féminines : les œstrogènes et la progestérone.

**L'endomètre** est la muqueuse qui tapisse l'intérieur de l'utérus.

Il joue un rôle important lors des menstruations, il se désagrège et provoque les saignements.

De plus, lors de la fécondation, il joue un rôle crucial lors de la nidation de l'œuf fécondé.

Sa prolifération ainsi que les nombreux facteurs qui en découlent, sont stimulés et régulés par les hormones stéroïdiennes produites, comme vu précédemment par les ovaires.

### 1.2.1 Les phases du cycle menstruel

Le cycle menstruel est divisé en deux phases :

- **La phase folliculaire**

Lors d'un cycle considéré comme normal, d'une durée 28 jours, la phase folliculaire commence le premier jour et se poursuit jusqu'au 14<sup>ème</sup> jour lors duquel a lieu l'ovulation. [7]

Entre le 1<sup>er</sup> et le 4<sup>ème</sup> jour a lieu un recrutement de follicules, dirigé par la FSH.

Parallèlement à la croissance des follicules, le taux de concentration d'œstradiol augmente.

Entre le 5<sup>ème</sup> et le 7<sup>ème</sup> jour du cycle, la sélection d'un seul follicule a lieu, appelé follicule dominant.

A partir du 8<sup>ème</sup> jour, le follicule dominant sécrète lui-même une hormone qui lui permet d'accroître son développement. [5]

Le développement de ce follicule se décompose en en 3 étapes : le recrutement, la sélection puis la dominance. [5]

- **La phase lutéale**

Cette phase se déroule du 14<sup>ème</sup> jusqu'au 28<sup>ème</sup> jour du cycle.

Elle débute par la formation du corps jaune, qui est stimulée par la FSH et la LH, et se termine par sa destruction, appelée lutéolyse.

Lors de son développement, le corps jaune sécrète principalement de la progestérone, en plus d'une partie d'une partie des œstrogènes. Cette production permet à l'endomètre d'être plus réceptif pour une éventuelle nidation.

Lors d'un cycle normal, où la fécondation n'a pas lieu, les taux d'hormones stéroïdes chutent et provoquent la mort de ce corps jaune.

Cette chute des taux d'hormones stimule la FSH, qui recommence son recrutement folliculaire pour le cycle suivant. [5]

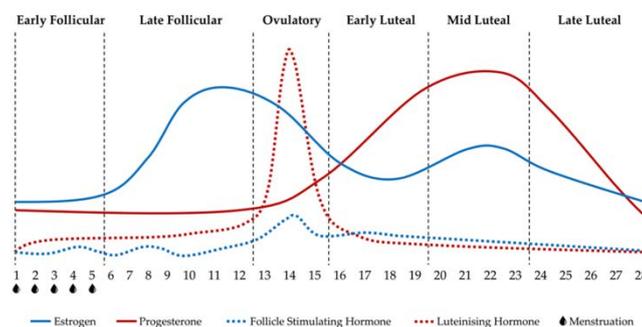


Figure 1 : Schéma du cycle menstruel [1]

## 1.2.2 La contraception hormonale

En plus des fluctuations hormonales dues au cycle menstruel, vient s'ajouter la prise de contraception, utilisée par la plupart des femmes.

Il existe 2 types de contraception : la contraception mécanique et hormonale.

La contraception hormonale, qui est la plus utilisée, est développée et apparue depuis le 20<sup>ème</sup> siècle, en 1960. [8]

Les deux types d'hormones les plus souvent associées à ce type de contraception sont les œstrogènes synthétiques, appelés éthinylestradiol, et la progestérone synthétique, appelée progestatif.

Un contraceptif hormonal contient soit uniquement une dose de progestatif ou une combinaison d'un progestatif et d'éthinylestradiol. [8]

Son principal mécanisme d'action est l'inhibition du pic de LH au 14<sup>ème</sup> jour du cycle menstruel, et donc de l'ovulation. Il y a donc une absence de production d'œstrogène et de progestérone par les ovaires, provoquée par l'action inhibitrice des contraceptifs.

Les œstrogènes contraceptifs ont deux fonctions : la limitation de la sécrétion de GnRh et l'augmentation de l'expression des récepteurs à la progestérone, ce qui accroît son efficacité. [9]

En effet, ces contraceptifs peuvent soit directement avoir une action sur l'hypothalamus et inhiber la sécrétion de GnRh, soit uniquement une action sur l'hypophyse pour inhiber la sécrétion de FSH et de LH, ou bien une action sur ces deux structures simultanément. [9]

Chez les athlètes d'élite, l'utilisation de contraception hormonale est très répandue.

Les contraceptifs oraux combinés sont les plus utilisés, suivis des contraceptifs uniquement progestatifs.

L'avantage des progestatifs, est qu'ils induisent une absence de règles au cours du cycle menstruel, appelée aménorrhée. Celle-ci évite donc les contraintes liées à la fréquence ainsi qu'à la quantité des saignements menstruels, notamment lors de périodes d'entraînement intense ou de compétitions. [10]

Cependant, l'utilisation de contraceptif oral peut exercer une influence négative sur la récupération musculaire, notamment après un exercice excentrique.

Ceci étant expliqué par de faibles taux de testostérone ainsi que des taux élevés en progestérone, responsables du ralentissement de la récupération musculaire. Il a même été prouvé que les femmes utilisatrices de contraception orale présentent un temps de récupération musculaire supérieur aux femmes non-utilisatrices. [11]

Lors de lésions musculaires, plusieurs marqueurs peuvent être libérés dans la circulation sanguine.

L'un d'entre eux, la créatine-kinase, serait augmenté suite à un effort excentrique chez les femmes utilisant une contraception orale, comparativement à des femmes qui n'en utilisent pas. [12]

## 1.3 La physiologie musculaire

### 1.3.1 Rappel anatomique

Le corps humain est composé de trois grands types de muscles : squelettique, lisse et cardiaque. Chaque type musculaire a une composition cellulaire, une physiologie, des fonctions spécifiques et une pathologie qui lui est propre.

Ceux-ci nous permettent à la fois le maintien ainsi que l'évolution de notre posture, nécessaire pour la locomotion, mais aussi les mouvements vitaux des organes internes, comme la contraction cardiaque ou bien la contraction du système digestif, indispensable pour l'assimilation des aliments. [13][14]

### 1.3.2 Le muscle lisse

Le muscle lisse possède un rôle plus étendu, puisqu'il est présent dans presque tous les systèmes organiques. [15]

Ces muscles sont présents dans les parois de nombreux organes faisant partie des systèmes gastro-intestinal, reproducteur, urinaire, tégumentaire, vasculaire et respiratoire.

Ce type musculaire a plutôt une forme fusiforme et n'a pas de stries contrairement au muscle squelettique car ses cellules sont disposées en feuilles et non pas en fuseau, ce qui leur donne un aspect lisse. [14]

### 1.3.3 Le muscle cardiaque

Ce type musculaire est un muscle strié involontaire qui possède un rôle vital essentiel puisqu'il englobe le cœur et participe donc à la propulsion du sang et ainsi à l'oxygénation de toutes les cellules de l'organisme.

Au niveau de sa structure, il est plutôt similaire au muscle squelettique car lui aussi est strié et possède des sarcomères.

Les cellules du muscle cardiaque possèdent en plus des disques intercalaires, nécessaires pour son automaticité et son besoin de synchronisation.

Il contient également des cellules se situant dans le myocarde, spécialisées dans la stimulation cardiaque. [14]

### 1.3.4 Le muscle squelettique

Nous allons principalement nous intéresser au système musculaire squelettique strié.

Le muscle squelettique strié fait partie du système ostéo-musculo-ligamentaire.

Il représente environ 40 % du poids corporel total chez l'homme et comprend plus de 400 muscles. C'est le seul type musculaire dépendant du contrôle volontaire, il se contracte en réponse à un stimulus.

Il possède de nombreuses fonctions : le maintien de la posture corporelle, la stabilisation des articulations, la production de mouvements mais aussi le maintien de la température corporelle ainsi que le stockage des nutriments. [16]

### 1.3.4.1 Organisation anatomique

Ce type musculaire est composé de différentes couches comprenant une partie contractile ainsi qu'une partie conjonctive.

Il est entouré de gaines aponévrotiques de deux types : les enveloppes conjonctives externes appelées **aponévroses** ou **fascias**, mais également d'enveloppes conjonctives internes qui sont l'**épimysium**, le **pérимysium**, l'**endomysium** et le **sarcolemme**. [17]

L'**épimysium**, qui est la couche la plus superficielle, enveloppe de nombreux fascicules qui sont eux même enveloppés par le **pérимysium**. Ce dernier contient les vaisseaux sanguins, les nerfs et les vaisseaux lymphatiques.

A l'intérieur de chacun de ces fascicules, se trouvent des **fibres musculaires individuelles**, entourées de l'**endomysium**. Il s'agit de la couche de tissu conjonctif la plus interne, composée de deux couches de collagène de type I et III. Il joue un rôle important dans la collecte des forces générées par le muscle ainsi que la transmission au tendon et aux autres fibres musculaires.

Chaque fibre musculaire est entourée de collagène de type IV et VI, formant un réseau maillé.

A l'intérieur de ces fibres musculaires se trouvent des petites unités appelées **myofibrilles**, qui sont composées de protéines contractiles, appelées filaments fins et épais.

Ces myofibrilles sont elles-mêmes entourées par la membrane de la cellule musculaire, appelée **sarcolemme**.

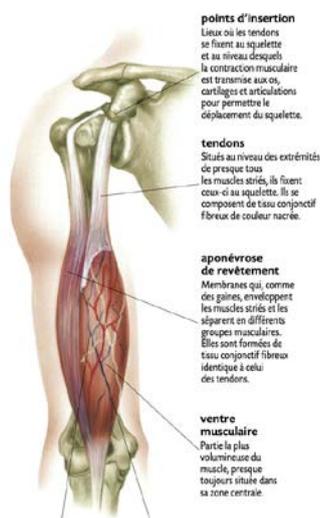


Figure 2 : Schéma structure externe d'un muscle strié

<https://ia800709.us.archive.org/29/items/AtlasDAnatomieHumaine/Atlas%20D%27Anatomie%20Humaine.pdf>

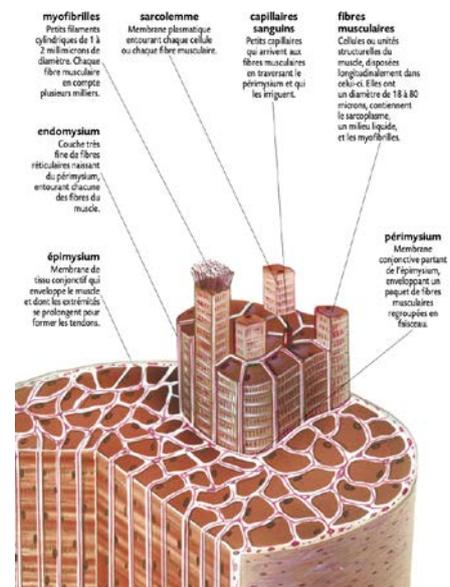


Figure 3 : Schéma structure interne d'un muscle strié

<https://ia800709.us.archive.org/29/items/AtlasDAnatomieHumaine/Atlas%20D%27Anatomie%20Humaine.pdf>

**Les filaments épais** sont constitués de myosine, qui est une protéine jouant un rôle important lors de la contraction musculaire.

**Les filaments fins** quant à eux, sont composés de molécules d'actine, de tropomyosine et de troponine. Les têtes de ces myosines contiennent des sites de liaison à l'actine, leur permettant de se fixer sur les filaments fins. [14][15][16][18]

Les myofibrilles sont réparties longitudinalement en sarcomères, et rattachées de part et d'autre de chaque sarcomère par le disque Z.

**Le sarcomère** représente l'unité fonctionnelle du muscle, ce sont eux qui donnent l'aspect microscopique strié à ces muscles. Il se compose de plusieurs parties : [16][18]

- Ligne Z : zone de délimitation de chaque sarcomère, aussi appelée disque Z
- Bande A : zone composée de filaments épais de myosine ainsi que de filaments fins
- Zone H : uniquement composée de filaments épais, dépourvue de filaments fins
- Bande I : uniquement composée de filaments fins d'actine superposés

C'est donc à ce niveau-là que se produit la contraction mais aussi la relaxation musculaire au niveau cellulaire.

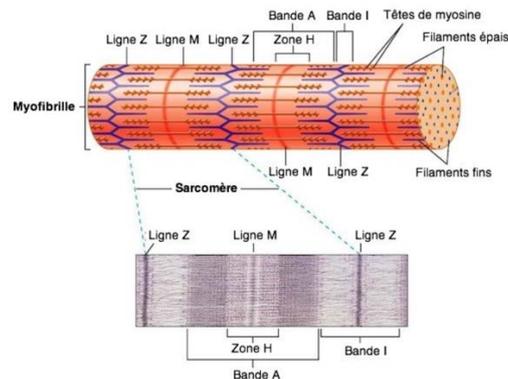


Figure 4 : Schéma organisation d'une myofibrille

([https://www.researchgate.net/figure/Orqanisation-ultrastructurale-de-la-myofibrille-http-recap-ideblogspotcom\\_fig5\\_345403320](https://www.researchgate.net/figure/Orqanisation-ultrastructurale-de-la-myofibrille-http-recap-ideblogspotcom_fig5_345403320))

Il existe deux classifications de muscles squelettiques :

- Le type I à contraction lente
- Le type II à contraction rapide

Cette diversité permet des variations de vitesse et de longueur des contractions, en fonction des spécificités de chaque muscle.

Les quatre principales fonctions et caractéristiques de ce système musculaire sont l'excitabilité, la contractibilité, la tonicité, et l'élasticité.

#### 1.3.4.2 L'excitabilité musculaire

Le système nerveux central, par le biais de nerfs moteurs, appelés motoneurones, envoie un potentiel d'action. Celui-ci se déplace jusqu'à ses terminaisons sur les fibres musculaires, appelées **jonction neuro-musculaires**.

Un seul motoneurone associé à des fibres musculaires qu'il innerve forme une unité motrice.

Le nombre de fibres musculaires contenues dans une unité motrice dépend de la fonction du muscle innervé. En effet, au plus l'unité motrice innervera un muscle de grande ampleur, au plus le nombre de fibres musculaire à l'intérieur sera important. [19]

Le motoneurone assure la propagation du potentiel d'action qui va donner lieu à la dépolarisation et donc à l'activation des cellules musculaires concernées.

Le potentiel d'action succède généralement au potentiel dit de repos. Il est défini comme étant un changement du potentiel électrique à la surface d'une cellule nerveuse ou musculaire, en réponse à une stimulation. Ce mécanisme permet d'activer, donc de dépolariser, la ou les cellules concernées par celui-ci, ce qui va entraîner l'activation musculaire. [18]

Cette dépolarisation entraîne l'ouverture des canaux calciques de la membrane pré-synaptique. Le flux d'ions calcium vers l'intérieur provoque la libération d'acétylcholine (ACh), qui est un neurotransmetteur, au niveau de la jonction neuro-musculaire. Ce dernier se libère vers la membrane post synaptique de la fibre musculaire, appelée plaque motrice. L'ACh se lie aux récepteurs situés sur la plaque motrice, permettant sa dépolarisation et transmettant le potentiel d'action à l'intérieur de la fibre musculaire [16][19]

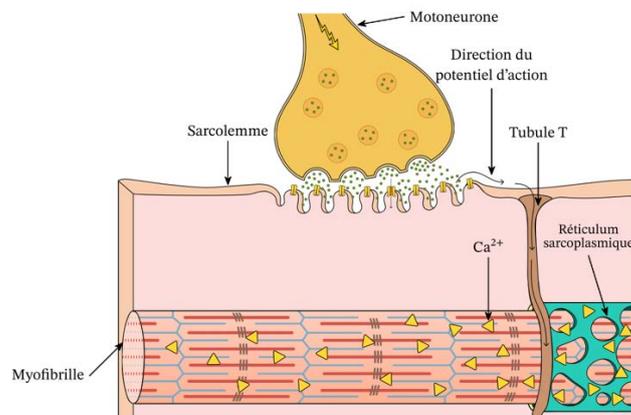


Figure 5 : Schéma d'une synapse neuromusculaire

(<https://www.naqwa.com/fr/explainers/676192534258/>)

#### 1.3.4.3 La contractibilité du muscle squelettique strié

Le muscle squelettique strié possède 4 types de contractions : [18]

- **La contraction isométrique** : changement de tension à l'intérieur du muscle, sans changement de longueur musculaire
- **La contraction isotonique** : tension constante avec un changement de longueur du muscle
- **La contraction concentrique** : tension musculaire suffisante, avec un raccourcissement musculaire
- **La contraction excentrique** : la tension musculaire est constante ou augmente, mais la longueur du muscle augmente

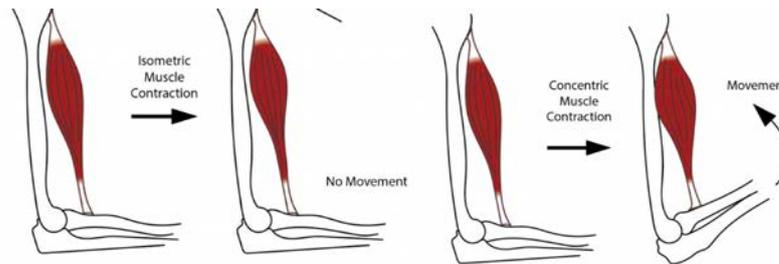
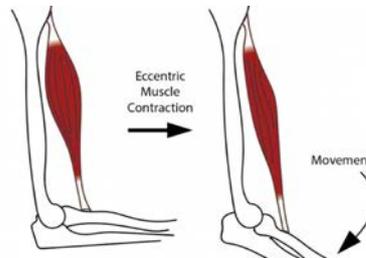


Figure 6 : Schéma des différents types de contraction musculaire



#### 1.3.4.4 Mécanisme général de la contraction musculaire

La contraction musculaire se déroule en plusieurs étapes.

