



**HAL**  
open science

# L'influence du cycle menstruel sur l'apparition des lésions non contact du LCA chez les sportives

Moréa Hassler

► **To cite this version:**

Moréa Hassler. L'influence du cycle menstruel sur l'apparition des lésions non contact du LCA chez les sportives. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03356814

**HAL Id: dumas-03356814**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03356814v1>**

Submitted on 28 Sep 2021

**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.

**L'influence du cycle menstruel sur  
l'apparition des lésions non contact du LCA  
chez les sportives**

**HASSLER Moréa**

**Directeur de mémoire : M. BLACHÈRE Adrien**

## REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements aux personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je souhaite remercier mon directeur de mémoire, Monsieur BLACHÈRE, pour sa disponibilité et ses conseils avisés qui m'ont permis d'avancer dans la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique de l'IFMK de Marseille pour leurs enseignements durant ces quatre années de formation.

Je tiens à remercier mes parents qui ont pu m'apporter leur soutien depuis le début de mon parcours étudiant et sans qui je n'aurais pu atteindre mon projet de vie professionnel.

Je remercie mes amis pour leur présence et leurs encouragements pendant toutes ces années.

Je remercie également Sandrine AGRICOLE, masso-kinésithérapeute du RCT et ancienne joueuse de rugby internationale, pour son commentaire pertinent apporté à mon projet.

J'adresse particulièrement mes remerciements à mon défunt grand-père, HASSLER Alain, pour m'avoir montré, par sa force de caractère, qu'il ne fallait jamais abandonner devant les difficultés pour avancer.

## **« Femmes et sports**

S'intéresser à la femme c'est prendre en compte ses spécificités physiologiques et particularités hormonales.

Un intérêt « réel » qui, associé à une prise en charge liée à la performance ou à la prévention des blessures, vous confère le pouvoir d'optimiser les qualités physiques et de résistance de votre athlète.

La connaissance du cycle et de ses différentes phases, l'optimisation des modifications hormonales sur le métabolisme permettront une meilleure planification et organisation des activités physiques ainsi que des phases de récupérations & préventions.

Forts de ces apports scientifiques, œuvrons, dès à présent, avec pertinences et réflexions dans cette quête d'excellence : car derrière chaque cycle, se cache une Wonder Woman des temps modernes ! »

Sandrine AGRICOLE

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Rappel anatomique.....</b>	<b>1</b>
1.1.1	L'anatomie du genou.....	1
1.1.2	Physiologie du ligament croisé antérieur (LCA).....	3
<b>1.2</b>	<b>Physiopathologie du LCA .....</b>	<b>5</b>
1.2.1	Épidémiologie, outils diagnostic et traitements .....	5
1.2.1.1	Outils diagnostic .....	5
1.2.1.2	Traitements .....	7
1.2.1.3	Données épidémiologiques .....	8
1.2.2	Mécanismes lésionnels .....	8
1.2.3	Facteurs de risque .....	10
<b>1.3</b>	<b>Facteur hormonal .....</b>	<b>12</b>
1.3.1	Le cycle menstruel.....	12
1.3.1.1	Les phases du cycle menstruel.....	14
1.3.1.2	Le dosage hormonal.....	15
1.3.2	Influence hormonale sur le LCA .....	15
1.3.3	La contraception hormonale .....	16
<b>1.4</b>	<b>Hypothèse et Intérêt de l'étude.....</b>	<b>17</b>
1.4.1	Intérêt de l'étude.....	17
1.4.2	Question étiologique basée sur le modèle PICO .....	17
1.4.3	Objectif de l'étude .....	18
<b>2</b>	<b>Méthode.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Critères d'éligibilité des études pour cette revue .....</b>	<b>19</b>
2.1.1	Types d'études.....	19
2.1.2	Population.....	20
2.1.3	Facteur de risque .....	20
2.1.4	Événement causé par le facteur de risque .....	20
<b>2.2</b>	<b>Méthodologie de recherche des études.....</b>	<b>20</b>
2.2.1	Sources documentaires .....	20
2.2.2	Équation de recherche .....	20
<b>2.3</b>	<b>Méthodologie d'extraction et d'analyse des données .....</b>	<b>21</b>
2.3.1	Méthode de sélection des études .....	21
2.3.1.1	Critères d'inclusion.....	21
2.3.1.2	Critères d'exclusion .....	21
2.3.2	Évaluation de la qualité méthodologique .....	22
2.3.3	Méthode d'extraction des données .....	23
2.3.4	Méthode de synthèse des résultats.....	23
<b>3</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Description des études .....</b>	<b>24</b>
3.1.1	Processus de sélection des études.....	24
3.1.2	Études exclues .....	25
3.1.3	Études incluses .....	26
3.1.3.1	Liste des études incluses .....	26
3.1.3.2	Caractéristiques des participantes et des études .....	27
<b>3.2</b>	<b>Risque de biais des études incluses.....</b>	<b>29</b>

3.2.1	Grille Newcastle-Ottawa Scale (NOS).....	29
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés dans les études incluses .....	29
<b>3.3</b>	<b>Effets de l'intervention .....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>36</b>
4.1	Analyse des principaux résultats.....	36
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	40
4.3	Qualité des preuves.....	41
4.4	Biais potentiels de la revue.....	43
<b>5</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>44</b>
5.1	Implication pour la pratique clinique .....	44
5.2	Implication pour la recherche .....	44
<b>6</b>	<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>46</b>

# 1 Introduction

La pratique sportive régulière est le siège de nombreuses blessures. Un grand nombre de ces blessures concerne le membre inférieur et notamment l'articulation du genou. Parmi les accidents sportifs, c'est le ligament croisé antérieur (LCA) qui est le plus fréquemment exposé, avec un taux de lésion particulièrement élevé [1][2]. La population âgée entre 15 et 25 ans présente l'incidence la plus élevée dans les sports à pivot. Pour 70% d'entre eux, les blessures surviennent au cours de situations sans contact.[3]

De nombreux facteurs de risque, internes et externes, sont liés à leurs apparitions. Plusieurs études épidémiologiques sont réalisées afin de déterminer les mécanismes responsables de leur grande fréquence. On distingue quatre catégories distinctes : anatomiques, neuromusculaires, environnementaux, biomécaniques et hormonaux [4][1][2][5].

Depuis la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, on remarque une augmentation significative de l'incidence des blessures chez les athlètes féminins, en corrélation avec l'augmentation de la pratique sportive des femmes dès le niveau scolaire. Il existe une disparité importante entre les genres puisque les femmes sont au minimum 2 fois plus touchées par les lésions du LCA que leurs homologues masculins. Cette différence entre les genres s'observe dès l'âge de la puberté.[1]

Les lésions du LCA sont les blessures les plus coûteuses sur le plan économique, nécessitant une intervention chirurgicale et une rééducation onéreuse.[4] Elles vont avoir un impact conséquent sur le plan physique, avec un risque accru de récurrence et de développer une arthrose dégénérative dans les années qui suivent la blessure, provoquant des douleurs et un handicap à long terme. L'arrêt partiel ou total de la saison en court et la nécessité d'une rééducation longue vont également avoir un retentissement non négligeable sur le plan psychologique, professionnel et/ou scolaire.[1]

Face à ce problème de santé publique, il est important de réaliser des études épidémiologiques afin de découvrir le ou les facteurs de risque de l'événement traumatique et d'en déterminer des actes de prévention pour lutter contre leur apparition et les conséquences qui en découlent.

Cette revue étudie le facteur propre de la femme, l'horlogerie féminine, et les variations hormonales qui en découlent afin d'éclaircir la disparité qu'il existe entre les sexes dans le taux d'incidence des blessures du LCA. Il serait alors intéressant d'observer si la fréquence d'apparition des blessures est soumise au rythme du cycle menstruel.

## 1.1 Rappel anatomique

### 1.1.1 L'anatomie du genou

Le genou [6][7] est une articulation portante qui fait le lien entre la cuisse et la jambe. Il unit l'extrémité inférieure du fémur, l'extrémité supérieure du tibia et la patella. Il permet de régler la longueur du membre et joue un rôle dans l'amortissement des chocs. C'est une articulation très instable par la non-congruence de ses surfaces articulaires. Elle est donc soumise à de nombreuses contraintes et sujette aux traumatismes.

Le genou est un complexe articulaire composé de deux articulations, présentes au sein d'une même cavité articulaire et différenciables sur le plan anatomique et fonctionnel :

- L'articulation fémoro-tibiale est de type bi-condyloïde. Elle met en jeu les surfaces articulaires des condyles fémoraux avec celles des condyles tibiaux correspondants.
- L'articulation fémoro-patellaire, de type trochléenne ou ginglyme, se situe au niveau de la face antérieure de l'extrémité inférieure du fémur et répond avec la face postérieure de la patella.

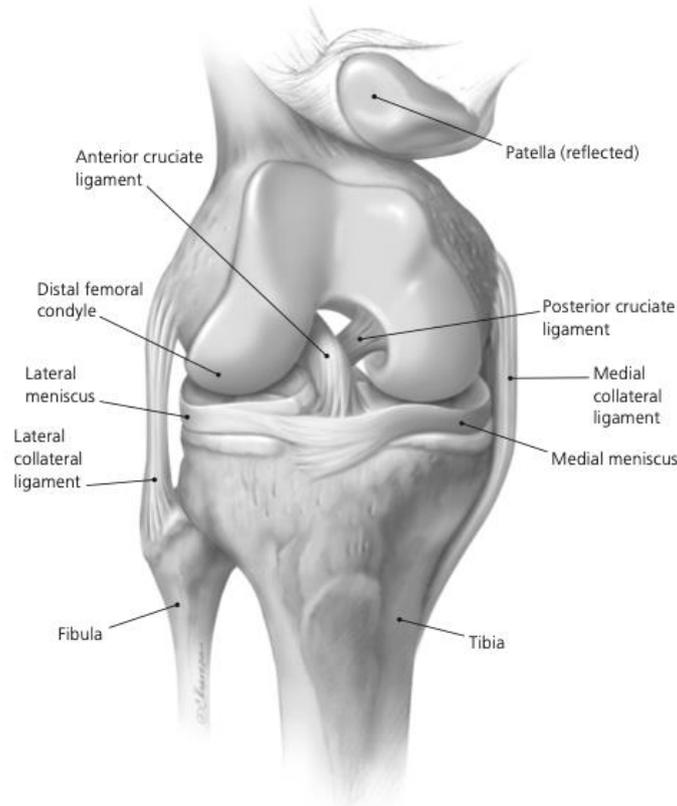


Figure 1 : Anatomie du genou [13]

Entre ces deux structures osseuses se trouvent les ménisques, médial et latéral, qui assurent la congruence des surfaces articulaires et absorbent les pressions des condyles fémoraux sur les glènes tibiales.

Différents moyens d'union sont présents afin d'assurer la stabilité de ce complexe articulaire face aux fortes sollicitations mécaniques. On retrouve :

- La capsule : c'est un manchon fibreux qui s'insère en périphérie des surfaces articulaires et qui délimite l'espace articulaire. Elle permet le maintien des éléments en bonne position.
- La synoviale : elle recouvre la face profonde de la capsule et forme la tente des croisés.
- Les ménisques : ils sont solidement amarrés par des attaches méniscales.
- Les ligaments : ils forment un puissant réseau ligamentaire. Ce réseau comprend :
  - Un système collatéral, avec le ligament collatéral tibial, le ligament collatéral fibulaire et le ligament collatéral latéral,
  - Un système pivot central ou axial, avec le ligament croisé antérieur et le ligament croisé postérieur,
  - Un système sagittal avec le ligament patellaire, le ligament poplité oblique et le ligament poplité arqué,

- Les réticulums patellaires,
  - Un ligament à distance, le tractus iliotibial, qui assure la stabilité lors de l'appui monopodal.
- Les muscles péri-articulaires : ils sont nombreux. Plaqués contre le plan osseux, ils assurent, avec leur portion tendineuse, la congruence articulaire lors des différents mouvements. Il s'agit : du quadriceps, des ischio-jambiers, du poplité, du semi-membraneux, des ailerons patellaires, de la patte d'oie avec ses trois tendons, du hauban latéral du TFL avec le tractus iliotibial, les gastrocnémiens et le tendon patellaire.

L'articulation du genou permet le mouvement de flexion-extension dans l'axe horizontal et secondairement, les mouvements de rotations médiale et latérale en flexion. C'est une articulation à deux degrés de liberté, ils se réalisent en même temps au sein des deux articulations.

Lors des mouvements de flexion-extension, le genou associe des mouvements de roulement et glissement des condyles fémoraux sur les condyles tibiaux. Les ménisques suivent les mouvements des condyles fémoraux.

Il existe, au sein du complexe articulaire, des mouvements de faible amplitude appréciés uniquement lorsque le genou est fléchi. Il s'agit des mouvements d'abduction et d'adduction stabilisés par les ligaments collatéraux, et les mouvements de glissement ou tiroir antéro-postérieur du tibia sous le fémur, stabilisés par les ligaments croisés.

L'instabilité articulaire du genou est contrôlée en position de flexion par le ligament collatéral tibial et par les muscles médiaux dans le plan frontal, et en position d'extension par les ligaments collatéraux dans le plan frontal et les ligaments croisés dans le plan sagittal.

Le ligament croisé antérieur joue donc un rôle essentiel dans la stabilité passive du genou et dans la cinématique articulaire. [6][7]

### 1.1.2 Physiologie du ligament croisé antérieur (LCA)

Le LCA est un élément essentiel du complexe articulaire. Situé au centre de l'articulation, il est en lien avec le ligament croisé postérieur avec lequel il se croise dans le plan frontal et sagittal [6][7].

Il prend son origine sur le plateau tibial dans l'air inter-condyloïde antérieur, contre le frein du ménisque médial. Sa terminaison se situe sur la face médiale de la partie postéro-supérieure du condyle latéral du fémur.

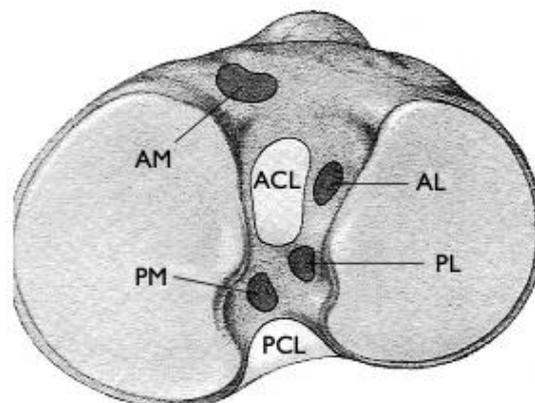


Figure 2 : Représentation schématique de la surface proximale du tibia, montrant la relation des LCA et LCP avec les attaches ménisques [8]

Il suit un trajet oblique en haut, en arrière et en dehors sur près de 3 cm. Le LCA est une bande de tissu conjonctif dense de 1 cm de diamètre [8]. Engainé par le repli synovial, le LCA est intra-capsulaire et extra-articulaire [6][7].

Histologiquement, il présente la même composition que les autres ligaments. Le LCA est constitué principalement d'eau (60 à 80% du poids net) et de fibres de collagène de différents types. Environ 90% du collagène correspond à du collagène de type I, important pour ses propriétés résistantes. Les 10% restants représentent principalement du collagène de type III qui permet, en synergie avec le type I, de donner au tissu son élasticité et sa fermeté, ainsi qu'une faible quantité d'élastine, essentiel au fonctionnement du ligament par ses capacités à stocker l'énergie durant l'activité pour retrouver sa longueur au repos [8][9].

On retrouve des cellules de soutien, les fibroblastes, qui sécrètent des éléments de la matrice extracellulaire (MEC). Les fibroblastes ont pour fonction de synthétiser les molécules de collagène, qui s'organisent en fibres de collagène étroitement liées les unes des autres, essentielles à l'architecture ligamentaire [10]. Sa MEC est composée d'un réseau de protéines, de glycoprotéines, de glycosaminoglycane [9].

Un réseau de récepteurs est également présent au sein du ligament [9]. Ces neurones sensoriels renseignent sur la position articulaire et jouent un rôle important dans la proprioception du genou.

- Les corpuscules de Ruffini, lents de type 1. Ils sont sensibles à l'étirement et sont retrouvés sur la partie externe du ligament, au niveau de l'insertion fémorale.
- Les corpuscules de Paccini, rapides de type 2. Ils sont sensibles à l'accélération et sont localisés aux deux extrémités du ligament.

La vascularisation du LCA provient des branches de l'artère poplitée, l'artère géniculée moyenne et l'artère inféro-latérale. Le LCA a une vascularisation moins importante que le LCP. On retrouve une zone ligamentaire non vascularisée au niveau de son tiers moyen et au niveau des insertions osseuses [6][7][9].

Le LCA est innervé par les branches postérieures du nerf tibial ou nerf sciatique poplitée interne, branches terminales du nerf sciatique, assurant une excellente sensibilité proprioceptive [6][7][8].

Fonctionnellement, il s'oppose à la translation tibiale antérieure et à la rotation interne du tibia sous le fémur. La puissance de ce ligament provient de son organisation torsadée. En effet, le LCA se compose d'une succession de fibres qui permettent au ligament de garder une certaine tension quelle que soit la position articulaire. [6]

Il existe deux faisceaux : le faisceau antéro-médial et le faisceau postéro-latéral. Lors de la flexion du genou, on observe un allongement du faisceau antéro-médial et un raccourcissement du faisceau postéro-latéral. Tous deux vont avoir un rôle spécifique selon le placement articulaire du genou :

- Le faisceau postéro-latéral est mis sous tension lors de l'extension. Il contrôle les mouvements de rotation, notamment la rotation interne.
- Le faisceau antéro-médial quant à lui, est mis sous tension en position de flexion et d'extension. Il permet le contrôle de la translation antérieure du tibia sous le fémur dans ces deux mouvements [11].

## 1.2 Physiopathologie du LCA

### 1.2.1 Épidémiologie, outils diagnostic et traitements

#### 1.2.1.1 Outils diagnostic

Les blessures du LCA sont de plusieurs gravités, allant de l'entorse partielle (grade 1 et 2) à la rupture complète (grade 3) du ligament. Lors de mouvements rapides et brutaux, les forces de distensions exercées sur les ligaments sont supérieures à la résistance élastique de ceux-ci, provoquant ainsi leurs lésions. La gravité des déchirures dépend du degré de laxité articulaire et des contraintes sportives de l'individu.[12]

Les lésions ligamentaires produisent une instabilité articulaire. Dans la plupart des cas, on observe lors de la phase aiguë un épanchement articulaire accompagné d'une douleur [13]. Cet épanchement s'apprécie selon une mesure périmétrique à l'aide d'un mètre ruban, reproductible en inter-examinateur et fiable sur le plan intra-individuel [14]. Le genou étant une articulation superficielle, cet épanchement synovial peut se quantifier selon une échelle sur cinq avec moyen d'évaluation fiable : le stroke test [15]. Le patient est en décubitus dorsal, le genou placé en extension. L'examineur applique des mouvements de bas en haut vers la poche supra-patellaire à partir de l'interligne articulaire médiale. À partir de la région supra-patellaire, il exécute ensuite des mouvements vers le bas en direction de l'interligne articulaire latérale afin d'observer une onde de fluide sur la face médiale du genou [15].

Le diagnostic des déchirures du LCA repose sur un examen clinique, il existe trois tests réalisés en comparaison avec le côté sain :

- Le test de Lachman [16], selon un intervalle de confiance de 95%, présente avec une sensibilité de 81% et une spécificité de 81%. Ce test est un indicateur de l'intégrité du LCA.



Figure 3 : Représentation schématique Test de Lachman [8]

Le patient est en décubitus dorsal, le genou placé entre 20° et 30° de flexion. Les mains de l'examineur sont réparties de part et d'autre de l'articulation avec une main crâniale sur le tiers distal du fémur et une main caudale sur l'extrémité proximale du tibia avec le pouce sur la tubérosité tibiale antérieure (TTA). Cette main caudale applique un mouvement de traction antérieure entraînant un mouvement de glissement antérieur du tibia sous le fémur.

Le test est positif lorsque le déplacement antérieur du tibia est supérieur par rapport au côté sain ou lorsqu'il se produit un arrêt mou en fin de mouvement. Le déplacement asymétrique peut être estimé normal (de -1 à 2 mm), subnormal (de 3 à 5 mm), anormal (de 6 à 10 mm) ou sévèrement anormal (> 10 mm) [8][17][16].

