



HAL
open science

L'impact de la croissance sur l'incidence des blessures chez les jeunes footballeurs lors du jeu

Louise Robert

► **To cite this version:**

Louise Robert. L'impact de la croissance sur l'incidence des blessures chez les jeunes footballeurs lors du jeu. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04779881

HAL Id: dumas-04779881

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04779881v1>

Submitted on 13 Nov 2024

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

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

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

**L'IMPACT DE LA CROISSANCE SUR
L'INCIDENCE DES BLESSURES CHEZ LES
JEUNES FOOTBALLEURS LORS DU JEU**

ROBERT Louise
Directeur de mémoire: Mr MATTON Maxime

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je souhaite exprimer mes sincères remerciements à Mr Maxime MATTON, pour sa disponibilité, ses conseils et sa direction ainsi que pour m'avoir aidé à pousser ma réflexion durant la rédaction de mon mémoire de fin d'étude.

Je remercie également l'ensemble des professeurs et intervenants de l'IFMK de Marseille pour leurs enseignements et encadrements tout au long de ma formation.

J'adresse aussi toute ma gratitude à tous les kinésithérapeutes avec qui j'ai effectué mes stages, notamment pour le temps qu'ils m'ont consacré pour me transmettre leur savoir.

Merci à mes amis ainsi que ma famille pour m'avoir épaulée et guidée durant ces quatre années d'études.

Table des matières

PREAMBULE	1
1. INTRODUCTION	3
1.1. EPIDEMIOLOGIE DES BLESSURES CHEZ LES JEUNES FOOTBALLEURS ELITES	3
1.2. HISTOLOGIE	6
1.2.1. <i>Le tissu osseux</i>	6
1.2.2. <i>Le cartilage de croissance</i>	7
1.3. LA CROISSANCE ET LES JEUNES ATHLETES	10
1.3.1. <i>Définitions</i>	10
1.3.2. <i>Les Hormones de croissance lors de la puberté</i>	10
1.3.3. <i>La croissance staturale</i>	12
1.3.4. <i>Le cerveau et la puberté</i>	13
1.3.5. <i>La maturation et le sport</i>	13
1.3.6. <i>Quels examens médicaux et éléments de bilan pour suivre la croissance ?</i>	14
1.3.6.1. <i>Imagerie</i>	14
1.3.6.2. <i>Examen clinique</i>	15
1.3.7. <i>Les apophysites</i>	16
1.3.7.1. <i>Physiopathologie</i>	16
1.3.7.2. <i>Un exemple : La Maladie de Osgood-Schlatter (OSD)</i>	17
1.3.7.3. <i>Les traitements</i>	17
1.4. LES ENJEUX DU FOOTBALL A HAUT-NIVEAU	19
1.5. HYPOTHESES ET INTERET DE L'ETUDE	20
1.5.1. <i>Intérêt de la revue de littérature</i>	20
1.5.2. <i>Objectif de la revue de littérature</i>	20
2. METHODE	21
2.1. CRITERES D'ELIGIBILITE DES ETUDES POUR CETTE REVUE	21
2.1.1. <i>Les schémas d'études</i>	21
2.1.2. <i>La population</i>	22
2.1.3. <i>Le facteur pronostique</i>	22
2.2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE DES ETUDES	22
2.2.1. <i>Les sources documentaires</i>	22
2.2.2. <i>Les équations de recherche</i>	23
2.3. METHODE D'EXTRACTION ET D'ANALYSE DES DONNEES	23
2.3.1. <i>Méthode de sélection des études</i>	23
2.3.2. <i>Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées</i>	24
2.3.3. <i>Extraction des données</i>	25
2.4. METHODE DE SYNTHESSES DES RESULTATS	25
3. RESULTATS	26
3.1. DESCRIPTION DES ETUDES	26
3.1.1. <i>Résultats de la recherche</i>	26
3.1.2. <i>Etudes incluses</i>	27
3.1.3. <i>Etudes exclues</i>	30
3.2. RISQUE DE BIAIS DES ETUDES INCLUSES	32
3.2.1. <i>Grille d'évaluation : La QUIPS Tool</i>	32
3.2.2. <i>Les biais identifiés</i>	33
3.3. EFFET DE L'INTERVENTION	35
3.3.1. <i>Monasterio et al</i>	35
3.3.2. <i>Mandorino et al</i>	39
3.3.3. <i>Robles et al</i>	39
3.3.4. <i>Hall et al</i>	40
3.3.5. <i>Bult et al</i>	42
3.3.6. <i>Van der sluis et al</i>	43

4.	DISCUSSION	44
4.1.	LA POPULATION	44
4.2.	INTERVENTION : LE PIC DE CROISSANCE	45
4.3.	CRITERE DE JUGEMENT : INCIDENCE DE BLESSURE	46
4.4.	L'INCIDENCE GENERALE DE BLESSURE	47
4.5.	L'INCIDENCE DES TYPES DE BLESSURE.....	49
4.5.1.	<i>Incidence des lésions myo-aponévrotiques.....</i>	49
4.5.2.	<i>Incidence des lésions articulaire et ligamentaires</i>	50
4.5.3.	<i>Incidence des pathologies de croissance</i>	51
4.5.4.	<i>Incidence de blessures traumatiques/surutilisation</i>	52
4.5.5.	<i>Incidence de blessure en match et à l'entraînement</i>	52
4.5.6.	<i>Incidence de blessure avec ou sans contact.....</i>	54
4.6.	APPLICABILITE DES RESULTATS EN SITUATION CLINIQUE	56
4.7.	QUALITE DES PREUVES	58
4.8.	BIAIS POTENTIELS DE LA REVUE.....	60
5.	CONCLUSION.....	63
5.1.	IMPLICATION POUR LA PRATIQUE.....	63
5.2.	IMPLICATION POUR LA RECHERCHE.....	64
	BIBLIOGRAPHIE	67
6.	ANNEXES.....	72

Listes des acronymes et abréviation :

ESVP = Echauffement Structuré à visée préventive
FIFA = Fédération internationale de football association
FSH = Follicule stimulating Hormone
GH = Growth Hormone
GnRH = Gonadotropin-Releasing Hormone
HR = Hazard Ratio
IC95% = Intervalle de confiance à 95%
IGF-1 = Insuline like growth factor – 1
IID = Injury incidence ratio
IRM = Imagerie à résonance magnétique
IR = Incidence ratio
IRR = Incidence Rate Ratio
LH = Luteinizing hormon
LMA : Lésion musculo-aponévrotique
MI = Membre inférieur
MID = Minimal important difference
MO = Maturity Offset
OR = Odds Ratio
OSD = Osgood-Schlatter Disease
PHV = Peak Height Velocity
RR = Risk ratio
SEBT = Star Excursion Balance Test
SF = Substance fondamentale
TMF = troubles musculaires fonctionnels
UEFA = Union des association européennes de football
VC = Vitesse de croissance

Préambule

Avant de commencer la rédaction de ce mémoire de fin d'étude, il me semble important d'énoncer les motivations et les objectifs du sujet que j'ai décidé d'aborder. Il s'intitule : « L'impact de la croissance sur l'incidence des blessures des jeunes footballeurs lors du jeu » et clôture ma 4^{ème} année (2023-2024) à l'Institut de Formation de Masseur-Kinésithérapeute à Marseille.

Les premières idées sur cette thématique émergent durant mon 2^{ème} stage de 3^{ème} année (période février-mars) à l'occasion de mon séjour au centre d'entraînement Robert Louis-Dreyfus avec le staff médical du Centre de Formation de l'Olympique de Marseille. Un an auparavant, je choisisais ce stage pour expérimenter la branche sportive de la kinésithérapie. Pourtant, mes connaissances techniques sur le football, son environnement, ses enjeux, ses acteurs étaient limitées.

J'ai eu l'occasion de découvrir les coulisses du sport de haut niveau et de pouvoir participer à l'accompagnement de jeunes en formation durant cette période. J'ai pris en charge des patients avec une kinésithérapie orientée vers le soin mais aussi vers la performance, ce qui a amélioré ma pratique globale en tant que future diplômée.

La prise en charge de jeunes sportifs de haut niveau dans un environnement orienté vers la réussite, vers un seul objectif : devenir footballeur professionnel, a éveillé chez moi un profond intérêt.

J'ai constaté les sacrifices qu'entraîne le but ultime de faire du football son métier. Nous le savons tous, le sport à haut niveau est un milieu très élitiste où il est difficile de gagner une place qui restera fragile. Tous ces jeunes en ont conscience.

La plupart sont des adolescents qui investissent leur temps et leur énergie pour atteindre cet objectif. J'ai ressenti une réelle satisfaction à participer à leur apprentissage, à les accompagner, que ce soit dans la reprise de leur activité à la suite d'une blessure ou la gestion de leur récupération après l'effort.

Dès lors, un second stage au mois d'août s'est imposé.

Durant ces deux périodes, j'ai observé chez ces jeunes sportifs l'appréhension de la blessure. Pour la plupart d'entre eux, elle est source d'inquiétude. Elle peut avoir pour conséquence la suspension des matchs et des entraînements ou l'arrêt fatal de leur future carrière.

J'ai été confrontée à des joueurs qui, craignant un diagnostic négatif, refusaient de consulter le médecin. Certains souhaitaient passer leur souffrance sous silence et préféraient continuer de jouer malgré la douleur, espérant que celle-ci passerait, plutôt que d'être mis aux soins. Je me suis parfois trouvée dans des situations délicates.

Même si tout est mis en œuvre pour que les équipes restent en bonne santé (prévention, nutrition, suivi médical, tests de présaison ...), le staff se retrouve fatalement face à des sujets souvent blessés lors de l'entraînement ou bien lors de matchs à haute intensité.

Je me suis donc questionnée sur les causes potentielles de l'apparition de blessures et s'il était possible d'en limiter les incidences sur les corps et esprits des joueurs.

En premier lieu, j'ai recherché des techniques ou protocoles pertinents : le travail de la fonction neuromotrice, la neuromobilisation pour améliorer la mobilité [...]. Mais ces thèmes manquaient de spécificité envers la population que je voulais étudier. En second lieu, j'ai recherché dans la littérature des tests ou questionnaires qui établiraient un profil psychologique chez le jeune sportif et permettrait de l'appréhender spécifiquement pour l'amélioration de la prise en charge kinésithérapeutique. Malheureusement, l'hétérogénéité des études n'autorisait pas une interprétation dans le domaine de la kinésithérapie.