Premièrement, elle est initiée par l'excitation musculaire comme vue précédemment, puis par le couplage excitation-contraction. Ce couplage désigne le mécanisme qui convertit les potentiels d'action en contraction musculaire. [16]

L'excitation musculaire permet une grande libération de calcium dans la cellule musculaire.

Les molécules de calcium peuvent se lier à la troponine, présente sur les filaments fins.

Cela induit un changement de conformation de ce complexe et permet le déplacement de la molécule de tropomyosine, qui se situe sur le site actif du filament d'actine, et permet donc la fixation de la myosine située quant à elle sur le filament épais. Cette fixation est appelée pont croisé et permet la contraction. [14][19]

Une autre molécule importante entre en jeu, l'adénosine triphosphate (ATP).

Cette molécule vient se fixer sur la tête de myosine et permet le changement de conformation de la myosine en venant rompre le pont croisé formé avec l'actine. Ainsi la tête de myosine peut s'incliner vers l'extrémité du sarcomère.

Ensuite la molécule d'ATP est quant à elle hydrolysée et se transforme en adénine diphosphate (ADP) en libérant un phosphate, et restent tous les deux liés à la myosine. Ce mécanisme fait revenir la myosine à sa position initiale, en tirant sur le filament d'actine et donc en provoquant la contraction de la fibre musculaire. [18][19]

Ce cycle se répète jusqu'à la chute des niveaux de calcium dans les cellules musculaires. A ce moment-là, la molécule de tropomyosine reprend sa place et recouvre les sites de liaison de la myosine sur les filaments d'actine. [18]

La force de contraction musculaire dépend à la fois du nombre d'unités motrices recrutées ainsi que de la fréquence des potentiels d'action. [16]

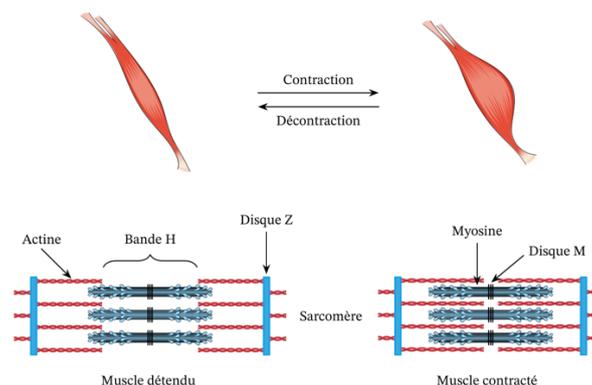


Figure 7 : Schéma de la contraction musculaire

(<https://www.nagwa.com/fr/explainers/676192534258/>)

#### 1.3.4.5 La relaxation musculaire

La contraction est suivie de la relaxation musculaire.

Cette relaxation a lieu lorsque les ions calcium se réaccumulent à l'intérieur des réticulum sarcoplasmiques, qui sont des compartiments de la cellule musculaire où ils sont stockés à l'état de repos, aussi appelé état basal.

Ce mécanisme permet une diminution de la concentration intracellulaire en calcium, ce qui permet la dissociation du calcium à la troponine. Cette dernière peut reprendre son rôle initial et bloquer les sites de liaison de la myosine sur l'actine. [19]

#### 1.3.4.6 L'élasticité musculaire

L'élasticité caractérise la capacité que le muscle va avoir pour s'étirer pendant un certain temps puis de reprendre sa forme initiale.

Lors de l'étirement, plusieurs structures sont mises en jeu : le tendon du muscle, le muscle en lui-même, l'aponévrose de celui-ci mais aussi des mécanismes nerveux tels que le réflexe myotatique, le réflexe myotatique inversé et l'innervation réciproque. [17]

Le réflexe myotatique, aussi appelé réflexe d'étirement, a pour rôle de contrôler les mouvements brusques ou involontaires de changement de longueur au niveau du muscle.

Le réflexe myotatique inversé, aussi appelé réflexe tendineux, est contrôlé par les organes tendineux de Golgi, situé dans la partie tendineuse du muscle.

Ce réflexe a pour rôle d'effectuer le relâchement et l'allongement du muscle ciblé en réponse à sa contraction.

L'innervation réciproque est un mécanisme qui quant à lui permet d'inhiber et d'étirer un muscle antagoniste au muscle qui est en train d'être étiré. [17]

## 1.4 Les blessures musculaires

Les blessures musculaires font partie des blessures les plus courantes dans le milieu sportif, notamment les lésions induites par des contractions excentriques. [20]

La plupart sont causées par une contusion ou une entorse, ou plus rarement une lacération.

La contusion représente un coup direct, le muscle est soumis à une force de pression soudaine et importante. [21]

### 1.4.1 Les différents types de lésions

Il existe 2 types de lésions musculaires : les lésions non traumatiques appelées « DOMS » (Delayed Onset Muscle Soreness), et les lésions traumatiques, qui sont des blessures directes pendant l'effort.

#### 1.4.1.1 Lésions musculaires non traumatiques

Ces lésions musculaires sont dites « retardées », appelées « DOMS », plus souvent connues sous le nom de courbatures.

Elles apparaissent généralement 12 à 48 heures après l'effort physique et sont causées par un exercice musculaire excentrique ou bien par la réalisation d'un effort physique inhabituel.

Au niveau histologique, l'aponévrose du muscle n'est pas lésée. Il n'y a pas de saignement et pas d'hématome, on peut éventuellement remarquer un léger œdème à l'échographie.

Selon certaines études, suite à des biopsies une perte d'intégrité des myofibrilles ainsi qu'une rupture des sarcomères se trouvant à l'intérieur ont été constatées.

Suite à cette dégradation de protéines, se produit une réponse inflammatoire locale au niveau de la lésion ainsi qu'une autophagie. [22][23]

La production d'acide lactique est secondaire à une intensité importante de contractions musculaires concentriques. Cette production peut être la cause de douleurs apparaissant directement à la fin de l'effort, mais n'est pas la cause des DOMS qui se manifestent au minimum 12 heures après l'effort physique car à ce moment-là l'acide lactique a été éliminé en totalité. [23]

Au niveau de la physiologie musculaire, les DOMS entraînent :

- Des modifications des amplitudes articulaires
- Des modifications de la capacité d'amortissement
- Un déficit de force musculaire maximale
- Une modification du recrutement musculaire, qui est essentiel pour la force
- Une modification du ratio muscle agoniste/muscle antagoniste

#### 1.4.1.2 Lésions musculaires traumatiques

Ces lésions sont directes, elles apparaissent lors de l'effort effectué pendant la pratique sportive.

Il existe 2 types de mécanismes à l'origine de ces blessures :

- Mécanisme extrinsèque : un facteur extérieur provoque la lésion, comme un coup donné par un autre joueur par exemple
- Mécanisme intrinsèque : lors d'un exercice musculaire, le plus souvent lors d'une contraction excentrique. Aucun facteur extérieur n'intervient, la lésion se fait directement à l'intérieur du muscle. [24]

Les lésions musculaires intrinsèques se localisent dans des zones de faiblesse, la plupart du temps au niveau de la jonction des fibres musculaires avec l'aponévrose du muscle ou bien à la jonction muscle-tendon et sont rarement en plein corps contractile.

Les muscles les plus couramment victimes de blessures sont les muscles polyarticulaires du membre inférieur comme les ischio-jambiers, le quadriceps, les gastrocnémiens et le long adducteur. [25]

Au niveau histologique, un saignement est présent et caractérisé par un œdème plus ou moins important selon le degré de gravité de la lésion, l'aponévrose musculaire peut être lésée ou pas.

Une nécrose du tissu musculaire a lieu, associée à une réaction inflammatoire qui précèdent les différentes phases de réparation musculaire.

#### 1.4.2 Classifications des lésions musculaires traumatiques

Plusieurs classifications existent dans la littérature concernant les lésions musculaires.

Le tableau clinique dépend de la gravité de la blessure ainsi que de la taille de l'hématome.

Cet hématome est causé suite au traumatisme, par le déchirement des vaisseaux sanguins intramusculaires. [21]

Afin de déterminer la gravité d'une lésion, il est nécessaire d'associer à la fois l'examen clinique mais aussi l'examen paraclinique effectué par échographie qui est essentiel lors du diagnostic.

La classification de Durey et Rodineau décrit ainsi plusieurs stades de lésion : [23][26]

- « Stade 0 : atteinte réversible de la fibre musculaire sans atteinte du tissu de soutien, récupération totale en quelques heures, appelée « courbature »
- Stade 1 : atteinte irréversible de quelques fibres musculaires aboutissant à leur nécrose sans atteinte du tissu conjonctif de soutien, appelée « contracture ». La récupération totale se fait en quelques jours.

- Stade 2 : atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires et atteinte minimale du tissu conjonctif de soutien, appelée « élongation ». La récupération qui peut être obtenue en une dizaine de jours.
- Stade 3 : atteinte irréversible de nombreuses fibres musculaires, atteinte marquée du tissu conjonctif de soutien et formation d'un hématome intramusculaire localisé, appelée « claquage ». La récupération se fait en 4 à 12 semaines.
- Stade 4 : appelée « rupture » ou « désinsertion musculaire complète », avec une durée de récupération longue mais variable selon le muscle touché

Une autre classification appelée classification de Munich a été élaborée afin d'améliorer la communication entre les différents professionnels de santé, à des fins diagnostiques et thérapeutiques, concernant les types de lésions musculaires athlétiques.

Elle comprend quant à elle 4 grades de lésion musculaire qui différencie les troubles fonctionnels des lésions musculaires. [27]

Les deux premiers grades étant des troubles musculaires fonctionnels, sans preuve macroscopique de déchirure des fibres :

- Grade 1 : Trouble lié au surmenage
- Grade 2 : Troubles neuromusculaires

Sont également décrits les grades de lésions musculaires structurelles :

- Grade 3 : Déchirures partielles
- Grade 4 : Déchirures totales

Tous ces grades sont également composés de sous-catégories donnant des précisions sur chaque type de lésion.

### 1.4.3 Examens cliniques et paracliniques

#### 1.4.3.1 DOMS

Lors de l'interrogatoire, on ne trouve pas de notion de douleur brutale, mais plutôt une apparition 12 à 48 heures après l'activité sportive.

L'examen clinique met en évidence la localisation des douleurs, situées le plus souvent au niveau des quadriceps, des ischio-jambiers et des triceps suraux, majoritairement au niveau des jonctions myotendineuses.

La palpation musculaire est douloureuse avec la présence de points douloureux plus ou moins précis accompagnés d'une douleur diffuse.

On remarque également une diminution de force ainsi qu'une réduction des amplitudes articulaires.

Aucun examen clinique complémentaire n'est nécessaire, cependant au niveau biologique il se produit une augmentation de concentration sanguine en enzymes musculaires tels que la créatine kinase ou la lactodéshydrogénase, qui démontrent une inflammation. [23]

#### 1.4.3.2 Lésions traumatiques

Dans un premier temps, lors de l'interrogatoire est relaté un début brutal avec une sur sollicitation. Des signes de gravité tels qu'une sensation de déchirure, d'un craquement ou d'un hématome sont recherchés.

Lors de l'examen clinique, on recherche une anomalie du relief musculaire ainsi que la triade douloureuse qui est une douleur à la palpation, à l'étirement et aux tests isométriques.

Le principal examen paraclinique est l'échographie, qui peut dans certain cas être complétée par l'imagerie par résonance magnétique (IRM) notamment lorsque la lésion nécessite un traitement chirurgical.

Le diagnostic différentiel de ce type de lésion comprend essentiellement des myalgies pathologiques comme la rhabdomyolyse, des déficit enzymatiques ou bien différentes sortes de myopathies. Les autres diagnostics différentiels sont des intolérances musculaires à l'effort ayant des causes vasculaires ou neurologiques. [23]

#### 1.4.3.3 Les marqueurs sanguins de lésions musculaires

En plus des examens cliniques et paracliniques vus précédemment, un prélèvement sanguin peut aussi être effectué afin de mettre en avant la présence de lésions musculaires. L'intérêt du prélèvement sanguin est de mettre en évidence présence de plusieurs marqueurs caractéristiques de lésions musculaires.

Ces marqueurs sont en fait des taux sériques d'enzymes ou de protéines produites par le muscle squelettique, qui déterminent l'état fonctionnel de ce tissu mais aussi les condition physiologiques ainsi que pathologiques. [28]

Ces principaux marqueurs sont :

- La créatine kinase (CK)
- La lactate déshydrogénase (LDH)
- L'aldolase
- La myoglobine (Mb)
- La troponine
- L'aspartate aminotransférase (AST)
- L'anhydrase carbonique

D'autres marqueurs inflammatoires tels que la protéine C réactive (CRP), facteur de nécrose tumorale (TNF- $\alpha$ ), la libération d'interleukine-6 (IL-6) peuvent également être pris en compte.

La présence de dommages musculaires peut se traduire par une augmentation de l'un ou de l'ensemble de ces marqueurs sanguins.

Néanmoins ces derniers ne restent pas spécifiques à un état musculaire, leurs valeurs doivent être interprétées avec prudence et compte tenu de certaines circonstances spécifiques.

## 1.4.4 Traitement des lésions musculaires

### 1.4.4.1 Traitement des DOMS

Compte tenu de leur degré de gravité minime, il n'existe pas de plan de traitement spécifique pour la prise en charge de ces lésions.

Plusieurs méthodes sont utilisées, notamment la cryothérapie, les étirements, les anti-inflammatoires, les massages, les compressions et d'autres. [23]

Cependant la prévention a une place importante, la contraction excentrique étant la cause principale des DOMS, il est intéressant d'entraîner le muscle à produire ce type de sollicitation, ce qui aura pour effet de diminuer voire de faire disparaître l'apparition de ces lésions.

### 1.4.4.2 Traitement des lésions musculaires traumatiques

Pour ce type de lésion, le traitement repose essentiellement sur de la rééducation.

Les principes de cette rééducation seront : la lutte contre la douleur, la récupération des amplitudes articulaires, la restauration de la force musculaire et l'amélioration de la proprioception. [23]

En phase aiguë, le traitement des blessures musculaires est principalement axé sur la réduction de la douleur, de l'inflammation et de l'œdème.

Le traitement immédiat, sur le bord de terrain, d'une lésion musculaire a d'abord été connu sous le nom de ICE, puis a évolué sous le nom de RICE, puis PRICE et POLICE.

Le traitement qui s'en suit, ainsi que sa chronologie dépendent du type et du stade de la lésion musculaire.

En reprenant la classification de Durey et Rodineau, le traitement établi selon les différents stades est le suivant : [23]

- Stade 0 : Aucun traitement ne sera nécessaire, la récupération se fait en quelques heures.
- Stade 1 : Nécessite un arrêt de la pratique sportive, le traitement est basé sur l'application de chaleur ainsi que de massages. La reprise de l'activité sportive se fait quelques jours après la disparition des symptômes.
- Stade 2 : Un repos sportif est nécessaire et indispensable, le traitement comprend de la cryothérapie et de la physiothérapie, puis rapidement un travail d'étirement et de renforcement musculaire statique et ensuite dynamique.  
La reprise sportive a lieu lorsque l'examen clinique est normal.
- Stade 3 : Le traitement se divise en plusieurs phases :
  - o De J0 à J3 : Période antalgique avec une éventuelle décharge selon la douleur, bandage compressif et cryothérapie.
  - o De J4 à J10 : Poursuite de la cryothérapie et de la physiothérapie, le travail de renforcement statique très doux peut commencer.
  - o De J10 à J21 : La rééducation peut devenir plus active, comprenant des étirements ainsi que du renforcement musculaire plus important en statique mais aussi en dynamique.

- A partir de J21 : Intensification du renforcement musculaire avec introduction du renforcement excentrique et de massages transversaux profonds si nécessaire.  
La reprise de l'activité sportive selon les cas peut se faire selon un délai de 6 semaines à 3 mois après la lésion.
- Stade 4 : Traitement similaire à celui du stade 3, sauf si la lésion nécessite un traitement chirurgical à la suite duquel le chirurgien élabore un protocole de rééducation.