- Le test du tiroir antérieur, selon un intervalle de confiance de 95%, présente une sensibilité de 38% et une spécificité de 81% [16]. Selon *Benjaminse et al* [17], la sensibilité et la spécificité est respectivement de 49% et 58% pour une lésion aigüe, et 92% et 91% pour une lésion chronique. Les différences de valeurs diagnostiques proviennent de la position de flexion de genou associée à l'épanchement synovial et à la réaction de protection des ischio-jambiers en phase aigüe.



Figure 4 : Représentation schématique du Test du tiroir antérieur [8]

Le patient est en décubitus dorsal, le genou placé à 90° de flexion. L'examineur bloque le pied du sujet, place ses mains dans le tiers proximal du tibia et ses deux pouces de part et d'autre de la TTA. Il réalise ensuite une traction postéro-antérieure, permettant le mouvement du tiroir antérieur.

Le test est positif lorsqu'il existe un déplacement antérieur supérieur au côté sain. La différence de déplacement peut être évaluée normale (de 0 à 2 mm), subnormale (de 3 à 5 mm), anormale (de 6 à 10 mm) ou sévèrement anormale (> 10 mm) [8][17][16].

- Le test du déplacement pivot ou « pivot shift » test, selon un intervalle de confiance de 95%, présente avec une sensibilité de 24% et une excellente spécificité de 98% [17].

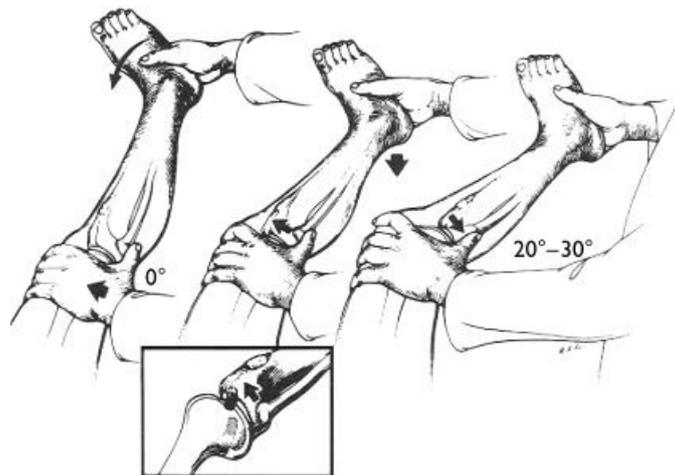


Figure 5 : Représentation schématique du pivot shift test [8]

Le sujet est en décubitus dorsal, le genou placé en extension. L'examineur empaume le talon du patient et place l'autre main sur le bord externe du genou. La main caudale réalise un mouvement de rotation médiale du tibia couplé à un mouvement de flexion de genou. La main crâniale applique un mouvement d'abduction ou valgus du genou. L'examineur répète les mouvements de flexion et d'extension jusqu'à l'appréciation d'un ressaut.

Le test est positif lorsque le ressaut est ressenti selon trois stades : amorce de ressaut (+), ressaut réel (++) et ressaut aggravé (+++) [8][17][16].

Le diagnostic de lésion du LCA doit ensuite être confirmé par le diagnostic radiologique. L'examen radiologique permet d'apprécier les fractures associées ainsi que l'alignement articulaire. L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est également utilisée comme outil diagnostique afin de détecter une déchirure de la structure collagénique du LCA. La sensibilité et la spécificité de l'IRM pour l'évaluation de la rupture du LCA sont respectivement de 86% et 95% [8][13].

### *1.2.1.2 Traitements*

Lors de la blessure du LCA, deux types d'approches thérapeutiques sont possibles : le traitement opératoire ou non-opératoire.

Le traitement opératoire [18], ou chirurgical, est envisagé lorsqu'il existe une nécessité de reconstruction anatomique du LCA dans le but de redonner au ligament ses dimensions, son orientation en collagène ou ses sites d'insertions osseuses afin de réduire la laxité articulaire. Cette méthode reconstructrice utilise un greffon biologique issu d'un tendon. La rééducation qui suit doit être réalisée selon un protocole progressif prenant en compte les étapes de guérison naturelle du ligament ainsi que la ligamentisation du greffon.

Le traitement opératoire est envisagé selon le profil lésionnel des autres structures de stabilisation et de soutien du genou ainsi que selon les caractéristiques morphologiques de l'articulation qui peuvent influencer la stabilité. Le choix de la stratégie chirurgicale répond également aux besoins du patient selon le type de sport pratiqué (sport de saut, de pivot) et son niveau d'activité sportive [18].

Le traitement non-opératoire est recommandé lorsque le projet du patient correspond à la reprise d'un sport sans risque de contrainte au genou (sport sur plan rectiligne : course à pied, vélo, natation) [18]. Pour les blessures chez les athlètes pédiatriques, avec un squelette encore immature, on préconise un traitement non-opératoire jusqu'à la maturité squelettique, la reconstruction chirurgicale pouvant causer des troubles de la croissance chez l'enfant [1]. Le principe du traitement non-opératoire repose sur un protocole rééducatif visant le retour d'une stabilité fonctionnelle et la prévention d'arthrose post-traumatique [18].

Pour les deux approches thérapeutiques, la rééducation doit suivre un protocole progressif selon une thérapie physique par phase dans l'objectif de diminuer les déficiences, de rendre la stabilité fonctionnelle antérieure et de permettre le retour au sport du sujet [18].

Dans la phase aigüe, post-opératoire ou post-lésionnelle, le but est d'éliminer les symptômes résiduels, tel que l'épanchement articulaire ou la douleur, et de supprimer les déficits d'amplitude articulaire et d'activation musculaire. Ensuite, l'objectif thérapeutique vise à redonner la stabilité articulaire par l'entraînement neuromusculaire, par le travail de l'équilibre et par l'utilisation de perturbations. La dernière phase de rééducation a pour finalité la reprise du sport au niveau antérieur à la blessure sans appréhension de la part du sportif.

Il faut alors redonner une force musculaire nécessaire par la mise en œuvre d'exercices spécifiques au sport pratiqué, ainsi qu'évaluer l'état psychologique du patient avant son retour à la pratique sportive [18].

### 1.2.1.3 Données épidémiologiques

Le genou est une articulation qui est fréquemment exposée à des traumatismes de par l'importance de son bras de levier et des contraintes mécaniques qu'il subit [6]. Lors de l'activité physique, les contraintes biomécaniques imposées à l'articulation sont exacerbées.

Une blessure déclarée dans le milieu sportif se définit comme étant produite lors d'un entraînement ou lors de la participation à une compétition. Elle nécessite une prise en charge par un médecin et entraîne une restriction de la participation de l'athlète [19].

Selon *Hootman and al* [20] les blessures musculo-squelettiques surviennent dans plus de 80% des cas dans le sport chez les hommes et les femmes. Ces atteintes sont le plus souvent localisées au niveau du membre inférieur et notamment au niveau du genou. Ce site représente 19 à 23% de l'ensemble des blessures. Les blessures du LCA sont donc les plus courantes du genou, avec une incidence de 85 sur 100 000 patients âgés de 16 à 39 ans [18].

Dans les blessures graves du genou, l'incidence des ruptures du LCA est importante, un grand nombre de reconstruction chirurgicale est enregistré chaque année, près de 200 000 reconstructions par an au États-Unis [21]. La population la plus touchée concerne les adolescentes du collège et du lycée pratiquant les sports de pivot, c'est-à-dire les sports sollicitant les rotations de genou, avec un taux plus élevé de reconstruction pour les 15-19 ans [22].

Chez les athlètes féminins, l'incidence des déchirures du LCA est 4 à 6 fois supérieure que chez leurs homologues masculins et peuvent survenir jusqu'à 9 fois plus souvent selon des études. [23][13] Les adolescentes et jeunes adultes ont plus de risques d'être exposées aux blessures du LCA que leur homologue masculin. Comparées aux hommes, les femmes sont d'autant plus susceptibles de recourir à une intervention chirurgicale et moins susceptibles de reprendre leur activité sportive après une lésion au LCA [1].

Les conséquences de ces blessures, d'un point de vue économique, représentent un important coût financier [21]. En dehors des effets immédiats liés à la blessure, on retrouve des conséquences à long terme sur la vie des sportives. En effet, les femmes atteintes d'une déchirure partielle ou totale du LCA, quel que soit le traitement, ont 10 fois plus de chance de développer une arthrose dégénérative du genou [1].

Les conséquences à court et long terme, sur le plan économique, psychologique et médicale, nécessitent donc des ressources en terme de prévention des blessures pour diminuer l'histoire naturelle de ces affections [21]. Les recherches effectuées sur les causes de la disparité entre les genres dans la survenue de ces blessures dans le milieu sportif sont essentielles dans la compréhension des mécanismes lésionnels et des facteurs impliqués.

## 1.2.2 Mécanismes lésionnels

Dans la littérature médicale, le terme de « mécanisme lésionnel » est utilisé pour décrire l'événement provoquant une blessure en termes biomécanique. En prenant en compte les propriétés tissulaires et les caractéristiques de charge propre à l'articulation du genou, les blessures sont provoquées par un transfert d'énergie vers les tissus [24].

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), « les traumatismes sont causés par une exposition aiguë à des agents physiques [...] qui interagissent avec le corps dans des quantités ou des taux excédant le seuil de tolérance humaine ».<sup>1</sup> L'événement traumatique produit un excès de charge mécanique qui dépasse la tolérance normale des structures ou va diminuer le seuil de tolérance de ces tissus face aux charges normales. [24]

Le mécanisme lésionnel du LCA a fait l'objet de nombreuses études [1][3][11][19][23][24][25] afin de comprendre et pouvoir prévenir au mieux ce type de blessure. Elles sont communément classées en deux catégories, basées sur l'interaction entre joueurs :

- Les blessures dites contacts, elles se produisent à la suite d'un coup direct au genou.
- Les blessures non-contact, dont la définition diffère selon la littérature. On peut les définir comme l'absence de contact en corps à corps entre joueur ou l'absence de coup porté directement sur l'articulation du genou [1].

Dans 70% des cas, les blessures sans contact prévalent sur les blessures par contact, avec une incidence plus importante chez les femmes [1][23][19].

Le mécanisme lésionnel du LCA est décrit différemment selon les études. Selon *Diermeier et al*[18], le mode lésionnel le plus courant résulte d'un mécanisme sans-contact lors des mouvements de pivotement, de changement directionnel rapide et de saut, en valgus et légère flexion de genou.

Selon *Bahr et al* [24], le mécanisme des blessures est utilisé pour décrire la situation de jeu d'un point de vue spécifiquement sportif, les comportements qualitatifs du sportif face à son adversaire lors de l'action, la description biomécanique du corps entier et celle des différents tissus de l'articulation.

On retrouve également des descriptions biomécaniques plus précises qui mentionnent les mouvements d'accélération du corps entier, de la cinétique propre du genou en valgus, de la translation relative du fémur sur le tibia, de la translation relative dû à la traction du quadriceps et de la charge exercée lors du valgus de genou [24].

Pour *Hewett et al* [23], ces blessures sont causées lors des mouvements de décélération, en extension totale ou presque totale combinés avec une abduction de genou. Ils décrivent de plus les mouvements combinés d'adduction et de rotation interne de hanche, d'abduction de genou, de rotation externe et de translation antérieure du tibia, et d'éversion de cheville.

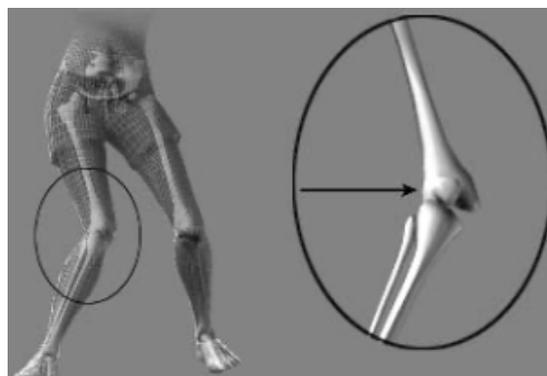


Figure 6 : Valgus dynamique de l'extrémité inférieure [23]

<sup>1</sup> Santé Publique France «Maladies et Traumatismes », lien URL disponible sur : <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/traumatismes#:~:text=Selon%20l'Organisation%20mondiale%20de,des%20quantit%C3%A9s%20ou%20des%20taux>

Selon *LaBella et al*[1], les recherches à partir de vidéo de femme physiquement active en compétition ont pu montrer une position du corps similaire lors des blessures du LCA sans contact. Le corps est retrouvé en mouvement de décélération provoquant un affaissement visible en valgus dynamique du genou, la hanche en rotation interne, le genou proche de l'extension totale et le pied planté au sol.

Ces blessures sont également retrouvées lorsque le centre de gravité est en arrière et éloigné de la base d'appui ou de la zone de contact entre le pied et le sol [1].

*Kaeding et al*[26] ont pu analyser les différences notables entre les hommes et les femmes dans les mécanismes des blessures. Ils ont pu observer lors de la réception d'un saut, d'après l'analyse vidéo, que les femmes ont un angle de valgus, ou angle d'abduction, plus important que les hommes.

C'est dans ces mouvements que les tensions exercées sur le LCA sont les plus importantes, ce qui pourrait expliquer la différence de parité entre les sexes.[26]

Il est cependant difficile de définir le mécanisme lésionnel isolément, plusieurs facteurs de risque entrent en jeu dans la physiopathologie de ces blessures.

### **1.2.3 Facteurs de risque**

Selon l'OMS, un facteur de risque se définit comme « tout attribut, caractéristique ou exposition d'un sujet qui augmente la probabilité de développer une maladie ou de souffrir d'un traumatisme. »<sup>2</sup>

De nombreux facteurs de risque sont impliqués dans le mécanisme lésionnel du LCA. Il est nécessaire d'avoir une approche multifactorielle dans l'analyse de ces blessures. Il existe une interaction complexe entre les facteurs de risques internes et externes.

#### **➤ Facteurs de risque extrinsèques**

Dans les facteurs de risques extrinsèques, d'autres éléments que les descriptions biomécaniques de la blessure sont à prendre en compte. On retrouve les perturbations dû à des déséquilibres face à l'adversaire qui peuvent altérer la coordination ou les mouvements des joueurs. Dans la cinématique articulaire, on décrit une augmentation du valgus dynamique lors de la perturbation, par manipulation des membres supérieurs ou par l'esquive d'un adversaire, ce qui pourrait contribuer aux risques des blessures.[24]

D'autres éléments extrinsèques semblent jouer un rôle dans l'apparition de ces blessures comme le type de sport pratiqué ou les conditions de réalisation du sport, en compétition ou à l'entraînement. La pratique sportive en compétition compte un plus grand nombre de traumatismes que lors de l'entraînement [22]. Les conditions environnementales tel que les conditions météorologiques, la surface du sol ou l'adhérence des chaussures peuvent également être des facteurs de risque [23].

#### **➤ Facteurs de risque intrinsèques**

Les facteurs de risques intrinsèques correspondent à plusieurs paramètres physiques et psychologiques[1] et comprennent le sexe, l'âge, le poids, la génétique, l'anatomie, le facteur neuromusculaire, le facteur hormonal, la fatigue et les antécédents de blessure notamment.

---

<sup>2</sup> Organisation Mondiale de la Santé, Thème de Santé « Facteur de risque », lien URL disponible sur : [https://www.who.int/topics/risk\\_factors/fr/](https://www.who.int/topics/risk_factors/fr/)

Le facteur génétique semble avoir un rôle dans le risque accru de traumatisme, cependant peu d'études ont pu conclure sur son influence [1].

Les antécédents de blessure du LCA, comme pour les autres affections musculo-squelettiques, montrent un risque de récurrence et de blessure au LCA controlatéral respectivement de 4 fois et de 6 fois plus élevé pour les femmes physiquement actives que pour leurs homologues masculins [1].

Sur le plan anatomique, les caractéristiques retrouvées chez les femmes semblent avoir un impact dans l'apparition des ruptures du LCA.

Selon *Beynon et al*[27], il existerait une corrélation entre la largeur de l'entaille intercondylienne et le risque accru de lésion du LCA. Les encoches fémorales sont impliquées dans la laxité du genou, elles seraient plus petites chez les femmes que chez les hommes. Une encoche plus petite provoquerait un allongement accru du LCA.

L'alignement des membres inférieurs et la posture anormale semblent jouer un rôle dans l'apparition des blessures en augmentant les déformations du LCA. Chez les femmes, on retrouve un bassin plus large ou de forme différente. Cette différence est observée par l'augmentation de l'angle Q ou l'angle quadriceps qui correspond à l'intersection entre l'axe longitudinal de la cuisse ou ligne de force du quadriceps et l'axe du tendon rotulien. L'augmentation de cet angle entraînerait une augmentation des forces imposées à la face latérale du genou [23][27][1].

La laxité articulaire généralisée chez la femme augmente de 2,7 fois le risque de lésion[1] et est également un élément à risque comparé à l'homme. Au niveau du genou, la laxité des mouvements d'extension dans le plan sagittal mais aussi les mouvements de valgus dans le plan frontal augmentent les tensions exercées sur le ligament. Les femmes avec une affection au LCA ont un recurvatum de genou significativement supérieur[1]. Cette laxité est également retrouvée au niveau de l'articulation de la cheville. La surpronation de l'articulation sous-talienne augmenterait la translation antérieure du tibia sous le fémur et donc les tensions exercées sur le LCA, le genou faisant le lien entre le bassin et le pied[1].

La présence d'une flexibilité des ischio-jambiers augmente le risque de lésion du LCA sans contact. En effet, il a été démontré que les athlètes qui possèdent des ischio-jambiers lâches ont plus de chance d'être blessés, ces muscles ayant un rôle protecteur dans le contrôle de l'extension du genou, ils présenteraient un retard dans l'activation [23]. Cette flexibilité augmente avec l'âge chez les femmes, d'autant plus à partir de la puberté, différemment des hommes où cette laxité diminue avec l'âge [27].

Le poids corporel ou l'IMC montre un lien dans l'apparition des blessures. Les femmes avec un IMC supérieur à la moyenne présenteraient un risque près de 3,5 fois plus important de lésion du LCA [1].

La qualité du contrôle neuromusculaire lors des mouvements dynamiques complexes est un élément important dans la survenue des blessures du LCA. Il fait référence à l'activation inconsciente des muscles péri-articulaires en réponse à des stimuli sensoriels. Chez la femme, les différents mouvements de réception, de pivotement ou de coupe vont être différents de ceux des hommes. Il a été observé lors des mouvements dynamiques de rotation interne, de valgus, et de flexion du genou, une augmentation de l'activité du quadriceps et, parallèlement, une diminution de l'activités des ischio-jambiers, essentiel dans le contrôle du tiroir antérieur.

L'activation du quadriceps avant les muscles ischio-jambiers entraîne une accentuation de la force de cisaillement antérieur et des charges imposées au LCA [1][23][27].

La fatigue musculaire, en relation direct avec l'efficacité du contrôle neuromusculaire et donc de la stabilité articulaire du genou [25], semble avoir un rôle dans la survenue des blessures [1].

L'âge et le sexe sont également des facteurs à prendre en compte dans l'analyse des lésions non-contact du LCA. Les différences d'incidence de blessure apparaissent à partir de la puberté, lors de la poussée de croissance [1]. L'augmentation du poids corporel et de la taille semble avoir un impact sur l'élévation du centre de masse, sur les forces appliquées aux articulations et sur le contrôle neuromusculaire associé.

Les adolescentes ne disposent pas d'une quantité importante de testostérone, qui permet aux garçons pubertaire un développement de la puissance musculaire, de la force et du contrôle neuromusculaire[1].

Les hormones sexuelles seraient en relation avec la survenue des lésions du LCA chez les femmes [1][28][29]. En plus des différences de composition hormonale entre les sexes avec la présence plus faible de testostérone notamment, le cycle menstruel, les différentes phases et les fluctuations d'hormones qui les composent aurait un rôle dans la différence de sex-ratio des blessures du LCA. Les différentes hormones auraient une influence sur les structures ligamentaires et musculaires impactant le système neuromusculaire, sur la laxité ligamentaire, sur la fatigue musculaire et sur les performances sportives.

La sphère féminine renferme de nombreux paramètres complexes que nous allons étudier dans la suite de cette revue afin d'en déterminer son rôle dans la survenue des blessures non-contact du LCA et ainsi avoir une vision réaliste des influences qui régissent les femmes tout au long de leur vie.