Mes recherches ont fini par s'orienter vers la croissance du jeune sportif, c'est un des facteurs clés de la prise en charge. Elle expose le sujet à de multiples changements (physiques, psychiques, hormonaux ...), qu'il doit appréhender, tout en gardant en ligne de mire ses objectifs.

Dans cet écrit, j'exposerai les effets de cette croissance et ouvrirait la discussion sur les possibles impacts que le kinésithérapeute pourra avoir pour nos prises en charge.

1. Introduction

1.1. Epidémiologie des blessures chez les jeunes footballeurs élites

Dans cette partie portant sur l'épidémiologie des blessures chez les jeunes footballeurs, nous identifierons toutes les caractéristiques qu'elles comportent. Nous irons de l'incidence jusqu'aux pathologies les plus fréquentes, en passant par le mécanisme de la lésion, l'âge auquel il est le plus susceptible d'être blessé, les facteurs de risque, les postes, la période de l'année la plus à risque.

Comme tout sport pratiqué à haut niveau, le football entraîne une augmentation de l'incidence de blessures chez les athlètes de tout âge. C'est un sport qui comporte beaucoup de contacts avec l'adversaire, de changement de direction (pivot), d'accélération, donc beaucoup de situation où le corps de l'athlète est mis à rude épreuve. Notre sujet portant sur les jeunes footballeurs, nous orienterons nos données épidémiologiques sur cette population.

Lorsque que l'on lit la littérature, on constate beaucoup de similitude entre les blessures de footballeurs professionnels adultes et celles de jeunes footballeurs.

Cependant, une population de jeunes footballeurs élites présente une incidence des blessures différentes de celle des footballeurs professionnels adultes. En effet, d'après la revue de Pfirrmann et al [1], les jeunes footballeurs seraient plus souvent blessés durant les heures d'entraînements que les adultes professionnels (valeur la plus haute [moyenne] = 11,1 [6,9] et 5,8 [3,7], respectivement). De plus, il existe des différences notables qui intéresseront notre propos sur la croissance.

A quelle fréquence ?

Concernant l'incidence des blessures sur une saison, il apparaît que les joueurs (U9 à U21) présentent en moyenne 5,8 blessures (95% IC 3,4-10,0) pour 1000h de jeu total [2]. On sait aussi que les joueurs les plus jeunes de cette population, vont plus se blesser durant les entraînements que les joueurs plus âgés (respectivement 4,1 et 3,8 pour 1000h). Pour les matchs, les joueurs plus âgés (U16 et plus) vont avoir se blesser avec 14,2 blessures pour 1000h de match (U14 = 9,5 et U15 = 10,4) [3].

Ces chiffres s'expliquent par une intensité supérieure déployée durant les matchs ainsi que la notion de confrontation et de compétitivité contre l'équipe adverse, qui augmente avec l'âge des joueurs et les enjeux de la compétition. Ce qui nous amène à dire que les joueurs les plus âgés (U18-U21) présentent une plus grande probabilité de se blesser durant la saison (23 à 85%) que les U14-U16 et les U13.

On observe donc un phénomène d'augmentation de blessures dans l'année sur une équipe avec une augmentation de l'âge.

Quels mécanismes ?

Les blessures sans-contact représentent 66% des blessures subies par les jeunes footballeurs [2]. On retrouve que 71% des blessures sont traumatiques (apparition soudaine et cause connue), et 29% de surutilisation (installation insidieuse et traumatisme non connu) [4].

De plus, le sport à haut niveau peut entraîner un « stress mécanique », au-delà de la capacité d'adaptation maximale [5] entraînant des microlésions sur les tissus organiques. Associés à une fréquence d'entraînement élevée, ces tissus lésés ne peuvent pas se régénérer entièrement.

Sur le long terme, des blessures qualifiées de sur sollicitation peuvent apparaître, avec une apparition insidieuse et de blessures par traumatisme connu.

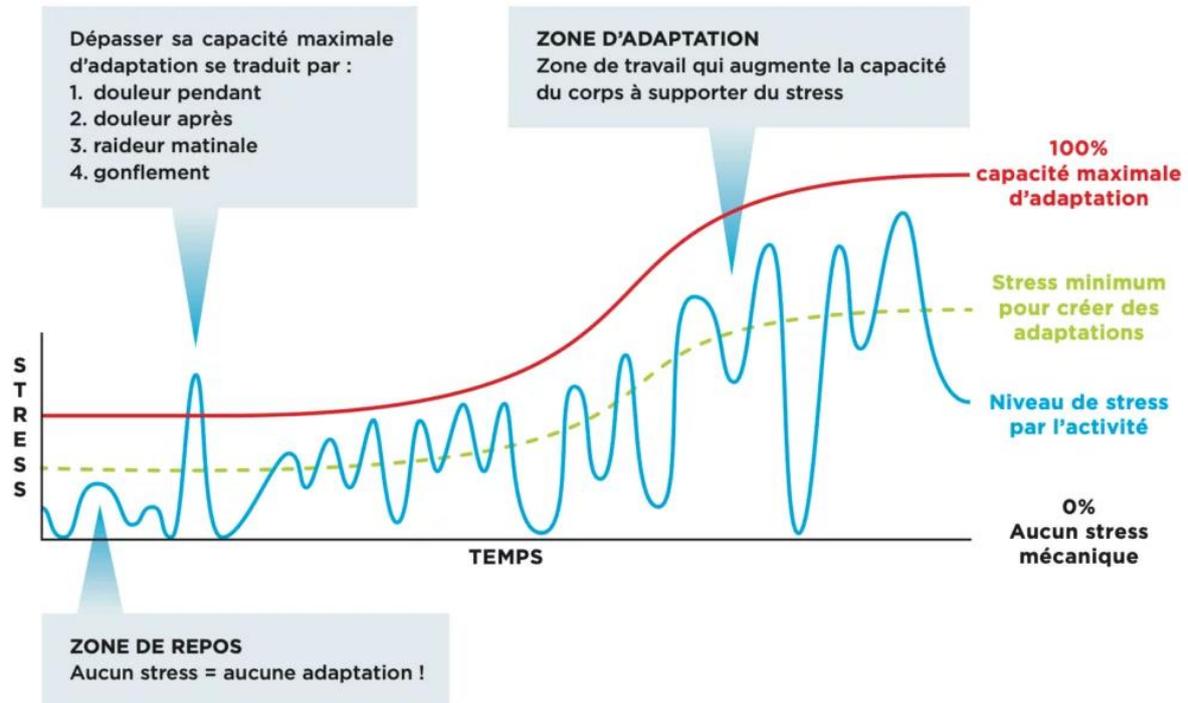


Figure 1 : La quantification du stress mécanique (site web : la clinique du coureur)¹

Fort heureusement, la quasi-totalité des blessures (90%) ne dépasse pas les 4 semaines d'arrêt des matchs et sont donc de sévérité mineure à modérée. 10% des blessures vont entraîner un arrêt des matchs pendant 1 mois ou plus [3].

Comment ?

Il existe plusieurs situations à l'origine de ces blessures, mais on sait que courir (sprint inclus) et se faire tacler par un adversaire sont les mécanismes les plus fréquents de blessure sur le terrain (respectivement 19% et 15%). Le mouvement de pivot est aussi à l'origine de bcp de blessures (7%) [6].

Il existe une hypothèse selon laquelle la fatigue musculaire et nerveuse pourrait faciliter les mécanismes de blessures [7].

Quels postes ?

Les postes les plus sujets aux blessures sont ceux de la défense (37,2% de blessures) et milieux de terrain (26-44%). Ces postes ont comme particularité de créer de manière récurrente des contacts physiques avec l'adversaire lorsqu'il s'agit de le défier [8]. Cela peut être aussi dû à un engagement régulier d'une action anaérobie explosive, courte et soudaine durant le jeu. Cependant, le milieu de terrain latéral serait le poste spécifique où les joueurs se blesseraient moins : soit 2.15 ± 2.49 pour 1000h de jeu [2,3].

Où ? Quels types de blessures ?

Concernant la localisation la plus fréquente des blessures, il s'agit comme pour les joueurs professionnels adultes du membre inférieur. La zone anatomique la plus touchée est la cuisse avec (24-25,3% des blessures), la cheville (15 à 20%), puis le genou (14,3à 19%). On retrouve aussi le pied (10%) ainsi que la hanche (12,9%), mais leur ordre d'incidence varie en fonction des études. Globalement toutes les parties du corps peuvent être touchées lors de la pratique du football, ici nous avons énuméré les plus importantes [3,9,10].

¹ La clinique du coureur : <https://lacliniqueducoureur.com/quantification-du-stress-mecanique/>

Les atteintes au pied et au genou sont souvent les plus sévères avec un arrêt de jeu supérieur à 28 jours (29% pour les deux) alors que la cheville et la cuisse représentent plus de blessures de sévérité modérée (respectivement 26% et 21%) voir légère (respectivement 20% et 33%) [9].

Lorsqu'ils sont répertoriés dans les études, les contusions et hématomes sont les blessures les plus incidentes chez les jeunes avec 25,3 à 30,6% des blessures. On retrouve aussi les blessures musculaires (15 à 23% avec celles des ischios-jambiers qui sont les plus fréquentes), les entorses ligamenteuses (13 à 16%), qui sont des blessures que l'on retrouve aussi chez les footballeurs professionnels [3,9,10].

Les études évoquent des pathologies qui sont peu fréquentes voire absentes du tableau épidémiologique des professionnels : les apophysites et ostéochondroses.

Elles représentent 6,3% à 12,2% des blessures, notamment Osgood-Schlatter (15 des 33 ostéochondroses). Ce sont les blessures majeures les plus fréquentes chez les jeunes footballeurs, elles entraînent une longue période d'arrêt car elles sont très douloureuses. [3,10] Ces pathologies sont reliées à la croissance des joueurs, d'après Materne et al [10], elles pourraient être liées à une augmentation de la charge d'entraînements en fonction de l'âge des joueurs.

Les apophysites sont les pathologies sévères les plus fréquentes rencontrées chez les jeunes joueurs, avec les fractures. Les déchirures du ligament croisé antérieur, ou bien les luxations patellaires sont plus rares chez les jeunes athlètes.