Cependant un nouveau consensus remet en cause à la fois le rôle de la cryothérapie mais aussi la prise d'anti-inflammatoires.

En effet, ces deux facteurs sembleraient être un frein à la réaction inflammatoire physiologique suite à la blessure, ce qui serait la cause d'une récupération plus lente et moins efficace.

Le protocole PEACE (Protection, Élévation, Anti-inflammatoires à éviter, Compression, Éducation) et LOVE (Load, Optimisme, Vascularisation, Exercices) semblerait plus adapté pour une prise en charge immédiate de la lésion mais aussi pour la réhabilitation ultérieure.

L'explication de ce consensus est que selon certaines études, l'utilisation précoce d'anti-inflammatoires transformerait les macrophages pro inflammatoires en macrophages anti-inflammatoires et aurait ainsi une incidence sur le phénomène de régénération musculaire, qui serait plus tardive.

Concernant la cryothérapie, elle joue un rôle analgésique intéressant mais elle pourrait perturber les processus inflammatoires, d'angiogenèse et de revascularisation.

En effet, son utilisation retarderait l'action des polynucléaires neutrophiles et des macrophages, mais aussi serait la cause d'une augmentation du nombre de myofibrilles immatures. [29]

Cette technique semblerait augmenter le nombre de fibres créées lors de la régénération musculaire mais diminueraient leur grosseur.

De plus, elle serait la cause d'une augmentation du phénomène de fibrose qui est également délétère pour le processus de réparation musculaire.

A l'inverse, l'utilisation de chaleur semblerait plus adaptée et bénéfique pour ce processus. [30][31]

#### 1.4.5 Le processus de réparation musculaire

Suite à ces différents types blessures, la caractéristique du muscle est qu'il se régénère par un processus de réparation.

Ce phénomène peut se produire grâce à la présence de cellules satellites, présentes sous la lame basale de chaque myofibrille.

Ce processus a lieu quel que soit le type de lésion subie et comprend 3 phases : [21][23][32]

##### - **Phase de destruction**

Cette phase comprend à la fois une phase pro-inflammatoire ainsi que la phase inflammatoire.

Au cours de cette phase de destruction se produit la rupture et la nécrose des myofibrilles endommagées qui donne suite à la formation d'un hématome suivi d'une réaction inflammatoire, initiée par des macrophages et des polynucléaires neutrophiles qui sont des cellules de défense de l'organisme et qui permettent la phagocytose des tissus nécrosés.

#### - **Phase de réparation**

Ensuite se produit une régénération des myofibrilles. Cette phase a lieu suite à la migration et à la prolifération de cellules satellites, appelées myoblastes, au niveau du site de lésion. Ce phénomène permet la formation d'un tissu conjonctif cicatriciel et une revascularisation du tissu lésé.

La présence de fibronectine, de fibrine, de collagène de type III puis de collagène de type I sont également des éléments importants lors de la cicatrisation.

#### - **Phase de remodelage**

Les myofibrilles régénérées subissent un processus de maturation. Le tissu cicatriciel se rétracte et se réorganise de par l'action des fibroblastes, eux-mêmes régulés par les cellules satellites.

Cette phase est importante car elle permet la récupération de la capacité fonctionnelle du muscle.

Des éléments sont nécessaires et essentiels pour le déroulement de ces 3 phases : [23]

- **La présence d'une jonction musculaire de qualité** : permet la différenciation entre les fibres musculaires lentes et rapides.
- **Une vascularisation correcte**, notamment la présence de nouveaux capillaires autour du site de lésion, ce qui permet un apport important en oxygène.
- **L'importance majeure de la traction** : permet l'orientation des fibres musculaires et évite une prolifération anarchique.

Tous ces mécanismes permettant la réparation et le maintien du tissu musculaire impliquent plusieurs voies de signalisation.

Ces dernières sont régulées par des facteurs de croissance et des cytokines, et appartiennent à deux principales catégories :

- Voies d'activation de la synthèse des protéines, induisant l'hypertrophie musculaire.
- Voies d'activation de la dégradation des protéines, induisant l'atrophie musculaire.

Ces mécanismes ne sont pas uniquement enclenchés en cas de lésions, mais aussi en réponse à un étirement ou un exercice. [29]

## 1.5 Influence hormonale sur le corps

L'activité des hormones sexuelles ne se limite pas uniquement aux organes reproducteurs.

Selon certaines études, les hormones sexuelles stéroïdes féminines pourraient influencer les performances physiques de la sportives, par le biais de certaines modifications telles que : la modification du métabolisme des substrats, de l'activation musculaire et de la composition corporelle. Seraient aussi impactés : la fonction cardiorespiratoire, la thermorégulation, les facteurs psychologiques et les blessures. [1][33]

### 1.5.1 L'influence hormonale sur le muscle squelettique

L'activité des hormones sexuelles féminines concerne également d'autres organes et tissus, notamment les muscles squelettiques.

A la fois au niveau qualitatif mais aussi au niveau quantitatif, les muscles squelettiques féminins et masculins diffèrent. Il est important d'établir le lien entre hormones sexuelles et muscle squelettique. [34]

Cependant, il n'existe aucun changement majeur entre la synthèse des protéines musculaires féminines et masculines chez les sujets jeunes, suite à l'absorption alimentaire ou l'exercice intense. De même concernant les mesures de dégradations de ces protéines, aucune différence n'a été observée entre les deux sexes. [35]

Contrairement aux hommes qui bénéficient de fortes concentrations en testostérone, les femmes possèdent une concentration de cette hormone 10 à 15 fois inférieure.

La testostérone joue un rôle anabolisant très important sur la masse musculaire masculine, notamment sur la croissance musculaire en réponse à l'entraînement de résistance.

De ce fait, selon certaines hypothèses, d'autres facteurs stimulants permettraient de compenser ces niveaux inférieurs de testostérone chez la femme, tels que les œstrogènes. [35]

Des récepteurs oestrogéniques ont été localisés dans le tissu musculaire squelettique ainsi que dans les tendons et ligaments.

Les œstrogènes jouent un rôle important dans l'homéostasie et la capacité d'exercice des muscles squelettiques. Ils permettent le maintien de la fonction mitochondriale ainsi que le métabolisme musculaire des femmes.

Selon d'autres études, les œstrogènes pourraient jouer un rôle sur les dommages musculaires, l'inflammation, la récupération et la réparation musculaire. C'est pour cela que les femmes préménopausées, chez qui ces concentrations diminuent, ont d'autant plus de dommages musculaire, et un temps de récupération plus important suite aux efforts physiques.

Cette diminution peut aussi être la cause de fragilité et de sarcopénie, qui touche plus de 30 % des individus de plus de 60 ans. [34][36]

Ils assurent également un rôle important sur le tissu osseux, en agissant directement sur les ostéoblastes, ostéocytes et ostéoclastes. [34]

Les œstrogènes ont été caractérisés comme étant des antioxydants et des stabilisateurs de membrane du sarcolemme qui entoure la cellule musculaire. Ils permettent également de réduire l'augmentation des cytokines pro-inflammatoires, ce qui participe également à la diminution de la dégradation musculaire. [35]

Selon différentes observations qui ont été faites, cette hormone semble jouer un rôle important pour l'expansion, la différenciation ainsi que l'auto-renouvellement des cellules musculaires.

Ces qualités lui donnent donc une place importante concernant l'augmentation de la sensibilité à l'entraînement, la réduction des dommages cellulaires suite à l'exercice, mais aussi une amélioration de la récupération musculaire.

Ceci étant lié au fait que les œstrogènes induisent une vasodilatation rapide des vaisseaux capillaires mais aussi une excitabilité neurale dans le système nerveux central. [35]

## 1.5.2 Blessures et cycle menstruel

Selon certaines études, la fréquence des blessures musculaires et tendineuses est deux fois plus élevée durant la phase folliculaire tardive plutôt que durant la phase follicule précoce ou lutéale.

Ce qui signifie que chez les femmes euménorrhéiques, que le risque de blessure est plus élevé dans les jours suivant le début le début de leurs menstruations. [37]

Cette phase du cycle est caractérisée par un pic de concentration maximale en œstrogènes.

Ces derniers, comme vu précédemment, ont un effet bénéfique lors de l'exposition du muscle, du tendon et du ligament à la charge tissulaire, donc à l'effort. Mais aussi lors du rétablissement après une blessure de par leur effet stimulant sur la synthèse de collagène.

Cependant, ils présentent également un effet délétère lors de l'augmentation de leur concentration. On peut également prendre en compte la diminution de rigidité des tissus, notamment dans les muscles et les tissus conjonctifs, lors de l'augmentation de la concentration en œstrogènes au cours du cycle. Cette concentration est responsable de la diminution de production de collagène et donc de la diminution de sa densité dans ces tissus. [1]

De ce fait, la laxité des articulations augmente, et peut être responsable de l'augmentation du risque de blessures. [38]

De plus, les variations hormonales au cours du cycle menstruel sont responsables d'une certaine fatigabilité ainsi que d'une certaine irritabilité, qui peuvent nuire à la performance sportive mais aussi être un facteur favorisant le risque de blessure musculaire entre autres. [39]

## 1.6 Hypothèse et intérêt de l'étude

### 1.6.1 Intérêt de cette revue de littérature

Le cycle menstruel fait part entière de la vie d'une femme, mais aussi des sportives de haut niveau. Néanmoins, le cycle menstruel reste tout de même un sujet tabou qui n'est pas assez pris en compte lors de la prise en charge de la sportive.

Il peut cependant avoir un impact musculaire assez important, pouvant à la fois optimiser la performance mais aussi augmenter le risque de blessure musculaire selon les différentes phases.

Compte tenu des objectifs de performance croissants mais aussi de la fréquence importante des lésions musculaires chez les sportives de haut niveau, il semble important d'analyser et de considérer l'impact hormonal que pourraient avoir les hormones sexuelles féminines sur ces deux facteurs.

En tant que futur masso-kinésithérapeute, il semble essentiel et évident que la prévention de ces risques soit importante à prendre en compte lors de cette prise en charge.

Il est important de sensibiliser et d'informer la patiente sur l'impact que le cycle menstruel peut avoir sur l'ensemble de son corps.

Cette information permet d'augmenter dans certain cas la vigilance durant certaines phases caractérisées comme étant à risque de blessure.

Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'apparition de lésions musculaires traumatiques intrinsèques. En effet, ce type de lésion donne lieu à une durée de rééducation importante ainsi qu'une reprise progressive de l'activité sportive et est donc importante à éviter lors de l'approche d'une compétition mais aussi à éviter en général. Ce type de lésion dépend directement de l'état physique de la sportive.

La variation de la présence de DOMS sera également intéressante à prendre en compte.

Les lésions traumatiques extrinsèques possèdent les mêmes modalités de rééducation, cependant celles-ci sont influencées et causées par un facteur extérieur qui sera moins intéressant de traiter dans cette revue de littérature.

Les blessures vont avoir un impact psychologique et social important surtout sur chez ce type de patientes, qui ont besoin d'être en pleine possession de leurs capacités physiques pour pratiquer au mieux leur activité sportive et répondre au mieux à leurs objectifs.

### 1.6.2 Question étiologique basée sur le modèle PICO

Le modèle PICO permet de définir le thème ainsi que les objectifs de cette revue de littérature.

Il est défini et correspond aux termes suivant :

<b>Population</b>	<b>Population étudiée</b>	<b>Femmes sportives</b>
<b>Intervention</b>	<b>Facteur de risque</b>	<b>Cycle menstruel</b>
<b>Comparateur</b>	Population non concernée par le facteur de risque	<b>Groupe contrôle sans facteur hormonal</b>
<b>Outcome (critère de jugement)</b>	<b>Évènement de santé</b>	<b>Blessure musculaire</b>

*Tableau I : Formulation de question de recherche modèle PICO*

### 1.6.3 Objectif de cette revue de littérature

Cette revue de littérature a pour objectif de synthétiser des données scientifiques actuelles sur l'impact du cycle menstruel ainsi que des fluctuations hormonales qui en découlent, sur les risques de blessures musculaires chez la femme sportive.

L'ensemble de ces données, aura pour but d'informer dans un premier temps la sportive, ainsi que son/ses entraîneur(s) et son entourage prenant en charge son activité physique.

Les professionnels de santé médicaux et paramédicaux joueront un rôle important quant à la prise en charge de la sportive dans sa globalité, avant et après la survenue de blessure.

Le but de cette revue est aussi de mettre en avant l'optimisation des entraînements, afin de développer au mieux les qualités musculaires nécessaires à la performance, tout en anticipant et en évitant les éventuelles blessures, pouvant être un frein voire la cause d'un arrêt d'une carrière sportive.

## 2 Méthode

### 2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

#### 2.1.1 Types d'études

Cette revue est une étude de type étiologique.

Ainsi nous avons choisi d'étudier l'incidence ainsi que la corrélation entre le cycle menstruel chez la sportive et l'apparition de blessures musculaires, plus particulièrement les lésions traumatiques d'origine intrinsèque.

Ce type d'étude permet d'étudier la relation de cause à effet entre un facteur de risque ainsi qu'une pathologie.

Cette analyse consiste en la recherche d'une relation entre une exposition à un facteur et d'une pathologie, mis en évidence sous la forme de risque relatif (RR) ou d'un rapport de côtes, aussi appelé Odds-Ratio (OR). Ces derniers permettent la quantification d'un lien de causalité. [40]

Le RR ou l'OR s'interprètent de 3 façons :

- ⇒ < 1 : Risque réduit, facteur protecteur
- ⇒ = 1 : Absence de corrélation entre facteur de risque et (pathologie)
- ⇒ > 1 : Risque accru, excès de risque

Les études de cohorte, les études cas-témoins et les études transversales nous permettront de réaliser cette étude.

- **Études de cohorte ou exposé/non exposé**

Ces études sont prospectives, c'est à dire que la population est suivie avant la survenue de l'évènement.

Elles peuvent aussi être rétrospectives, lorsque le recueil de données se fait à postériori de l'évènement.

La répartition des participants de l'étude est faite suivant l'exposition à un risque ou non, en les classant en « exposé » ou « non exposé ».

Le nombre de cas présentant la pathologie est analysé dans chacun de ces deux groupes et le le RR est calculé.

- **Études cas/témoins**

Ce sont des études rétrospectives.

Les individus sont répartis en un groupe de participants présentant la pathologie appelé « cas » et en un groupe composé d'individus sains appelé « témoin ».

Ces deux groupes sont sélectionnés avec une similitude entre les différents individus.

Dans ce type d'étude sera comparée la fréquence d'exposition à un facteur avant la survenue de la pathologie. L'OR sera ensuite calculé.

- **Études transversales**

Ce sont des études de type descriptives.

Elles permettent de mettre en évidence une association entre une pathologie et une exposition à un facteur durant une période définie et limitée.

Un seul groupe de personne est nécessaire, celui-ci représente la population générale.

Aucun suivi dans le temps n'est nécessaire. Elles représentent un niveau de preuve très bas.

### 2.1.2 Population

Dans cette étude, nous nous intéressons principalement à une population de femmes sportives et euménorrhéiques, ayant un cycle menstruel régulier. Néanmoins, selon les études il sera intéressant de prendre en compte comparativement une population de femmes ménopausées.

Cette population sera donc principalement composée de jeunes femmes sportives, dans un intervalle de temps compris entre la période de post puberté et la période pré-ménopausique.

### 2.1.3 Facteur de risque

Le principal objectif de cette revue est la mise en relation des variations hormonale durant le cycle menstruel de la femme et l'apparition de blessure musculaire.

Nous allons procéder à la recherche d'un lien entre l'exposition au facteur hormonal et la survenue d'une blessure musculaire.

Les différentes périodes de risque d'incidence sont fonction de la période du cycle, suivant les différents taux d'hormone.

### 2.1.4 Évènements causés par le facteur de risque

Les évènements étudiés et recherchés sont :

- Une diminution de la force musculaire
- Une perte ou augmentation de contractibilité et/ou élasticité musculaire
- L'augmentation de la survenue de dommages et de blessures musculaires

## 2.2 Méthodologie de recherche des études

### 2.2.1 Sources documentaires

Pour la réalisation de cette étude, afin de regrouper un maximum d'articles scientifiques, ont été utilisées trois bases de données différentes : PubMed, Cochrane Library et Science Direct.

### 2.2.2 Équation de recherche

Les équations de recherche seront différentes selon la base de données utilisée, car les modalités de recherche diffèrent selon chacune.