### **1.3 Facteur hormonal**

#### **1.3.1 Le cycle menstruel**

Durant la vie féminine, le système reproducteur de la femme est défini selon un cycle : le cycle menstruel.<sup>3</sup> L'ovulation représente l'événement physiologique de la fécondation. C'est un phénomène unique qui se réalise au centre de chaque cycle. Les règles ou menstruations, quant à elles, représentent le « non-accomplissement » de cette fonction physiologique.

Le cycle menstruel[30] à une durée moyenne de 28 jours, du 1er jour des règles jusqu'à au menstruations suivantes. Selon les études, cette période peut s'écouler de 25 à 30 jours[31] voir de 22 à 36 jours selon les femmes [32].

Le cycle féminin s'organise selon des mécanismes biologiques complexes faisant intervenir de façon interdépendante l'hypothalamus, l'hypophyse, les ovaires et l'endomètre.

---

<sup>3</sup> Pierre KONOPKA, « CYCLE MENSTRUEL », Encyclopædia Universalis [en ligne], lien disponible sur l'URL : <https://www.universalis-edu.com.lama.univ-amu.fr/encyclopedie/cycle-menstruel/>

**Les ovaires** ont une fonction exocrine en produisant les cellules fécondables, les ovules, mais également une fonction endocrinienne, en sécrétant des hormones : l'oestrogène et la progestérone. Dès la naissance, les ovaires renferment le capital génital féminin, appelé follicule primordial. Ces follicules constituent l'unité fonctionnelle de l'ovaire et renferme l'ovocyte. C'est à la puberté que ces follicules primordiaux vont subir des modifications entraînant la formation et l'expulsion de l'ovule.

Ce mécanisme de maturation de l'ovocyte commence au début de chaque cycle menstruel, lors de la menstruation, et suivant trois étapes : le recrutement, la sélection et la dominance d'un follicule[31]. Cette période du cycle est appelé la phase folliculaire et dure en moyenne 14 jours, pouvant aller de 9 à 23 jours selon les femmes [32]. La fin de la fonction ovulaire des ovaires correspond à la ménopause.

**L'utérus** est le lieu de la nidation de l'ovule fécondé après son transport par les trompes. Cet organe est tapissé à l'intérieur de sa matrice par une muqueuse : l'endomètre, dont son aspect varie tout au long du cycle. Les transformations préparatoires de la muqueuse utérine sont contrôlées par la sécrétion endocrinienne des ovaires en vue de la nidation. Les menstruations représentent l'écroulement de l'endomètre en l'absence de fécondation et la mise en route d'un nouveau cycle.

L'activité ovarienne s'effectue selon un contrôle neuro-hormonal cyclique produit par le système nerveux central : l'hypothalamus et l'hypophyse. Il existe un phénomène de contrôle permanent, appelé « feed-back », entre le cerveau et l'ovaire. Les sécrétions neuro-hormonal vont stimuler les sécrétions endocriniennes de l'ovaire et celles-ci, lorsqu'un certain taux est atteint, vont freiner les sécrétions centrales.

**L'hypothalamus** est un ensemble de noyau de cellules grises situé antérieurement au 3<sup>e</sup> ventricule. Il sécrète une « hormone de libération », la GnRH, qui stimule la production endocrinienne de l'hypophyse. Elle reçoit également une rétroaction provenant de l'ovaire.

**L'hypophyse** est une glande endocrine qui reçoit des stimulations venant de l'hypothalamus. Elle produit deux hormones, la FSH (folliculostimulante hormone) et la LH (lutéostimulante hormone) qui agissent sur l'ovaire.

Des variations hormonales s'effectuent alors en permanence dans le corps de la femme selon plusieurs étapes successives [33]. Ces différents acteurs véhiculent leurs messages biologiques par la circulation sanguine.

### 1.3.1.1 Les phases du cycle menstruel

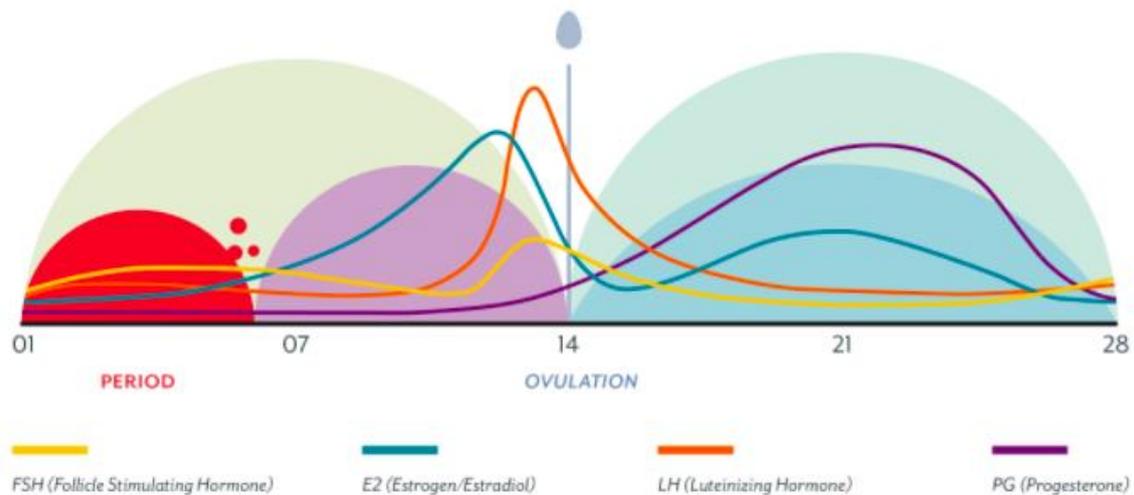


Figure 7 : Schéma du cycle menstruel : <https://helloclue.com/articles/cycle-az/the-menstrual-cycle-more-than-just-the-period>

#### ➤ La phase folliculaire [31]

Cette phase correspond à la période entre le 1<sup>er</sup> jour des règles et l'ovulation. Au début des menstruations entre le 1<sup>er</sup> et 4<sup>ème</sup> jour du cycle, l'hypophyse sécrète la FSH qui va stimuler la croissance et la maturation d'une cohorte de follicules qui correspond à la phase de recrutement. Entre le 5<sup>ème</sup> et le 7<sup>ème</sup> jour, un follicule sera sélectionné et continuera son développement, les autres follicules subissent un phénomène d'atresie. Au 8<sup>ème</sup> jour, le follicule dominant favorise alors sa croissance.

Parallèlement à la sélection et à l'accroissement du follicule dominant, celui-ci va élaborer de l'œstrogène. Son taux hormonal s'accroît en même temps que la croissance du follicule. L'œstrogène libéré va avoir une action sur différents organes récepteurs, notamment sur l'utérus et son endomètre. Peu avant l'ovulation, le taux accru d'œstrogène entraîne un rétrocontrôle positif sur l'hypothalamus. Celui-ci sécrète alors la GnRH qui stimule l'action de l'hypophyse. Deux jours avant l'ovulation, cette dernière va sécréter, à son tour, une quantité importante d'hormone LH destinée à l'ovaire, on parle du pic de LH. Cette hormone va permettre la rupture de la surface du follicule, entraînant la libération de l'ovocyte et donc le phénomène d'**ovulation**. On parle alors de phase ovulatoire ou phase folliculaire tardive comme étant la période se déroulant 2 jours avant le pic de LH jusqu'à l'éclosion du follicule.

#### ➤ La phase lutéale

Cette phase commence après l'ovulation jusqu'à l'apparition des règles suivantes. Elle peut durer de 8 à 17 jours selon les études [32]. Le follicule rompu se transforme par la suite en une glande sécrétrice passagère, le corps jaune. Il persiste pendant une dizaine de jours et élabore une hormone supplémentaire : la progestérone. Les sécrétions hormonales de progestérone et d'œstrogène du corps jaune vont développer l'endomètre intra-utérin en attente de nidation.

En absence de fécondation, son activité va diminuer puis disparaître, entraînant un effondrement hormonal. L'endomètre tendra à se nécroser, ce qui correspond à l'apparition des règles, tandis que le système hypothalamo-hypophysaire, avec la disparition des hormones ovariennes, recommencera la sécrétion de FSH. C'est le début d'un nouveau cycle.

### 1.3.1.2 Le dosage hormonal

Le cycle menstruel est un phénomène physiologique complexe qui varie d'une femme à l'autre, mais aussi selon les cycles chez une même femme. Le dosage hormonal est un outil de diagnostic et de surveillance de la fertilité des femmes. Dans cette étude, il est utilisé pour situer la dimension temporelle des phases du cycle féminin. L'œstrogène synthétisé par les ovaires est retrouvé sous la forme de œstradiol (17- $\beta$  œstradiol) et d'œstrone et œstriol, l'œstradiol étant la forme la plus couramment retrouvée chez la femme.

Malgré les variations interindividuelles et intra-individuelles existantes, les taux moléculaires d'œstrogène et de progestérone sont utilisés pour apprécier les différentes phases. Le taux d'hormone d'œstrogène double entre la phase folliculaire et la phase lutéale avec une augmentation de près de 400% pendant la phase ovulatoire. Le taux de progestérone quant à lui, reste faible pendant la phase folliculaire et la phase ovulatoire, et augmente de plus de 2000% lors de la phase lutéale [28].

Les mesures du dosage hormonal peuvent être réalisées à partir de prélèvement sanguin, urinaire ou salivaire sous forme d'hormone libre, le test salivaire étant décrit comme le plus précis sur les concentrations hormonales [34].

### 1.3.2 Influence hormonale sur le LCA

Le cycle menstruel influence le corps de la femme tout au long de sa vie. Au cours du cycle, on retrouve des modifications tissulaires spécifiques au niveau des organes reproducteurs mais également des modifications qui s'étendent à d'autres tissus.

Des études [28][10][35] ont pu déterminer qu'il existait des récepteurs à œstrogène et à progestérone au sein même des tissus conjonctifs, et notamment, au sein des tissus ligamentaires et tendineux. Ces récepteurs ont été localisés dans les cellules fibroblastiques qui composent le LCA de l'athlète. Ces études mettent en lien les variations d'hormone sexuelle et les conséquences possibles des changements de composition du LCA qui s'effectuent pendant le cycle. Les modifications de composition des tissus conjonctifs auraient un impact sur la structure des tissus et donc sur leurs fonctions. Les récepteurs à œstrogène et à progestérone étant localisés au sein du LCA, plusieurs études analysent l'impact des variations hormonales sur la résistance du ligament et, entre autres, sur l'apparition des déchirures.

Ces études [28][10][35] montrent qu'un taux élevé d'œstradiol provoque une diminution de la prolifération fibroblastique et, par conséquent, de la synthèse du collagène ligamentaire et tendineux. Une diminution de la quantité collagénique entraîne une diminution de la résistance ligamentaire, du tonus et de la rigidité des tissus musculaires, et une augmentation de l'élasticité ligamentaire. Il existerait alors de nombreux déséquilibres pendant le cycle féminin, rendant le ligament plus vulnérable aux blessures.

*Dos Santos et al* [36] exposent qu'il existe une variation de l'équilibre musculaire entre le quadriceps et les ischio-jambiers selon les phases du cycle menstruel, élément important dans le contrôle neuromusculaire et dans la protection articulaire lors d'une tâche dynamique.

Selon *Cristina-Souza et al* [37], les phases du cycle menstruel ont un impact sur la charge d'entraînement et sur l'entraînement technique des jeunes femmes physiquement actives. En effet, la durée perçue des entraînements ainsi que leurs contraintes semblent être plus élevées en phase folliculaire et impacteraient les résultats lors d'un entraînement ou d'une compétition.

Le cycle menstruel semble avoir également un impact sur le contrôle postural [38]. On observe lors de la période menstruel un recul du centre de gravité dû à une rotation interne de l'articulation coxo-fémorale ce qui provoque une perturbation de l'équilibre.

L'étude de *Smic et al*[39] montre un changement dans les températures corporelles et dans le temps de réaction des femmes pendant le cycle menstruel. Au début de la phase folliculaire, les femmes auraient une température plus basse et un temps de réaction psychomoteur plus court.

Les femmes lors de la période menstruel présentent des symptômes périodique tel que l'irritabilité, la fatigue ainsi que des douleurs [38][40] ce qui peut impacter l'activité sportive.

On retrouve une corrélation entre ces éléments et l'influence du cycle menstruel sur la cheville. Selon *Yim et al*[41], une diminution du tonus et de la rigidité des muscles stabilisateurs, une plus importante élasticité musculaire ainsi qu'un balancement plus important lors de test d'équilibre se produiraient en phase ovulatoire ou folliculaire tardive.

Ces résultats sont souvent controversés dans la littérature actuelle. L'hypothèse que les caractéristiques biomécaniques du genou de la femme seraient influencées par le cycle menstruel suscite de nombreux désaccords [42][43][44].

### **1.3.3 La contraception hormonale**

La première contraception hormonale a été mise à disposition en 1960 et se développe depuis le 20<sup>e</sup> siècle. Il s'agit d'un substitue hormonal composé d'œstrogène synthétique ou/et de progestérone synthétique. La contraception hormonale est présentée sous différente forme galénique selon des raison médical ou personnel, passant du comprimé contraceptif à prise quotidienne, au patch hormonal, anneau vaginal ou implant sous cutané.

Le principe de la contraception hormonal [45] est de remplacer le rôle endocrinien de l'ovaire en simulant au complexe hypothalamo-hypophysaire l'activité ovarien avec un taux hormonal constant. Ce taux régulier d'hormone tel que l'œstrogène sous la forme d'œstradiol ou la progestérone supprime la rétroaction positive de l'ovaire sur l'hypothalamus, responsable du pic de LH et donc de l'ovulation.

Sans un taux croissant d'œstrogène atteignant la valeur seuil, l'hypothalamus ne stimule pas la production d'hormone LH par l'hypophyse et donc empêche la rupture du follicule et la libération de l'ovocyte dans la trompe. L'étude de *Wright et al*[33] montre que les simulations de cycle confirment que des doses d'hormone exogène diminue le pic de LH à des niveaux non ovulatoire constants. On distingue également une diminution du taux de progestérone dans la phase lutéale. Les progestérones exogènes semblent avoir un impact sur le développement précoce des follicules.

Lors de la 4<sup>ème</sup> semaine du cycle, lors de l'arrêt de la prise hormonale, le taux de ces deux hormones diminue et simule l'arrêt de la production hormonale du corps jaune en l'absence de message de l'œuf fécondé. Il se produit alors l'effondrement hormonal responsable des menstruations et du départ d'un nouveau « cycle ».

Selon *Hicks et al*[46], les femmes utilisant un moyen de contraception oral auraient un taux d'œstrogène significativement plus faible. Cependant, selon l'étude *Mackay et al*[47], le niveaux d'œstrogène entre les femmes avec et sans pilule contraceptive est similaire.

La laxité et la cinétique du genou entre les femmes avec ou sans moyen contraceptif ne semble pas différer [48][49]. Pour d'autres auteurs [47], la contraception semble impacter la récupération après des lésions musculaires produites par l'exercice au moment de la phase folliculaire.

De plus, la contraception hormonale ne semble pas jouer un rôle protecteur dans l'apparition des lésions du LCA malgré les théories [50].

De nombreux désaccords existent alors sur le rôle et l'impact de la contraception sur le corps de la femme. D'autres études seraient nécessaires pour éclaircir les effets de la contraception.

## 1.4 Hypothèse et Intérêt de l'étude

### 1.4.1 Intérêt de l'étude

Cette revue de littérature se base sur l'hypothèse que l'incidence de blessure du LCA apparait de façon non aléatoire au cours du cycle féminin, et qu'il existerait une période du cycle avec un plus grand taux de fréquence. Il existerait un lien de causalité entre le facteur hormonal féminin et l'apparition de ces blessures dans le milieu sportif. La différence d'incidence entre les hommes et les femmes est importante et d'origine multifactorielle, il serait alors intéressant d'étudier l'influence de l'horlogerie féminine sur cette disparité.

L'intérêt de cette étude épidémiologique est de pouvoir déterminer les facteurs de risque des lésions du LCA dans le but de mettre en place des moyens de prévention pour lutter contre l'apparition de ces affections et diminuer les séquelles qui en découlent. Il permettra également de mettre en avant un facteur spécifique à la femme, encore trop peu étudié et pris en compte à ce jour [51].

Le Masso-kinésithérapeute, selon ses compétences, a un rôle dans la rééducation mais également dans la prévention des troubles. Il doit mettre en place une thérapeutique adaptée au patient et à sa situation, c'est pourquoi il est important d'être informé de tous les facteurs qui composent un risque de blessure.

Pour les patientes, les blessures partielles ou totales vont avoir un impact psychologique, social, professionnel et/ou scolaire important [1]. Les lésions du LCA, quel que soit le traitement, sont sources de longue rémission, qui vont limiter voire arrêter la participation à l'activité sportive sur la saison écoulée. Les femmes sont d'autant plus exposées par rapport à leurs homologues masculins à un traitement chirurgical et sont moins susceptibles de reprendre la pratique sportive des suites d'une blessure du LCA [1]. Les risques de récurrence de blessure et de séquelle à long terme en font un problème majeur de santé publique.

### 1.4.2 Question étiologique basée sur le modèle PICO

La question de recherche de cette étude est formulée selon le modèle de l'acronyme PICO.

<b>Population</b>	Population étudiée	<b>Femmes sportives</b>
<b>Intervention</b>	Facteur de risque (FR)	<b>Cycle menstruel</b>
<b>Comparateur</b>	Population de comparaison non affectée par le FR	<b>Groupe contrôle sans facteur hormonal</b>
<b>Critère de jugement - Outcome</b>	Évènement de santé	<b>Lésion non-contact LCA</b>

Tableau 1: Question de recherche selon le modèle PICO

Dans cette revue de littérature, on se demande s'il existe au cours du cycle menstruel (I) de la femme une période à plus grande fréquence de blessure non-contact du LCA (O) chez les sportives (P). On sous-entend que l'on compare à un groupe qui n'est pas confronté aux fluctuations hormonales du cycle menstruel (C).

### **1.4.3 Objectif de l'étude**

Cette étude a pour objectif principal de synthétiser les données scientifiques actuelles sur le facteur de risque hormonal dans la survenue de blessure du LCA chez les athlètes féminins. Cette revue de littérature a donc pour but d'informer et de sensibiliser les professionnels de santé, médical et paramédical, les sportifs et les autres acteurs entourant l'activité sportive de l'athlète sur ces facteurs de risque. L'ensemble de ce qui compose et influence la femme doit être pris en compte pour établir une thérapeutique adaptée.

## 2 Méthode

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

#### 2.1.1 Types d'études

Cette revue est une étude épidémiologique qui formule une hypothèse sur les facteurs de risque d'affection du LCA. Selon Milos Jenicek et Robert Cléroux, « l'épidémiologie est un raisonnement et une méthode propres au travail objectif en médecine et dans d'autres sciences de la santé, appliqués à la description des phénomènes de santé, à l'explication de leur étiologie et à la recherche des méthodes d'intervention les plus efficaces ».<sup>4</sup>

Deux aspects ressortent de cette définition : les études épidémiologiques descriptives de phénomènes de santé, et les études épidémiologiques analytiques qui correspondent à notre étude et qui analysent le lien de causalité d'un événement de santé.

L'analyse causale repose sur la recherche d'une relation entre une exposition à un facteur et une pathologie, mis en évidence sous la forme d'un risque relatif (RR) ou d'un rapport de cotes ou Odds-Ratio (OR). Ces indicateurs permettent de quantifier l'intensité d'un lien de causalité.

Le RR d'un événement de santé est le rapport entre la probabilité de l'évènement chez les personnes exposées et cette probabilité chez les personnes non-exposées. L'OR lui, est le rapport des cotes d'exposition entre deux groupes.

Il existe 3 façons d'interpréter le RR ou l'OR, si :

- = 1 : il y a une absence de relation entre le facteur de risque et la pathologie
- > 1 : il existe un risque accru, on parle d'un excès de risque
- < 1 : il existe un risque réduit, on parle de facteur protecteur

Il existe trois types d'études utilisées pour répondre à une question étiologique :

- Les études de cohorte, ou « exposé/non exposé »

Les groupes d'individus sont répartis selon leur degré d'exposition au facteur étudié. Ces études comparent l'incidence d'un événement de santé entre un groupe exposés et non-exposés. Ces études sont dites prospectives, la population est suivie avant la survenue de l'évènement. Elles peuvent également être rétrospective, c'est-à-dire que le recueil d'information se fait à posteriori de l'évènement. On calcul un RR.