L'étude de Materne et al [10] parle d'un type de blessure que nous ne retrouvons pas dans les autres études : les troubles musculaires fonctionnels (TMF) qui sont des « lésions musculaires sans altérations structurelles mais présentant des limitations fonctionnelles ». Ce type de blessure explique pourquoi les lésions musculaires ne sont pas les principales blessures retrouvées chez les jeunes de l'étude avec les entorses de cheville/pied.

L'étude montre que ce chiffre varierait des autres études grâce à un accès direct à l'IRM et l'échographie. Cela jouerait un rôle dans la cohérence et la précision entre le diagnostic et l'examen clinique et permettrait de différencier de véritables lésions musculo-aponévrotiques de ces troubles musculaires fonctionnels. Même si ces TMF ne sont pas des blessures majeures, 15% d'entre eux vont entraîner un arrêt de jeu de 8 à 28 jours chez les joueurs et 23,7% entre 4 jours et 1 semaine, ce qui n'est pas négligeable, surtout quand ils sont le deuxième type de blessures le plus présent, après les contusions/hématomes.

Quand ?

Il existe deux périodes dans l'année où les joueurs sont plus susceptibles de se blesser : octobre/novembre et février. On observe dans certaines études, un pic de blessures en janvier et en aout, lors de la reprise des entraînements, ainsi qu'une diminution flagrante en décembre lors de la trêve hivernale [8].

On remarque que pour les U15 et U16, les mois où l'incidence des blessures est la plus importante sont septembre (14%) mais surtout novembre (15%). Cependant, pour les U14, on voit que les deux mois où les blessures sont les plus présentes sont en premier septembre (15%) et janvier (12%). Les U15 sont aussi plus sujets aux blessures en mai (12%) [3].

1.2. Histologie

1.2.1. Le tissu osseux

Le tissu osseux est un des nombreux tissus qui constituent le corps humain. C'est un tissu de soutien qui a plusieurs fonctions : mécaniques, métabolique et hématopoïétique.

Ce tissu est constitué de cellules (ostéoblastes, ostéoclastes, ostéocytes), d'une matrice extracellulaire ainsi que d'un réseau vasculaire.

Les ostéoblastes permettent la synthèse du tissu osseux par sécrétion de collagène de type 1, qui par la suite se minéralisera pour former la matrice extracellulaire. Lorsque ces ostéoblastes ont sécrété tout autour d'eux du collagène, ils se retrouvent coincés dans la matrice et deviennent donc des ostéocytes. Ces ostéoblastes peuvent être au repos et se réactiver en cas de nécessité par les autres cellules.

Les ostéocytes sont les résidents du tissu osseux et occupent des cavités nommées les lacunes. Ils ont un rôle de mécanorécepteurs, capables de capter les vecteurs de forces subies par les os ainsi que les microlésions. Ils envoient de nombreux processus ramifiés qui traversent l'os par des canalicules. Par le biais de ce réseau, ils interagissent entre eux et avec les cellules de l'endoste où les ostéoclastes et les ostéoblastes vont remodeler le tissu osseux.

Les ostéoclastes participent au remodelage par le processus de « résorption osseuse » de ses travées. Ils occupent la partie superficielle des cavités osseuses. [11]

La matrice extracellulaire est composée de deux parties : minérale et organique. La phase organique est essentiellement faite de collagène, ainsi que de protéoglycanes et de glycoprotéines non collagéniques et permet la résistance aux tensions subites par l'os [12]. La phase minérale permet une résistance à la compression [12], elle contient plusieurs minéraux tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium et le magnésium qui forment des cristaux d'hydroxyapatite.

Ce tissu est constitué de couches concentriques de lamelles formant des structures cylindriques (ostéons) avec un canal central appelé « le canal de Havers » qui contient des vaisseaux sanguins servant à l'apport nutritif des os. Les ostéons sont situés dans l'os compact (cortical) qui forme la surface extérieure de l'os.

Quant à l'intérieur, il est constitué d'os spongieux (trabéculaire) et est dépourvu d'ostéons. (Figure 2) On y retrouve l'endoste qui tapisse l'os compact adjacent à la cavité médullaire de l'os, les trabécules et les canaux de Havers. Il est en relation avec le périoste par les canaux de Volkmann qui font communiquer les canaux de Havers entre eux. [13]

Le périoste est une couche de tissu conjonctif dense qui contient des vaisseaux sanguins, des nerfs et des cellules ostéogéniques. Il entoure l'os cortical, tandis qu'une fine couche de tissu conjonctif, l'endoste, tapisse toutes les surfaces internes et les cavités (canal de Haver). [11]

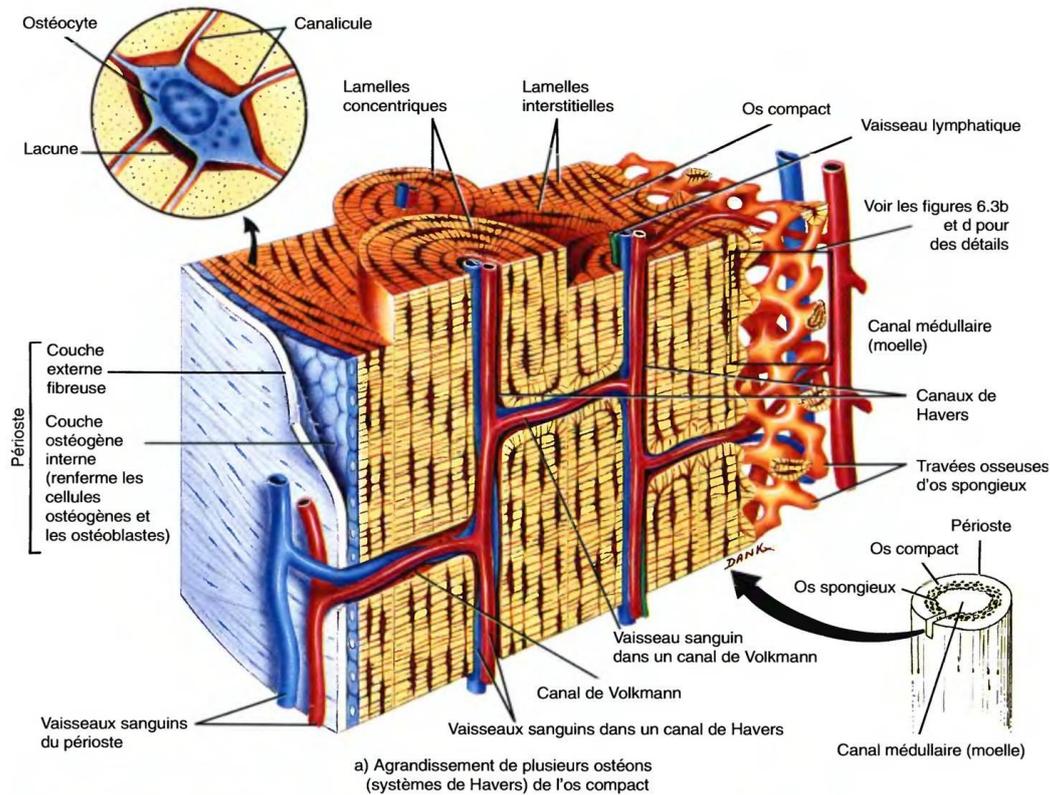


Figure 2 : Le tissu osseux compact (site web : A.M.A.R.)²

1.2.2. Le cartilage de croissance

Description histologique du cartilage de croissance et de son rôle dans la croissance osseuse [...]

Le rôle des chondrocytes dans l'ossification endochondrale :

L'ossification endochondrale correspond au « développement du tissu osseux à partir d'une ébauche cartilagineuse : c'est le mode de formation de la plupart des os du squelette des membres et du rachis. »³

Il existe dans un os long en pleine croissance, différentes zones histologiques qui présentent des rôles primordiaux permettant une croissance osseuse physiologique.

La **chondroépiphyse** est une « unité fonctionnelle indissociable du cartilage de croissance » pluritissulaire, elle est située aux deux extrémités des os long. Elle permet la croissance diaphysaire, en longueur et de donner aux extrémités osseuses, leur volume et forme de leur surface articulaire correspondants. [14]

Elle est composée de cartilage hyalin (de croissance), lui-même entouré de fibrocartilage (cartilage articulaire) et de noyaux d'ossification qui apparaissent à des moments précis de la croissance.

Ici, on parle de deux types de cartilage de croissance [14]:

- Type sphérique : croissance centripète faisant apparaître le point d'ossification épiphysaire
- Type discal aussi appelé cartilage de conjugaison permettant la croissance de la diaphyse

² A.M.A.R. : <http://amar-constantine.e-monsite.com/pages/cours-pour-autres-specialites/anatomie-physiologie/osteologie.html>

³ Dictionnaire médical de l'Académie de médecine : <https://www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?q=encondrale%20%28ossification%29>

Le modèle de croissance centripète par le noyau d'ossification se retrouve surtout dans les os courts tels que le calcanéus ou le talus. Cette croissance du noyau est beaucoup plus lente que celle de la métaphyse, gérée par le cartilage de conjugaison. Elle n'intervient pratiquement pas sur la croissance métaphysaire. En effet, elle se fait de manière surtout distale et latérale (sur l'extrémité distale d'un os). En effet, on remarque peu d'appositions de tissu osseux sur le versant métaphysaire du noyau.

Le processus global d'ossification correspond à une multiplication des chondrocytes qui produiront de la « substance fondamentale » (SF) qui se calcifiera, amenant à des appositions osseuses successives. Cette substance fondamentale est composée de protéoglycanes et de collagène de type X [11]. Le collagène constitue la structure fibreuse de la SF.

La composition du cartilage de croissance est faite de 4 couches de différentes cellules qui permettront l'ossification enchondrale :

- La **couche de réserve** : composée de cellules germinales ayant un rythme de division cellulaire lent contenues dans la substance fondamentale. C'est une zone de stockage.
 - La **couche de cellules sériées** : représentée en colonne de 5 à 30 cellules, avec une division cellulaire intense au sommet de ces colonnes. C'est cette couche qui permet l'allongement de l'os
- Ces deux premières couches présentent une vascularisation d'origine épiphysaire, celle-ci est très importante chez les cellules en colonne.
- La **couche de cellules hypertrophiques** : les chondrocytes se vacuolisent, leurs noyaux se fragmentent et la SF se raréfie. C'est la zone où se produisent les décollements apophysaires.
 - La **couche de cellules dégénératives** : c'est ici que se fait l'ossification, les chondrocytes se nécrosent, sont détruits par et les logettes créées par leur présence deviennent vides.