Base de données	Équation de recherche	Nombre d'articles
PubMed	((skeletal muscle*) OR (musculoskeletal injury*)) OR (musculoskeletal lesion*) AND ((menstrual cycle*) OR (menstrual cycle phase*)) OR (sexual hormones levels*)	314
Cochrane Library	((musculoskeletal injury) OR (musculoskeletal lesion)) OR (skeletal muscle)) AND (menstrual cycle phase)	27
Science Direct	« women » AND « musculoskeletal injury » AND « menstrual cycle phase »	13

Tableau II : Formulation des différentes questions de recherche

## 2.3 Méthodologie d'extraction et d'analyse des données

### 2.3.1 Méthode de sélection des études

Afin de réaliser la sélection des études après avoir effectué la recherche d'articles sur les différentes bases de données, plusieurs étapes ont été nécessaires :

- La sélection des articles par la lecture des titres
- La sélection par la lecture des abstracts, qui permet de nous renseigner sur le type d'étude ainsi que sur la méthodologie
- L'élimination des études similaires
- La sélection après la lecture intégrale de l'article

Toutes ces sélections ont été réalisées en respectant le choix de nos critères d'inclusion ainsi que d'exclusion.

#### 2.3.1.1 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusions des articles de cette revue de littérature :

- Aucune restriction de langue
- Types d'étude qui répondent à une question étiologique, tels que des études de cohorte, cas-témoins ou transversale
- Population composée de jeunes femmes sportives, euménorrhéiques ayant un cycle hormonal régulier ou bien de femmes ménopausées
- Le groupe contrôle doit représenter la population concernée
- Un changement d'aptitude musculaire pouvant être la cause de blessure

### 2.3.1.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion de cette revue :

- Les revues systématiques ou méta-analyses, les essais cliniques randomisés
- Études avec une méthode non qualitative
- Articles similaires ou doublons
- Population comprenant des femmes non sportives, ne présentant pas de cycle menstruel en étant en période de prépuberté, ayant un cycle hormonal irrégulier, prise d'un traitement hormonal autre que la contraception hormonale, présentant une pathologie au niveau du système reproducteur
- Le groupe contrôle de sexe masculin
- Survenue d'une tout autre lésion, touchant un autre niveau que la système musculaire

### 2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique

Afin d'évaluer la qualité méthodologique des articles sélectionnés pour effectuer cette revue, il est essentiel de vérifier leur validité interne et externe.

Pour évaluer la validité interne de chaque article, nous avons utilisé la *Newcastle-Ottawa Scale (NOS)*, permettant d'évaluer la qualité des études non-randomisées sélectionnées pour cette revue. [41]

C'est une échelle d'évaluation donnant un score avec des étoiles, donnant un score allant de 0 à 9 et permettant la classification en 3 niveaux :

- Score entre 0 et 3 : Qualité méthodologique insuffisante
- Score entre 4 et 6 : Qualité méthodologique satisfaisante
- Score entre 7 et 9 : Haute qualité méthodologique

Ces trois niveaux sont obtenus en fonction de trois critères qui sont : la sélection des groupes, la comparabilité des groupes et la vérification e l'exposition ou de l'issue.

Dans chacune de ces études, les biais principaux recherchés sont classés eux aussi en trois catégories :

- Biais de sélection : Mauvaise sélection des échantillons
- Biais de classement : Mauvais recueil des informations
- Biais de confusion : Perdus de vue au cours de l'étude et facteurs de confusion

Cependant cette échelle ne nous permet pas de détecter tous les biais d'une étude, pouvant parfois remettre en cause sa validité interne.

De plus, les biais diffèrent selon chaque type d'étude. [42]

Pour les études de cohorte, le biais principal est les perdus de vue, c'est-à-dire les personnes dont on ne pourra pas recueillir les données à la fin de l'étude, cela crée un déséquilibre entre les deux groupes comparés.

Concernant les études cas/témoins, le principal biais sera l'exposition antérieure au facteur de risque qui sera plus ou moins bien répertoriée.

Les études transversales, quant à elles auront comme biais principal de savoir si l'apparition de la pathologie est directement liée au facteur de risque observé et non pas à d'autres facteurs tout autres.

En plus sera calculée la valeur statistique de  $p$ , qui sera essentielle dans l'interprétation des résultats de chaque étude épidémiologique.

Cette valeur est comprise entre 0 et 1 et est utilisée pour un test d'hypothèse.

Son calcul permet de savoir si le résultat d'une étude peut être dû au hasard ou non.

Si possible, la valeur de l'intervalle de confiance (IC) de chaque étude sera aussi calculée.

Cette valeur nous permettra de déterminer la marge d'erreur de l'échantillon choisi, permettant l'estimation du résultat réel.

Il faudrait également pouvoir calculer, comme vus précédemment, le RR et l'OR qui nous permettront d'interpréter la relation causale entre l'exposition au facteur de risque et le risque de survenue de l'évènement de santé.

La validité externe nous permettra de voir si le résultat de l'étude est révélateur des résultats et des autres études présentes dans la littérature scientifique actuelle et si la population de l'étude est bien comparable à celle concernée.

### 2.3.3 Méthode d'extraction des données

Les données de chaque étude seront regroupées sous forme d'un tableau.

Ce recueil sera important pour mettre en évidence et comparer chaque population ainsi que chaque étude, afin de mettre au mieux en évidence le lien de causalité entre le facteur de risque et l'évènement de santé.

Ce tableau contiendra les sections suivantes :

- Données sur l'article : Le titre, les auteurs principaux, l'année de publication
- Méthode : Type d'étude, design
- Données sur les participantes : Nombre, âge, pratique sportive, critères d'inclusion et d'exclusion
- Intervention : Déroulement de l'étude
- Critère de jugement
- Résultats : Avec la valeur de  $p$ , de l'intervalle de confiance et la valeur du RR ou de l'OR si possible

### 2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Dans cette revue, nous nous intéressons à l'influence du cycle menstruel sur le risque de survenue de blessures musculaires chez les femmes sportives.

Les résultats de chaque étude incluent dans cette revue seront présentés et analysés afin de déterminer leur signification statistique. Ils seront ensuite synthétisés à l'aide d'un tableau récapitulatif.

Suite à l'analyse de la qualité méthodologique de chaque étude avec la NOS, mais aussi les différentes données statistiques calculées ainsi que les risques de biais déterminés, nous pourrons effectuer la pondération des résultats obtenus. Celle-ci nous permettra de déterminer au mieux la corrélation entre le facteur de risque étudié et la survenue de blessures musculaires dans cette population étudiée.

### 3 Résultats

#### 3.1 Description des études

##### 3.1.1 Processus de sélection des études

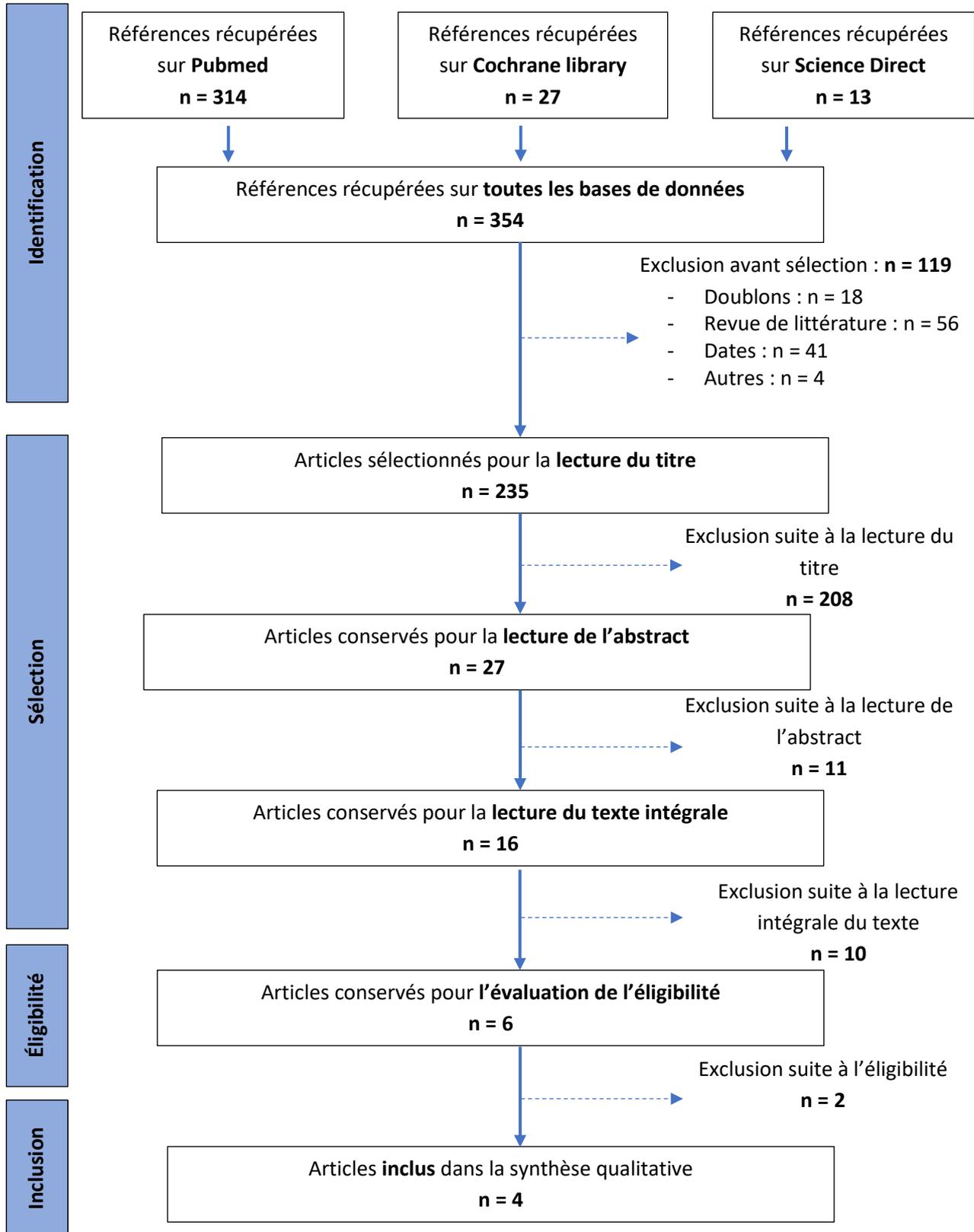


Figure 8 : Diagramme de flux

Pour cette revue de littérature, les recherches documentaires ont été effectuées sur 3 bases de données électroniques : PubMed, Cochrane Library et Science Direct.

Suite à l'utilisation des équations de recherche vues précédemment, **354 articles** ont été identifiés.

Avant l'étape de sélection, un certain nombre d'articles ont pu être éliminés : les revues de littérature, les doublons, les articles ayant été publiés avant l'année 2000 ainsi que tous les autres documents n'étant pas des articles.

Une première sélection par la lecture du titre de chaque article a permis de mettre en avant **27 articles**, sélectionnés pour la lecture de l'abstract.

Après la lecture de chaque abstract, une seconde sélection a pu avoir lieu, réunissant **16 articles** éligibles pour la lecture intégrale.

Lors de cette dernière étape de sélection, la lecture de chaque article a été réalisée en prenant en compte les différents critères d'inclusion ainsi que d'exclusion. L'analyse de chaque protocole d'étude a également été important, enfin de faire le lien entre chaque article et cette revue de littérature. A la fin de cette étape, **6 articles** ont été soumis à l'analyse de l'éligibilité.

Suite à la dernière étape, qui est l'analyse de l'éligibilité, **4 articles** ont été sélectionnés pour la synthèse qualitative de cette revue.

### 3.1.2 Études exclues

<b>Auteur (Année)</b>	<b>Motif d'exclusion</b>
<b><i>Kubo et al (2009)</i></b>	Objectif : Analyse des fluctuations des différentes caractéristiques musculaires mais pas directement de la blessure musculaire.
<b><i>Nissenbaum et al (2012)</i></b>	Objectif : Parle des fluctuations de différentes caractéristiques musculaires, mais ne parle pas de blessure musculaire.
<b><i>Cassey et al (2016)</i></b>	Objectif : Pas de lien direct avec le cycle menstruel et les blessures musculaires.
<b><i>Ekenros et al (2017)</i></b>	Population : Femme sédentaires donc non sportives.
<b><i>Romero-Parra et al (2021)</i></b>	Non disponible sur les bases de données.
<b><i>Peinado et al (2021)</i></b>	Article présentant l'approche méthodologique d'une étude, n'incluant pas de résultats.
<b><i>Peltonen et al (2022)</i></b>	Non disponible sur les bases de données.
<b><i>Nagahori et al (2022)</i></b>	Objectif : Influence du cycle menstruel sur les mécanismes de contraction musculaire.
<b><i>Kissow et al (2022)</i></b>	Objectif : Énonce uniquement l'influence du cycle menstruel sur la force et la masse musculaire.
<b><i>Purenda et al (2023)</i></b>	Objectif : Prise en compte de différents troubles musculosquelettique mais pas de la blessure musculaire à proprement parlé.

*Tableau III : Liste des études exclues*

### 3.1.3 Études incluses

#### 3.1.3.1 Liste des études incluses

<b>Auteur</b>	<b>Année</b>	<b>Titre de l'article</b>
<b>Markofski et al [43]</b>	2014	Influence of menstrual cycle on indices of contraction-induced muscle damage
<b>Keane et al [44]</b>	2015	Muscle damage response in female collegiate athletes after repeated sprint activity
<b>Romero-Parra et al [45]</b>	2020	Influence of the Menstrual Cycle on Blood Markers of Muscle Damage and Inflammation Following Eccentric Exercise
<b>Romero-Parra et al [46]</b>	2021	Exercise-Induced Muscle Damage in Postmenopausal Well-Trained Women

Tableau IV : Liste des études incluses

#### 3.1.3.2 Caractéristiques des études et des participantes

##### Markofski et al (2014) :

<b>Méthode</b>	<i>Design :</i> Étude transversale
<b>Participantes</b>	16 femmes sportives (8 prenant une pilule contraceptive et 8 ne prenant pas de contractif) Age : 24,9 ± 1,6 (âge compris entre 18 et 38 ans) <b>Critères d'inclusion :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cycle menstruel régulier</li> <li>- Durée du cycle menstruel constante</li> <li>- Pratique d'au moins 2 séances d'entraînement à la résistance par semaine (comprenant des exercices du haut du corps), pendant au moins 3 mois continus avant l'étude</li> </ul> <b>Critères d'exclusion :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cycle menstruel irrégulier</li> <li>- Utilisation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) durant les 6 derniers mois</li> <li>- Blessure au niveau du haut du corps durant les 6 derniers mois</li> </ul>
<b>Intervention</b>	<b>Méthode d'extraction de l'exposition :</b> Prélèvement sanguin, réalisé avant l'exercice excentrique et immédiatement, 24h, 48h, 72h, 96h et 162h après l'exercice.

	<p><b>Protocole :</b> L'étude se base sur la réalisation de 75 exercices d'extension excentrique de coude avec le bras non dominant chez chacune des participantes.</p> <p>Suite à l'évaluation de la résistance maximale (1 RM) de chaque femme, l'exercice excentrique se basait sur 5 séries de 15 répétitions avec 2 minutes repos entre chaque série, après un léger échauffement en 2 séries.</p> <p>L'action musculaire excentrique était d'une durée de 4 secondes, et la contraction de retour concentrique assistée de 2 secondes.</p> <p>Chaque série a été effectuée avec un pourcentage différent de 1 RM.</p> <p><b>Temps entre lésion et détermination de l'exposition :</b> Immédiatement, 24h, 48h, 72h, 96h et 162h après l'exercice.</p>
<p><b>Outcome</b></p>	<p>Déterminer s'il existe une différence entre les symptômes de dommages musculaires induits par la contraction lors de la phase folliculaire et lors de la phase lutéale du cycle.</p>
<p><b>Résultats</b></p>	<p>L'utilisation de contraception hormonale a été considérée comme une covariante.</p> <p><u>Taux d'œstrogènes</u>  Phase lutéale : <math>187.8 \pm 27.8</math>  Phase folliculaire : <math>77.3 \pm 10.7</math>  <b>Le groupe en phase lutéale a une concentration significativement plus élevée en œstrogènes que le groupe en phase folliculaire (<math>p = 0.0008</math>).</b></p> <p><u>Évaluation des forces</u>  Une interaction significative a été faite (<math>p = 0.004</math>).  Le groupe en phase folliculaire a récupéré davantage de force 96h après l'exercice (<math>p = 0.009</math>) et 168h (<math>p = 0.0013</math>) après que le groupe en phase lutéale.  <b>Donc une faible concentration en œstrogènes est significativement associée à une meilleure récupération de force musculaire.</b></p> <p><u>Dommages musculaires induits par la contraction</u>  La charge et le nombre de répétitions ne différaient pas statistiquement entre les 2 groupes de participantes.</p> <p><u>Flexion et extension du coude</u>  Des effets principaux au niveau du temps ont été remarqués au niveau du coude en flexion (<math>p = 0,04</math>) ainsi qu'au niveau de l'extension (<math>p = 0.0002</math>).</p> <p><u>Volume des bras et douleur</u>  L'effet principal du temps été présent pour les courbatures (<math>p = 0.0001</math>).  Aucun autre effet n'a été observé entre les phases du CM.</p> <p><u>Taux de créatine kinase</u>  Un effet principal pour le temps été présent (<math>p = 0.0014</math>).</p>

	<p>Le groupe en phase lutéale a montré un taux de créatine kinase plus élevé que le groupe en phase folliculaire 96 heures après l'exercice (<math>p = 0.016</math>).</p> <p><b>Donc une concentration plus élevée en œstrogènes est statistiquement significativement associée à un taux plus élevé de créatine kinase.</b></p>
--	--

Tableau V : Caractéristiques de l'étude 1 et des participantes

On remarque que ces résultats montrent une concentration en œstrogènes plus élevée en phase lutéale plutôt qu'en phase folliculaire, ce qui est discordant avec les données vues précédemment.