- Les études cas/témoins

Les groupes d'individus sont répartis selon un groupe « cas » qui présente une pathologie et un groupe « témoin » sain. Le groupe « témoin » est sélectionné selon la similitude des individus par rapport au groupe « cas ». On compare ainsi la fréquence de l'exposition à un facteur. Il s'agit d'études dites rétrospectives. On calcul un OR.

Pour répondre à notre question étiologique, les études de cohorte sont plus spécifiques dans l'étude de la temporalité entre l'exposition aux hormones sexuelles et les lésions du LCA.

---

<sup>4</sup> Catherine DUPUIS, Pierre SALIOU, « ÉPIDÉMIOLOGIE », *Encyclopædia Universalis*, lien disponible sur l'URL : <http://www.universalis-edu.com.lama.univ-amu.fr/encyclopedie/epidemiologie/>

### ➤ Les études transversales

Ce sont des études descriptives qui mesurent dans une population à la fois une maladie ou sa prévalence et le degré d'exposition à un facteur à un instant t. Un seul échantillon représentant la population générale et faisant état de caractéristiques semblables est utilisé. Ces études ne nécessitent pas de suivi dans le temps. Elles représentent le plus bas niveau de preuve.

#### **2.1.2 Population**

Cette revue s'intéresse à une population de femme pratiquant une activité sportive régulière. La disparité du taux d'incidence entre les sexes apparaissant à partir de l'âge de la puberté [1], cette étude s'intéressera à une population de femme jeune avec un cycle menstruel régulier en phase pré-ménopausique.

#### **2.1.3 Facteur de risque**

L'objectif de cette étude est de mettre en relation le facteur hormonal de la femme et l'événement traumatique du LCA. Cette étude recherche un lien entre l'exposition aux fluctuations hormonales qui règlent le cycle menstruel de la femme et l'apparition de l'événement de santé. En d'autres termes, si l'incidence de l'événement s'organise selon une période du cycle menstruel ou si l'événement apparaît de façon aléatoire.

Les variations de taux hormonal, afin de situer un moment du cycle, seront appréciées à l'aide du dosage hormonal salivaire, sanguine ou urinaire et/ou à l'aide de l'historique menstruel.

#### **2.1.4 Événement causé par le facteur de risque**

L'événement étudié est l'apparition d'une lésion dite « non-contact » du LCA, partielle ou totale.

### **2.2 Méthodologie de recherche des études**

#### **2.2.1 Sources documentaires**

Dans cette étude, afin de regrouper un maximum d'articles scientifiques, j'ai effectué les recherches dans trois bases de données électroniques différentes. Il s'agit de : Pubmed, Cochrane Library et Science Direct.

#### **2.2.2 Équation de recherche**

Les bases de données possèdent des modalités de recherche différentes, c'est pourquoi les équations de recherches utilisées diffèrent selon le moteur de recherche.

Les mots clés ont été investigués dans tout le texte scientifique. Les variantes des mots ont été recherchées.

Base de données	Équation de recherche	Nombre d'articles
Pubmed	((ACL injury*) OR (ACL tear*)) OR (anterior cruciate ligament*) AND (((menstrual cycle*) OR (menstrual cycle phase*)) OR (sexual hormones levels*))	92
Cochrane Library	((ACL injury) OR (Non-contact acl injury)) OR (Anterior cruciate ligament injury) AND (Menstrual cycle phase)	19
Science Direct	“Menstrual cycle phase” AND “Non-contact ACL injury” AND “women”	108

Tableau 2 : Équations de recherche sur les bases de données

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

### 2.3.1 Méthode de sélection des études

La sélection des études après la recherche documentaire sur les différentes bases de données scientifiques est réalisée suivant plusieurs étapes :

- L'élimination **des doublons**.
- La sélection des articles après la **lecture des titres**, avec la recherche des mots clés qui peuvent renseigner sur le thème de l'étude, de la population étudiée, le facteur de risque et l'événement traumatique.
- La sélection après la **lecture des abstracts**, qui informe sur la méthodologie et sur le type d'étude réalisée.
- La sélection après la **lecture des textes intégraux** des articles.

Ces différentes sélections ont été réalisées à l'aide de critères d'inclusion, de critères d'exclusion des articles à la revue.

#### 2.3.1.1 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion des articles à la revue sont les suivants :

- La langue : pas de restriction de langue.
- Le type d'article : études de cohorte, transversales ou cas-témoins répondant à une question étiologique.
- La population : des femmes pratiquant une activité sportive, en période post-puberté et pré-ménopausique ayant un cycle hormonal régulier.
- Le groupe contrôle : doit être représentatif de la population de sujet.
- L'événement traumatique du LCA : décrit en tant que lésion « non-contact ».

#### 2.3.1.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion des articles à la revue font échos aux critères d'inclusion et sont :

- Les articles identifiés plusieurs fois (doublons).
- Le type d'étude : les revues systématiques ou méta-analyses, les essais cliniques randomisés.
- Une qualité méthodologique de l'article jugée insatisfaisante.
- La population : femme sans activité sportive, âge pré-puberté et post-ménopausique, avec un traitement hormonal et/ou ablations du système reproducteur.

- Le groupe contrôle : homme (analyse multifactoriel)
- L'événement traumatique du LCA : lésion lors d'un contact direct porté à l'articulation du genou

### 2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique

Afin d'avoir une bonne estimation des résultats d'une étude, il est important de vérifier la validité interne et externe de celle-ci.

La validité interne comprend l'évaluation de la qualité méthodologique d'une étude, la présence de biais et de résultats significatifs.

Pour quantifier la méthodologie des études non-randomisées, telles que les études de cohorte ou de cas-témoins, on utilise la Newcastle-Ottawa Scale (NOS) qui donne un score avec des étoiles. Les étoiles sont attribuées de telle sorte que les études de haute qualité reçoivent jusqu'à neuf étoiles. La répartition se fait selon 8 items, répartis en trois dimensions : la qualité de la sélection, la comparabilité entre les groupes et, selon le design de l'étude, les résultats (étude de cohorte et étude transversale) ou l'exposition (cas-témoin).[52]

On classe les études en trois niveaux selon le score obtenu :

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

Les biais principaux recherchés dans ces études sont répartis en trois catégories :

- Le biais de sélection : mauvais choix dans la sélection des échantillons (non-représentatif de la population, groupe contrôle exposé au facteur de risque).
- Le biais de classement : recueil des informations en aveugle.
- Le biais de confusion : présence de facteur de confusion et de perdus de vue.

Ces biais diffèrent selon le type d'étude. Pour les études de cohorte, les biais principaux sont les perdus de vue, c'est-à-dire les sujets dans la population dont on ne dispose plus de leurs données. Les échantillons ne seront alors plus équivalents. Il existe également un biais dans la durée du suivi de la population (événement de santé survenu à posteriori de l'étude). Pour les études cas-témoins, les biais principaux sont le biais de sélection de l'échantillon et le biais de mémorisation de l'exposition.

Dans l'interprétation des résultats dans les études épidémiologiques, on utilise des résultats statistiques présentés avec la valeur  $p$  qui représente la probabilité d'avoir obtenu un résultat sur l'échantillon en dehors d'une hypothèse nulle dû à l'effet du hasard. Pour qu'un résultat soit dit statistiquement significatif, il faut que  $p$  soit inférieur au risque d'erreur  $\alpha$  ( $p < \alpha$ ), c'est-à-dire inférieur au risque de rejeter l'hypothèse nulle alors que celle-ci est vraie [53].

Cependant, ces données statistiques ne nous permettent pas d'interpréter une relation causale entre l'exposition au facteur de risque et l'événement de santé. Cette relation est établie pour les études épidémiologiques par le Risque Relatifs et l'Odds-Ratio vu précédemment.

La validité externe des études correspond à la pertinence des résultats, c'est-à-dire si les résultats qui ressortent d'un échantillon sont applicables à la population en général et s'ils sont en cohérence avec la littérature déjà existante.

### **2.3.3 Méthode d'extraction des données**

L'extraction des données des différentes études sélectionnées permet de décrire les caractéristiques des participants et des études afin de réaliser une bonne estimation du lien de causalité du cycle menstruel sur l'apparition des blessures du LCA. Les informations seront synthétisées sous la forme d'un tableau récapitulatif. Les éléments recueillis sont les suivants :

- Le titre, les auteurs principaux et l'année de publication de l'article,
- Le nombre de participantes, leur âge et leurs caractéristiques,
- Le temps d'étude et le type de lésions,
- Le design de l'étude.

Les résultats de chaque étude seront également extraits puis seront analysés dans une autre partie de la revue.

### **2.3.4 Méthode de synthèse des résultats**

Les résultats seront présentés pour chaque étude afin d'analyser leur effet statistique. Ensuite, ces résultats seront synthétisés sous la forme d'un tableau récapitulatif selon la méthode utilisée pour déterminer la temporalité du cycle menstruel.

Après analyse de la qualité méthodologique des études avec NOS, la recherche des biais et la validité statistique significative des résultats, on pourra plus ou moins pondérer les résultats obtenus pour avoir la meilleure estimation du facteur de risque présenté.

### 3 Résultats

#### 3.1 Description des études

##### 3.1.1 Processus de sélection des études

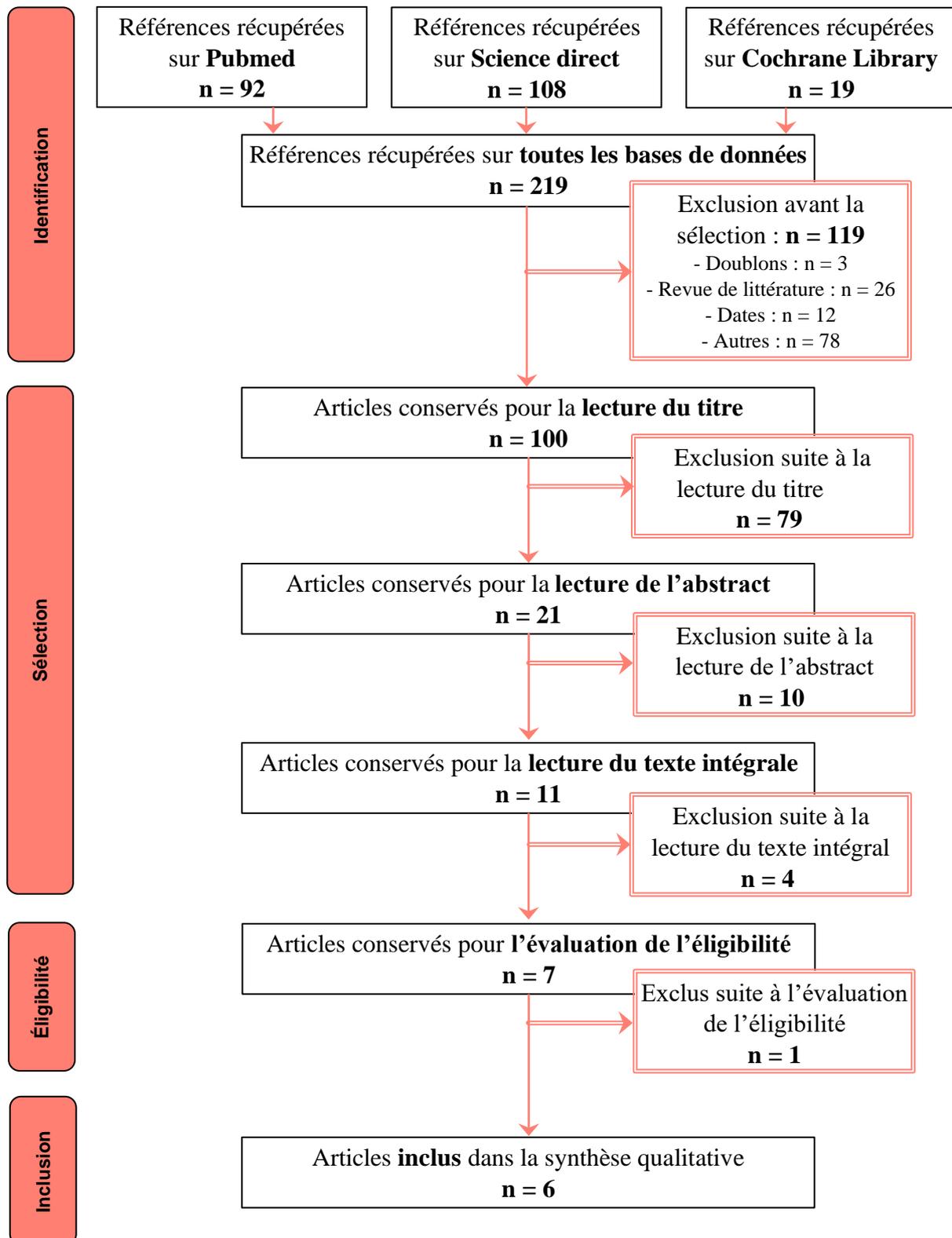


Figure 8 : Diagramme de flux

J'ai effectué mes recherches documentaires sur trois bases de données électroniques : Pubmed, Cochrane Library et Science Direct. D'après les équations de recherche utilisées, **219 articles** ont pu être identifiés. Des premières exclusions avant la phase de sélection ont été réalisées, en supprimant les doublons, les revues de littérature, les articles antérieurs à 2000 et d'autres documents qui n'étaient pas des articles (journal, encyclopédie, chapitre, etc...). On dénombre alors **100 articles** pour l'étape de sélection.

En fonction du titre des études, une première sélection a pu être réalisée. Au total, **21 études** restaient éligibles pour être incluses dans cette revue. En cas de doute sur le titre d'un article, il a été sélectionné pour l'analyse de l'abstract ou résumé.

Après la lecture des résumés ou abstracts des articles, une seconde sélection a pu être mise en œuvre. Si l'éligibilité d'un article selon la lecture de l'abstract présentait un doute, celui-ci a été sélectionné pour la lecture de l'intégralité du texte scientifique. On compte alors **11 articles** après cette étape.

La sélection des articles en fonction de la lecture de leur texte en intégralité s'est effectuée selon les différents critères d'inclusion et d'exclusion ainsi que les protocoles de réalisation des études. On pouvait notamment relever les objectifs des articles, plus ou moins en adéquation avec l'objectifs de cette revue. A la fin de cette étape, on compte **7 articles**.

Après analyse de l'éligibilité des articles, **6 articles** ont pu être sélectionnés pour la synthèse qualitative de cette revue. Un article a été exclu par sa très faible qualité méthodologique.

### 3.1.2 Études exclues

L'article de *Slauterbeck et al* a été exclu de cette revue au moment de l'éligibilité par sa faible qualité méthodologique. En effet, on peut noter que le protocole mis en œuvre dans la détermination de l'exposition diffère selon les participantes, les critères d'inclusion et d'exclusion ne sont pas définis et les résultats présentés ne permettent pas la bonne comparaison entre les groupes de sujets et de contrôle. Ces éléments à fort risque de biais ne peuvent conduire à une bonne estimation d'un risque, c'est pourquoi il a été préférable de ne pas le sélectionner pour la suite de l'étude.

Les articles exclus de cette étude lors de la lecture de l'abstract et du texte en intégralité ainsi que leur motif d'exclusion sont résumés dans le tableau ci-dessous :

<b>Auteur (Année)</b>	<b>Type d'étude</b>	<b>Motif d'exclusion</b>
<b>McShane (2000)</b>	Lettre à l'éditeurs	<b>Type d'étude</b>
<b>Arendt (2002)</b>	Étude de cohorte	Lien de l'étude <b>non accessible</b> sur les bases de données électroniques
<b>Slauterbeck (2002)</b>	Étude de cohorte	<b>Qualité méthodologique</b> : insatisfaisante, évaluée à 3/9 sur NOS
<b>Myklebust (2003)</b>	Cas clinique	<b>Type d'étude</b> : effet protocole thérapeutique sur l'incidence de blessure du LCA
<b>Agel (2006)</b>	Étude transversale	<b>Objectif</b> : taux d'incidence entre groupes avec et sans contraception sans phase du cycle, traumatisme de la cheville inclus
<b>Chaudhari (2007)</b>	Étude de cohorte	<b>Objectif</b> : mesure angle de flexion du genou chez un groupe de femme et un groupe d'homme
<b>Beynnon (2008)</b>	Revue de littérature	<b>Type d'étude</b> : Facteur de risque interne et externe
<b>Dragoo (2011)</b>	Étude transversale	<b>Objectif</b> : étude concentration hormonale de la relaxine avec inclusion de lésion contact
<b>Viscovi (2011)</b>	Revue de littérature	<b>Type d'étude</b>
<b>Tohoku (2015)</b>	Étude de cohorte	<b>Objectif</b> : étude de la laxité LCA
<b>Tourville (2016)</b>	Étude descriptive en laboratoire	<b>Type étude</b> : Évaluation de la sensibilité et spécificité des algorithmes de prédiction du CM
<b>Oleka (2019)</b>	Journal pre-proof	<b>Type d'étude</b> : versions non définitive

Tableau 3 : Liste des études exclues et motif d'exclusion

### 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>Wojtys et al[54]</b>	2002	The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormones levels.
<b>Beynnon et al[55]</b>	2005	The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers.
<b>Adachi et al[56]</b>	2007	Relationship of the menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes.
<b>Ruedl et al[57]</b>	2009	Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers ?
<b>Lefevre et al[58]</b>	2013	Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers.
<b>Stijak et al[59]</b>	2014	The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture : female study.

Tableau 4 : Liste des études incluses

### 3.1.3.2 Caractéristiques des participantes et des études

Étude (Année)	Lieu	Design	Objectif	Taille échantillon	Population	Critères		Âge moyen (Intervalle)	Temps entre lésion et détermination exposition	Méthode d'extraction de l'exposition
						Inclusions	Exclusions			
Wojtys et al, (2002)	États-Unis Michigan, Tennessee, Ohio, Vermont	Cohorte rétrospective	- Déterminer si association entre phase CM et blessure LCA chez athlètes - Déterminer la précision du CM rapporté par les sujets	65	<u>Athlètes</u>  <b>Sujets :</b> lésion aiguë non-contact du LCA <b>Contrôle :</b> groupe théorique d'une blessure par jour de cycle	- cycle régulier - étudiantes collèges, lycées et population autour des sites de test	- Cycle irrégulier - atcd grossesse - traitement anti-œstrogène	28ans ±10ans (15-46)	< 24h après la blessure	<b>Prélèvement urinaire</b> 24h après blessure + 24h après 1 <sup>er</sup> jour du cycle suivant  + <b>Questionnaire</b>
Beynon et al, (2005)	États-Unis Vermont	Cas-témoin	Déterminer si probabilité de subir une blessure est affecté par le CM	91 <b>Cas :</b> 46 <b>Témoin :</b> 45	<u>Skieuses alpines</u>  <b>Cas :</b> lésions aigües non-contact du LCA <b>Témoin :</b> non lésée, recrutée au hasard à chaque nouveau cas (ni famille, ni amie des cas)	- cycle régulier (12 derniers mois) - lésion concomitante (LCT med + lat, ménisque, cartilage, LCP)	- atcd blessure ou chirurgie genou - maladie métabolique et/ou dégénérative - suspicion ou atcd grossesse - hormonothérapie - ménopause - CM irrégulier - blessure autre que ski	<b>Cas :</b> 36,1 (15-53) <b>Témoin :</b> 34,3 (14-50)	2h après la blessure	<b>Prélèvement sanguin</b> 2h après blessure ou après inscription  + <b>Questionnaire</b> (Wojtys et al)
Adachi et al, (2007)	Japon	Cohorte rétrospective	- Déterminer si lésions non-contact LCA en corrélation ou non avec une phase du CM chez les adolescentes - Déterminer si dysfonction CM influence lésions	18	<u>Athlètes adolescentes</u>  <b>Sujets :</b> lésion non-contact du LCA <b>Contrôle :</b> groupe théorique d'une blessure par jour de cycle	- moins 20ans - diagnostic IRM - cycle régulier (6 derniers mois)	- plus de 20ans - CM irrégulier - lésion contact - atcd de grossesse - traitement hormonal ou contraceptif	16,2ans (11-18)	< 3 mois après la blessure	<b>Questionnaire</b> (Wojtys et al)

<i>Ruedl et al, (2009)</i>	Autriche	Cas-témoins	- Étudier potentiel effet protecteur contraceptifs oraux - Comparer fréquence blessure LCA dans phase pré + post ovulatoire chez skieuses	186 <b>Cas :</b> 93 <b>Témoins :</b> 93	<u>Skieuses alpines</u> <b>Cas :</b> lésion non-contact du LCA <b>Témoins :</b> non lésée, recrutée au hasard sur 2 mois	- diagnostic IRM - blessure non-contact - contraception oral ou non	- ménopause - hormonothérapie	<b>Cas :</b> 38,8ans (14-53) <b>Témoins :</b> 38,1ans (28-56)	< 2j après la blessure	<b>Questionnaire</b> (Wojtys et al)
<i>Lefevre et al, (2013)</i>	France	Cohorte rétrospective	- Décrire distribution lésion LCA selon CM - Étudier utilisation contraceptif oraux	172	<u>Skieuses alpines</u> <b>Sujets :</b> lésion LCA pdt ski <b>Contrôle :</b> groupe théorique d'une blessure par jour de cycle	- diagnostic clinique - CM régulier (26 à 30 jours) - période menstruation = 4 à 7 jours	- ménopause - CM irrégulier - dernière menstruation dans les 30 jours	34ans ± 8,7ans	24h après la blessure	<b>Questionnaire</b> (réalisé par l'auteur)
<i>Stijak et al, (2014)</i>	Serbie	Cas-témoins	- Comparer concentrations hormones sexuelles entre patientes avec ou sans rupture - Déterminer effet hormones sur laxité articulaire généralisée	97 <b>Cas :</b> 42 <b>Témoins :</b> 55	<u>Femmes avec blessure non-contact du genou</u> <b>Cas :</b> avec déchirure du LCA <b>Témoins :</b> sans déchirure du LCA	- 2 fois ou plus entraînement par semaine	- hormonothérapie - saignement des gencives	24,8ans (18-37)	3sem après la blessure	<b>Prélèvement salivaire</b> 6 : 2 échantillons dans un intervalle de 45min – 3x

Tableau 5 : Caractéristiques des participantes et des études

## 3.2 Risque de biais des études incluses

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

L'échelle d'évaluation de la qualité (NOS) des études non-randomisées a été utilisée pour identifier la présence de biais en sein des études. Ci-dessous, les grilles NOS pour les études cas-témoins et les études de cohorte (Annexe 1).