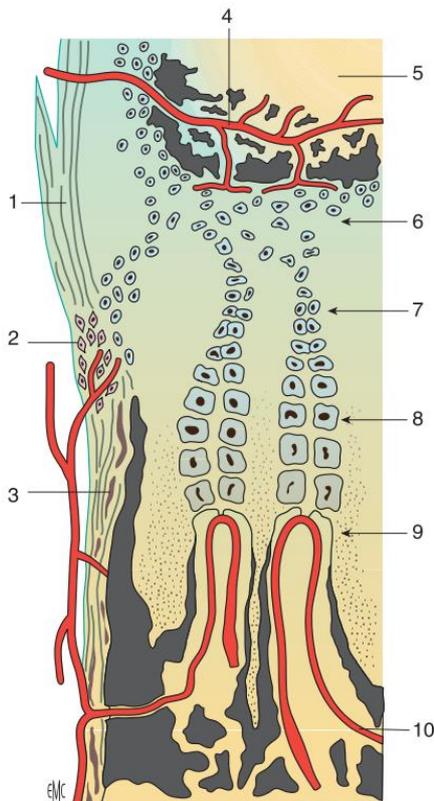


Figure 3 : Cartilage de croissance métaphysaire de la virole péri-chondrale : 1. Péri-chondre ; 2. Virole péri-chondrale ; 3. Périoste ; 4. Artère épiphysaire ; 5. Centre d'ossification épiphysaire ; 6. Couche de réserve ; 7. Couche sériée ; 8. Couche hypertrophique ; 9. Couche dégénérative ; 10. Vaisseaux métaphysaires. [14]

La couche de cellules dégénératives présente une vascularisation métaphysaire qui, par des capillaires sans endothélium, va créer une « extravasation sanguine dans les logettes cartilagineuses ». Cette vascularisation permet le remplacement du cartilage calcifié par de l'os spongieux primaire qui sera remplacé progressivement par de l'os spongieux secondaire. [14]

Le **Périoste** entoure la diaphyse et la métaphyse et s'arrête au niveau de la virole péri-chondrale. C'est une membrane épaisse constituée de deux couches (fibreuse et cellulaire) permettant la croissance en épaisseur de l'os ainsi que la création d'un cal osseux lors d'une fracture diaphysaire/métaphysaire et dans le remodelage de ce cal osseux.

La croissance en épaisseur par ce périoste va se faire par création de couches d'os lamellaire formant les ostéons et canaux de Havers.

La loi de Wolf explique que l'ossification par le périoste va se faire sur les zones contraintes de l'os, et les zones non-utilisées vont se résorber. Cela crée des lignes de force permettant un renforcement de l'os ainsi qu'un déplacement du cal osseux vers l'axe mécanique d'utilisation de l'os. C'est un processus présent chez les adultes et chez les enfants mais plus marqué chez ces derniers car le périoste y est beaucoup plus actif.

C'est pour cette raison qu'il n'est pas toujours nécessaire de réaliser des interventions chirurgicales sur des fractures chez les enfants avec un jeune âge osseux. La fixation de la fracture ne sera indiquée que si le cal fracturaire n'a pas une capacité de remodelage suffisante car un traitement conservateur permet une guérison plus efficace qu'un traitement chirurgical. [15]

La **virole périchondrale** (ou périchondre) est un tissu conjonctif qui permet la stabilité mécanique de la physe (cisaillement, écartement ...), elle est en continuité avec le périoste vers la métaphyse et le périchondre vers la chondroépiphyse. Il existe aussi des processus mamillaires permettant une meilleure attache du cartilage de croissance à la métaphyse.

En fonction des zones anatomiques, les cartilages de croissance auront une activité différente. On remarque que pour le membre inférieur ce sont les zones distales qui concerneront le plus la croissance en longueur de l'os : 70% en distale et 30 % en proximale pour le fémur, 55% et 45% pour le tibia, ce qui correspond à 65% de la croissance qui se fait autour de genou. Tandis que, cette croissance sera plus importante en proximale pour les membres supérieurs : 20% et 80% pour l'humérus. [14]

1.3. La croissance et les jeunes athlètes

1.3.1. Définitions

La *croissance* est « un phénomène éminemment complexe, influencé à la fois par la génétique, l'environnement et les interactions entre ces deux facteurs. Ses mécanismes ne sont pas tous connus, mais les chercheurs espèrent en savoir davantage dans les années qui viennent, grâce à l'apport de la génétique, de l'épigénétique et des -omiques. »⁴. Elle reflète un des aspects de la maturation de l'être humain durant les 15 à 20 premières années de sa vie et elle est souvent définie par l'augmentation de la taille d'un individu ainsi que par ses modifications morphologiques.

Dans ce long processus, nous nous intéressons ici surtout la période de *l'adolescence* avec l'avènement de la *puberté*. Ces deux termes qui semblent similaires présentent en réalité deux significations distinctes. La puberté correspond à l'activation de l'axe hypothalamo-hypophysogonadique aboutissant à la maturation gonadique et au développement des caractères sexuelles secondaires, elle débute à environ 11 ans d'âge osseux pour les filles et 13 ans pour les garçons.

L'adolescence se réfère au développement des comportements sociaux et cognitifs de l'adulte. [16]

L'adolescence et la puberté sont intimement liées par des interactions entre le système nerveux et les hormones stéroïdiennes gonadiques mais concernent deux processus cérébraux différents avec des mécanismes neurobiologiques distincts.

Le pic de croissance ou appelée Peak Height Velocity (PHV) est la période où un adolescent connaît la croissance la plus rapide de sa taille.

Pour définir le processus impliquant la croissance de la naissance à l'âge adulte et la puberté, nous emploierons le terme *maturation* à travers la définition donnée par Arnold Gesell : « ensemble de phénomènes physiologiques, psychologiques et sociaux permettant à l'enfant d'aboutir à la maturité. Il distingue dans ce processus un aspect anatomique, qui est la myélinisation du système nerveux, et un aspect psychophysiologique, qui est l'organisation des grands systèmes fonctionnels grâce à l'apprentissage »⁵.

1.3.2. Les Hormones de croissance lors de la puberté

La taille adulte, le timing, le rythme de croissance et le taux de développement sexuel ainsi que le développement des dents sont influencés par les facteurs génétiques avec une transmission génétique de 41% à 71%. [17]

Cependant, les facteurs environnementaux au même titre que l'hérédité vont tous les deux influencer la taille adulte d'un enfant, ainsi que de sa morphologie tout au long de la croissance.

Lors de la puberté, une régulation hormonale de la croissance apparaît avec l'augmentation du taux de différentes hormones, notamment : les hormones thyroïdiennes et le cortisol nécessaires pour une croissance normale. On retrouve aussi un développement de l'axe hypothalamo-hypophysogonadique ainsi que celui de l'axe GH/IGF-1 qui présente une augmentation de son activité.

Nous retrouvons des interactions entre ces deux axes permettant une modification de la composition corporelle et l'apparition du pic de croissance.

⁴ Inserm : <https://www.inserm.fr/dossier/croissance-et-troubles-croissance/>

⁵ Larousse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/maturation/49921>

Il faut savoir que durant la croissance et notamment la puberté, les taux d'hormone augmente au fil du temps de manière générale, mais il existe aussi une variation journalière en plus d'une mensuelle pour les femmes. [18]

La *Growth hormon* (GH) est une hormone protéique fabriquée par l'hypophyse et sécrétée par pic au cours de la journée et plus particulièrement dans les premières heures de la nuit.

Cette hormone permet la croissance osseuse en longueur et cartilagineuse par l'augmentation du nombre de ces cellules et non par l'augmentation de leur taille.

La sécrétion de la GH lors de la puberté permet un changement physiologique de la production d'hormones gonadiques. [19]

Dans l'axe GH/IGF-1 on retrouve l'*insuline-like growth factor* (IGF-1), qui est une hormone permettant la régulation de la croissance ainsi qu'un apport métabolique aux cellules permettant une croissance tissulaire des muscles par stimulation du glycogène et un transfert des acides aminés pour la synthèse protéique. [17]

C'est une hormone sécrétée par le foie en réponse à la GH par mise en charge mécanique. Elle possède un rôle très important dans l'anabolisme cellulaire : différenciation, agrandissement des myotubes⁶, prolifération, survie etc [20]. A l'échelle tissulaire elle permet l'hypertrophie musculaire, la myélinisation, la poussée des axones, mais a aussi une action sur les reins, la rate et le thymus.

Pour ses propriétés anaboliques, elle a été la cible du dopage génétique chez les athlètes. En effet, il a été montré qu'elle permet de lutter contre la sarcopénie chez les souris. [21]

Pour ce qui est de la synthèse du cartilage, la GH et l'IGF-1 n'agissent pas au même stade de maturité des cellules. La GH stimule la synthèse de la couche de réserve (cf. le cartilage de croissance) alors que l'IGF-1 agira sur la couche hypertrophique des chondrocytes. [22] On retrouve aussi dans ce mécanisme de prolifération des chondrocytes, une action des hormones thyroïdiennes permettant aux cellules d'être réceptive à la GH. [23]

Les *gonadotrophines* constituent une partie des hormones sécrétées dans l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique, on y retrouve [17] :

- la *Follicle stimulating hormone* (FSH) qui permet le développement des follicules et la sécrétion d'œstrogène par les ovaires,
- la *Luteinizing hormon* (LH) permettant l'ovulation et la synthèse du corps jaune

La FSH et la LH sont sécrétées et synthétisée par l'hypophyse antérieure par action de la GnRH (gonadolibérine) elle-même synthétisée par le noyau arqué de l'hypothalamus.

Ces hormones sont sécrétées et synthétisée par l'hypophyse antérieure par action de la GnRH Elles permettent un contrôle de la synthèse d'œstrogène et de progestérone chez la femme et chez l'homme, de la testostérone par les cellules de Leydig.