Selon cette étude, lors de la phase folliculaire, le taux d'œstrogènes est moins élevé, la récupération de la force musculaire est significativement meilleure et le taux de créatine kinase qui est moins élevé. L'effet protecteur des œstrogènes sur les lésions musculaires induites par l'exercice n'a donc pas été confirmé par de cette étude, ce qui laisserai penser que la phase du cycle n'aura qu'un faible impact sur les symptômes de lésions musculaires.

L'analyse des deux groupes montre que les femmes auraient plus d'intérêt de pratiquer une activité physique intense lors de la phase folliculaire de leur cycle menstruel.

Keane et al (2015) :

<b>Méthode</b>	<i>Design :</i> Étude transversale
<b>Participants</b>	<p>11 athlètes</p> <p>Age : <math>22 \pm 3</math> (compris entre 18 et 30 ans)</p> <p>Pratique régulière de sports d'équipe en première ligue collégiale ou ligue nationale.</p> <p>Sports pratiqués : rugby, football, netball.</p> <p><b>Critères d'inclusion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Femme non blessée</li> <li>- Femme en phase lutéale précoce ou moyenne du cycle menstruel</li> </ul> <p><b>Critères d'exclusion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Blessure</li> <li>- Exercice physique intense</li> <li>- Alcool</li> <li>- Caféine</li> <li>- Tout supplément nutritionnel</li> <li>- Utilisation d'anti-inflammatoires ou traitement alternatif</li> </ul>
<b>Intervention</b>	<p><b>Méthode d'extraction de l'exposition :</b> Questionnaire.</p> <p><b>Protocole :</b> Les participantes ont d'abord effectué un échauffement sous forme de jogging sur 400 mètres à leur rythme, puis des séries de montées de genoux, talons-fesses et pas chassés sur 10m.</p> <p>Ensuite, 3 sprints d'entraînement ont été réalisés à 60, 80 et 100% de la vitesse maximale de chacune.</p> <p>Lors du protocole, les participantes ont réalisé 15 sprints répétés avec 65 seconde de pause entre chaque, en effectuant un effort maximal.</p>

	<b>Temps entre lésion et détermination de l'exposition</b> : Avant l'exercice, puis immédiatement, 24h, 48h et 72h après l'exercice.
<b>Outcome</b>	Déterminer l'ampleur des indices de dommages musculaires induits par l'exercice excentrique, à la suite d'un protocole de sprints répétés dans une population de femmes athlétiques.
<b>Résultats</b>	<p><u>Hauteur du saut en contre-mouvement (cm)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré exercice : 26.4 ± 3.3</li> <li>- Immédiatement après exercice : 23.4 ± 4.0 (p&lt;.05)</li> <li>- 24h après exercice : 23.9 ± 3.9 (p&lt;0.05)</li> <li>- 48h après exercice : 24.1 ± 3,8 (p&lt;0.05)</li> <li>- 72h après exercice : 25,3 ± 3,2</li> </ul> <p><b>La hauteur de saut en contre mouvement a diminué immédiatement, 24h et 48h après l'exercice de sprints répétés (p&lt;0.05) mais est revenue à un niveau proche de la ligne de base 72h après.</b></p> <p><u>Force de contraction volontaire maximale (N)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré exercice : 470 ± 73</li> <li>- Immédiatement après exercice : 426 ± 91 (p&lt;0.05)</li> <li>- 24h après exercice : 440 ± 78</li> <li>- 48h après exercice : 450 ± 95</li> <li>- 72h après exercice : 449 ± 91</li> </ul> <p><b>La force de contraction volontaire maximale a diminué selon les mesures réalisées en pots-exercice, statistiquement significative notamment lors de la phase immédiate après l'exercice.</b></p> <p><u>Temps de sprint sur 30m (s)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré exercice : 4.95 ± 0.24</li> <li>- Immédiatement après exercice : 5.16 ± 0.31 (p&lt;0.05)</li> <li>- 24h après exercice : 5.15 ± 3.30 (p&lt;0.05)</li> <li>- 48h après exercice : 5.25 ± 0.40 (p&lt;0.05)</li> <li>- 72h après exercice : 5.17 ± 0.37 (p&lt;0.05)</li> </ul> <p><b>Les mesures réalisées en post-exercice mettent en évidence un temps de sprint plus important, mettant en évidence un effet significatif du temps ; p = 0.001.</b></p> <p><u>Circonférence du membre inférieur (cm)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré exercice : 57.3 ± 3.2</li> <li>- Immédiatement après exercice : 57.3 ± 2.9</li> <li>- 24h après exercice : 56.9 ± 3.0</li> <li>- 48h après exercice : 56.9 ± 2.8</li> <li>- 72h après exercice : 57.0 ± 3.4</li> </ul> <p><u>DOMS</u></p> <p>Des analyses ont montré que les DOMS ont augmenté avec le temps ; p&lt;0.001.</p> <p><u>Créatine kinase</u></p> <p>La concentration en CK a augmenté dans le temps suite à l'exercice de sprints répétés, comparativement à la valeur en préexercice ; p&lt;0.05.</p>

Tableau VI : Caractéristiques de l'étude 2 et des participantes

Selon cette étude, les séances de sport spécifiques induisent des dommages musculaires chez les femmes, en plus d'une diminution de la performance, quel que soit la phase du cycle menstruel dans laquelle elles se situent.

Ces dommages sont mis en avant significativement par la diminution de performance globale concernant la hauteur du saut en contre mouvement ainsi que du temps de sprint, mais aussi par la diminution immédiate de force après l'exercice, l'apparition des DOMS et l'augmentation de concentration de créatine kinase.

Il est donc nécessaire et important d'optimiser leur temps de récupération.

Romero-Parra et al (2020) :

<b>Méthode</b>	<i>Design :</i> Étude transversale
<b>Participants</b>	19 femmes sportives Age : 28,6 ± 5,9 Entraînement à la résistance 60 ± 20 min, 3 ± 1 fois par semaine, pendant 5,5 ± 4,9 ans et autres activités sportives. <b>Critères d'inclusion :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Être âgée de 20 à 40 ans</li> <li>- Être entraînée à la résistance</li> <li>- Cycle menstruel régulier, d'une durée de 24 à 35 jours au cours des 6 derniers mois précédant l'étude</li> </ul> <b>Critères d'exclusion :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cycle menstruel irrégulier</li> <li>- Utilisation de contraceptif dans les 6 mois précédant l'étude</li> <li>- Maladie ou trouble métabolique ou hormonal</li> <li>- Blessure musculosquelettique au cours des 6 derniers mois</li> <li>- Intervention chirurgicale ou tout autre problème médical qui serait exacerbé par un protocole d'exercice de résistance excentrique</li> <li>- Utilisation régulière de médicaments ou compléments alimentaires qui pourraient affecter les résultats</li> <li>- Grossesse au cours de l'année précédente</li> <li>- Tabagisme</li> </ul>
<b>Intervention</b>	<b>Méthode d'extraction de l'exposition :</b> Recueil personnel, prélèvement urinaire et prélèvement sanguin. <b>Protocole :</b> L'exercice réalisé par les participantes est basé sur un exercice excentrique de squat, effectué à 3 moments du cycle : en phase folliculaire précoce, en phase folliculaire tardive et en phase lutéale moyenne. Il s'agissait de 10 séries composées de 10 répétitions de squats classiques, avec 2 minutes de repos entre chaque série. Le rythme était de 4 secondes en phase excentrique, 1 seconde de pause en bas, 1 seconde en phase concentrique et 1 seconde de pause en haut du mouvement. <b>Temps entre lésion et détermination de l'exposition :</b> Avant l'exercice puis 2h, 24h et 48h après l'exercice.

<b>Outcome</b>	Évaluer si le cycle menstruel et les fluctuations hormonales qui en découlent affectent les dommages musculaires et l'inflammation chez les femmes bien entraînées suite à un exercice excentrique.
<b>Résultats</b>	<p><u>Hormones sexuelles et évaluation de la force</u></p> <p><b>Aucune différence de force entre les phases n'a été présente, notamment pour le calcul de la 1RM (<math>p &gt; 0.05</math>) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase folliculaire précoce (EFP) : <math>75.9 \pm 16.8</math> kg</li> <li>- Phase folliculaire tardive (LFP) : <math>75.5 \pm 17.4</math> kg</li> <li>- Phase lutéale moyenne (MLP) : <math>76.0 \pm 16.8</math> kg</li> </ul> <p><u>Dommages musculaires</u></p> <p>Aucun effet significatif du temps n'a été observé entre le temps et la phase du CM pour l'ensemble de ces valeurs.</p> <p><b>Aucun effet de la phase du cycle menstruel sur la concentration de CK avec <math>p &gt; 0.05</math> :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>133.8 \pm 12.1</math></li> <li>- LFP : <math>146.7 \pm 12.1</math></li> <li>- MLP : <math>138.1 \pm 12.1</math> U·L<sup>-1</sup></li> </ul> <p><b>Aucun effet de la phase du CM sur la concentration de Mb avec <math>p &gt; 0.05</math> :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>73.2 \pm 2.9</math></li> <li>- LFP : <math>79.6 \pm 3.7</math></li> <li>- MLP : <math>74.1 \pm 2.8</math> <math>\mu</math>·L<sup>-1</sup></li> <li>-</li> </ul> <p><b>Aucun effet de la phase du CM sur la concentration de LDH avec <math>p &gt; 0.05</math> :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>170.9 \pm 3.1</math></li> <li>- LFP : <math>169.3 \pm 4.6</math></li> <li>- MLP : <math>170.5 \pm 3.1</math> U·L<sup>-1</sup></li> <li>-</li> </ul> <p><b>Aucun effet de la phase du CM sur l'AST avec <math>p &gt; 0.05</math> :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>22.4 \pm 1.0</math></li> <li>- LFP : <math>23.2 \pm 1.1</math></li> <li>- MLP : <math>23.3 \pm 0.9</math> U·L<sup>-1</sup></li> </ul> <p>Pour la valeur de l'ALT, il semblerait que les valeurs pour la LFP soient plus élevées que celles pour la MLP avec <math>p = 0.056</math> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>16.3 \pm 1.0</math></li> <li>- LFP : <math>17.3 \pm 0.9</math></li> <li>- MLP : <math>15.5 \pm 0.9</math> U<sub>i</sub>/L (<math>p = 0.068</math>)</li> </ul> <p>Cependant un effet significatif du temps a été observé pour toutes ces variables avec <math>p &lt; 0,001</math> pour toutes :</p> <p><u>L'inflammation</u></p> <p><b>Aucun effet de la phase du cycle sur les marqueurs de l'inflammation, avec <math>p &gt; 0.05</math> pour toutes ces variables :</b></p>

	<p>Pour l'IL-6 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>1.7 \pm 0.4</math></li> <li>- LPF : <math>1.8 \pm 0.5</math></li> <li>- MLP : <math>1.7 \pm 0.4</math> pg/mL</li> </ul> <p>Pour le TNF-<math>\alpha</math> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>4.8 \pm 0.9</math></li> <li>- LPF : <math>5.0 \pm 1.2</math></li> <li>- MLP : <math>4.8 \pm 1.2</math> pg/mL</li> </ul> <p>Ainsi que pour la CRP :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EFP : <math>0.52 \pm 0.07</math></li> <li>- LPF : <math>0.54 \pm 0.06</math></li> <li>- MLP : <math>0.47 \pm 0.06</math> mg/L</li> </ul> <p><b>Une interaction entre le temps et la MLP a été observée pour l'IL-6 ; p = 0.047.</b></p>
--	---

*Tableau VII : Caractéristiques de l'étude 3 et des participantes*

Selon cette étude, il semblerait que le taux d'hormone relatif à la phase du cycle menstruel dans laquelle la femme se situe n'influe pas sur la force musculaire, notamment concernant la valeur de la résistance maximale pour une répétition, mais ce résultat reste assez peu significatif.

De plus, concernant les mesures de marqueurs de dommages musculaires, l'ensemble des résultats ne montre pas d'effet réel de la phase du cycle menstruel sur la concentration de chacun sauf pour la valeur de l'ALT. En effet, la concentration de ce marqueur est plus élevée lors de la phase folliculaire tardive que lors de la phase lutéale moyenne.

Cependant aucune réelle différence du point de vue hormonal, concernant la concentration oestrogénique n'est représentative entre ces deux phases, donc cette différence ne peut pas être liée au statut hormonal de la femme.

L'ensemble des résultats de cette étude concernant les marqueurs de dommages musculaires et d'inflammation reste peu significatif, excepté une interaction mise en évidence entre le temps et la phase lutéale moyenne pour la concentration en IL-6.

On ne peut donc pas élaborer une conclusion claire et significative de cette étude.

Romero-Parra (2021) :

<b>Méthode</b>	<i>Design :</i> Étude transversale
<b>Participants</b>	<p>32 femmes sportives dont 19 femmes euménorrhéiques et 13 femmes ménopausées</p> <p>Femmes entraînées en résistance <math>60 \pm 20</math> min, <math>3 \pm 1</math> fois/semaine, pendant <math>6 \pm 5</math> ans.</p> <p>Age : <math>29 \pm 6</math> (compris entre 20 et 40 ans)</p> <p><b>Critères d'inclusion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Être entraînée à la résistance</li> <li>- Cycle menstruel régulier</li> </ul> <p><b>Critères d'exclusion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cycle menstruel irrégulier</li> <li>- Contraception ou THS dans les 6 derniers mois</li> <li>- Grossesse année précédant étude</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maladie ou trouble métabolique ou hormonal</li> <li>- Blessure musculosquelettique dans les 6 derniers mois précédant l'étude</li> <li>- Intervention chirurgicale au cours des 6 derniers mois</li> <li>- Prise de médicaments ou compléments alimentaires qui pourraient affecter les résultats</li> <li>- Tabagisme</li> </ul>
<b>Intervention</b>	<p><b>Méthode d'extraction de l'exposition :</b> Prélèvement sanguin, prélèvement urinaire et questionnaire.</p> <p><b>Protocole :</b> Les femmes ménopausées ont réalisé le protocole une seule fois, car elles ne sont pas confrontées à des variations hormonales, mais les femmes euménorrhéiques quant à elles ont répété l'exercice 3 fois, lors de différentes phases du cycle (phase folliculaire précoce, phase folliculaire tardive et phase lutéale moyenne).</p> <p>Suite à un échauffement de 5 minutes sur un cyclo-ergomètre, le test du saut en contre-mouvement a été réalisé.</p> <p>Ensuite un échauffement spécifique composé d'exercices de mobilité et des squats chargés de 50 à 60% de la 1RM de chaque participante ayant été estimée à l'aide d'une application.</p> <p>L'exercice consiste à effectuer 10 séries de 10 répétitions de squats arrière chargés à 60% de la 1RM avec 2 minutes de repos entre chaque série, avec un temps de 4 secondes lors de la phase excentrique, une seconde d'arrêt et 2 secondes pour la phase concentrique.</p> <p><b>Temps entre lésion et détermination de l'exposition :</b> Avant l'exercice, puis 2h, 24h et 48h après l'exercice.</p>
<b>Outcome</b>	<p>Déterminer si le cycle menstruel exerce une influence sur le risque de lésions musculaires.</p> <p>Déterminer quelle phase du cycle est la plus protectrice.</p>
<b>Résultats</b>	<p>Les participantes ménopausées présentent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un âge plus élevé ; <math>p &lt; 0.001</math></li> <li>- Une masse musculaire plus faible ; <math>p = 0.003</math></li> <li>- Un IMC plus faible ; <math>p = 0.033</math></li> <li>- Une 1RM plus faible</li> </ul> <p><u>Résultats pour les dommages musculaires induits par l'exercice et les marqueurs de l'inflammation pour les femmes ménopausées</u></p> <p>Un effet du temps a été observé pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La CK ; <math>p &lt; 0.001</math></li> <li>- La Mb ; <math>p &lt; 0.001</math></li> <li>- La douleur musculaire ; <math>p = 0.05</math></li> </ul> <p><b>Ces valeurs indiquent la présence de dommages musculaires.</b></p> <p>Pour la valeur de CK une taille d'effet modérée entre les valeurs de référence et les valeurs après 24h (TE = 0.62), et presque modérée entre la valeur de référence et 2h après l'exercice (TE = 0.55) ainsi que pour les valeurs entre 24 et 48h (0.56).</p>

	<p>La taille d'effet était importante pour les valeurs de Mb entre les valeurs de référence et les valeurs après 2h (TE = 1.85), après 24h (TE = 1.90) et après 48h (TE = 1.85).</p> <p><b>Aucun effet n'a été observé pour les marqueurs de l'inflammation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La CRP ; p = 0.08</li> <li>- L'IL-6 ; p = 0.34</li> <li>- Le TNF-<math>\alpha</math> ; p = 0.99</li> </ul> <p><b>Aucune autre taille d'effet n'a été observé entre les groupes au départ.</b></p> <p>Au départ, les valeurs de Mb étaient plus élevées chez les femmes ménopausées que chez les femmes euménorrhéiques.</p> <p>La taille d'effet est plus importante pour la CK, la Mb et la valeur du saut en contre mouvement</p> <p><b>La seule covariable influençant les résultats après l'exercice étaient la RM.</b></p> <p>Les effets de cette variable ont été observés pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La CK ; p = 0.004</li> <li>- La Mb ; p = 0.006</li> <li>- La valeur du saut en contre mouvement ; p = 0.002</li> </ul>
--	--

*Tableau VIII : Caractéristiques de l'étude 4 et des participantes*

Pour commencer, un comparatif significatif des différentes caractéristiques a été effectué entre les deux groupes de participantes, mettant en évidence un âge plus élevé, une masse musculaire plus faible, un IMC plus faible et une 1RM plus faible chez les femmes ménopausées.