Étude (Année)	Sélection				Comparabilité	Exposition			Total score /9	Niveau de qualité
	Définition des cas	Représentabilité des cas	Sélection du groupe contrôle	Définition des témoins		Détermination de l'exposition	Même méthode de vérification	Taux de non-réponse		
Beynon 2005	★		★	★	★★	★	★	★	8	Haute qualité
Ruedl 2009	★		★		★		★	★	5	Qualité satisfaisante
Stijak 2014			★		★★	★	★	★	6	Qualité satisfaisante

Tableau 6 : NOS études cas-témoins

Étude (Année)	Sélection				Comparabilité	Résultat			Score Total /9	Niveau de qualité
	Représentativité cohorte exposée	Sélection cohorte non-exposée	Détermination de l'exposition	Non-présence de l'événement au début de l'étude		Évaluation des résultats	Temps de suivis	Suivi des cohortes		
Wojtys 2002	★		★	★			★	★	5	Qualité satisfaisante
Adachi 2007	★		★	★			★	★	5	Qualité satisfaisante
Lefevre 2013	★		★	★			★	★	5	Qualité satisfaisante

Tableau 7 : NOS études de cohorte

### 3.2.2 Synthèse des biais retrouvés dans les études incluses

Les biais potentiels des études observationnelles peuvent influencer les résultats des études et doivent donc être identifiés. Les principaux biais des études, chacun représenté dans la Newcastle-Ottawa Scale, sont regroupés selon trois catégories : les biais de sélection, les biais de classement ou d'information et les biais de confusion. Chaque catégorie présente des biais spécifiques au type d'étude réalisée, étude de cas-témoins ou étude de cohorte.

Il sera nécessaire que les critères soient clairement rédigés et respectés pour qu'une étoile soit attribuée.

#### ➤ Biais de sélection

Les biais de sélection correspondent aux différences systématiques des sujets retrouvés dans la constitution de l'échantillon entre les cas et les témoins ou entre les exposés et les non-exposés. Cette sélection de sujet doit être réalisée en aveugle. On retrouve le biais d'admission, présent dans le milieu hospitalier, le biais de diagnostic et le biais de perdus de vue. On retrouve, pour les études cas-témoins, un biais supplémentaire qui est le biais de survie sélective qui correspond à l'inclusion de cas prévalent dans le groupe de témoins.

Selon les études, le biais d'admission est présent pour *Stijak et al*, le biais de diagnostic pour *Beynon et al* et *Ruedl et al* qui ne mentionnent pas les moyens de diagnostic clinique. Pour les trois études de cohorte (*Wojtys et al*, *Adachi et al* et *Lefevre et al*), le biais de sélection est présent par la grande différence qu'il existe entre le groupe exposé et le groupe non-exposé.

Pour les études cas-témoins (*Beynnon et al*, *Ruedl et al* et *Stijak et al*), un biais de sélection existe quant à la certitude que le groupe de femme témoin ne soit pas exposé au facteur de risque.

➤ Biais d'information

Ils correspondent aux erreurs liées au recueil d'information et au classement des sujets selon le groupe étudié ou de contrôle. Ces biais regroupent les biais de mémorisation, lorsque les sujets doivent se souvenir de leur exposition, les biais liés à la qualité des données, ainsi que les biais d'investigateur, lorsque les données ne sont pas recueillies de façon similaire entre les deux groupes. Les deux types études analysées étant rétrospectives, le biais de mémorisation peut potentiellement être présent.

Selon les articles étudiés, le biais de mémorisation est présent pour la détermination de l'exposition au moyen d'un questionnaire pour les études de *Adachi et al*, *Ruedl et al* et *Lefevre et al*. Le biais d'investigation est présent pour les études de *Wojtys et al*, *Adachi et al* et *Lefevre et al*, car il n'existe pas de recueils de données dans le groupe de non-exposé. Pour les six études, aucune réalisation des étapes en aveugle n'a été spécifiée.

➤ Biais de confusion

Le biais de confusion est une variable qui peut être associée à l'exposition et/ou à l'événement de santé. C'est au moment de la conception du protocole qu'il sera possible de les minimiser. Il en résulte alors une mauvaise analyse de l'association entre le facteur étudié et l'incidence de la maladie. Les lésions du LCA étant multifactorielles, ce biais concerne chaque étude car ils ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs : l'anatomie, les mécanismes lésionnels, la météo, le moment de la blessure, en entraînement ou en compétition par exemple.

Étude (Année)	Biais de sélection	Biais d'information	Biais de confusion
<b>Wojtys (2002)</b>	- Différence entre groupe exposé et non exposé (groupe de blessure théorique)	- Biais d'investigation - Pas de protocole en aveugle	- Autres acteurs de risque présent (âge, anatomie, biomécanique, sports, atcd, fatigue, environnement)
<b>Beynnon (2005)</b>	- Biais de sélection du groupe témoin dépendant de l'exposition - Biais de diagnostic	- Pas de protocole en aveugle	- Autres acteurs de risque présent (biomécanique, fatigue, environnement)
<b>Adachi (2007)</b>	- Différence entre groupe exposé et non exposé (groupe de blessure théorique)	- Biais de mémorisation - Pas de protocole en aveugle	- Autres acteurs de risque présent (âge, anatomie, biomécanique, sports, fatigue, environnement)
<b>Ruedl (2009)</b>	- Biais de sélection du groupe témoin dépendant de l'exposition - Biais de diagnostic	- Biais de mémorisation - Biais d'investigation - Pas de protocole en aveugle	- Autres acteurs de risque présent (anatomie, biomécanique, sports, fatigue, environnement)
<b>Lefevre (2013)</b>	- Différence entre groupe exposé et non exposé (groupe de blessure théorique)	- Biais de mémorisation - Biais d'investigation - Pas de protocole en aveugle	- Autres acteurs de risque présent (âge, anatomie, biomécanique, sports, atcd, fatigue, environnement)
<b>Stijak (2014)</b>	- Biais d'admission - Biais de sélection du groupe témoin dépendant de l'exposition	- Pas de protocole en aveugle	- Autres acteurs de risque présent (anatomie, biomécanique, sports, atcd, fatigue, environnement)

### 3.3 Effets de l'intervention

Selon les études, les moyens utilisés pour interpréter les résultats diffèrent. Dans cette partie de l'étude, chaque résultat sera analysé indépendamment des autres.

Afin d'obtenir des résultats statistiquement significatifs, on doit retrouver au minimum 95% de chance d'avoir un résultat qui n'est pas dû au hasard, c'est-à-dire que la probabilité p doit être inférieure à un risque d'erreur alpha défini à 5% ( $p < 0,05$ ).

#### ➤ Wojtys et al, 2002

Dans cette étude, la population atteinte de lésion au LCA est comparée avec une distribution théorique de blessure selon un cycle menstruel de 28 jours avec un taux d'une blessure par jour de cycle.

Selon le test statistique de Chi-carré ( $X^2=27,7$   $p < 0,001$ ), nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle la différence de distribution entre les blessures observées et attendues est dû au hasard seulement : une différence réelle existe. On réalise également le calcul du Risque Relatif (RR) en divisant le cycle menstruel en deux phases de quatorze jours (folliculaire + ovulatoire, ou lutéal).

Phase	Taux attendu	Taux observé	RR
<b>I (Folliculaire)</b>	32% (9/28)	23% (15/65)	0,71 CI95% [0,36 ; 1,44]
<b>II (Ovulatoire)</b>	18% (5/28)	43% (28/65)	<b>2,41 CI95% [1,04 ; 5,60]</b>
<b>III (Lutéal)</b>	50% (14/28)	34% (22/65)	0,68 CI95% [0,41 ; 1,12]
<b>I + II</b>	50% (14/28)	66% (43/65)	1,32 CI95% [0,88 ; 1,99]

Les auteurs recueillent également la phase du cycle menstruel lors de la lésion du LCA à l'aide d'un questionnaire. La validité et la fiabilité des participantes à déterminer la phase du cycle, par rapport à la détermination par le dosage hormonal, sont calculées avec le coefficient kappa. Pour qu'il existe une concordance excellente entre les données, ce coefficient doit être supérieur à 0,80. Cette article a révélé une concordance moyenne entre les données, avec un coefficient de 0,59. Dans cette étude, nous n'analyserons donc pas les données résultantes du questionnaire, seules sont interprétées celles provenant du dosage urinaire dans le tableau ci-dessus.

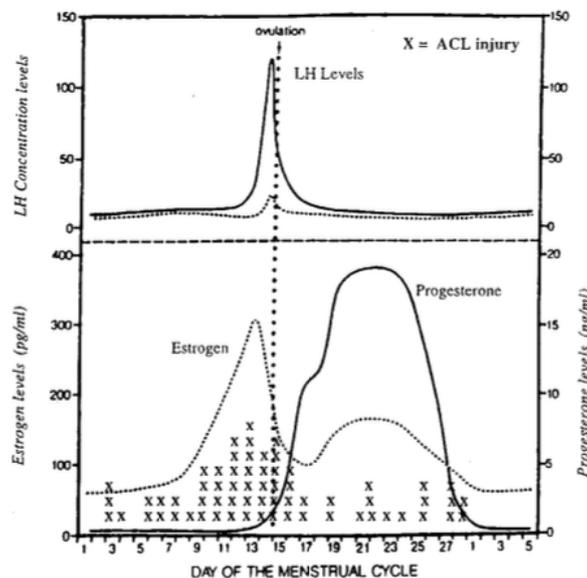


Figure 9 : Histogramme des lésions du LCA, tracé par jour du cycle, selon les niveaux de métabolites urinaires [54]

Dans cette étude, les auteurs analysent également le taux de blessures du LCA selon l'utilisation ou non de moyen de contraception oral. Seul le groupe de non-utilisatrice de contraceptif oral (CO), selon le calcul du  $X^2$ , montre que la distribution n'est pas dû à l'hypothèse du hasard ( $X^2=2,38, p = 0,7$ ), contrairement au groupe d'utilisatrice. Seulement les résultats du groupe de non-utilisatrice d'une CO seront donc analysés.

Phase	Taux attendu	Taux observé chez les non-utilisatrice CO	RR
<b>I</b>	32% (9/28)	25% (13/51)	0,79 CI95% [0,38 ; 1,62]
<b>II</b>	18% (5/28)	47% (24/51)	<b>2,64 CI95% [1,13 ; 6,14]</b>
<b>III</b>	50% (14/28)	27% (14/51)	0,55 CI95% [0,31 ; 0,98]

<b>I + II</b>	50% (14/28)	72% (37/51)	1,45 CI95% [0,97 ; 2,18]
---------------	-------------	-------------	--------------------------

Les RR calculés selon les phases du cycle, dans la population globale et dans la population non soumise à un moyen CO, montrent une association de causalité entre l'apparition des blessures du LCA et la phase ovulatoire (II) du cycle. On remarque une tendance à l'augmentation de la fréquence des blessures dans la première phase du cycle (I+II).

➤ **Beynon et al, 2005**

Dans cette étude, les phases du cycle menstruel sont divisées en deux : une phase pré-ovulatoire et une phase post-ovulatoire. Le recueil d'information a été réalisé selon deux techniques : par dosage sanguin des concentrations hormonales et par l'aide d'une auto-évaluation de l'historique menstruel.

Les deux recueils sont analysés.

Dosage sérum			
Phase	Groupe contrôles (%)	Groupe sujets (%)	Odds-Ratio (OR)
<b>Pré-ovulatoire</b>	55,6	73,9	<b>2,26 CI95% [1,24 ; 4,10]</b>
<b>Post-ovulatoire</b>	44,4	26,1	0,44 CI95% [0,13 ; 0,60]

Questionnaire auto-évaluation			
Phase	Groupe contrôles (%)	Groupe sujets (%)	Odds-Ratio (OR)
<b>Pré-ovulatoire</b>	35,6	57	<b>2,40 CI95% [1,36 ; 4,24]</b>
<b>Post-ovulatoire</b>	64,4	43	0,42 CI95% [0,24 ; 0,74]

Un lien de causalité statistiquement significatif entre l'apparition des lésions du LCA et la phase pré-ovulatoire du cycle menstruel peut être établi dans les deux techniques de recueil du cycle menstruel.

Les auteurs, selon un  $X^2$  test, ont pu déterminer qu'il existait une différence entre le groupe de sujet et le groupe contrôle en ce qui concerne l'expérience antérieure et le niveau de capacité des sujets aux sports. Après un ajustement selon ces deux éléments, les auteurs ont pu estimer qu'il existait :

- Une augmentation statistiquement significative de blessure dans la phase pré-ovulatoire du cycle menstruel par rapport à la phase post-ovulatoire dans les données recueillies avec le sérum (**OD = 3,22 CI95% [1,09 ; 9,52], p = 0,027**).
- Une différence non-significative de la probabilité de blessure estimée dans la phase pré-ovulatoire par rapport à la phase post-ovulatoire dans l'analyse des données recueillies avec le questionnaire d'auto-évaluation du cycle (**OD = 2,38 CI95% [0,86 ; 6,54], p = 0,086**).

➤ **Adachi et al, 2007**

Cette étude présente ses résultats en comparant les fréquences de blessure du LCA avec une fréquence théorique d'une blessure par jour selon un cycle de 28 jours.

Les auteurs ont présenté les résultats de cette étude selon 2 phases : la phase ovulatoire (II) et les autres phases (folliculaire (I) et lutéal (III)). Il existe une association significative entre les différentes phases du cycle et la lésion du LCA ( $X^2 = 13,6$ ,  $p = 0,0002$ ).

Nous allons également analyser les résultats selon les trois phases du cycle menstruel ainsi que selon un cycle menstruel divisé en deux (folliculaire + ovulatoire, ou lutéal) en suivant le même modèle théorique.

Phase	Taux attendus	Taux observés	RR
I	32% (9/28)	11% (2/18)	0,34 CI95% [0,08 ; 1,42]
II	18% (5/28)	72% (13/18)	<b>4,04 CI95% [1,74 ; 9,41]</b>
III	50% (14/28)	17% (3/18)	0,33 CI95% [0,11 ; 1,00]
I + III	82% (23/28)	28% (5/18)	0,34 CI95% [0,16 ; 0,73]
I + II	50% (14/28)	83% (15/18)	<b>1,67 CI95% [1,09 ; 2,55]</b>

L'analyse des RR montre seulement une association de causalité statistiquement significative entre l'augmentation de la fréquence d'apparition des lésions du LCA et la phase ovulatoire chez cette population. Lorsque les phases folliculaire et ovulatoire sont regroupées, les résultats montrent un lien de causalité entre la première quatorzaine du cycle (folliculaire + ovulatoire) et la survenue de blessure du LCA.

➤ **Ruedl et al, 2009**

Cette étude présente des résultats entre un groupe de blessé du LCA et un groupe contrôle non-blessé.

Sur le point de vue statistique, grâce au calcul du test-t de Student non-apparié et du test U de Mann-Whitney, on peut noter qu'il n'existe pas de différence significative entre le groupe de sujets et le groupe contrôles en ce qui concerne l'âge, le poids, la taille, l'âge des premières règles et la durée moyenne du cycle menstruel.

Grâce au test  $X^2$ , on peut également rejeter l'hypothèse selon laquelle il existe une différence entre les deux groupes en ce qui concerne les blessures antérieures du genou et l'utilisation ou non d'un moyen de contraception.

Cependant, avec le test  $X^2$ , on peut rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle la différence de fréquence de blessure retrouvée dans les deux groupes selon les phases est seulement dû au hasard ( $p = 0,028$ ).

Phase	Groupe contrôles	Groupe sujets	OR
Pré-ovulatoire	40,9% (38/93)	56,9% (53/93)	<b>1,92 CI95% [1,07 ; 3,43]</b>
Post-ovulatoire	59,1% (55/93)	43,0% (40/93)	0,52 CI95% [0,29 ; 0,93]

En prenant en compte seulement la population de non-utilisatrice de contraceptif oral, on retrouve les résultats suivants :

Phase	Groupe contrôles	Groupe sujets	OR
Pré-ovulatoire	41,7% (25/60)	57% (35/61)	1,88 CI95% [0,92 ; 3,88]
Post-ovulatoire	58,3% (35/60)	42,6% (26/61)	0,53 CI95% [0,26 ; 1,09]

Une différence non-significative existe entre les sujets et témoins qui n'utilisent pas de CO ( $p = 0,084$ ). On peut donc conclure qu'il existe une tendance vers une augmentation des blessures du LCA en phase pré-ovulatoire.

➤ **Lefevre et al, 2013**

Cette étude, basée sur un questionnaire réalisé par l'auteur (Annexe 2), évalue la différence de fréquence entre un groupe de femme avec une lésion du LCA et une évaluation théorique d'une blessure par jour de cycle menstruel. Statistiquement, selon le test  $X^2$ , la différence de distribution entre ces deux échantillons est grandement significative ( $X^2 = 48.32$ ,  $p = 0,00001$ ), est n'est donc pas dû au hasard.

Dans cette étude, trois phases du cycle sont évaluées : folliculaire du jour 1 à 9 (I), ovulatoire du jour 10 à 14 (II) et lutéale du jour 15 à 30 (III) du cycle. L'analyse du cycle suivant deux phases selon le même modèle théorique est également réalisé pour la suite de la revue (folliculaire + ovulatoire, ou lutéal).

Phase	Taux attendus	Taux observés	RR
<b>I</b>	32,14% (9/28 ou 55,29/172)	33,72% (58/172)	1,05 CI95% [0,59 ; 1,87]
<b>II</b>	17,86% (5/28 ou 30,71/172)	36,63% (63/172)	2,05 CI95% [0,90 ; 4,65]
<b>III</b>	50% (14/28 ou 86/172)	29,65% (51/172)	0,59 CI95% [0,39 ; 0,92]
<b>I+II</b>	50% (14/28 ou 86/172)	70,35% (121/172)	1,40 CI95% [0,96 ; 2,06]

L'analyse du RR entre les différentes phases montre que les premiers quatorze jours et notamment la phase ovulatoire ont une tendance à l'augmentation de la fréquence des blessures chez cette population. Cependant, l'intervalle de confiance comprenant des valeurs inférieures à 1, on ne peut donc pas conclure d'un lien de cause à effet.