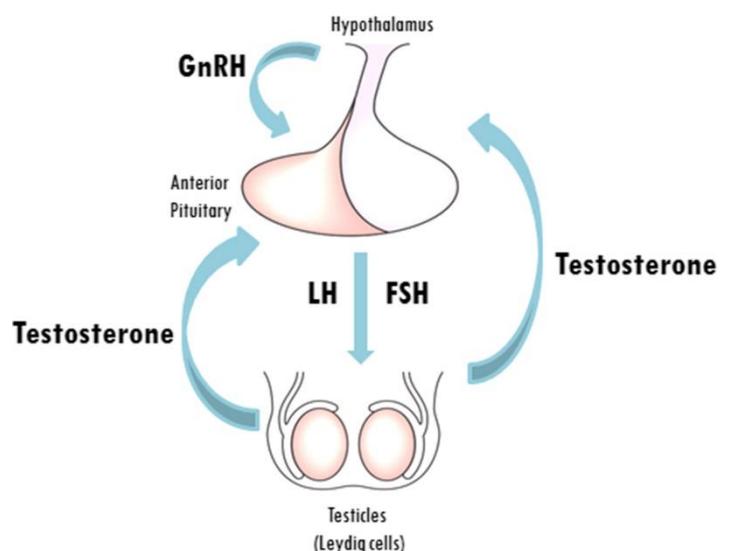


Figure 4 : Axe hypothalamo-hypophyso-gonadique chez l'homme⁷

⁶ Myotube : syncytium plurinucléé formé par la fusion de plusieurs myoblastes lors de la myogenèse

⁷ [https://www.urologic.theclinics.com/article/S0094-0143\(16\)00002-1/abstract](https://www.urologic.theclinics.com/article/S0094-0143(16)00002-1/abstract)

La *testostérone* fait partie du groupe des androgènes et peut être convertie en œstradiol (par aromatase) ou en dihydrotestostérone (par 5-alpha-réductase).

Elle vient se fixer sur les récepteurs des androgènes et peut avoir deux types d'effet :

- Androgénique : stimulation de l'appareil génital masculin et des caractères sexuels secondaires
- Anabolique : la stimulation de la croissance tel que les muscles, les reins, les glandes salivaires et le foie

Chez l'homme, elle va avoir un rétrocontrôle négatif avec une réduction de la synthèse de la GnRH par action sur l'hypothalamus donc une diminution de l'action de la LH et de la FSH. [17]

L'augmentation du taux de ces hormones va permettre l'apparition de caractères sexuelles secondaires. Ces hormones, surtout l'œstradiol chez les deux sexes, vont permettre en ce qui concerne la croissance, une augmentation de la minéralisation osseuse et détermine la taille adulte par la stimulation de la fusion épiphysaire. [24]

1.3.3. La croissance staturale

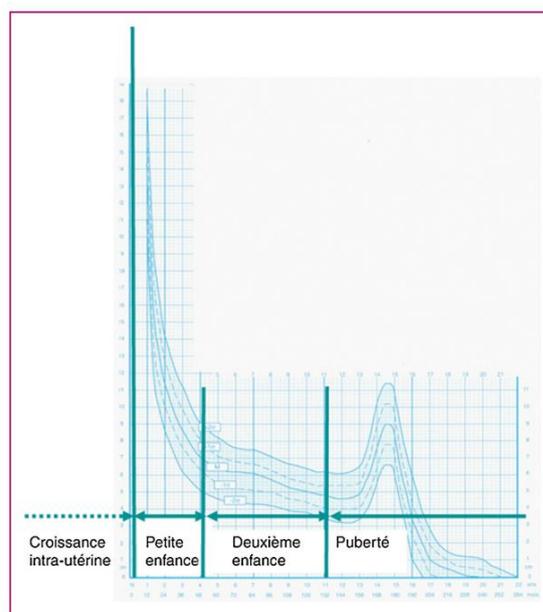
La croissance staturale de la naissance à la maturité va varier en vitesse. De 0 à 4 ans on parle de « petite enfance », la vitesse de croissance va diminuer progressivement [25] :

- 1^{ère} année : 25 cm/an
- 2^{ème} année : 10 cm/an
- 3^{ème} année : 8 cm/an

Durant la « deuxième enfance » de 4 ans à la croissance pubertaire, la vitesse de croissance (VC) se stabilise à 6-5 cm/an. [25]

A la période pubertaire, la VC :

- Accélère chez la fille en pré-pubertaire puis est à 8 cm/an, avec 20 à 25 cm gagnés au total et une taille adulte atteinte 4 ans après les premières règles
- Ralentit chez le garçon en phase pré-pubertaire, puis accélération de la VC à la puberté avec 9 cm/an, gain de 25 à 30 cm et une taille adulte atteinte 5 ans après le début de la puberté.



Courbe de vitesse de croissance et différentes phases de la croissance (d'après [3]).

Figure 5 : Courbe de croissance et différentes phases de la croissance [25]

A la fin de la croissance la VC est inférieure à 2 cm/an avec un âge osseux de 15 ans chez la fille et de 16 ans chez le garçon. On considère qu'un enfant a fini sa croissance quand il grandit de moins de 1 cm/an. [26]

1.3.4. Le cerveau et la puberté

L'adolescence est caractérisée par des changements de la structure cérébrale ainsi que de son activité. Il existe un lien entre le développement de la partie subcorticale du cerveau et certaines caractéristiques de la puberté.

En effet, la puberté serait une période de réorganisation du fonctionnement du cerveau avec une maturation neuronale et du cortex cérébrale ainsi que des fonctions exécutives. [27]

Durant cette période, le cortex préfrontal diminuerait de volume avec un abaissement de la densité des synapses contenues dans cette partie du cerveau [28]. On a aussi constaté une modification des comportements médiés par le cortex préfrontal [18] avec une diminution de l'épaisseur d'autres zones du cortex spécifiques au sexe qui serait liée à une augmentation de testostérone, de DHEA et d'androgènes surrénalien. [29]

Ces modifications structurales entraînent chez les adolescents des changements sur les tâches effectuées par le cortex préfrontal tel que le contrôle cognitif ⁸ qui s'améliore. Cela est dû à l'inhibition comportementale ainsi qu'à l'augmentation de la flexibilité cognitive, allant de pair avec une diminution du comportement persévérant au même moment.

L'adolescent sera plus sensible aux stimuli émotionnels saillants par réactivité des régions sous-corticales telles que l'amygdale et le striatum liées aux modulations du cortex préfrontal à la même période. [30]

Il existe aussi une atténuation de la peur par rapport aux adultes et aux enfants, [31] ainsi qu'une altération du contrôle des impulsions. Cette diminution de la peur s'associe avec une augmentation des comportements à risque. Mais cela n'empêche pas l'adolescent de prendre des décisions rationnelles notamment dans les situations à forte charge émotionnelle où le système limbique⁹ qui est plus mature à ce moment peut l'emporter sur le cortex préfrontal pour orienter les actions. [32]

1.3.5. La maturation et le sport

Nous avons vu que les hormones jouaient un rôle majeur dans la synthèse osseuse et musculaire ainsi que dans la maturation du système nerveux.

L'adolescence est caractérisée par de rapides changements notamment au niveau de la motricité et de la croissance physique, associée à l'apparition de compétences et talents. Durant cette période, la différence de performance physique entre les jeunes est plus influencée par l'âge de la puberté et l'environnement que par l'âge chronologique. Les capacités sportives sont très variables d'un adolescent à l'autre. [33]

C'est à cette période clé où le corps est disposé au changement, qu'on peut développer le plus de masse musculaire, de force et d'endurance cardio-pulmonaire. [34] Par exemple, il existe une association entre la force dynamique du quadriceps et le poids corporel avec le nombre d'année de pratique sportive entre 14 et 24 ans (jogging, football, basketball ...). [35]

⁸ Réponses comportementales appropriées à la situation face à des réponses contradictoires

⁹ Ensemble de zones du cerveau remplissant plusieurs fonctions telles que la perception, l'expression et la régulation des émotions. Il joue un rôle essentiel dans la réponse émotionnelle à des stimuli externes et internes, contribuant ainsi à la gestion du stress, de la peur, de la joie et d'autres émotions.

Il est intéressant d'exposer les enfants à une variété d'activités sportives mais on remarque qu'en fonction des habilités et préférences de chacun, il y aura une orientation naturelle vers un sport spécifique avec une spécialisation.

Dans la pratique sportive au début de l'adolescence, le rôle de l'adulte est très important. Le comportement des adultes (parents, coach) influence celui de l'adolescent. Les remarques ou taquineries peuvent avoir un impact négatif sur les jeunes et entraîner du découragement dans le cadre de l'activité sportive.

A l'inverse, les messages trop positifs peuvent perturber les jeunes en situation d'infériorité physique par rapport à leur pair, installant une pression supplémentaire. [33]

A un âge plus avancé dans l'adolescence et la puberté, les jeunes commencent à comprendre les exigences d'un sport et décident s'ils sont prêts à répondre à ces exigences. Pour cela, il est nécessaire d'augmenter la masse musculaire, la force, l'endurance ... Cette spécialisation et cet investissement dans un sport vont entraîner des modifications morphologiques et physiques du corps de l'athlète pour atteindre un corps spécifique aux normes de la performance du sport en question.

Lors de la fin de l'adolescence (16-20 ans), la plupart des athlètes ont atteint leur maturité physique finale. On retrouve toujours un développement de la motricité et une spécialisation accrue dans la technique sportive. La plupart continue à gagner en vitesse, force et taille mais à un rythme plus lent que de plus jeunes athlètes. La force musculaire et l'aérobic continueront de se développer à l'âge adulte mais plus lentement qu'au début de la puberté. [33]

C'est à cette période que la professionnalisation, compte tenu de la maturité physique, cognitive, émotionnelle et sociale de l'athlète, est envisageable et entraîne la priorisation du sport dans leur vie.

Cependant, pour la majorité des athlètes, le sport restera un moyen de garder une bonne forme physique et de se sentir en harmonie avec son corps et son esprit, ce qui n'empêche pas la pratique non-professionnelle d'un sport de pousser au dépassement de soi.

1.3.6. Quels examens médicaux et éléments de bilan pour suivre la croissance ?

1.3.6.1. *Imagerie*

Lorsque l'on suspecte une anomalie de croissance, *l'imagerie par résonance magnétique (IRM)* permet une observation de potentielles anomalies structurelles de l'hypophyse entraînant un déficit de LH et FSH. [36]

Il est aussi possible de déterminer l'âge osseux d'un adolescent par l'IRM en séquence T1, permettant d'observer la physe ainsi que les jonctions osseuses. Cela permet de limiter les radiations entraînées par la radiographie, surtout quand l'examen ne vise pas à améliorer l'état de santé du patient. [37] On ira observer le poignet gauche de l'adolescent, si possible.

L'IRM est donc considérée comme Gold standard car moins irradiant que la radiographie.