Suite à la réalisation du protocole d'exercices, un effet relatif au temps suite à la réalisation du protocole a été mis en avant pour les concentrations en CK et en Mb ainsi que pour la douleur musculaire, ce qui indique la présence de dommages musculaires.

La taille d'effet pour les valeurs de CK reste modérée, contrairement à celle pour les valeurs de Mb qui est importante.

Concernant les facteurs de l'inflammation aucun effet n'a été observé entre le groupe de femmes ménopausées et le groupe de femmes euménorrhéiques que ce soit au départ ou après l'exercice, avec une valeur significative pour la concentration de CRP et des valeurs non-significatives pour l'IL-6 et le TNF- $\alpha$ .

Les résultats de cette étude ne permettent pas de conclure si la privation d'hormones sexuelles en phase de ménopause affecte les concentrations de marqueurs inflammatoires.

De plus, le manque de littérature concernant la comparaison entre les femmes ménopausées et euménorrhéiques du point de vue des dommages musculaires liés à l'exercice, représente également une limitation.

## 3.2 Risque de biais des études incluses

### 3.2.1 Grille Newcastle-Ottawa Scale (NOS)

Comme énoncé précédemment, nous avons utilisé la Newcastle-Ottawa Scale, qui est une méthode d'évaluation de la qualité méthodologique d'une étude non randomisée. (Annexe 1)

Cette échelle a été utilisée pour identifier la présence de biais dans les différentes études étudiées, cependant elle présente certaines limites énoncées par la suite.

Les résultats d'analyse de nos quatre articles :

Étude (année)	Sélection				Comparabilité des cas/témoins /2	Résultats		Score total /10	Niveau de qualité
	Représentativité des cas	Taille de l'échantillon	Détermination de l'exposition /2	Non-présence de l'évènement au début de l'étude		Évaluation des résultats /2	Test statistique		
<i>Markofski et al (2014)</i>	★		★★★	★	★	★	★	7/10	Bonne qualité
<i>Keane et al (2015)</i>	★		★	★	★	★	★	6/10	Qualité satisfaisante
<i>Romero-Parra et al (2020)</i>	★		★	★	★★★	★	★	7/10	Bonne qualité
<i>Romero-Parra et al (2021)</i>	★		★★★	★	★★★	★	★	8/10	Bonne qualité

Tableau IX : Résultats NOS études transversales

### 3.2.2 Synthèse des biais retrouvés dans les études

Les différents biais d'une étude doivent être identifiés car ils peuvent influencer les résultats de celle-ci et donc sa validité.

Les principaux biais sont regroupés selon 3 catégories : les biais de sélection, les biais d'information et les biais de confusion.

- Biais de sélection

Ce type de biais est considérable dans les études transversales.

Il correspond aux différences systématiques des sujets présents dans chaque échantillon d'une étude et à son élaboration.

- Biais d'information

Ils correspondent à des erreurs liées au recueil de données pour chaque patient, causé par une mesure incorrecte du facteur d'exposition et ainsi leur classement selon les différents groupes dans l'étude.

Ils regroupent les biais de mémorisation, lorsque chaque sujet doit se souvenir de son exposition au facteur de risque étudié, les biais liés à la qualité des données et les biais d'investigation, quand les données ne sont pas recueillies de la même manière pour les 2 groupes composant l'étude.

- Biais de confusion

Il peut être causé par un facteur qui n'a aucun lien de causalité avec l'évènement observé ou simplement dû à une mauvaise analyse à la fois de l'impact du facteur de risque ainsi que l'apparition de la maladie étudiés.

Dans le cas de cette revue de littérature, les blessures musculaires peuvent être causées par d'autres facteurs qui ne sont pas pris en compte dans les études.

Étude (Année)	Biais de sélection	Biais d'informations	Biais de confusion
<b>Markofski et al (2014)</b>	- Différence inter population : certaines femmes sont utilisatrices de contraception orale et d'autres non	Pas de protocole en aveugle	- Autres facteurs de risque (contraception orale, anatomie, sports pratiqués, fatigue, environnement) - Discordance entre les phases du cycle prises en compte et leurs concentrations en œstrogènes
<b>Keane et al (2015)</b>	- Échantillon trop faible, taille non justifiée - Femmes uniquement en phase lutéale	- Biais d'investigation - Biais de mémorisation - Pas de protocole en aveugle	Autres facteurs de risque (régularité du CM non précisée dans les critères d'inclusion, fatigue, environnement, ...)
<b>Romero-Parra et al (2020)</b>	- Échantillon trop faible, taille non justifiée	- Biais de mémorisation - Pas de protocole en aveugle	Autres facteurs de risque non pris en compte
<b>Romero-Parra et al (2021)</b>	- Échantillon trop faible, taille non justifiée - Différences inter population concernant le statut hormonal des participantes	Pas de protocole en aveugle	Autres facteurs de risque non pris en compte

Tableau X : Liste des biais des études incluses

### 3.3 Effets de l'intervention

#### 3.3.1 Critère de jugement principal

Les 4 études incluses dans cette revue de littérature possèdent entre autres, le critère de jugement principal de cette revue de littérature, qui est l'apparition de blessures musculaires selon les différentes phases du cycle menstruel.

L'évaluation de ce dernier a été effectuée de la même manière dans chacune de ces études, c'est-à-dire en faisant un prélèvement sanguin pour analyser les différents marqueurs de dommages musculaires, chez chaque participante lors des différentes phases de son cycle.

Les marqueurs étudiés sont les suivants : la créatine kinase (CK), la myoglobine (Mb), protéine C réactive (CRP), facteur de nécrose tumorale (TNF- $\alpha$ ), la libération d'interleukine-6 (IL-6) et lactases déshydrogénases (LDH).

Pour certaines études l'ensemble de ces marqueurs sont pris en compte et pour d'autres, seulement certains sont sélectionnés.

Le taux de CK, qui est considéré comme étant le marqueur le plus sensible de dommage musculaire, est quant à lui mesuré dans chacune des études. Ce taux sera le principal pris en compte pour l'analyse des résultats et sera étayé par les autres résultats des marqueurs disponibles.

### 3.3.2 Critères de jugement secondaire

Trois de nos études comportent des critères de jugement secondaires, importants à prendre en compte pour mettre en évidence un risque de blessure musculaire :

- *Markofski 2014* : Impact du cycle menstruel sur la récupération de la force musculaire, sur le degré d'angulation du coude en flexion et en extension, sur le volume du bras et sur les courbatures (DOMS).
- *Keane 2015* : Influence de la phase lutéale sur la hauteur du saut en contre-mouvement, sur la force de contraction isométrique maximale volontaire de l'extenseur de genou, sur les DOMS, sur le temps de sprint sur 30 mètres ainsi sur la circonférence du membre inférieur.
- *Romero-Parra 2020* : Impact et variation de force musculaire lors des phases folliculaires précoce et tardive, ainsi que lors de la phase lutéale moyenne.

## 4 Discussion

### 4.1 Analyse des principaux résultats

L'objectif de cette revue de littérature est de déterminer s'il existe un lien entre l'apparition de blessures musculaires et les différentes phases hormonales du cycle menstruel de la femme sportive.

Pour cela, quatre études de type transversales ont été analysées (*Markofski 2014, Keane 2015, Romero-Parra 2020 et Romero-Parra 2021*).

Ces études sont composées d'échantillons de 11 à 32 participantes.

L'échantillon total de population de cette revue de littérature est de 78 femmes sportives.

Les protocoles de chaque étude ont été réalisés sur la durée d'un seul cycle menstruel pour chacune des participantes. Ces études ne présentent pas réellement de groupes « cas » et « témoins » car toutes les participantes ont été suivies sur la durée de tout un cycle menstruel et représentent les différents groupes d'étude, sauf pour l'étude de *Romero-Parra 2021* dans laquelle un groupe de femmes ménopausées est présent.

#### 4.1.1 Analyse des populations

##### 4.1.1.1 Nombre de participantes

Le nombre de participantes dans chaque étude reste assez faible (*Markofski* n = 16, *Keane* n = 11, *Romero-Parra 2020* n = 19, *Romero-Parra* n = 32) ce qui peut représenter un biais considérable, dû à la non-représentativité de la population.

##### 4.1.1.2 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusions sont principalement les mêmes pour chacun de nos articles, cependant les populations ciblées divergent sur certains points.

L'ensemble des articles regroupe des femmes euménorrhéiques, mais des différences sont tout de même remarquées.

La population de l'étude de *Markofski* est composée à moitié de femme prenant une contraception hormonale et l'autre moitié n'en prenant pas.

Cependant, la prise d'une contraception hormonale, peut influencer les fluctuations ainsi que les concentrations hormonales physiologiques de la femme et peut représenter un facteur de confusion dans l'analyse des résultats.

L'étude de *Keane* se base uniquement sur l'analyse de la phase lutéale de ses participantes, ce qui restreint la mise en évidence de l'influence hormonale.

De plus, la pratique d'une activité physique fait partie des principaux critères d'inclusion de notre étude qui s'intéresse avant tout à la femme sportive.

Toutes les études rassemblent des femmes caractérisées comme étant sportives, pratiquant une activité physique de loisir et qui ont des fréquences d'entraînement similaires.

L'étude *Keane* est quant à elle composée de femmes athlètes, pratiquant des sports d'équipe en entraînement mais aussi en compétition, ce qui implique un rythme ainsi qu'un niveau sportif supérieur à celui des autres participantes.

##### 4.1.1.3 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion sont aussi principalement les mêmes pour chacune de nos études.

Ils permettent d'éliminer tous les éléments qui pourraient fausser les résultats de l'étude.

L'étude de *Romero-Parra (2021)* quant à elle fait une exception. Elle inclue des participantes euménorrhéiques mais aussi ménopausées. Ces dernières ne représentent pas la principale population ciblée dans cette revue, mais cette étude a tout de même été incluse pour plusieurs raisons : il est intéressant de prendre en compte l'influence que peut avoir la ménopause comparativement aux différentes phases du cycle et de plus peu d'articles sont présents dans la littérature concernant ce sujet, ce qui rend son inclusion intéressante.

#### 4.1.1.4 Age des participantes

Sans compter le groupe de participantes ménopausées (n = 13), l'ensemble des participantes euménorrhéiques de cette revue ont une moyenne d'âge de 26,1 ans, ce qui correspond à la population essentiellement ciblée.

#### 4.1.2 Analyse des interventions

Pour commencer, les études de *Markofski et al (2014)*, *Ramero-Parra et al (2020)* et *Ramero-Parra et al (2021)* ont la même méthode d'extraction d'exposition, c'est-à-dire qu'elles déterminent de la même façon la période du cycle menstruel dans laquelle chaque participante se situe.

La méthode principale est le prélèvement sanguin avec une mesure des taux d'hormones sexuelles et les deux études de *Ramero-Parra et al* effectuent en plus un prélèvement urinaire afin de réaliser une mesure hormonale supplémentaire.

L'étude de *Keane et al* quant à elle se base uniquement sur un questionnaire rempli par les participantes pour déterminer la période de leur cycle menstruel, ce qui représente un biais important dans cette étude.

D'un point de vue méthodologique, cette étude est également moins précise car elle ne met pas en évidence de réelles phases bien définies avec des mesures hormonales, mais elle observe uniquement une potentielle différence de valeurs relatives à un état musculaire après un protocole d'exercices de sprints répétés en phase lutéale du cycle.

Ensuite concernant les protocoles réalisés par les participantes, on retrouve la notion d'exercices excentriques qui induisent le plus de dommages musculaires dans trois de nos études.

Pour les deux études de *Ramero-Parra et al*, leur protocole cible le membre inférieur.

Ce dernier est basé sur des séries de squats arrière classiques chargés avec un pourcentage défini de 1RM, en respectant des temps de pause, de contraction concentrique et de contraction excentrique. Pour les participantes euménorrhéiques, cet exercice est effectué lors des trois différentes phases du cycle présentées.

L'étude de *Markofski et al* quant à elle cible le membre supérieur avec des exercices de répétition d'extension de coude, avec comme pour les études précédentes un protocole de répétitions de séries, rythmées avec un temps différent selon le type contraction.

L'étude de *Keane et al* se base sur un protocole d'exercices différent.

Il s'agit d'un protocole d'exercices de sprint répétés en effectuant un effort maximal.

Cet exercice de sprint est aussi pertinent car il comprend des phases de contraction concentrique et excentrique ainsi qu'une composante d'explosivité musculaire intéressante pour le mécanisme lésionnel musculaire.

Le temps entre la potentielle lésion et la détermination de l'exposition est le même pour toutes nos études.

Pour chacune, le critère de jugement principal, qui est la mesure des marqueurs de dommages musculaires, ainsi que les mesures des critères de jugement secondaire sont réalisés avant l'exercice et immédiatement, 24h, 48h et 72h après l'exercice.

La mesure effectuée avant la réalisation du protocole permet à la fois de faire l'état des lieux, mais aussi de voir si une réelle variation est présente en post-exercice.

Seule l'étude de *Markofski et al* ne réalise pas de mesures en préexercice, ce qui peut biaiser l'interprétation des résultats fournis.

#### 4.1.3 Analyses des résultats pour le critère de jugement principal

Comme énoncé précédemment, l'analyse principale de nos résultats se base essentiellement sur la mesure des taux de créatine kinase, retrouvée dans nos quatre études.

Pour l'étude de *Markofski et al*, le taux de créatine kinase a principalement été influencé par le temps de manière significative avec  $p = 0.0014$ .

Cela signifie que dans tous les cas, le facteur temps influence sa concentration mais on note une augmentation beaucoup plus importante dans la phase lutéale entre les 72 et les 96h suivant l'exercice avec un pic de concentration statistiquement significatif avec  $p = 0.016$ .

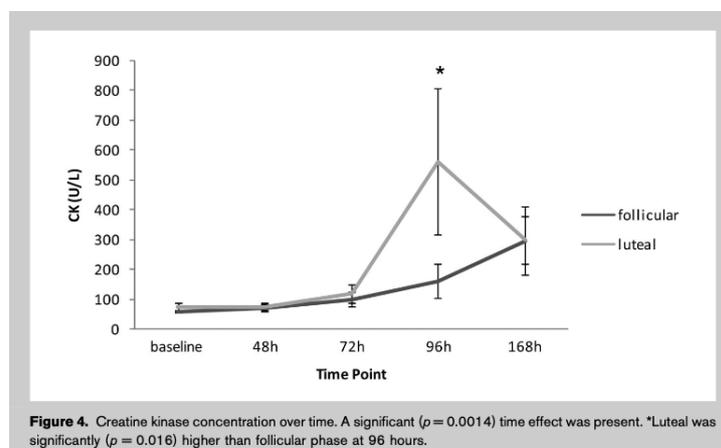


Figure 9 : Diagramme de concentration de la CK au cours du temps (Étude de Markofski)

Ensuite pour l'étude de *Keane et al*, la concentration de créatine kinase a également significativement augmenté dans le temps suite au protocole mis en place uniquement dans la phase lutéale avec  $p < 0.05$ .

L'étude de *Romeo-Parra et al 2020*, quant à elle n'a observé aucun effet de la phase du cycle menstruel sur la concentration de créatine kinase, cependant cette conclusion n'est statistiquement pas significative ( $p > 0.05$ ).

Pour finir, l'étude de *Romero-Parra et al 2021* met en évidence un effet significatif du temps sur la concentration de créatine kinase, tout comme l'étude de *Markofski*, avec  $p < 0.001$ . Néanmoins, les tailles d'effet mesurées entre les différents temps restent modérées.