D'autres résultats tels que la fréquence des déchirures du LCA selon les moyens de contraceptions sont énoncés par les auteurs. Toutes les données utiles à l'analyse statistique n'étant pas fournies, elles seront prises en compte dans la partie Discussion de cette étude.

➤ **Stijak et al, 2014**

Cette étude analyse les différences de taux d'hormones sexuelles qu'il peut exister entre les blessures avec ou sans rupture du LCA.

Dans cette étude, le test de Student montre qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative au regard de l'âge des deux groupes. En ce qui concerne la concentration salivaire d'hormone sexuelle, le test de Student permet de rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les différences de testostérone ( $p = 0,006$ ), de 17- $\beta$  estradiol ( $p = 0,048$ ) et de progestérone ( $p = 0,002$ ) entre les deux groupes sont dues au hasard seulement.

Dans cette partie, nous avons calculé l'estimation de la différence de concentration moyenne entre le groupe contrôle avec lésions au genou et le groupe de sujets avec lésions au genou et rupture du LCA pour les trois hormones selon les phases, disponible sur le tableau ci-dessous :

Hormones	Groupe sujet		Groupe contrôle	
	Moyenne $\pm$ écart-type		Moyenne $\pm$ écart-type	
Testostérone (pg/ml)	62,8 $\pm$ 16,0		85,1 $\pm$ 21,7	
	Phase folliculaire	Phase ovulatoire + lutéale	Phase folliculaire	Phase ovulatoire + lutéale
17- $\beta$ Estradiol (pg/ml)	2,3 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,5	2,3 $\pm$ 0,3	3,9 $\pm$ 0,5
Progestérone (pg/ml)	28,0 $\pm$ 10,7	74,5 $\pm$ 33,5	61,5 $\pm$ 18,3	129,5 $\pm$ 24,0

Hormones	Estimation différence de concentration	
	Testostérone (pg/ml)	22,3 CI95% [14,39 ; 30,21]
	Phase Folliculaire	Phase Ovulatoire + Lutéale
17- $\beta$ Estradiol (pg/ml)	n.s.	0,9 CI95% [0,7 ; 1,1]
Progestérone (pg/ml)	33,5 CI95% [27,2 ; 39,8]	55 CI95% [43,1 ; 66,59]

n.s. non significatif

L'analyse des différences intergroupes montre qu'il existe un écart statistiquement significatif entre le groupe de témoins et le groupe de sujets en ce qui concerne les concentrations hormonales de testostérone, de progestérone et, dans la phase ovulatoire et lutéale, du 17- $\beta$  estradiol. Le groupe de sujets possède une concentration plus faible de testostérone, de 17- $\beta$  estradiol et de progestérone.

## 4 Discussion

### 4.1 Analyse des principaux résultats

L'objectif de cette revue est de déterminer s'il existe un lien entre les lésions non-contact du LCA et le cycle menstruel avec ses variations hormonales qui pourrait expliquer la grande disparité des blessures que l'on retrouve entre les genres.

Dans le cadre de cette revue de littérature, six études ont été examinées dont trois études de cohortes rétrospectives (*Wojtys2002, Adachi2007 et Lefevre2013*) et trois études cas-témoins (*Beynnon2005, Ruedl2009 et Stijak2014*).

Les échantillons de population de ces articles sont composés de 18 à 186 participantes. Au total, le cycle menstruel et son influence sur l'apparition des lésions non-contact du LCA de 629 femmes ont été analysés, avec une moyenne d'âge de 31,3 ans.

Les protocoles ont été élaborés sur une durée de 4 ans pour une étude (*Beynnon2005*), de 2 ans pour deux études (*Wojtys2002, Ruedl2009*) et sur une saison hivernale pour une étude (*Lefevre2013*). La période d'intervention de deux études (*Adachi2007, Stijak2014*) n'a pas explicitement été renseignée.

#### ➤ Facteur de risque hormonal selon une périodicité

Cinq études ont eu pour objectif de déterminer s'il existait une périodicité dans le cycle menstruel quant à la survenue de lésion non-contact du LCA dans le sport.

Trois de ces études (*Wojtys et al, Adachi et al, Lefevre et al*) ont pu montrer une estimation en faveur d'un risque de blessure entre le **9<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> jour** du cycle menstruel. En effet, pour *Wojtys et al* et *Adachi et al*, on remarque une corrélation statistiquement significative entre la **phase ovulatoire** et les lésions du LCA avec respectivement un risque relatif de 2,41 CI95% [1,04 ; 5,60] et de 4,04 CI95% [1,74 ; 9,41]. Pour l'étude de *Lefevre et al*, on constate une tendance à l'augmentation d'un risque lors de la phase ovulatoire avec un risque relatif de 2,05 CI95% [0,90 ; 4,65]. Lorsque l'on regroupe le cycle menstruel selon deux phases, pré-ovulatoire et post-ovulatoire, on peut déterminer un risque de lésion statistiquement significative dans **la première phase** suivant l'étude d'*Adachi et al* ( $RR=1,67$  CI95% [1,09 ; 2,55]), et une accentuation du taux de blessure non significative dans les études de *Wojtys et al* et *Lefevre et al* ( $RR=1,32$  CI95% [0,88 ; 1,99] et  $RR=1,40$  CI95% [0,96 ; 2,06]).

Les trois études de cohorte ont été évaluées avec une qualité méthodologique dite satisfaisante de 5/9 sur l'échelle de Newcastle-Ottawa. Cependant, ces études ont été réalisées en comparant les groupes de sujets blessés avec un groupe contrôle théorique basé sur une blessure par jour de cycle menstruel. Cette estimation hypothétique de blessure en dehors de l'exposition au facteur hormonal reste un biais potentiel à ces études. En effet, il ne peut refléter la réalité et porte donc soucis quant à la comparabilité des taux de lésions entre les deux groupes. On constate néanmoins une proportion de blessure dans les groupes de sujets plus importante dans la phase ovulatoire comparée aux autres phases pour les trois études (*Wojtys et al* : 43% ; *Adachi et al* : 72% ; *Lefevre et al* : 36,53%), ce qui nous laisse supposer qu'une plus grande fréquence de traumatisme semble exister dans cette phase.

Pour les deux études cas-témoins de *Beynnon et al* et *Ruedl et al* qui analysent le cycle menstruel selon deux phases, pré-ovulatoire et post-ovulatoire, les résultats indiquent un risque plus élevé de déchirure dans **la première partie du cycle menstruel**. *Beynnon et al* ont estimé un rapport de côte de 2,26 CI95% [1,24 ; 4,10] et *Ruedl et al* un OD de 1,92 CI95% [1,07 ; 3,43].

Leur qualité méthodologique selon la NOS est haute à 8/9 pour celle de *Beynnon et al*, et satisfaisante à 5/9 pour celle de *Ruedl et al*. Ces deux études comparent leur groupe de sujets à un groupe de témoins non-blessé de population équivalente selon l'âge, le poids, la taille et l'historique menstruel. Cependant, la durée d'étude ne peut exclure l'hypothèse que le groupe de témoins ne se blesse pas à postériori de l'étude, ce qui constitue un biais de suivi important puisque toutes les femmes vont être exposées aux hormones du cycle menstruel tout au long de leur vie pré-ménopausique.

Plusieurs études évaluent également les différences de fréquence selon l'utilisation d'un moyen de contraception hormonal. La contraception ayant une influence sur les variations des taux hormonaux [51], elle peut représenter un facteur de confusion dans l'analyse des résultats. Seuls les études d'*Adachi et al* et *Beynnon et al* ont exclus au début de leur étude la population de femme ayant un moyen contraceptif. Dans l'étude de *Wojtys et al*, des résultats différents ont été présentés selon la prise d'un moyen de contraception hormonale ou non. Ces résultats montrent tous deux un risque relatif statistiquement significatif lors de la phase ovulatoire avec un RR de 2,41 CI95% [1,04 ; 5,60] pour la population totale comme cité précédemment et un RR de 2,64 CI95% [1,13 ; 6,14] pour la population sans moyen contraceptif. Pour l'étude de *Lefevre et al*, les auteurs ont analysé les fréquences de blessure selon les moyens de contraception, avec une fréquence plus élevée avec une contraception dite orale par rapport aux autres moyens de contraception hormonal (85/119 (71.4%) vs. 36/53 (67.9%), P = 0.64). Cependant, du fait du manque de l'intégralité des données, on ne peut conclure sur ces informations. L'étude de *Ruedl et al*, quant à elle, montre qu'il existerait une fréquence de blessure plus élevée en phase pré-ovulatoire chez les femmes sans contraception avec un OD de 1,88 CI95% [0,92 ; 3,88]. Seuls *Wojtys et al* mettent en évidence un risque plus élevé pour les femmes sans contraception, on ne peut statuer sur l'effet de la contraception sur les blessures du LCA.

Les études ont émis des hypothèses de blessure non-contact du LCA dans plusieurs disciplines sportives. Les études de *Wojtys et al* et de *Adachi et al*, ne font pas état du sport pratiqué lors de la blessure. Trois études (*Beynnon et al*, *Ruedl et al* et *Lefevre et al*) ont étudié des populations de skieuses alpine de loisir. Selon l'étude de *Davey et al* [60], les entorses de genou dans le ski et notamment du LCA sont fréquentes, avec un taux de blessure plus élevé chez les femmes que chez les hommes. Le ski représente un sport à haut risque de blessure, comprenant des facteurs de risque liés à l'âge, le niveau de ski, le mécanisme lésionnel, l'équipement [60]. Le mécanisme de lésion du LCA dans le ski est le plus souvent dû aux chutes, vers l'avant ou vers l'arrière, avec un bras de levier maximal généré par le ski provoquant un valgus de grande force sur le genou [60][61]. L'environnement en montagne, notamment la faible température en altitude semble jouer un rôle dans l'apparition des blessures [62], en diminuant la force de contraction de muscles fléchisseurs, et en augmentant ainsi la sollicitation du LCA par les muscles extenseurs.

Le type de sport étudié ou le niveau sportif présentent une influence sur les taux de blessure, avec un risque particulièrement plus élevé chez les débutants [60][2]. On ne peut conclure si les blessures du LCA sont dû au facteur hormonal uniquement pour ces études.

Les protocoles établis par ces cinq études rétrospectives en ce qui concerne le recueil des informations sur l'exposition au facteur hormonal montrent également des distinctions. Les études de *Wojtys et al* et *Beynnon et al* ont recours au dosage hormonal, urinaire et sanguin respectivement, recueillis au maximum dans les deux jours. Les études de *Adachi et al*, *Ruedl et al* et *Lefevre et al* établissent le cycle menstruel des participantes sous la forme d'un questionnaire, pouvant être recueilli jusqu'à trois mois pour l'étude d'*Adachi et al*. Le questionnaire de *Wojtys et al* utilisé par les études montre une corrélation moyenne (0,59) dans la détermination du cycle. Il s'avère que les classifications rétrospectives du cycle menstruel basé sur l'auto-déclaration révèlent des inexactitudes [63], avec une variation de la précision selon le moment du cycle. Un doute existe alors quant à la bonne détermination du cycle au moment de la blessure pour ces études contrairement aux études de *Wojtys et al* et *Beynnon et al* qui utilisent le dosage hormonal, plus précis et sans biais de mémorisation. Il semble exister cependant des défauts de fiabilité lorsque le prélèvement hormonal est effectué ponctuellement[64].

De plus, le diagnostic de lésion non-contact du LCA révèle des disparités. Seules les études de *Ruedl et al* et *Adachi et al* réalisent un diagnostic radiographique à l'aide de l'IRM. L'étude de *Lefevre et al* a eu recours au diagnostic clinique, avec le test de Lachman notamment. Ce test qui montre une sensibilité proche de 90%, possède une spécificité plus faible avec des variations praticiens dépendants[65]. Les études de *Wojtys et al* et *Beynnon et al*, ne précisent pas les techniques de diagnostic utilisées. Il semblerait que l'emploi de tests diagnostiques validés par un examen radiologique soit le plus précis pour déterminer une déchirure, partielle ou totale, du LCA.

Malgré les résultats statistiquement significatifs fournis par ces études, de nombreux biais restent présents et peuvent fausser leurs interprétations. Il semble néanmoins qu'un lien causal pourrait exister d'après la similarité des résultats.

#### ➤ **Facteur de risque hormonal selon une concentration**

Une étude incluse a pour objectif de démontrer un risque de lésion non-contact du LCA selon une concentration hormonale. En effet, après un dosage hormonal salivaire entre un groupe de femme blessées au genou et un groupe de femme blessées avec déchirure du LCA, *Stijak et al* mettent en évidence des disparités des taux d'hormone sexuelle entre ces deux groupes. Cet article possède une qualité méthodologique satisfaisante évaluée à 6/9 sur la NOS.

Les résultats montrent qu'il existe une différence intergroupe avec une concentration de testostérone, de 17- $\beta$  estradiol et de progestérone **plus faible** chez les femmes avec déchirure. Ces hormones sexuelles montrent potentiellement un impact sur les propriétés et la composition des tissus conjonctifs, ils pourraient être en lien avec la survenue de blessure du LCA selon ces résultats[66]. On ne peut cependant pas déterminer si une hormone séparément ou si plusieurs hormones combinées sont impliquées dans les blessures. La testostérone semble avoir un rôle sur la prolifération fibroblastique et la rigidité ligamentaire [45][46]. On a vu précédemment que la composition de la MEC du LCA était sensible à la concentration en oestrogène et en progestérone, et pouvait influencer les propriétés du ligament [45][68]. Cette étude met en avant les différences de concentration hormonale pouvant exister entre les femmes et leurs rôles potentiels dans la survenue de blessure.

Une limite existe quant au recueil du dosage hormonal et à l'interprétation de celle-ci. Il serait intéressant de pouvoir étudier les concentrations hormonales dans l'intégralité du cycle menstruel plutôt que selon la phase folliculaire, ou ovulatoire et lutéale. Le cycle menstruel, étant composé de pic de concentration, devrait être étudié dans son ensemble afin d'éviter les biais d'interprétations des profils hormonaux.

Le cycle menstruel étant définis suivant une variation hormonale, on peut supposer que la concentration selon les caractéristiques individuelles mais également selon un moment du cycle peuvent influencer les blessures du LCA chez les femmes.

Cependant, la présence de facteurs de confusion relatifs aux mécanismes lésionnels et aux sports pratiqués par la population doit être prise en compte dans l'analyse des résultats. Les deux groupes restent similaire suivant l'âge et la fréquence de pratique sportive, mais aucune information n'est communiquée selon l'anatomie et les autres facteurs de risque de blessure notamment. On peut se demander si les déchirures du LCA présent dans le groupe de sujets sont seulement dues au facteur hormonal et à une concentration plus faible.

Dans cette revue, une seule étude est incluse pour commenter ce facteur, qui ne peut être correctement apprécié. L'étude de *Dragoo et al*, exclut pour l'intégration de lésions contact dans son protocole, montre une relation entre la relaxine et les blessures du LCA [69]. Cette étude montre un risque multiplié par quatre de blessure au LCA avec une concentration en relaxine supérieure à 6 pg/mL. En effet, la relaxine est une hormone synthétisée par le corps jaune qui aurait un rôle dans la guérison et le remodelage des ligaments, ceux-ci possédant des récepteurs localisés [70]. D'autres études sont alors nécessaires pour évaluer l'impact des concentrations hormonales sur les propriétés des tissus et sur le risque de blessure qui en découle. Il semblerait donc que plusieurs hormones auraient un impact dans le mécanisme des blessures.

Cette étude met en lumière les différences qu'il peut exister dans les concentrations d'hormones entre les femmes. De plus, des variations interindividuelles selon la durée des cycles existent. Les articles de cette revue ont utilisé des cycles menstruels dit réguliers de 28 jours. Hors, de nombreuses études [71][72][73] montrent une grande variabilité en ce qui concerne la durée des cycles entre les femmes, pouvant être décrit entre 25 à 30 jours voir entre 22 et 36 jours avec une moyenne de 28 à 30 jours. Les phases du cycle peuvent être différentes selon les femmes. On retrouve des périodes menstruelles allant de 4 à 6 jours voire de 2 à 8 jours[31], des phases folliculaires pouvant aller de 10 à 21 jours avec une moyenne de 18 jours, des phases lutéales variant de 10 à 16 jours avec une moyenne de 11,7 jours [72].

Des variations intra-individuelles existent également, c'est-à-dire que les cycles menstruels d'une même femme peuvent varier selon les moments de sa vie. On observe une diminution progressive de la durée du cycle entre 20 ans et 35 ans, avec un raccourcissement de celui-ci d'environ 2 jours [72]. Entre les cycles, une grande proportion de femme montre une variation supérieur à 7 jours [73]. Cette variabilité s'exprime notamment dans les taux d'hormones, qui peuvent subir des variations suivant les cycles d'une même femme [74].

Le cycle menstruel peut également être impacté par des facteurs socio-culturel. En effet, un stress, une anxiété élevée, une pratique sportive excessive provoquant une fatigue énergétique aussi bien que des troubles de l'alimentation peuvent avoir un impact sur le cycle et sa régularité [75][76]. Selon *K. Huhmann et al*[75], ces éléments influencent la libération de GnRH avec une

diminution du pic de LH et FSH et donc une diminution de la maturation folliculaire, responsable d'une perturbation hormonale avec une absence d'ovulation et d'une aménorrhée.

La participation sportive semble être impactée par le cycle menstruel. Seule l'étude d'*Adachi et al* prend en compte ce facteur dans l'analyse de leurs résultats. En effet, seulement 74% des participantes de l'étude étaient présentes lors des entraînements sportifs pendant la phase folliculaire qui comprend la période menstruelle. On constate donc que le cycle menstruel a des conséquences sur la participation au sport, une sous-estimation de blessure peut donc exister à ce moment du cycle.

Tous ces éléments rendent compte de la complexité de l'étude de cycle menstruel qui doivent prendre en considération toutes ces variations. L'inclusion de femme ayant un cycle dit « régulier » ne reflète donc pas la majorité des femmes, ni même la réalité chez une femme, et doit être évalué par plusieurs dosages hormonaux suivant plusieurs cycles.

Les déchirures du LCA étant multifactorielles, il est important de prendre en considération la totalité des facteurs pouvant être à l'origine de la blessure (anatomique, environnemental, biomécanique, neuromusculaire, hormonal). Pour le facteur hormonal, une analyse précise de ces variations ainsi que du contexte socio-culturel pendant une durée de plusieurs cycles est nécessaire pour avoir une bonne estimation de son rôle dans les blessures du LCA.

## **4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique**

La représentativité des résultats en pratique clinique correspond à l'intensité de l'association entre le cycle menstruel chez les femmes et les blessures non-contact du LCA dans la population globale.

L'analyse de cette pertinence clinique repose sur l'interprétation des résultats en prenant en considération la validité interne des études et des limites qui en découlent. Les études comprises dans cette revue de littérature soulignent qu'il existe une association importante entre la phase folliculaire et ovulatoire du cycle, et la survenue de blessure du LCA. En regard de la présence de nombreux biais dans ces études, on ne peut conclure avec certitude sur ce rapport de risque. Néanmoins, les différents risques relatifs avec leur intervalle de confiance laissent penser qu'il existe un risque accru pour la phase ovulatoire compris dans la première partie du cycle menstruel.

La recherche d'un lien de causalité entre le cycle menstruel et les lésions du LCA semble important pour expliquer la grande différence d'incidence entre les hommes et les femmes, le facteur hormonal étant présent tout au long de la vie pré-ménopausique des femmes. Au vu du grand nombre de blessures recensées, qui représente environ 200 000 reconstructions chirurgicales par an aux États-Unis [66][21], il est nécessaire d'en étudier ces facteurs de risque dans un but préventif. En effet, la moitié de ces traumatismes concerne une population jeune, d'étudiante de collège ou de lycée [66], avec les conséquences psychologiques, sociales, scolaires ou professionnelles à court terme, ou les conséquences de morbidité à long terme que les blessures du LCA représentent, il est donc essentiel d'en connaître la totalité de ces mécanismes pour palier à ce problème de santé publique.

Dans cette revue, les limites les plus importantes correspondent aux choix des groupes de comparateurs et à la détermination de l'exposition. De plus, la population étudiée regroupe des populations de femmes qui diffèrent selon l'âge (de 11 à 53 ans), la population reste peu homogène et doit être prise en considération dans l'interprétation des résultats. La population la plus à risque représente la population de femme post-pubertaire, il serait alors pertinent d'en étudier l'impact du cycle sur cette population exclusivement.