La radiographie est aussi un moyen d'évaluer l'âge osseux, mais cet examen irradie le patient et présente donc un nombre d'utilisations limité. Comme pour l'IRM, on ira observer le poignet gauche. Cet examen est utilisé notamment dans le suivi de l'adolescent sciotique où l'on va venir rechercher le signe de Risser sur une radio du bassin. [38]

Le signe de Risser « permet d'estimer le degré de maturation squelettique par l'évolution de l'ossification de la crête iliaque au fil de la croissance »¹⁰. Il existe 6 stades de selon le signe, allant de 0 à 5. L'ossification de la crête se fait de l'extérieur vers l'intérieur avec, pour la classification française :

- Risser 0 : absence d'ossification de l'apophyse iliaque
- Risser 1, 2 et 3 : crête divisée en 3 tiers
- Risser 4 : fusion de la crête iliaque
- Risser 5 : fusion complète



Figure 6 : Radiographie du bassin – Test de Risser¹¹

1.3.6.2. Examen clinique

L'évaluation clinique de la croissance va se faire par la mesure de différents paramètres [25] :

- Taille : avant 100 cm l'enfant soit être mesuré allongé avec une toise en bois, après 100 cm, on mesure debout avec une toise murale ou un stadiomètre
- La vitesse de croissance (VC) : qui nécessite la prise de la taille plusieurs fois dans l'année (en nombre de cm acquis en 1 an)
- La taille adulte cible : $(\text{taille mère} + \text{taille père}) / 2 + 6.5$ pour les garçons ou -6.5 pour les filles, elle indique le potentiel génétique de la croissance
- Le poids : avec balance et patient déshabillé
- Indice de masse corporelle : $\text{poids [kg]} / \text{taille [cm]}^2$; pour le reflet de l'état nutritionnel et de la masse grasse
- Ratio périmètre brachial/périmètre céphalique pour mesurer l'état nutritionnel de l'enfant de 5-6 ans
- Le périmètre crânien avec ruban centimétrique
- Segment supérieur : hauteur cumulée tronc, cou et tête, enfant assis
- Segment inférieur : taille debout – segment supérieur
- Envergure : distance séparant l'extrémités des deux médus, patient bras en abduction à 90°

Chez les adolescents, pour évaluer le stade de puberté actuel, il est possible d'utiliser les *stades de Tanner*, qui se base sur le développement des caractères sexuels secondaires. On considère le stade de développement des poils pubiens, le développement mammaire chez les filles et de développement des organes génitaux chez les garçons. [34]

¹⁰ https://www.cliniquesspinecor.ca/fr/spinecor_traitement.php

¹¹ <http://doscea.fr/pathologies/scoliose-de-ladolescent/evaluation-du-risser-sur-une-radiographie-du-bassin-srs/>

L'âge chronologique n'est pas un indicateur fiable de la croissance et de la maturité il existe très peu d'interactions entre les deux et elles sont toujours individu-dépendant.

L'évaluation du rythme et de la progression de la croissance sont nécessaire à son évaluation complète.

L'évaluation de l'âge osseux par IRM et radiographie est le meilleur indice que l'on peut obtenir. Cependant, il est coûteux et pour la radiographie, expose l'individu à des radiations qu'il est préférable d'éviter si possible, il est donc difficile en pratique de réaliser des examens d'imagerie de façon régulière.

Quant à l'évaluation des stades de puberté, ils peuvent être vécus comme intrusif chez l'adolescent.

1.3.7. Les apophysites

L'apophyse est une proéminence osseuse au site d'insertion d'un tendon présente uniquement pendant la croissance de l'enfant. On en retrouve à différents endroits du corps tels que l'acromion, la crête iliaque, l'épine iliaque antéro-inférieure, la tubérosité tibiale antérieure, l'apex de la patella etc (Tableau 1). [39]

1.3.7.1. Physiopathologie

On retrouve deux sous-types d'apophysites : les microtraumatismes et les macro-traumatismes [39].

Les lésions macro-traumatiques entraînent une avulsion du noyau d'ossification, cela peut être due à une contraction musculaire vive et violente avec une force de traction du tendon plus grande que la résistance du cartilage de croissance. Pour la forme microtraumatique, l'explication reste plus incertaine concernant sa physiopathologie ainsi que sa prise en charge. Chacune présente des périodes de croissance à des âges différentes. (Tableau 1)

Il existe 3 stades de maturation apophysaires [39] :

- Stade cartilagineux : le tendon est inséré sur une zone de cartilage de croissance
- Ossification endochondrale : développement de l'îlot osseux
- Ossification complète

Tableau 1 : Age de survenue des différentes apophysites (pour les athlètes masculins) (12)

Apophysite	Age de survenue
Acromion	14-17 ans
Crête iliaque	15-18 ans
Petit trochanter	10-14 ans
Tubérosité ischiatique	14-19 ans
Epine iliaque antéro-inférieure	12-14 ans
Symphyse pubienne	16-21 ans
Tubérosité tibiale	11-15 ans
Tubérosité post calcaneum	7-12 ans
Base 5 ^{ème} métatarsien	8-13 ans
Pointe patella	9-14 ans
Epicondyle médial	13-17 ans

La plupart des blessures apparaissent lors du stade 2.

Les enfants qui pratiquent de façon intensive un sport durant leur croissance ont plus tendance à développer des apophysites. Elles se manifestent cliniquement par une douleur sur la zone de la lésion, par exemple sur la partie antérieure du genou pour Osgood Schlatter. C'est une pathologie que l'on va retrouver sur les squelettes immatures des athlètes. Son apparition coïncide avec l'accélération de la croissance. Aujourd'hui, il ne semble plus y avoir de différences intersexes dans les âges d'apparition, ce qui pourrait s'expliquer par l'augmentation de jeunes filles pratiquant des sports avec de forts impacts [40].

On observe une augmentation de l'incidence de cette pathologie ces dernières années, liée à la spécialisation de plus en plus précoce d'un sport chez les enfants. Cette spécialisation entraînerait une limitation des compétences motrices globales qui aurait été pallié par la participation à différents sports [40].

1.3.7.2. Un exemple : La Maladie de Osgood-Schlatter (OSD)

La maladie d'Osgood Schlatter est souvent retrouvée chez les jeunes footballeurs, cette pathologie résulterait d'une traction importante du tendon patellaire sur la tubérosité tibiale antérieure. En effet, elle provient d'un déséquilibre entre la traction et la résistance du point d'ossification de l'apophyse (zone de fragilité) et de la faible flexibilité du complexe musculo-tendineux du quadriceps. Ce déséquilibre a lieu lors des sauts, squats, courses et coup de pied par exemple [40].

D'après certaines études, OSD serait une forme microtraumatique [39]. On sait aussi qu'une hypo extensibilité des ischios-jambier peut faciliter l'apparition de ce désordre. Nous sommes donc sur une pathologie qui s'installe de manière insidieuse et progressive [41].

C'est la contraction répétée et forcée du quadriceps lors de l'extension du genou durant le geste sportif tel que la course ou bien le shoot au football qui entraîne des microtraumatismes et des microdéchirures vasculaires provoquant eux-mêmes une inflammation [42].

Il existe des facteurs de risques intrinsèques qui augmente la probabilité de développer une OSD chez les jeunes footballeurs :

- une taille et un poids plus importants que la moyenne à un même âge donné,
- une laxité générale réduite, durant un coup de pied : l'hypo extensibilité du quadriceps de la membre inférieur (MI) portant envoyant le ballon et du quadriceps du membre inférieur d'appui,
- une hypo extensibilité des gastrocnémiens et du soléaire du MI d'appui
- une longueur réduite de l'arche médial du pied d'appui (mis en rapport avec la taille et l'âge).
- le diagnostic d'une maladie de Sever est aussi un facteur de risque de développement de OSD [42].

L'un des facteurs sur lequel il est possible d'agir pour limiter OSD est la modulation des programmes d'entraînements afin de limiter le stress produit sur le point d'ossification et les tendons.

1.3.7.3. Les traitements

Les traitements de OSD sont basés sur l'expérience clinique et l'opinion d'expert, il n'existe pas de réelles preuves scientifiques. Deux traitements sont possibles : conservateur ou opératoire.

Pour ce qui est du traitement conservateur, plusieurs types de traitements peuvent être mis en place conjointement. De plus, les patients répondent généralement bien à ce traitement à 90% du temps.

Un des objectifs est la réduction de la douleur. Pour cela on préconisera du repos, l'arrêt de l'activité sportive un certain temps, l'application de la glace et la prise d'anti-douleurs ou d'anti-inflammatoires si nécessaire. Il est possible de pratiquer du vélo ou la natation pour remplacer l'activité sportive habituelle. La kinésithérapie est aussi recommandée, on travaillera le core-stability, la mobilité du genou et des hanches, ainsi que des étirements du triceps, quadriceps et ischio-jambiers. [40]

Cependant, même après la croissance et la disparition du cartilage de croissance, la douleur peut persister chez certains patients. Il est alors parfois nécessaire de faire une intervention chirurgicale pour permettre au patient de retourner à son activité sportive. Cette intervention consiste en une excision de l'os, ouverte ou endoscopique. Elle peut aussi être une réduction de la largeur de la tubérosité tibiale par réduction de la partie proximale du tibia à l'insertion du tendon patellaire si la première chirurgie échoue.

Les patients présenteraient une amélioration de la douleur sur les deux ans suivants l'opération. [40]

1.4. Les enjeux du football à haut-niveau

Durant ces 30 dernières années, le football a subi une expansion mondiale qui a transformé le sport et ses concepts, faisant de ce sport le plus suivi et pratiqué à travers le monde.

Les joueurs de footballs sont aujourd'hui de véritables stars, idolâtrés par de nombreuses générations. Ils sont la cible de nombreux sponsors internationaux, donnant une visibilité immense lors de la diffusion de matchs ou bien sur les réseaux sociaux, aux ligues et clubs.

Le football fait face à de véritables enjeux économiques, car c'est un véritable marché qui génère des milliards de dollars. Les clubs professionnels possèdent désormais des budgets immenses pour financer les transferts des joueurs, les infrastructures ainsi que leur communication.

Les transferts des joueurs sont importants pour l'économie du football, avec des sommes astronomiques allant jusqu'à plus de 200 millions d'euros¹² (transfert de Neymar en 2017).

La professionnalisation du football offre aux jeunes adorant ce sport, la perspective de vivre de leur passion. Cependant, le monde du football professionnel ne concerne qu'une minorité de joueurs et joueuses avec beaucoup de prétendants pour peu d'élus.