Pour conclure, les études de *Markofski*, *Keane* et *Romero-Parra* démontrent une augmentation du taux de concentration de la créatine kinase dans les périodes post-exercice.

Cette augmentation se produit à la fois dans la phase folliculaire mais est significativement plus marquée en phase lutéale.

A contrario, l'étude de *Romero-Parra 2020* ne démontre pas de concomitance entre la phase du cycle et une potentielle augmentation de créatine kinase, mais la représentativité de ce résultat n'est pas avérée.

#### 4.1.4 Analyse des résultats pour les critères de jugement secondaires

##### 4.1.4.1 Force musculaire

Selon l'étude de *Markofski et al*, une faible concentration en œstrogènes correspondant à la phase folliculaire du cycle dans cette étude, est significativement associée à une meilleure récupération de la force musculaire avec  $p = 0.004$ .

Pour l'étude de *Keane et al*, qui cible la phase lutéale, la force de contraction musculaire maximale a diminué dans son ensemble en post-exercice.

Dans l'étude de *Romero-Parra et al 2020* aucune différence de force en post-exercice entre les différentes phases du cycle prises en compte n'a été présente, cependant ce résultat reste peu significatif ( $p > 0.05$ ).

On en conclue qu'une fois de plus, les résultats des études de *Markofski et al* et de *Keane et al* convergent.

Un taux élevé en œstrogènes semble associé à une récupération de force musculaire moins importante.

##### 4.1.4.2 Inflammation

Les marqueurs inflammatoires mesurés dans les études de *Romero-Parra et al 2020* et *Romero-Parra et al 2021* sont : l'IL-6, le TNF- $\alpha$  et la CRP.

Pour l'ensemble de ces marqueurs, l'étude de *Romero-Parra et al 2020* conclue qu'il n'existe aucun effet de la phase du cycle menstruel sur ces derniers mais ce résultat reste peu significatif ( $p > 0.05$ ).

Pour la seconde étude de *Romero-Parra et al 2021*, aucun effet n'a été également observé.

Ce résultat n'est pas significatif pour l'ensemble de ces valeurs ( $p > 0.05$ ).

D'après ces deux études, le cycle menstruel n'exerce aucune influence sur l'inflammation en post-exercice.

Ce résultat reste tout de même à confirmer avec des études complémentaires, du fait du peu de significativité qu'il possède.

#### 4.1.4.3 DOMS

L'étude de *Markofski et al* ne met en évidence qu'un effet significatif du temps sur les courbatures avec  $p=0.0001$ , sans aucun autre effet du cycle menstruel.

L'étude de *Keane et al* nous apporte la même conclusion, avec des analyses démontrant une augmentation significative liée au temps des courbatures avec  $p<0.001$ .

Un effet temporel est également la seule cause significative de l'augmentation des DOMS, retranscrite sous la forme de douleurs musculaires, pour l'étude de *Romero-Parra et al 2021* ( $p = 0.05$ ).

La période du cycle menstruel ne semble pas influencer l'apparition des DOMS, seulement le temps suite à l'exercice musculaire est un facteur de modification.

Ces courbatures sont également liées à une diminution relative de la force musculaire comme vue précédemment ainsi qu'à une douleur diffuse selon nos résultats, ce qui concorde avec la définition même de ce terme.

#### 4.1.4.4 Performance

La notion de performance est intéressante à prendre en compte.

En effet, lors de dommages musculaires une perte de force musculaire est naturellement induite comme vu précédemment, de ce fait une diminution de la performance en découle forcément.

Une seule de nos études prend en compte ce facteur de performance.

L'étude de *Keane et al* démontre une diminution significative immédiate, 24h et 48h après de la hauteur de saut en contre mouvement suite à la réalisation de l'exercice musculaire mis en en place lors du protocole avec  $p<0.05$ . Celle-ci est revenue à la normale 72h après l'exercice.

De plus, cette étude s'intéresse à la performance du temps de sprint sur 30 mètres et met en évidence un effet significatif du temps, relatif à une augmentation de ce temps ( $p = 0.001$ ).

Le temps de performance initial semble revenir à la normale 72h après la réalisation de l'exercice.

Les dommages musculaires induits par l'exercice semblent donc influencer la performance sportive principalement immédiatement, 24 et 48h après l'exercice.

Néanmoins nous ne pouvons pas corrélérer ces résultats aux différentes périodes du cycle car cette étude inclue uniquement des participantes en phase lutéale.

## 4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

L'objectif principal de cette revue de littérature est l'application de nos résultats en pratique clinique, ce qui correspond à l'intensité d'association entre le cycle menstruel et le risque de blessures musculaires.

La pertinence clinique de cette revue repose sur l'analyse et l'interprétation des résultats qui sont également liés à la validité interne de chacune de nos études.

Notre principale hypothèse était la diminution du risque de blessures musculaires, garantie par l'effet protecteur des œstrogènes dont la concentration est la plus élevée en phase folliculaire.

Cependant l'ensemble des résultats de nos études va à l'encontre de cette hypothèse.

Selon les différentes conclusions effectuées, il semblerait que les résultats concernant les critères de jugements à la fois primaires ou secondaires, comme abordés précédemment, ne diffèrent pas selon la phase du cycle menstruel.

Aucun lien de causalité entre l'apparition de blessure musculaire et la phase du cycle menstruel n'est représenté par nos recherches.

Toutefois, le peu de littérature disponible concernant ce sujet a restreint nos investigations.

Il serait nécessaire et intéressant de poursuivre les recherches sur cette relation de cause à effet.

Une protocole méthodologique d'une étude récente rédigée par *Peinado et al*, appelée *Female Metabolism and Menstrual Cycle during Exercise Project (IronFEMME Study)*, pourrait être intéressante pour compléter nos recherches. [47]

Cette étude est composée de deux parties :

- Une première partie peu intéressante dans le cadre de notre sujet, portant sur le métabolisme du fer chez la femme sportive
- Une seconde partie traitant des dommages musculaires induits suite à un protocole d'exercices musculaires selon différentes phases menstruelles

En effet, cette étude regroupe 67 participantes dont 20 femmes euménorrhéiques, 31 utilisatrices de contraception orale et 16 ménopausées.

L'ensemble de cette population regroupe les différents statuts hormonaux d'une femme au cours de sa vie, en s'intéressant à des femmes sportives et en reprenant les mêmes principaux critères d'inclusion et d'exclusion que les études vues précédemment.

Cette étude présente une forte qualité méthodologique, mais n'a pas pu être incluse dans cette revue du fait de l'absence de résultats.

Il sera cependant intéressant de les consulter lors de leur publication.

En attendant cette publication, ainsi que tout autre parution de nouvelles études plus poussées sur ce sujet, nous pouvons tout de même en tant que praticien, mettre en place une démarche de prévention auprès de notre patientèle féminine sportive.

Effectivement, il est intéressant à la fois d'informer et de sensibiliser les femmes sur la physiologie du cycle menstruel et différences physiologiques pouvant être liées à celui-ci.

L'information est transmise par l'apprentissage de notions anatomiques et fonctionnelles des différents éléments participant au cycle menstruel féminin.

La sensibilisation consiste en la prise de conscience de différences d'aisance, de bien être ou de performance relatives à un état musculaire suite à la pratique d'activités sportives à différentes périodes du cycle.

### 4.3 Qualité des preuves

La qualité des preuves scientifiques est évaluée à l'aide de recommandations fournies par la Haute Autorité de Santé (HAS) et classées selon différents grades. Ces derniers font l'objet d'une classification basée sur la qualité méthodologique et le niveau de preuve scientifique, ce qui permet de faire le lien avec l'élaboration des recommandations de bonne pratique (RBP).

Différents niveaux de preuve existent et correspondent à trois grades A, B et C :

- Le grade A représentent un **fort** niveau de preuve, avec une preuve scientifique établie
- Le grade B représente un niveau de preuve **moyen**, avec une présomption de preuve scientifique
- Le grade C représente un niveau de preuve **faible**, avec une preuve scientifique faible

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - Essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - Analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - Essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - Études comparatives non randomisées bien menées ; - Études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - Études cas-témoins.
	Niveau 4 - Études comparatives comportant des biais importants ; - Études rétrospectives ; - Série de cas ; - Études épidémiologiques descriptives (transversales, longitudinales).

Tableau XI : Grade de recommandations de la HAS

Cette revue comporte uniquement des études descriptives de type transversales de niveau 4.

Selon le grade de recommandation, on déduit que cette revue de littérature appartient au grade C.

Néanmoins, l'évaluation de la qualité méthodologique réalisée avec la NOS a mis en évidence des scores de bonne qualité pour trois de nos études ainsi qu'un score de qualité satisfaisante pour la quatrième étude.

L'interprétation de ces scores doit être réalisée avec prudence, car quel que soit le score de chaque étude, des biais restent non négligeables :

- Les études sont réalisées avec de très faibles échantillons de population.
- Les schémas de chacune de nos études ne permettent pas de déterminer et de faire une réelle distinction entre des groupes « cas » et « témoins », ce qui restreint la quantité et la qualité des calculs statistiques.
- L'ensemble de la population est composé de femmes sportives, mais leur niveau diffère de par le type, l'intensité ainsi que le nombre d'entraînements, il est donc difficile de les réellement les comparer.
- La population étudiée présente un cycle menstruel régulier, ce qui n'est pas le cas de la population féminine en général où des variations peuvent être présentes.
- Les études sont réalisées sur une période donnée et mesurent les concentrations hormonales à un instant précis sans prendre en compte les variations intra-individuelles de chaque participante qui peut différer comparativement au cycle précédent.
- L'ensemble des études prennent uniquement en compte les phases folliculaire et lutéales du cycle, mais aucune d'entre elles ne précise si les participantes présentent leurs menstruations, ce qui peut être un facteur responsable d'une fatigue supplémentaire qui est importante à prendre en compte.
- La prise de contraception hormonale pour les participantes d'une étude peut être la cause d'une variation considérable remettant en cause la validité des résultats de l'étude.
- Les lésions musculaires sont multifactorielles, les études n'ont pas pris en compte l'ensemble des autres facteurs pouvant entrer en jeu dans le mécanisme lésionnel (facteurs environnementaux, émotionnels, fatigue, etc.).
- Aucune extraction de données ou protocole d'étude n'a été réalisé en aveugle.

Tous ces éléments influent négativement sur la validité et la fiabilité des résultats.

#### 4.4 Biais potentiels de la revue

Dans cette revue, les biais ont été limités au maximum mais comme vu précédemment, elle n'en est pas exempte.

Le travail de recherche et l'élaboration de cette revue de littérature fait aussi l'objet d'un manque de pratique, d'expérience et de recul de ma part dans ce domaine, ce qui peut également en diminuer la qualité. L'ensemble des articles étudiés étaient rédigés en anglais, donc la traduction de ces derniers peut également représenter un biais non négligeable.

De plus, ce sujet étant encore peu connu et peu développé, la recherche d'études dans les bases de données scientifiques était assez limitée.

L'évaluation de la qualité méthodologique des revues systématiques est réalisée avec la grille AMSTAR, qui permet d'objectiver les biais de cette revue. (Annexe 2)

Cette grille est composée de onze items différents, auxquels sont attribuées les notes de 1 point si la réponse est « oui » ou de 0 point si la réponse est « non », « ne pas répondre » ou « non applicable ».

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score /11
Point	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	8

Commentaires justifiant la note de chaque item :

- Item 1 : La question de recherche et les critères d'inclusion des études ont été déterminés avant la revue.
- Item 2 : La sélection des études et l'extraction des données n'ont été réalisées que par une seule personne car il s'agit d'un travail individuel dans le cadre du Diplôme d'État de Masso-Kinésithérapie.
- Item 3 : La recherche documentaire a été effectuée sur trois bases de données électronique différentes : Pubmed, Cochrane et Science Direct, les différentes équations de recherche ont été énoncées pour chaque base de données consultée. Néanmoins, elle n'a pas été complétée pour une stratégie complémentaire.
- Item 4 : Les études incluses dans cette revue sont des études descriptives, dites transversales.
- Item 5 : Deux listes sont fournies dont une indiquant les études incluses et l'autre indiquant les études exclues avec la justification de l'exclusion.
- Item 6 : Chaque étude incluse ainsi que son échantillon de population ont été détaillés.
- Item 7 : La qualité scientifique de chaque étude incluse a été évaluée à l'aide de la NOS.
- Item 8 : Les cotations suite à l'évaluation avec la NOS ainsi que les potentiels biais ont été pris en compte dans l'interprétation des résultats.
- Item 9 : Aucun test d'homogénéité n'a été effectué.
- Item 10 : Le biais de publication n'a pas été évalué car la revue comporte moins de 10 articles.
- Item 11 : Aucune étude incluse ne fait l'objet d'un conflit d'intérêt, et pour cette revue aucun conflit d'intérêt n'est à signaler.

Le score total pour cette revue de littérature est de 8 points sur 11.

## 5 Conclusion

Depuis plusieurs années, l'étude de la perception de la femme selon un modèle cyclique permet d'établir une nouvelle approche des pathologies squelettiques féminines. Cela permet de prendre en compte la femme dans son ensemble et d'avoir une approche plus réaliste.

L'objectif de ce travail de recherche était d'extraire de la littérature présente des données permettant de mettre en relation le cycle menstruel et les blessures musculaires et ainsi d'en évaluer son influence.

D'après nos résultats, la relation de cause à effet entre les différentes variations hormonales et le risque de blessure musculaire est peu concluante.

De plus, les phases lutéale et folliculaire étaient étudiées sans préciser si les participantes présentaient leurs menstruations ou bien leur pic d'ovulation, ce qui représente une certaine limite à cette étude. Le manque d'études récentes sur ce sujet a également été un frein dans la recherche de littérature et les études incluses, malgré leur score méthodologique satisfaisant, présentaient des biais non négligeables.

Cependant il est tout de même nécessaire de rappeler que l'étude des cycles menstruels de la femmes entre la période post-puberté et pré-ménopausique reste un sujet complexe et difficile à interpréter.

Il est aussi tout de même nécessaire de rappeler que nos recherches ne sont pas exhaustives et que des études supplémentaires seront nécessaires afin d'approfondir les connaissances sur ce sujet.

Il reste indispensable de prendre en compte le faible niveau de preuve de notre étude.

La pratique de la masso-kinésithérapie est importante dans la prise en charge de cette population, avec la connaissance d'une potentielle influence hormonale liée au cycle menstruel. Ce dernier étant un thème encore trop peu représenté dans la littérature, mais essentiel pour une prise en charge optimale.