Le choix d'exclusion des femmes avec un cycle irrégulier dans les populations étudiées n'est pas représentatif de la globalité des femmes. L'étude des cycles avec ou sans aménorrhée doit également être réalisée.

En outre, beaucoup de facteurs extrinsèques et intrinsèques entrent en jeu dans ces études et n'ont pas fait l'objet d'un traitement particulier afin de les minimiser au maximum pour permettre une meilleure analyse dans l'étude d'un facteur déjà complexe comme le facteur hormonal de la femme.

L'étude de *Martin et al* [77] analyse l'influence du cycle menstruel sur plusieurs types de blessures, avec les blessures tendineuses, ligamentaires et osseuses sur tout le corps humain dans le football. Ils ont pu établir une périodicité similaire au moment des blessures. Cette étude montre qu'il pourrait exister un lien causal entre la phase ovulatoire et les blessures chez la femme, en accord avec les résultats présentés dans cette revue.

Dans le domaine de la Masso-Kinésithérapie et dans les disciplines qui entourent les sportives, le cycle menstruel doit donc être pris en considération pour réaliser une prise en charge adaptée aux femmes. Le cycle menstruel influençant les propriétés des ligaments et des tendons, les réponses neuro-dynamiques qui en découlent, la fatigabilité et les performances sportives, les protocoles de rééducation ou de prévention de traumatisme du LCA doivent être ciblés sur ces éléments pour diminuer le facteur de risque.

La prise en charge de femmes sportives doit prendre en considération le cycle menstruel et les différents éléments impactés par celui-ci. L'étude de *Heyward et al* [78] met en avant l'adaptation des coachs sportifs face au cycle menstruel dans l'entraînement des équipes de rugby féminine.

Ces exemples mettent en lumière les manières d'appliquer les résultats de cette revue dans une pratique clinique. En outre, les différents acteurs entourant les femmes sportives pourront créer des protocoles d'entraînement pour les coachs ou de rééducation pour les Masso-kinésithérapeutes spécifiques à chacune d'entre elles.

### 4.3 Qualité des preuves

La qualité des preuves scientifiques est évaluée selon les différents grades de recommandations fournis par la Haute Autorité de Santé (HAS)<sup>5</sup>. Ces grades sont soumis à une classification reposant sur la qualité méthodologique et le niveau de preuve scientifique, afin d'apporter une transparence dans l'élaboration des recommandations de bonne pratique (RBP).

---

<sup>5</sup> HAS « Niveau de preuve et gradation des RBP – État des lieux », lien disponible sur l'URL : [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat\\_des\\_lieux\\_niveau\\_preuve\\_gradation.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf)

Il existe trois grades, A, B et C suivant différents niveaux de preuve :

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

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
<b>A</b> <b>Preuve scientifique établie</b>	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
<b>B</b> <b>Présomption scientifique</b>	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
<b>C</b> <b>Faible niveau de preuve scientifique</b>	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Tableau 8 : Grade de recommandations de la HAS

Cette revue regroupe des études cas-témoins de niveau 3 et des études de cohorte rétrospectives de niveau 4. On en déduit que le grade C est accepté pour cette revue de littérature.

L'évaluation de la qualité méthodologique réalisée avec la NOS, dont la fiabilité inter-évaluateur a été remise en question, ne présente pas à ce jour de validation externe [79]. Dans cette revue, les scores représentent pour cinq études une qualité méthodologique satisfaisante, et pour une étude une haute qualité méthodologique. L'interprétation de ces scores doit donc être réalisée avec prudence.

En effet, quel que soit le score de chaque étude, les biais suivants restent manifestes :

- Les études sont réalisées avec un faible échantillon de la population (18 à 187 sujets),
- Le groupe contrôle est déterminé pour 3 études selon un modèle de blessure théorique, et n'est donc pas représentatif.
- La majorité de la population choisie par les études sont des sportives avec un niveau et une fréquence d'entraînement plus ou moins élevés. Il est donc difficile de les comparer.
- La population étudiée possède un cycle menstruel régulier qui ne correspond pas à la population féminine générale. Les variations interindividuelles de la période d'un cycle sont à prendre en compte. Hors, chaque étude se base sur un cycle de 28 jours.
- Les études réalisées de façon rétrospectives mesurent des dosages hormonales à un instant T sans prendre en compte les possibles variations intra-individuelles de concentrations hormonales du cycle dernier.
- Les lésions du LCA sont multifactorielles, les études n'ont pas analysé la présence de l'ensemble des autres facteurs.

- Les études incluent des populations provenant de cliniques où sont issus les différents auteurs (biais d'admission).
- Les questionnaires ont été remplis, pour la plupart, par un membre du staff de l'équipe sportive.
- Aucune extraction de données (laboratoire ou questionnaire) n'a spécifiquement été réalisée en double aveugle.

Tous ces éléments rendent difficiles l'estimation de la validité et de la fiabilité des résultats.

#### 4.4 Biais potentiels de la revue

L'évaluation de la qualité méthodologique des revues systématiques est réalisée avec la grille AMSTAR. La version franco-canadienne de l'outil AMSTAR (Annexe 3), avec une bonne fiabilité inter-évaluateur et une excellente cohérence interne [80], est utilisée pour apprécier les biais de cette revue. Cet outil comprend onze items informant sur l'objectif de la revue, la méthode de recherche des données, la stratégie de sélection des études, les caractéristiques des études incluses, l'évaluation de la qualité des études, le processus de synthèse des résultats.<sup>6</sup>

Le système de cotation est défini selon quatre réponses possibles aux items :

- 1 point est attribué si la réponse est « oui »,
- 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

- Item 1 : La question de recherche et les critères d'inclusion des études ont été établis en amont de la revue.
- Item 2 : La sélection des études et l'extraction des données n'ont été réalisées que par une personne, ce projet étant un travail personnel dans l'objectif d'obtenir le Diplôme d'État de Masso-Kinésithérapie.
- Item 3 : La recherche documentaire a été effectuée sur trois bases de données scientifiques électroniques, cependant, elle n'a pas été complétée par une stratégie complémentaire (littérature grise, tables des matières de revues scientifiques, manuels ou autres).
- Item 4 : Cette revue inclut deux types d'études : cas-clinique et de cohorte.
- Item 5 et 6 : La liste des études incluses et exclues, et les caractéristiques des études incluses ont été indiquées.
- Item 7 et 8 : Leurs qualités ont été évaluées à l'aide de la grille d'évaluation NOS et les biais potentiels ont été pris en compte lors de la formulation des résultats.
- Item 9 : Aucune méthode pour effectuer un test d'homogénéité n'a été utilisée.
- Item 10 : Le biais de publication n'a pu être évalué car la revue comporte moins de dix articles (six).
- Item 11 : Les auteurs des études incluses ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêt et être conformes au standard éthique. Pour cette revue de littérature, aucun conflit d'intérêt n'est à signaler.

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

<sup>6</sup> HAS « Efficacité des méthodes de mise en œuvre des recommandations médicales – Rapport », lien disponible sur l'URL : [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2014-09/efficacite\\_des\\_methodes\\_de\\_mise\\_en\\_oeuvre\\_des\\_recommandations\\_medicales.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2014-09/efficacite_des_methodes_de_mise_en_oeuvre_des_recommandations_medicales.pdf)

## **5 Conclusion**

### **5.1 Implication pour la pratique clinique**

La présente étude permet de mettre en relation le cycle menstruel et les blessures non-contact du LCA. Une périodicité semble correspondre à un risque accru de blessure. Il s'agirait de la première phase du cycle menstruel comprenant la phase folliculaire et la phase ovulatoire, avec un risque plus élevé entre le 9<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> jour de cycle, au moment de l'ovulation des femmes. Un rapport de risque existerait également selon un taux hormonal au sein du cycle, avec un risque plus prononcé pour les femmes ayant un taux hormonal de progestérone, d'œstrogène et de testostérone plus faible. La complexité des liens entre les nombreuses hormones sexuelles ne nous permet pas de définir avec certitude laquelle ou lesquelles sont impliquées dans le mécanisme lésionnel.

Ces résultats doivent néanmoins être interprétés avec prudence au vu de la nature complexe de l'étude des cycles menstruels chez les femmes pré-ménopausiques. L'association entre les taux hormonaux et les variations du cycle montre un impact sur les traumatismes du ligament souvent sujet aux blessures chez la femme. Malgré le grand nombre de facteurs présentant un risque de lésion du LCA, cette revue de littérature met en évidence l'importance du facteur hormonal et des différentes phases du cycle menstruel pour expliquer la grande disparité d'incidence entre les genres.

La pratique Masso-kinésithérapie doit donc prendre en charge de manière adaptée cette population avec la connaissance d'une influence potentielle du cycle menstruel sur les patientes. La première phase du cycle, principalement la phase ovulatoire, doit faire preuve d'une attention particulière dans la prise en charge et dans les stratégies rééducatives ou/et préventives préconisées chez les patientes à risque ou atteintes de lésion du LCA.

### **5.2 Implication pour la recherche**

Depuis plusieurs années, l'étude de l'horlogerie féminine permet d'établir une nouvelle approche des maux des femmes. Il permet de prendre en considération ce qui compose et influence la femme dans son ensemble et permet d'avoir une approche plus réaliste. Une perception de la femme selon un modèle cyclique, suivant des variations de taux hormonales, est à prendre en compte dans les recherches incluant une population féminine.

Le cycle menstruel est un thème « sensible » car il touche à la sphère féminine encore trop peu représentée dans la littérature, mais au combien essentiel pour une prise en charge optimale.

L'intégration des compétences gynécologiques aux connaissances Masso-kinésithérapiques semble utile pour une prise en charge adaptée au genre féminin. Peu d'articles sont à notre disposition pour le moment. Des études ultérieures avec une approche méthodologique différente pourraient aider à comprendre ces mécanismes de lésion du LCA.

## 6 TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Anatomie du genou [13] .....	2
Figure 2 : Représentation schématique de la surface proximale du tibia, montrant la relation des LCA et LCP avec les attaches ménisques [8].....	3
Figure 3 : Représentation schématique Test de Lachman [8] .....	5
Figure 4 : Représentation schématique du Test du tiroir antérieur [8].....	6
Figure 5 : Représentation schématique du pivot shift test [8].....	6
Figure 6 : Valgus dynamique de l'extrémité inférieure [23] .....	9
Figure 7 : Schéma du cycle menstruel : <a href="https://helloclue.com/articles/cycle-az/the-menstrual-cycle-more-than-just-the-period">https://helloclue.com/articles/cycle-az/the-menstrual-cycle-more-than-just-the-period</a> .....	14
Figure 9 : Diagramme de flux .....	24
Figure 10 : Histogramme des lésions du LCA, tracé par jour du cycle, selon les niveaux de métabolites urinaire [54] .....	31
Tableau 1: Question de recherche selon le modèle PICO .....	17
Tableau 2 : Équations de recherche sur les bases de données .....	21
Tableau 3 : Liste des études exclues et motif d'exclusion .....	26
Tableau 4 : Liste des études incluses.....	26
Tableau 5 : Caractéristiques des participantes et des 'études .....	28
Tableau 6 : NOS études cas-témoins.....	29
Tableau 7 : NOS études de cohorte .....	29
Tableau 8 : Grade de recommandations de la HAS .....	42

## 7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. R. LaBella *et al.*, “Anterior cruciate ligament injuries: Diagnosis, treatment, and prevention,” *Pediatrics*, 2014, doi: 10.1542/peds.2014-0623.
- [2] A. M. Montalvo *et al.*, “Anterior cruciate ligament injury risk in sport: A systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification,” *J. Athl. Train.*, vol. 54, no. 5, pp. 472–482, 2019, doi: 10.4085/1062-6050-407-16.
- [3] B. P. Boden, F. T. Sheehan, J. S. Torg, and T. E. Hewett, “Non-contact ACL Injuries: Mechanisms and Risk Factors,” *Am. Acad. Orthop. Surg.*, vol. 18, no. 9, pp. 520–527, 2010.
- [4] A. M. Joseph, C. L. Collins, N. M. Henke, E. E. Yard, S. K. Fields, and R. D. Comstock, “A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics,” *J. Athl. Train.*, 2013, doi: 10.4085/1062-6050-48.6.03.
- [5] M. Majewski, H. Susanne, and S. Klaus, “Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study,” *Knee*, vol. 13, no. 3, pp. 184–188, 2006, doi: 10.1016/j.knee.2006.01.005.
- [6] D. Michel, *Anatomie de l’Appareil Locomoteur Tome 1 - Membre Inférieur*. 2015.
- [7] P. Kamina, *Anatomie clinique: Anatomie générale, membres*. 2009.
- [8] J. Boughanem and R. R. Shah, “Anterior cruciate ligament injuries,” *Pocket Orthop. Surg.*, pp. 2–12, 2015.
- [9] C. B. Frank, “Ligament structure, physiology and function,” *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*. 2004.
- [10] S. H. Liu *et al.*, “Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament,” *J. Orthop. Res.*, 1996, doi: 10.1002/jor.1100140405.
- [11] L. Siegel, C. Vandenakker-Albanese, and D. Siegel, “Anterior cruciate ligament injuries: Anatomy, physiology, biomechanics, and management,” *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2012, doi: 10.1097/JSM.0b013e3182580cd0.
- [12] N. A. Evans, H. F. Chew, and W. D. Stanish, “The natural history and tailored treatment of ACL injury. / Histoire naturelle et traitement personnalisée d’une blessure du ligament croisé antérieur,” *Physician Sportsmed.*, 2001.
- [13] F. Cimino, B. S. Volk, and D. Setter, “Anterior cruciate ligament injury: Diagnosis, management, and prevention,” *Am. Fam. Physician*, 2010.
- [14] C. CHAVOUTIER, P. L. ; BOUCHET, Jean-Yves ; RICHAUD, “Reproductibilité et fiabilité des mesures périmétriques d’un membre inférieur sain,” *Ann. kinésithérapie*, vol. 27/1, pp. 3–7, 2000.
- [15] L. P. Sturgill, L. Snyder-Mackler, T. J. Manal, and M. J. Axe, “Interrater reliability of a clinical scale to assess knee joint effusion,” *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, vol. 39, no. 12, pp. 845–849, 2009, doi: 10.2519/jospt.2009.3143.
- [16] C. F. van Eck, M. P. J. van den Bekerom, F. H. Fu, R. W. Poolman, and G. M. M. J. Kerkhoffs, “Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture: A meta-analysis of physical examinations with and without anaesthesia,” *Knee Surgery, Sport*.

- Traumatol. Arthrosc.*, vol. 21, no. 8, pp. 1895–1903, 2013, doi: 10.1007/s00167-012-2250-9.
- [17] A. Benjaminse, A. Gokeler, and C. P. Van Der Schans, “Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: A meta-analysis,” *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2006, doi: 10.2519/jospt.2006.2011.
- [18] T. Diermeier *et al.*, “Treatment after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group,” *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 28, no. 8, pp. 2390–2402, 2020, doi: 10.1007/s00167-020-06012-6.
- [19] A. S. Gupta, L. A. Pierpoint, R. D. Comstock, and M. G. Saper, “Sex-Based Differences in Anterior Cruciate Ligament Injuries Among United States High School Soccer Players: An Epidemiological Study,” *Orthop. J. Sport. Med.*, 2020, doi: 10.1177/2325967120919178.
- [20] J. M. Hootman, C. A. Macera, B. E. Ainsworth, C. L. Addy, M. Martin, and S. N. Blair, “Epidemiology of musculoskeletal injuries among sedentary and physically active adults,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2002, doi: 10.1097/00005768-200205000-00017.
- [21] R. C. Mather *et al.*, “Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears,” *J. Bone Jt. Surg. - Am. Vol.*, vol. 95, no. 19, pp. 1751–1759, 2013, doi: 10.2106/JBJS.L.01705.
- [22] P. Renstrom *et al.*, “Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement,” *British Journal of Sports Medicine*. 2008, doi: 10.1136/bjism.2008.048934.
- [23] T. E. Hewett, G. D. Myer, and K. R. Ford, “Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors,” *American Journal of Sports Medicine*. 2006, doi: 10.1177/0363546505284183.
- [24] R. Bahr and T. Krosshaug, “Understanding injury mechanisms: A key component of preventing injuries in sport,” *British Journal of Sports Medicine*. 2005, doi: 10.1136/bjism.2005.018341.
- [25] E. Alentorn-Geli *et al.*, “Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors,” *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, 2009, doi: 10.1007/s00167-009-0813-1.
- [26] C. C. Kaeding, B. Léger-St-Jean, and R. A. Magnussen, “Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries,” *Clinics in Sports Medicine*. 2017, doi: 10.1016/j.csm.2016.08.001.
- [27] B. D. Beynon and S. J. Shultz, “Anatomic alignment, menstrual cycle phase, and the risk of anterior cruciate ligament injury,” *Journal of Athletic Training*. 2008, doi: 10.4085/1062-6050-43.5.541.
- [28] S. J. Karageanes, K. Blackburn, and Z. A. Vangelos, “The association of the menstrual cycle with the laxity of the anterior cruciate ligament in adolescent female athletes,” *Clin. J. Sport Med.*, 2000, doi: 10.1097/00042752-200007000-00003.
- [29] L. Y. Griffin *et al.*, “Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies,” *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, vol. 8, no. 3, pp. 141–150, 2000, doi: 10.5435/00124635-200005000-00001.
- [30] S. M. Hawkins and M. M. Matzuk, “The menstrual cycle: Basic biology,” 2008, doi:

10.1196/annals.1429.018.

- [31] B. G. Reed and B. R. Carr, “The Normal Menstrual Cycle and the Control of Ovulation,” *Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, al., Ed. Endotext [Internet]*, 2018.
- [32] J. D. Vescovi, “The menstrual cycle and anterior cruciate ligament injury risk: Implications of menstrual cycle variability,” *Sport. Med.*, 2011, doi: 10.2165/11538570-000000000-00000.
- [33] A. Armean Wright, G. N. Fayad, J. F. Selgrade, and M. S. Olufsen, “Mechanistic model of hormonal contraception,” *PLoS Comput. Biol.*, 2020, doi: 10.1371/journal.pcbi.1007848.
- [34] M. Mihm, S. Gangooly, and S. Muttukrishna, “The normal menstrual cycle in women,” *Anim. Reprod. Sci.*, vol. 124, no. 3–4, pp. 229–236, 2011, doi: 10.1016/j.anireprosci.2010.08.030.
- [35] R. J. Schmitz and S. J. Shultz, “Anterior knee stiffness changes in laxity ‘responders’ versus ‘nonresponders’ across the menstrual cycle,” *J. Athl. Train.*, vol. 48, no. 1, pp. 39–46, 2013, doi: 10.4085/1062-6050-47.6.07.
- [36] M. Dos Santos A Ndrade, N. C. Mascarin, R. Foster, Z. I. De Jármy Di Bella, R. L. Vancini, and C. A. Barbosa De Lira, “Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players?,” *J. Sports Med. Phys. Fitness*, vol. 57, no. 6, pp. 859–864, 2017, doi: 10.23736/S0022-4707.16.06290-3.
- [37] G. Cristina-Souza *et al.*, “Menstrual cycle alters training strain, monotony, and technical training length in young,” *J Sport Sci.*, 2019.
- [38] S. Vermand and F.-J. Ferrari, “Le cycle menstruel féminin peut-il influencer l’analyse de la posture debout ?,” *Neurophysiol. Clin. Neurophysiol.*, vol. 45, no. 4–5, p. 413, 2015, doi: 10.1016/j.neucli.2015.10.065.
- [39] N. Šimic and A. Ravlic, “Changes in basal body temperature and simple reaction times during the menstrual cycle,” *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, vol. 64, no. 1, pp. 99–106, 2013, doi: 10.2478/10004-1254-64-2013-2167.
- [40] H. M. Pereira, R. D. Larson, and D. A. Bembem, “Menstrual Cycle Effects on Exercise-Induced Fatigability,” *Front. Physiol.*, vol. 11, no. June, pp. 1–12, 2020, doi: 10.3389/fphys.2020.00517.
- [41] J. E. Yim, J. Petrofsky, and H. Lee, “Correlation between mechanical properties of the ankle muscles and postural sway during the menstrual cycle,” *Tohoku J. Exp. Med.*, 2018, doi: 10.1620/tjem.244.201.
- [42] J. Hertel, N. I. Williams, L. C. Olmsted-Kramer, H. J. Leidy, and M. Putukian, “Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes,” *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 14, no. 9, pp. 817–822, 2006, doi: 10.1007/s00167-006-0047-4.
- [43] M. A. Carmichael, R. L. Thomson, L. J. Moran, and T. P. Wycherley, “The impact of menstrual cycle phase on athletes’ performance: a narrative review,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 4, pp. 1–24, 2021, doi: 10.3390/ijerph18041667.
- [44] B. D. Beynon *et al.*, “The effect of estradiol and progesterone on knee and ankle joint laxity,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 33, no. 9, pp. 1298–1304, 2005, doi: 10.1177/0363546505275149.