La route pour atteindre le haut niveau est longue, difficile et incertaine et les joueurs doivent s'investir corps et âme dans le sport pour envisager de toucher à ce milieu.

La majorité des joueurs professionnels sont passés par les centres de formation qui créent un cadre propice au développement du talent et des capacités des joueurs qui réussissent à les intégrer.

Les centres de formations n'ont pas pour seule vocation de développer les compétences footballistiques des jeunes. Aujourd'hui, ils tendent à œuvrer pour la construction de l'individu dans toutes ses dimensions, qu'elles soient sportives, sociales, professionnelles, intellectuelles ou émotionnelles¹³.

Les jeunes talents du football, pour certains encore mineurs, sont rapidement les cibles de clubs (parfois étrangers) souhaitant les recruter, mais aussi de sponsors et d'agences désireux de les représenter ou d'être représentés, car ils sont des sources potentielles de revenus importants et peuvent déjà avoir une certaine notoriété (via les réseaux sociaux).

Il arrive que certains jeunes soient victimes d'exploitation ou de harcèlement. Pour protéger ces jeunes, la FIFA a mis en place un programme de protection de l'enfant en 2022 appelée « FIFA Guardians™ »¹⁴. De plus, elle stipule dans le Règlement du Statut et du Transfert des joueurs que « le transfert international d'un joueur n'est autorisé que si le joueur est âgé d'au moins 18 ans », même si cet article présente ses limites d'applications d'après un article de *Juris Sportiva*¹⁵.

Nous le savons, ces jeunes joueurs peuvent subir beaucoup de pression de la part de leur entourage (famille, agent, coach, supporters ...), s'ajoutant au stress exercé sur leur corps par le sport. Ce qui peut conduire à des états de fatigue menant à la survenue de blessures. [43] Il est essentiel de limiter l'apparition de ces blessures pour maximiser les chances de ces jeunes d'atteindre leurs objectifs.

¹² <https://www.les-transferts.com/cest-officiel/mercato-les-10-plus-gros-transferts-de-lhistoire.html>

¹³ <https://www.youtube.com/watch?v=8fwb8CmrRkI>

¹⁴ <https://safeguardingsport.fifa.com/fifa-guardians-la-prevention-en-faveur-des-enfants-dans-le-milieu-du-sport/>

¹⁵ <https://www.jurisportiva.fr/articles/transferts-internationaux-de-joueurs-mineurs/>

1.5. Hypothèses et intérêt de l'étude

1.5.1. Intérêt de la revue de littérature

Nous l'avons énoncé précédemment, le sport et notamment le sport de haut-niveau facilitent l'apparition de blessures musculosquelettiques et limitent donc la pratique sportive. Ce qui peut avoir un impact sur la qualité de vie de l'individu arrêté.

Dans le football professionnel, nous sommes face à une importante population de jeunes athlètes qui risquent chaque jour de se blesser sur les terrains. Il est donc primordial d'identifier les causes de ces blessures permettant d'améliorer la prévention de celle-ci. Cela mènerait à une meilleure optimisation de la performance et de la gestion du jeune sportif et de son avenir.

Le kinésithérapeute qui joue un rôle dans la guérison de ces blessures, est aussi un acteur important dans la mise en place de prévention de l'incidence de blessures, pour faire face aux exigences que nécessite la performance.

1.5.2. Objectif de la revue de littérature

L'objectif principal de cette revue de littérature est d'explorer si la croissance et quelle(s) période(s) de celle-ci ont un impact sur l'incidence de blessure chez le jeune footballeur.

Par le biais des hormones, le corps de l'adolescent subit des changements morphologiques, structurelles et des modulations du cortex constituant une période charnière dans sa maturation. On suppose que ces modulations associées à un pic de croissance peuvent majorer les risques de blessure chez les jeunes footballeurs par le biais d'une pratique intense du football.

Ici, l'objectif sera de mettre en lumière le lien de causalité entre la croissance du footballeur et l'apparition de blessure pour inciter les professionnels de santé et autres acteurs du sport à appréhender les périodes de croissance pour prévenir les blessures.

2. Méthode

2.1. Critères d'éligibilité des études pour cette revue

Nous allons donc d'étudier ici l'interdépendance entre les différents moments de la croissance et l'apparition de blessures ou pathologies. Ici, nous essayerons de démontrer le lien de causalité entre un facteur pronostique (potentiel) et d'un état pathologique (blessures, maladie). Cette revue est une étude de type *pronostique*.

Cette analyse a pour objectif d'établir une association entre l'exposition à un facteur, ici la croissance et l'apparition de blessures dans un cadre donné et donc de définir si le facteur est un facteur pronostique de blessure.

2.1.1. Les schémas d'études

Il existe deux classes regroupant les différents schémas d'étude pour les études épidémiologique :

- Les **études observationnelles descriptives** comprenant les études transversales et les séries de cas
- Les **études observationnelles analytiques** comprenant les cas-témoins et les études de cohorte

Pour réaliser cette étude, nous pourrions utiliser 3 types de schémas d'étude : l'étude transversale, l'étude de cohorte et l'étude cas-témoins.

Les études transversales : Ce sont des études descriptives. Elles permettent d'évaluer à un instant t, de manière ponctuelle un lien de cause à effet entre un facteur et une population donnée. Elle ne nécessite qu'un seul groupe d'individus et évalue l'exposition au facteur.

Grace à ce type d'étude, il sera possible de mesurer la prévalence d'un problème de santé avec un objectif de description, de plus elle permet des résultats rapides et est donc peu coûteuse. Cependant, il n'est pas possible de mesurer l'incidence et elles doivent souvent être complétées par une étude de cohorte pour établir un lien. En effet, il n'y a pas de notion de temporalité d'exposition au facteur dans ce schéma.

Les études exposé/non-exposé ou de cohorte : Ces études peuvent être prospectives, on y suit la population avant la survenue de l'évènement, ou bien rétrospective, le recueil des informations se fait après la survenue de l'évènement.

Dans ce cas, il existe deux groupes d'individus, ceux exposés au facteur et ceux non-exposé au facteur. Cela permettra le calcul de la fréquence de la maladie par le RR.

Ce type d'étude nécessite un suivi long et présente donc un risque élevé de perdus de vue.

Les études de cas-témoins : Ici, nous retrouvons un schéma rétrospectif avec 2 groupes : un groupe cas, qui présente la blessure/pathologie et un groupe témoin sans la blessure/pathologie. Les individus des deux groupes doivent présenter des similitudes pour pouvoir être comparés.

Le schéma s'intéresse à des expositions passées.

Ce type de schéma est adapté aux maladies rares, il peu probable que nous trouvions des études cas-témoins en vue de l'objectif de notre revue. Il ne permet pas l'étude de plusieurs maladies à la fois et il n'est pas possible d'évaluer l'incidence. De plus, la relation chronologique entre l'exposition et la maladie peut être difficile à établir.

Ici, le type d'étude le plus adapté à notre question clinique est l'étude de cohorte prospective avec un suivi individuel de chaque sujet de la population. Selon les niveaux de preuve de la **NHMRC**

(National Health and Medical Research Council), ce type d'étude présente un grade II qui met en évidence la qualité méthodologique de chaque étude.

2.1.2. La population

Dans le cadre de cette revue, nous nous intéresserons à une population de jeunes footballeurs. Ici, nous prendrons en compte des joueurs se trouvant dans la période de puberté, donc âgés de 9 à 19 ans. Concernant le niveau du sport requis pour cette analyse, nous irons du niveau amateur à haut-niveau.

2.1.3. Le facteur pronostique

L'objectif de cette revue est de mettre en évidence la relation la survenue de blessures durant une saison de football avec les changements qu'apporte la croissance qu'ils soient hormonaux ou biomécaniques.

Nous chercherons à étudier l'incidence des blessures avant, pendant et après la puberté en nous basant notamment sur le **Vitesse de pic de croissance** ou **PHV** (Peak Height Velocity).

2.2. Méthodologie de recherche des études

2.2.1. Les sources documentaires

Pour réaliser cette revue de littérature, il était nécessaire d'investiguer différentes bases données. Ces recherches ont permis de recenser plusieurs articles pertinents pour la revue et qui correspondent aux critères d'inclusions et d'exclusion définis ultérieurement.

Les sources documentaires utilisées sont donc :

- PudMed : un des principaux moteurs recherches de données bibliographiques de l'ensemble des domaines de la biologie et de la médecine. Il donne accès MEDLINE (base de données bibliographiques), rassemblant des citations et des résumés d'articles de recherche biomédicale (plus de 30 millions de références).
- Cochrane Library : base de données spécialisée en médecine et santé, c'est une des meilleures ressources de données existantes par sa méthodologie et ses mises à jour régulières.
- Google Scholar : service de Google permettant la recherche d'articles et de publications scientifiques (biologie, médicale, ...).

2.2.2. Les équations de recherche

Afin de réaliser les équations permettant de trouver les articles nécessaires à l'analyse, nous avons utilisé la méthode de l'acronyme PICO. Cela nous permet de formuler de la manière la plus explicite possible une question de recherche. Le tableau II présente les différents synonymes trouvés sur MeSH, utilisés dans la question clinique. Ils permettront d'élargir et préciser le nombre de résultats sur les bases de données utilisées.

	Français	Anglais
Population	Jeunes Footballeurs	Youth football player, youth soccer player, adolescent football player, children football player
Intervention	Croissance Maturité Taille Pic de Croissance Pic de vitesse de croissance	Growth Maturation, maturity Height Peak growth Peak height velocity
Comparateur	Absence de pic de croissance	No peak growth
Outcomes (critères de jugement)	Incidence de blessure Blessure de surcharge	Injury incidence Burden of Injury, wound Injury patterns,

Tableau II: Termes utilisés pour réaliser l'équation de recherche

2.3. Méthode d'extraction et d'analyse des données

2.3.1. Méthode de sélection des études

Les équations de recherches ont été établis à partir des termes donnés dans le tableau II :

Base de données	Equation de recherches
PubMed, Cochrane Library	((peak height velocity) OR (PHV)) OR ((age) AND (maturation)) OR ((injury burden) AND ((soccer) OR (football)) AND ((elite academy) OR (youth) OR (adolescent)))

Tableau III : Equation de recherche formulée

Ces équations de recherche ont permis d'identifier **606 articles** sur PubMed et 0 sur Cochrane. Cependant il a été nécessaire d'établir des critères d'inclusions et d'exclusions permettant de sélectionner les articles les plus pertinents et correspondants le plus à l'objectif de notre revue. La recherche sur Google Scholar a permis de trouver d'autres articles à inclure dans l'équation de recherche réalisé sur PubMed et Cochrane Library.