## 6 Table des illustrations

Figure 1 : Schéma du cycle menstruel [1] .....	3
Figure 2 : Schéma structure externe d'un muscle strié.....	6
Figure 3 : Schéma structure interne d'un muscle strié .....	6
Figure 4 : Schéma organisation d'une myofibrille .....	7
Figure 5 : Schéma d'une synapse neuromusculaire .....	8
Figure 6 : Schéma des différents types de contraction musculaire .....	9
Figure 7 : Schéma de la contraction musculaire .....	10
Figure 8 : Diagramme de flux .....	26
Figure 9 : Diagramme de concentration de la CK au cours du temps (Étude de Markofski) .....	44
Tableau I : Formulation de question de recherche modèle PICO .....	20
Tableau II : Formulation des différentes questions de recherche .....	23
Tableau III : Liste des études exclues .....	28
Tableau IV : Liste des études incluses .....	29
Tableau V : Caractéristiques de l'étude 1 et des participantes.....	31
Tableau VI : Caractéristiques de l'étude 2 et des participantes.....	32
Tableau VII : Caractéristiques de l'étude 3 et des participantes.....	35
Tableau VIII : Caractéristiques de l'étude 4 et des participantes.....	37
Tableau IX : Résultats NOS études transversales .....	38
Tableau X : Liste des biais des études incluses.....	40
Tableau XI : Grade de recommandations de la HAS.....	48



## 7 Bibliographie

- [1] Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–24. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18041667>
- [2] <https://www.elle.fr/Societe/News/Qinwen-Zheng-parle-de-l-impact-des-regles-pendant-Roland-Garros-plus-le-match-avancait-plus-j-avais-des-douleurs-au-ventre-4025384>  
(Site consulté le 19/10/2022)
- [3] <https://www.dailymotion.com/video/x4p2cug>  
(Vidéo consultée le 19/10/2022)
- [4] Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0486-0>
- [5] Reed, B. G., & Carr, B. R. (2000). The Normal Menstrual Cycle and the Control of Ovulation. *Endotext*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25905282/>
- [6] Mihm, M., Gangooly, S., & Muttukrishna, S. (2011). The normal menstrual cycle in women. *Animal Reproduction Science*, 124(3–4), 229–236. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2010.08.030>
- [7] Hawkins, S. M., & Matzuk, M. M. (2008). The menstrual cycle: basic biology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1135, 10–18. <https://doi.org/10.1196/ANNALS.1429.018>
- [8] Armean Wright, A., Fayad, G. N., Selgrade, J. F., & Olufsen, M. S. (2020). Mechanistic model of hormonal contraception. *PLoS Computational Biology*, 16(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PCBI.1007848>
- [9] Rivera, R., Yacobson, I., & Grimes, D. (1999). The mechanism of action of hormonal contraceptives and intrauterine contraceptive devices. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 181(5 Pt 1), 1263–1269. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(99\)70120-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(99)70120-1)
- [10] Martin, D., Sale, C., Cooper, S. B., & Elliott-Sale, K. J. (2018). Period Prevalence and Perceived Side Effects of Hormonal Contraceptive Use and the Menstrual Cycle in Elite Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 926–932. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0330>
- [11] Mackay, K., González, C., Zbinden-Foncea, H., & Peñailillo, L. (2019). Effects of oral contraceptive use on female sexual salivary hormones and indirect markers of muscle damage following eccentric cycling in women. *European Journal of Applied Physiology*, 119(11–12), 2733–2744. <https://doi.org/10.1007/S00421-019-04254-Y>

- [12] Hicks, K. M., Onambélé-Pearson, G., Winwood, K., & Morse, C. I. (2017). Oral contraceptive pill use and the susceptibility to markers of exercise-induced muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 117(7), 1393–1402. <https://doi.org/10.1007/S00421-017-3629-6>
- [13] Sweeney, H. L., & Hammers, D. W. (2018). Muscle Contraction. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 10(2). <https://doi.org/10.1101/CSHPERSPECT.A023200>
- [14] RE, N., L, L., & MA, E. (2022). Physiology, Muscle. *StatPearls*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30335291/>
- [15] Campbell, N. J., & Maani, C. v. (2022). Histology, Muscle. *StatPearls*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30725880/>
- [16] C, M., R, J., & AL, C. (2022). Physiology, Skeletal Muscle. *StatPearls*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30725824/>
- [17] Paulo Fernandes - Lille, C. (2008). *Physiologie des étirements*. [www.medecinedusport.fr](http://www.medecinedusport.fr) (Site internet consulté le 07/11/2022)
- [18] MC, G., PF, K., I, M., & M, V. (2022). Physiology, Muscle Contraction. *StatPearls*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30725825/>
- [19] Pham, S., & Puckett, Y. (2022). Physiology, Skeletal Muscle Contraction. *StatPearls*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32644432/>
- [20] Dueweke, J. J., Awan, T. M., & Mendias, C. L. (2017). Regeneration of Skeletal Muscle After Eccentric Injury. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(2), 171–179. <https://doi.org/10.1123/JSR.2016-0107>
- [21] Järvinen, T. A. H., Järvinen, T. L. N., Kääriäinen, M., Äärimaa, V., Vaittinen, S., Kalimo, H., & Järvinen, M. (2007). Muscle injuries: optimising recovery. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 21(2), 317–331. <https://doi.org/10.1016/J.BERH.2006.12.004>
- [22] Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M., & Heiss, R. (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, 32(4), 243–250. <https://doi.org/10.1055/A-0753-1884>
- [23] *Pathologies musculaires du sportif*. (n.d.). Retrieved December 17, 2022, from <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/medecine/pathologies-musculaires-du-sportif> (Site consulté le 17/12/2022)
- [24] Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11 Suppl). <https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00007>

- [25] Garrett, J. (1996). Muscle strain injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6 Suppl). <https://doi.org/10.1177/036354659602406s02>
- [26] <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2018/revue-medicale-suisse-613/prise-en-charge-des-lesions-musculaires-aigues-en-2018>  
(Site consulté le 18/12/2022)
- [27] Mueller-Wohlfahrt, H. W., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., Orchard, J., van Dijk, N., Kerkhoffs, G. M., Schamasch, P., Blottner, D., Swaerd, L., Goedhart, E., & Uebliacker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 342–350. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2012-091448>
- [28] Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6), 757–767. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>
- [29] Dubois, B., & Esculier, J. F. (2020). Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *British Journal of Sports Medicine*, 54(2), 72–73. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2019-101253>
- [30] Chazaud, B. (2020). Inflammation and Skeletal Muscle Regeneration: Leave It to the Macrophages! *Trends in Immunology*, 41(6), 481–492. <https://doi.org/10.1016/J.IT.2020.04.006>
- [31] Panci, G., & Chazaud, B. (2021). Inflammation during post-injury skeletal muscle regeneration. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 119, 32–38. <https://doi.org/10.1016/J.SEMCDB.2021.05.031>
- [32] Velders, M., & Diel, P. (2013). How sex hormones promote skeletal muscle regeneration. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(11), 1089–1100. <https://doi.org/10.1007/S40279-013-0081-6>
- [33] Constantini, N. W., Dubnov, G., & Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2). <https://doi.org/10.1016/J.CSM.2005.01.003>
- [34] Mauvais-Jarvis, F., Clegg, D. J., & Hevener, A. L. (2013). The role of estrogens in control of energy balance and glucose homeostasis. *Endocrine Reviews*, 34(3), 309–338. <https://doi.org/10.1210/ER.2012-1055>
- [35] Hansen, M. (2018). Female hormones: do they influence muscle and tendon protein metabolism? *The Proceedings of the Nutrition Society*, 77(1), 32–41. <https://doi.org/10.1017/S0029665117001951>
- [36] Ikeda, K., Horie-Inoue, K., & Inoue, S. (2019). Functions of estrogen and estrogen receptor signaling on skeletal muscle. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 191. <https://doi.org/10.1016/J.JSBMB.2019.105375>
- [37] 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>

- [38] Gosset, D., & Médical, -Gynécologue. (n.d.). *Hormones et blessures dans le sport féminin*. <https://occitaniebasketball.org/wp-content/uploads/2021/12/Hormones-et-blessures-dans-le-sport-féminin-A-GOSSET.pdf>  
(Site internet consulté le 8/11/2022)
- [39] Pereira, H. M., Larson, R. D., & Bembien, D. A. (2020). Menstrual Cycle Effects on Exercise-Induced Fatigability. *Frontiers in Physiology, 11*. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2020.00517>
- [40] Simon, S. D. (2001). Understanding the odds ratio and the relative risk. *Journal of Andrology, 22*(4), 533–536. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11451349/>
- [41] Stang, A. (2010). Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *European Journal of Epidemiology, 25*(9), 603–605. <https://doi.org/10.1007/S10654-010-9491-Z>
- [42] How to assess epidemiological studies. (2004). *Postgrad Med J, 80*, 140–147. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2003.012633>
- [43] Markofski, M. M., & Braun, W. A. (2014). Influence of menstrual cycle on indices of contraction-induced muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(9), 2649–2656. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000429>
- [44] Keane, K. M., Salicki, R., Goodall, S., Thomas, K., & Howatson, G. (2015). Muscle Damage Response in Female Collegiate Athletes After Repeated Sprint Activity. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(10), 2802–2807. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000961>
- [45] Romero-parra, N., Barba-moreno, L., Rael, B., Alfaro-magallanes, V. M., Cupeiro, R., Díaz, Á. E., Calderón, F. J., & Peinado, A. B. (2020). Influence of the Menstrual Cycle on Blood Markers of Muscle Damage and Inflammation Following Eccentric Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(5). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17051618>
- [46] Romero-Parra, N., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Cupeiro, R., Rojo-Tirado, M. A., Benito, P. J., & Peinado, A. B. (2021). Indirect Markers of Muscle Damage Throughout the Menstrual Cycle. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 16*(2), 190–198. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2019-0727>
- [47] 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>

## 8 Annexes

Annexe 1 : Newcastle Ottawa Scale

Annexe 2 : Grille d'évaluation AMSTAR



## Annexe 1 :

### **Newcastle-Ottawa Scale adapted for cross-sectional studies**

#### **Selection:**

1. Representativeness of the sample:
  - a. Truly representative of the average in the target population. \* (all subjects or random sampling)
  - b. Somewhat representative of the average in the target group. \* (non-random sampling)
  - c. Selected group of users/convenience sample.
  - d. No description of the derivation of the included subjects.
2. Sample size:
  - a. Justified and satisfactory (including sample size calculation). \*
  - b. Not justified.
  - c. No information provided
3. Non-respondents:
  - a. Proportion of target sample recruited attains pre-specified target or basic summary of non-respondent characteristics in sampling frame recorded. \*
  - b. Unsatisfactory recruitment rate, no summary data on non-respondents.
  - c. No information provided
4. Ascertainment of the exposure (risk factor):
  - a. Vaccine records/vaccine registry/clinic registers/hospital records only. \*\*
  - b. Parental or personal recall and vaccine/hospital records. \*
  - c. Parental/personal recall only.

#### **Comparability:** (Maximum 2 stars)

1. Comparability of subjects in different outcome groups on the basis of design or analysis. Confounding factors controlled.
  - a. Data/ results adjusted for relevant predictors/risk factors/confounders e.g. age, sex, time since vaccination, etc. \*\*
  - b. Data/results not adjusted for all relevant confounders/risk factors/information not provided.

#### **Outcome:**

1. Assessment of outcome:
  - a. Independent blind assessment using objective validated laboratory methods. \*\*
  - b. Unblinded assessment using objective validated laboratory methods. \*\*
  - c. Used non-standard or non-validated laboratory methods with gold standard. \*
  - d. No description/non-standard laboratory methods used.
2. Statistical test:
  - a. Statistical test used to analyse the data clearly described, appropriate and measures of association presented including confidence intervals and probability level (p value). \*
  - b. Statistical test not appropriate, not described or incomplete.

Cross-sectional Studies:

Very Good Studies: 9-10 points

Good Studies: 7-8 points

Satisfactory Studies: 5-6 points

Unsatisfactory Studies: 0 to 4 points

This scale has been adapted from the Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale for cohort studies to provide quality assessment of cross sectional studies<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Herzog R, et al. Is Healthcare Workers' Intention to Vaccinate Related to their Knowledge, Beliefs and Attitudes? A Systematic Review. *BMC Public Health* 2013 **13**:154

Annexe 2 :



## AMSTAR – GRILLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ MÉTHODOLOGIQUE DES REVUES SYSTÉMATIQUES

AMSTAR : a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews

---

### 1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

*Remarque :*

*Pour que la réponse soit « oui », il doit y avoir un protocole, l'approbation d'un comité d'éthique ou des objectifs d'étude prédéterminés ou établis a priori.*

Commentaire :

---

### 2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

*Remarque :*

*Deux personnes sélectionnent les études, deux personnes procèdent à l'extraction des données, puis elles se mettent d'accord ou vérifient leur travail respectif.*

Commentaire :

---

### 3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

---

*Remarque :*

*Si on a consulté au moins deux sources et eu recours à une stratégie complémentaire, cocher « oui » (Cochrane + Central = deux sources; recherche de la littérature grise = stratégie complémentaire).*

Commentaire :

---

### 4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

---

*Remarque :*

*Si les auteurs indiquent qu'ils ont recherché la littérature grise ou non publiée, cocher « oui ». La base de données SIGLE, les mémoires, les actes de conférences et les registres d'essais sont, en l'occurrence, tous considérés comme de la littérature grise. Si la source renfermait de la littérature grise, mais aussi de la littérature à large diffusion, les auteurs doivent préciser qu'ils recherchaient de la littérature grise ou non publiée.*

Commentaire :

---

### 5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

---

*Remarque :*

*Il est acceptable de s'en tenir aux études exclues. S'il y a un hyperlien menant à la liste, mais que celui-ci est mort, cocher « non ».*

Commentaire :

---

## 6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

*Remarque :*

*Ces données ne doivent pas nécessairement être présentées sous forme de tableau, pour autant qu'elles soient conformes aux exigences ci-dessus.*

Commentaire :

---

## 7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

*Remarque :*

*Ici, les auteurs peuvent avoir utilisé un outil ou une grille quelconque pour évaluer la qualité (score de Jadad, évaluation du risque de biais, analyse de sensibilité, etc.) ou peuvent exposer les critères de qualité en indiquant le résultat obtenu pour CHAQUE étude (un simple « faible » ou « élevé » suffit, dans la mesure où l'on sait exactement à quelle étude l'évaluation s'applique; un score général n'est pas acceptable, pas plus qu'une plage de scores pour l'ensemble des études).*

Commentaire :

---

## 8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

*Remarque :*

*Voici une formulation possible : « La faible qualité des études incluses impose la prudence dans l'interprétation des résultats ». On ne peut cocher « oui » à cette question si on a coché « non » à la question 7.*

Commentaire :

---

### 9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou  $I^2$ , par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

*Cocher « oui » si on souligne ou explique la nature hétérogène des données, par exemple si les auteurs expliquent que le regroupement est impossible en raison de l'hétérogénéité ou de la variabilité des interventions.*

Commentaire :

---

### 10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d' Egger, méthode de Hedges et Olkin, par exemple).

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

*Si les auteurs ne fournissent aucun résultat de test ni diagramme de dispersion des études, cocher « non ». Cocher « oui » s'ils expliquent qu'ils n'ont pas pu évaluer le biais de publication, parce qu'ils ont inclus moins de 10 études.*

Commentaire :

---

### 11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

*On ne peut cocher « oui » que si la source de financement ou de soutien de la revue systématique ET de chaque étude incluse est indiquée.*

Commentaire :

---

Appréciation générale

## L'INFLUENCE DU CYCLE MENSTRUEL SUR LE RISQUE DE BLESSURES MUSCULAIRES CHEZ LA FEMME SPORTIVE

### Résumé :

**Introduction :** Les blessures musculaires font partie des blessures fréquemment rencontrées dans le milieu sportif. De nombreux facteurs de risques peuvent être impliqués dans le mécanisme lésionnel de ces blessures tels que les facteurs : anatomique, neuromusculaire, biomécanique et hormonal.

Le cycle menstruel ainsi que les fluctuations hormonales qui en découlent deviennent un sujet de plus en plus rependu et semblerait pouvoir exercer un potentiel impact sur ce risque de blessure chez la femme sportive.

**Objectif :** L'objectif de cette étude est de déterminer s'il existe une réelle influence hormonale sur le risque de blessure musculaire chez la femme sportive, en se basant sur la littérature actuelle.

**Méthodologie de recherche :** Afin de répondre à cette question étiologique, des recherches documentaires ont été effectuées sur différentes bases de données électroniques telles que Pubmed, Cochrane Library et Science Direct. L'ensemble des études incluses dans cette revue de littérature a été publié après l'année 2000 et est composé d'études observationnelles dites transversales.

La population est composée de femmes sportives, ayant différents statuts hormonaux précisés dans chaque article. La qualité méthodologique de chaque article a été évalué avec la NOS.

**Résultats et analyses :** Les quatre études incluses dans cette revue ne mettent pas en évidence de réelles variations en termes de marqueurs de dommages musculaires entre les différentes phases du cycle menstruel et même comparativement aux femmes ménopausées.

**Discussion :** Le cycle menstruel ne semble pas jouer un rôle strict et déterminé sur la concentration sanguine de dommages musculaires. L'ensemble des résultats ne permettent pas de confirmer l'hypothèse d'effet protecteur des œstrogènes sur la cellule musculaire. D'autres facteurs de risque restent à prendre en compte quant au mécanisme lésionnel des blessures musculaires.

Cependant le faible niveau de preuve et les biais que présentent la revue ne nous permettent pas d'avancer avec certitude la fiabilité de ces résultats.

**Mots clés :** Lésion musculosquelettique, muscle squelettique, cycle menstruel, hormone sexuelle.

## THE INFLUENCE OF THE MENSTRUAL CYCLE ON THE RISK OF MUSCLE INJURIES IN SPORTSWOMEN

### Abstract :

**Introduction:** Muscle injuries are among the most common injuries linked to sport practice. Many risk factors may be involved in the injury mechanism such as: anatomical, neuromuscular, biomechanical and hormonal factors.

The menstrual cycle and the resulting hormonal fluctuations are becoming an increasingly common topic in specialized literature and seems to have a potential impact on the risk of injury among women athletes.

Objective: The objective of this study is to determine if there is a real hormonal influence on the risk of muscular injury among women athletes, based on the current literature.

**Research methodology:** In order to answer this etiological question, searches were performed on different electronic databases such as Pubmed, Cochrane Library and Science Direct.

All of the studies included in this literature review were published after the year 2000 and consisted in observational cross-sectional studies.

The population was composed of sportswomen with different hormonal statuses specified in each article. The methodological quality of each article was assessed with the NOS.

**Results and analysis:** The four studies included in this review do not show any real variation in terms of markers of muscle damage between the different phases of the menstrual cycle and even compared to menopausal women.

**Discussion:** The menstrual cycle does not seem to play a strict and determining role on the blood concentration of muscle damage. All the results do not confirm the hypothesis of a protective effect of estrogen on the muscle cell. Other risk factors are to be taken into account regarding the lesion mechanism of muscle injuries.

However, the low level of evidence and the biases presented in the review do not allow us to assert undeniably the reliability of these results.

**Key words:** Musculoskeletal injury, skeletal muscle, menstrual cycle, sex hormone.