- [45] D. Martin, C. Sale, S. B. Cooper, and K. J. Elliott-Sale, “Period prevalence and perceived side effects of hormonal contraceptive use and the menstrual cycle in elite athletes,” *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 13, no. 7, pp. 926–932, 2018, doi: 10.1123/ijsp.2017-0330.
- [46] K. M. Hicks, G. Onambélé-Pearson, K. Winwood, and C. I. Morse, “Oral contraceptive pill use and the susceptibility to markers of exercise-induced muscle damage,” *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 117, no. 7, pp. 1393–1402, 2017, doi: 10.1007/s00421-017-3629-6.
- [47] K. Mackay, C. González, H. Zbinden-Foncea, and L. Peñailillo, “Effects of oral contraceptive use on female sexual salivary hormones and indirect markers of muscle damage following eccentric cycling in women,” *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 119, no. 11–12, pp. 2733–2744, 2019, doi: 10.1007/s00421-019-04254-y.
- [48] H. Lee, J. S. Petrofsky, and J. E. Yim, “Do oral contraceptives alter knee ligament damage with heavy exercise?,” *Tohoku J. Exp. Med.*, vol. 237, no. 1, pp. 51–56, 2015, doi: 10.1620/tjem.237.51.
- [49] G. Gilmer and G. D. Oliver, “Preliminary Evaluation of Knee Kinetics in Female Athletes on Hormonal Contraceptives,” *Int. J. Sports Med.*, vol. 41, no. 2, pp. 113–118, 2020, doi: 10.1055/a-1034-7901.
- [50] J. Agel, B. Bershadsky, and E. A. Arendt, “Hormonal therapy: ACL and ankle injury,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 38, no. 1, pp. 7–12, 2006, doi: 10.1249/01.mss.0000194072.13021.78.
- [51] S. T. Sims and A. K. Heather, “Myths and Methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases,” *Exp. Physiol.*, vol. 103, no. 10, pp. 1309–1317, 2018, doi: 10.1113/EP086797.
- [52] A. Stang, “Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses,” *Eur. J. Epidemiol.*, vol. 25, no. 9, pp. 603–605, 2010, doi: 10.1007/s10654-010-9491-z.
- [53] J. H. Zaccai, “How to assess epidemiological studies,” *Postgrad. Med. J.*, vol. 80, no. 941, pp. 140–147, 2004, doi: 10.1136/pgmj.2003.012633.
- [54] W. EM, H. LJ, B. MD, S. KP, and L. TN, “The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels,” *Am. J. Sports Med.*, 2002.
- [55] B. D. Beynnon *et al.*, “The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: A case-control study of recreational alpine skiers,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 34, no. 5, pp. 757–764, 2006, doi: 10.1177/0363546505282624.
- [56] N. Adachi, K. Nawata, M. Maeta, and Y. Kurozawa, “Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes,” *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, vol. 128, no. 5, pp. 473–478, 2008, doi: 10.1007/s00402-007-0461-1.
- [57] G. Ruedl *et al.*, “Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers?,” *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 17, no. 9, pp. 1065–1069, 2009, doi: 10.1007/s00167-009-0786-0.
- [58] N. Lefevre, Y. Bohu, S. Klouche, J. Lecocq, and S. Herman, “Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers,” *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, vol. 99, no. 5, pp. 571–575, 2013, doi: 10.1016/j.otsr.2013.02.005.

- [59] L. Stijak *et al.*, “The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: female study,” *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 23, no. 9, pp. 2742–2749, 2015, doi: 10.1007/s00167-014-3077-3.
- [60] A. Davey, N. K. Endres, R. J. Johnson, and J. E. Shealy, “Alpine Skiing Injuries,” *Sports Health*, vol. 11, no. 1, pp. 18–26, 2019, doi: 10.1177/1941738118813051.
- [61] S. Sulheim, I. Holme, A. Rødven, A. Ekeland, and R. Bahr, “Risk factors for injuries in alpine skiing, telemark skiing and snowboarding - Case-control study,” *Br. J. Sports Med.*, vol. 45, no. 16, pp. 1303–1309, 2011, doi: 10.1136/bjsports-2011-090407.
- [62] R. Csapo, R. Folie, S. Hosp, M. Hasler, and W. Nachbauer, “Why do we suffer more ACL injuries in the cold? A pilot study into potential risk factors,” *Phys. Ther. Sport*, vol. 23, pp. 14–21, 2017, doi: 10.1016/j.ptsp.2016.07.004.
- [63] T. W. Tourville *et al.*, “Evaluation of an algorithm to predict menstrual-cycle phase at the time of injury,” *J. Athl. Train.*, vol. 51, no. 1, pp. 47–56, 2016, doi: 10.4085/1062-6050-51.3.01.
- [64] N. Unwin, N. Ahmad, N. Unwin, and T. M. Pollard, “The optimal timing of blood collection during the menstrual cycle for the assessment of endogenous sex hormones: Can interindividual differences in levels over the whole cycle be assessed on a single day?,” *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, vol. 11, no. 1, pp. 147–151, 2002.
- [65] W. Huang, Y. Zhang, Z. Yao, and L. Ma, “Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review and meta-analysis,” *Acta Orthop. Traumatol. Turc.*, vol. 50, no. 1, pp. 22–31, 2016, doi: 10.3944/AOTT.2016.14.0283.
- [66] E. Matzkin and K. Garvey, “Sex Differences in Common Sports-Related Injuries,” *NASN Sch. Nurse*, vol. 34, no. 5, pp. 266–269, 2019, doi: 10.1177/1942602X19840809.
- [67] R. M. Lovering and W. A. Romani, “Effect of testosterone on the female anterior cruciate ligament,” *Am. J. Physiol. - Regul. Integr. Comp. Physiol.*, vol. 289, no. 1 58-1, 2005, doi: 10.1152/ajpregu.00829.2004.
- [68] A. Yoshida *et al.*, “In vivo effects of ovarian steroid hormones on the expressions of estrogen receptors and the composition of extracellular matrix in the anterior cruciate ligament in rats,” *Connect. Tissue Res.*, vol. 50, no. 2, pp. 121–131, 2009, doi: 10.1080/03008200802531287.
- [69] J. L. Dragoo, T. N. Castillo, H. J. Braun, B. A. Ridley, A. C. Kennedy, and S. R. Golish, “Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 39, no. 10, pp. 2175–2180, 2011, doi: 10.1177/0363546511413378.
- [70] F. Dehghan, B. S. Haerian, S. Muniandy, A. Yusof, J. L. Dragoo, and N. Salleh, “The effect of relaxin on the musculoskeletal system,” *Scand. J. Med. Sci. Sport.*, vol. 24, no. 4, pp. 220–229, 2014, doi: 10.1111/sms.12149.
- [71] P. H. Gann, S. Giovanazzi, L. Van Horn, A. Branning, and J. Chatterton, “Saliva as a medium for investigating intra- and interindividual differences in sex hormone levels in premenopausal women,” *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, vol. 10, no. 1, pp. 59–64, 2001.
- [72] S. Najmabadi, K. C. Schliep, S. E. Simonsen, C. A. Porucznik, M. J. Egger, and J. B. Stanford, “Menstrual bleeding, cycle length, and follicular and luteal phase lengths in women without known subfertility: A pooled analysis of three cohorts,” *Paediatr.*

*Perinat. Epidemiol.*, vol. 34, no. 3, pp. 318–327, 2020, doi: 10.1111/ppe.12644.

- [73] R. J. Fehring, M. Schneider, and K. Raviele, “Variability in the phases of the menstrual cycle,” *JOGNN - J. Obstet. Gynecol. Neonatal Nurs.*, vol. 35, no. 3, pp. 376–384, 2006, doi: 10.1111/j.1552-6909.2006.00051.x.
- [74] C. J. K. Henry, H. J. Lightowler, and J. Marchini, “Intra-individual variation in resting metabolic rate during the menstrual cycle,” *Br. J. Nutr.*, vol. 89, no. 6, pp. 811–817, 2003, doi: 10.1079/bjn2003839.
- [75] K. Huhmann, “Menses Requires Energy: A Review of How Disordered Eating, Excessive Exercise, and High Stress Lead to Menstrual Irregularities,” *Clin. Ther.*, vol. 42, no. 3, pp. 401–407, 2020, doi: 10.1016/j.clinthera.2020.01.016.
- [76] J. Witkoś and P. Wróbel, “Menstrual disorders in amateur dancers,” *BMC Womens. Health*, vol. 19, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1186/s12905-019-0779-1.
- [77] D. Martin *et al.*, “Injury Incidence Across the Menstrual Cycle in International Footballers,” *Front. Sport. Act. Living*, vol. 3, no. March, pp. 1–7, 2021, doi: 10.3389/fspor.2021.616999.
- [78] O. Heyward, B. Nicholson, S. Emmonds, G. Roe, and B. Jones, “Physical Preparation in Female Rugby Codes: An Investigation of Current Practices,” *Front. Sport. Act. Living*, vol. 2, no. November, 2020, doi: 10.3389/fspor.2020.584194.
- [79] J. K. Harrison, J. Reid, T. J. Quinn, and S. D. Shenkin, “Using quality assessment tools to critically appraise ageing research: A guide for clinicians,” *Age Ageing*, vol. 46, no. 3, pp. 359–365, 2017, doi: 10.1093/ageing/afw223.
- [80] L. Brosseau *et al.*, “The French-Canadian version of the Assessment of Multiple Systematic Reviews (AMSTAR) tool,” *Physiother. Canada*, vol. 69, no. 1, pp. 20–29, 2017, doi: 10.3138/ptc.2015-80F.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Newcastle-Ottawa scale

### NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE CASE CONTROL STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Exposure categories. A maximum of two stars can be given for Comparability.

#### **Selection**

1) Is the case definition adequate?

- a) yes, with independent validation ➤
- b) yes, eg record linkage or based on self reports c) no description

2) Representativeness of the cases

- a) consecutive or obviously representative series of cases ➤
- b) potential for selection biases or not stated

3) Selection of Controls

- a) community controls ➤
- b) hospital controls
- c) no description

4) Definition of Controls

- a) no history of disease (endpoint) ➤
- b) no description of source

#### **Comparability**

1) Comparability of cases and controls on the basis of the design or analysis

- a) study controls for \_\_\_\_\_ (Select the most important factor.) ➤
- b) study controls for any additional factor ➤ (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

#### **Exposure**

1) Ascertainment of exposure

- a) secure record (eg surgical records) ➤
- b) structured interview where blind to case/control status ➤
- c) interview not blinded to case/control status
- d) written self report or medical record only
- e) no description

2) Same method of ascertainment for cases and controls a) yes ➤

b) no

3) Non-Response rate

- a) same rate for both groups ➤
- b) non respondents described
- c) rate different and no designation

## NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE COHORT STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Outcome categories. A maximum of two stars can be given for Comparability

### Selection

1) Representativeness of the exposed cohort

- a) truly representative of the average \_\_\_\_\_ (describe) in the community ➤ b) somewhat representative of the average \_\_\_\_\_ in the community ➤
- c) selected group of users eg nurses, volunteers
- d) no description of the derivation of the cohort

2) Selection of the non exposed cohort

- a) drawn from the same community as the exposed cohort ➤ b) drawn from a different source
- c) no description of the derivation of the non exposed cohort

3) Ascertainment of exposure

- a) secure record (eg surgical records) ➤ b) structured interview ➤
- c) written self report
- d) no description

4) Demonstration that outcome of interest was not present at start of study a) yes ➤

b) no

### Comparability

1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis

- a) study controls for \_\_\_\_\_ (select the most important factor) ➤
- b) study controls for any additional factor ➤ (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

### Outcome

1) Assessment of outcome

- a) independent blind assessment ➤ b) record linkage ➤
- c) self report
- d) no description

2) Was follow-up long enough for outcomes to occur

- a) yes (select an adequate follow up period for outcome of interest) ➤ b) no

3) Adequacy of follow up of cohorts

- a) complete follow up - all subjects accounted for ➤
- b) subjects lost to follow up unlikely to introduce bias - small number lost - > \_\_\_\_ % (select an adequate %) follow up, or description provided of those lost) ➤
- c) follow up rate < \_\_\_\_% (select an adequate %) and no description of those lost d) no statement

**Annexe 2 : Questionnaire Lefevre et al (2013)**

<b>Date of birth</b> ...../...../.....	<b>of Date of Accident</b> ...../...../.....																																																																																																																																																																															
<b>Ski accident</b>	No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
<b>PART I: Questions concerning the accident</b>																																																																																																																																																																																
Mechanism of the accident <i>(several answers are possible)</i>	Backward fall <input type="checkbox"/> Forward fall <input type="checkbox"/> Fall to either side <input type="checkbox"/> Twisting or rotation of the knee <input type="checkbox"/> No twisting of the knee <input type="checkbox"/> Other..... .....																																																																																																																																																																															
Type of ski slope	Green <input type="checkbox"/> Blue <input type="checkbox"/> Red <input type="checkbox"/> Black <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
Speed of the ski accident	Zero <input type="checkbox"/> Slow <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Fast <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
Did you remove your skis?	No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
<b>PART II: Specific ski questions</b>																																																																																																																																																																																
How long have you practiced skiing?	.....Years																																																																																																																																																																															
How many times a year?	.....Times a year																																																																																																																																																																															
At what level?	Recreational <input type="checkbox"/> Competition <input type="checkbox"/> Teacher <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
<b>PART III: Menstrual Cycle</b>																																																																																																																																																																																
Last Menstrual Period (LMP)	...../...../.....  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">                     December 2010  <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <thead><tr><th>M</th><th>T</th><th>W</th><th>T</th><th>F</th><th>S</th><th>S</th></tr></thead> <tbody> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;">                     January 2011  <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <thead><tr><th>M</th><th>T</th><th>W</th><th>T</th><th>F</th><th>S</th><th>S</th></tr></thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;">                     February 2011  <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <thead><tr><th>M</th><th>T</th><th>W</th><th>T</th><th>F</th><th>S</th><th>S</th></tr></thead> <tbody> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;">                     March 2011  <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <thead><tr><th>M</th><th>T</th><th>W</th><th>T</th><th>F</th><th>S</th><th>S</th></tr></thead> <tbody> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> </div> </div>	M	T	W	T	F	S	S		1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			M	T	W	T	F	S	S						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							M	T	W	T	F	S	S		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							M	T	W	T	F	S	S		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
M	T	W	T	F	S	S																																																																																																																																																																										
	1	2	3	4	5																																																																																																																																																																											
6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																										
13	14	15	16	17	18	19																																																																																																																																																																										
20	21	22	23	24	25	26																																																																																																																																																																										
27	28	29	30	31																																																																																																																																																																												
M	T	W	T	F	S	S																																																																																																																																																																										
					1	2																																																																																																																																																																										
3	4	5	6	7	8	9																																																																																																																																																																										
10	11	12	13	14	15	16																																																																																																																																																																										
17	18	19	20	21	22	23																																																																																																																																																																										
24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																										
31																																																																																																																																																																																
M	T	W	T	F	S	S																																																																																																																																																																										
	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																										
7	8	9	10	11	12	13																																																																																																																																																																										
14	15	16	17	18	19	20																																																																																																																																																																										
21	22	23	24	25	26	27																																																																																																																																																																										
28																																																																																																																																																																																
M	T	W	T	F	S	S																																																																																																																																																																										
	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																										
7	8	9	10	11	12	13																																																																																																																																																																										
14	15	16	17	18	19	20																																																																																																																																																																										
21	22	23	24	25	26	27																																																																																																																																																																										
28	29	30	31																																																																																																																																																																													
Do you have regular menstrual cycles?	No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
Do you take a contraceptive pill?	No <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															

	What is your contraceptive method? ..... Yes <input type="checkbox"/> Which one? .....
<b>THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR PARTICIPATION IN THIS SURVEY!</b>	
<b><i>Doctor's Conclusion</i></b>	
Suspected ACL injury	No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>
:	

## Annexe 3 : Grille d'évaluation AMSTAR



### 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

©Shea et al. BMC Medical Research Methodology 2007 7:10 doi:10.1186/1471-2288-7-10.

*Les remarques (en italiques), signées Michelle Weir, Julia Worswick et Carolyn Wayne, rendent compte de conversations avec Bev Shea et (ou) Jeremy Grimshaw qui ont eu lieu en juin et octobre 2008 ainsi qu'en juillet et septembre 2010.*

## RÉSUMÉ

**Introduction :** Les lésions du ligament croisé antérieur (LCA) sont les blessures les plus couramment rencontrées dans le milieu sportif. Le taux d'incidence de blessure du LCA est supérieur chez les femmes comparé aux hommes. De nombreux facteurs de risque sont impliqués dans le mécanisme lésionnel des blessures tel que les facteurs : anatomique, neuromusculaire, biomécanique et hormonal. Le cycle menstruel avec ses fluctuations hormonales complexes semble avoir un impact sur le risque de blessure.

**Objectif :** L'objectif est de déterminer, à partir de la littérature actuelle, si le facteur hormonal représenté par le cycle menstruel joue un rôle dans l'apparition des blessures non-contact chez les femmes dans le milieu sportif, ce qui pourrait expliquer la disparité entre les genres.

**Méthodologie de recherche :** Afin de répondre à cette question étiologique, des recherches sont effectuées sur Pubmed, Cochrane Library et Science Direct. Les études incluses doivent être publiées après les années 2000, et doivent inclure des études cas-témoin, de cohorte ou transversale. La population étudiée comprend des femmes physiquement actives en période pré-ménopausique avec une blessure non-contact du LCA. Chaque article est évalué avec la grille NOS.

**Résultats et analyses :** 6 études rétrospectives sont retenues dans cette revue. Les études montrent une corrélation entre la première phase du cycle et les lésions non-contact du LCA. La phase ovulatoire comprise entre le 9<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> jour, présente une fréquence plus élevée de blessure. De plus, un faible taux hormonal de testostérone et de progestérone pourrait également être un facteur de risque de lésion du LCA.

**Discussion :** L'horlogerie féminine semble jouer un rôle dans le taux plus important de lésion chez les femmes. La phase ovulatoire avec ses pics hormonaux notamment. Cependant de nombreux facteurs sont impliqués dans le mécanisme des blessures. Des études ultérieures avec un plus haut niveau de preuves scientifiques et une prise en compte des autres facteurs de risque semblent nécessaires afin d'éclaircir ce rapport de causalité.

**Mots clés :** lésion non-contact LCA, facteur hormonal, cycle menstruel, hormone sexuelle.

## ABSTRACT

**Introduction :** Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are the most common injuries encountered in sports. The incidence rate of ACL injury is higher in women than in men. Many risk factors are involved in the injury mechanism such as: anatomical, neuromuscular, biomechanical and hormonal factors. The menstrual cycle with its complex hormonal fluctuations seems to have an impact on the risk of injury.

**Objective :** The objective is to determine from the current literature whether the hormonal factor represented by the menstrual cycle plays a role in the occurrence of non-contact injuries in women in sport that could explain the gender disparity.

**Research methodology :** To answer this etiological question, searches were conducted on Pubmed, Cochrane Library, and Science Direct. Included studies must be published after the 2000s, and must include case-control, cohort, or cross-sectional studies. The study population included physically active premenopausal women with a non-contact ACL injury. Each article was evaluated using the NOS grid.

**Results and analysis :** 6 retrospective studies were included in this review. The studies show a correlation between the first phase of the cycle and non-contact ACL injury. The ovulatory phase between the 9th and 14th day presents a higher frequency of injury. In addition, low testosterone and progesterone levels could also be a risk factor for ACL injury.

**Discussion :** Female clockwork seems to play a role in the increased rate of injury in women. The ovulatory phase with its hormonal peaks in particular. However, many factors are involved in the mechanism of injury. Further studies with a higher level of scientific evidence and consideration of other risk factors seem necessary to clarify this causal relationship.

**Key words :** ACL non-contact injury, hormonal factor, menstrual cycle, sex hormone.