La sélection des études sur les ressources documentaires s'est faite en 3 analyses successives :

1. Analyse par le titre des articles avec élimination des doublons
2. Analyse par lecture des résumés/abstracts afin de connaître le contenu général des études
3. Analyse par lecture intégrale pour sélectionner les articles correspondants aux critères d'inclusion et d'exclusions

Tableau IV : Critères d'inclusion et d'exclusion

	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
1^{ère} sélection : Analyse des titres et élimination de doublons	<ul style="list-style-type: none"> - Notion de « Croissance » ou de « Peak height Velocity » - Articles en langue française ou anglaise - Notion d'apparition d'une blessure liée à la pratique du football 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes seulement sur la performance ou le jeu dans le football sans la notion de risque de blessures - Autres sports
2^{ème} sélection : Analyse par lecture des résumés/abstracts pour connaître le contenu des études	<ul style="list-style-type: none"> - Population de jeunes footballeurs en période de puberté (9 à 19 ans) - Objectif de l'étude équivalent à celui de la revue - Etudes en français ou anglais 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de notion de blessure - Etude concernant le traitement de la blessure - Population féminine ou adulte (croissance terminée) - Elimination des doublons - Autres langues
3^{ème} sélection : lecture intégrale de chaque article avec recherche des critères d'inclusion et d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes épidémiologique : cohorte, transversale ou cas-témoins - Notion de Peak Height Velocity - Qualité méthodologique bonne ou satisfaisant selon la QUIPS Tool 	<ul style="list-style-type: none"> - Revues systématiques et méta-analyses - Pathologies de croissance (apophysite etc) - Etudes présentant une méthode peu qualitative

2.3.2. Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Pour évaluer la qualité méthodologique de nos études, nous utilisons la **QUIPS Tool**, qui est une grille spécifique à l'identification du risque de biais dans les études pronostiques.

Afin d'évaluer la qualité méthodologique, cet outil se base sur 6 biais :

- La **sélection des participants** (cohorte), notamment en ce qui concerne la représentativité de l'échantillon étudié
- Le **suiti des participants** (perdus de vue)
- La **mesure des facteurs pronostiques**, comment sont-ils évalués ? Quelle méthode de mesure ? Est-ce fait de la même manière pour tous les sujets ?
- La **mesure du critère de jugement** notamment s'il est mesuré de la même manière pour tout le monde
- Les **Variables de confusions**
- Les **analyses statistiques** : choix des variables adapté au type de l'étude

Chaque domaine est évalué en présentant un risque de biais faible, modéré ou élevé.

L'évaluation finale doit faire l'objet d'un consensus entre au moins 2 évaluateurs, ici elle ne pourra être réalisée seulement pas une seule personne.

Pour déterminer le risque de biais global d'une étude, il est possible de décrire celle avec un risque faible si les domaines importants (définis au préalable) sont évalués comme ayant un risque de biais faible.

2.3.3. Extraction des données

Concernant les études qui ont été sélectionnées, plusieurs informations clé ont été répertoriées :

- Le nom des auteurs et année parution
- Objectifs et hypothèses de l'étude
- Le nombre de participants et la description de la population étudiée
- Le schéma d'étude
- Les méthodes d'évaluation de la croissance
- Les conclusions et résultats

Toutes ces données ont été synthétisés dans des tableaux (voir Annexe 2).

2.4. Méthode de synthèses des résultats

Etant dans une démarche pronostique, la synthèse de nos résultats portera sur des mesures d'association.

Pour définir un lien de causalité entre deux facteurs, il est possible d'utiliser deux mesures qui permettent de définir un risque relatif et de le quantifier :

- Le **Risque Relatif (RR)** est le ratio du taux d'incidence (étude de cohorte)
- Le **Odds-Ratio (OR)** aussi appelé rapport de cotes (étude cas-témoins)

L'interprétation de ces risques varie en fonction du résultat : $RR = 1$, donc pas de corrélation entre les variables si exposition au facteur ; $RR > 1$, augmentation du risque de blessure ; $RR < 1$, diminution du risque de blessure

Il est aussi possible d'utiliser le **Hazard Ratio (HR)** qui ajoute une dimension temporelle dans l'analyse de nos études. Notamment dans les analyses de survies des études pronostiques permettant d'étudier le temps écoulé jusqu'à l'apparition d'un évènement, ici l'apparition de blessures par rapport au pic de croissance. Certains modèles peuvent être utilisés tel que le *Modèle de Cox*, permettant de mettre en relation des covariables et quantifier leur impact ainsi que de prendre en compte de potentiels facteurs de confusion. Il existe aussi la *Méthode de Kaplan-Meier* permettant de 'évaluer l'impact des facteurs pronostiques potentiels sur la survie.

Il sera aussi possible d'utiliser un **intervalle de confiance de 95% (IC95%)**, qui indique une fourchette de valeurs dans laquelle se situe la bonne valeur inconnue du Risque Relatif à 95%.

Il existe aussi le **p value (p)** qui permet de définir si l'hypothèse nulle (H_0) est rejetée ou non. Si p est inférieur au seuil de significativité qui a été donné, H_0 est rejetée. Ici, la limite la plus souvent donnée est $p = 0,05$. Si p est proche de 0, alors la probabilité de faire une erreur en excluant H_0 est faible. Donc, si $p < 0,05$ et que H_0 est rejetée, la probabilité que H_0 soit finalement vraie est de 5% et il y a une probabilité de 95% qu'il existe un réel lien de cause à effet dans les résultats et que ceux-ci ne soient pas liées au hasard.

Enfin, nous pourrons utiliser le **coefficient de Pearson (r)**, qui donne la dépendance entre l'exposition d'un facteur et l'apparition de la maladie. Il est interprétable par 3 résultats : $0 < r < 1$ indique une corrélation positive ; $0 > r > -1$ indique une corrélation négative ; $r = 0$, pas de corrélation

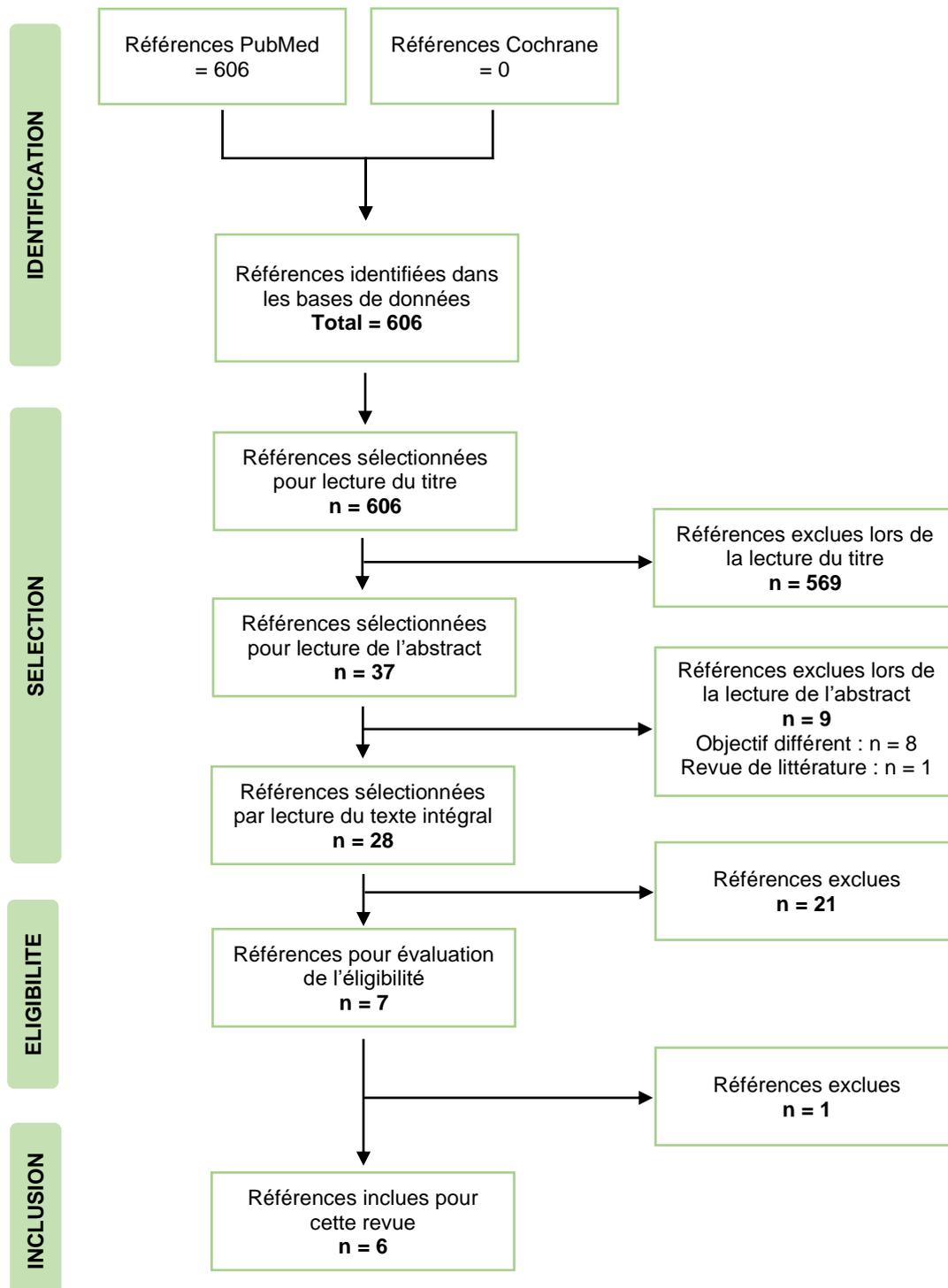
Nous réaliserons une analyse quantitative si les études sélectionnées communiquent les données suffisantes à l'élaboration d'une méta-analyse (RR, Odds ratio ou r). Dans le cas contraire, nous réaliserons une analyse qualitative de chaque étude incluse.

3. Résultats

3.1. Description des études

3.1.1. Résultats de la recherche

Le processus de sélection des études est représenté dans le diagramme de flux détaillant les étapes énoncées précédemment.



3.1.2. Etudes incluses

Les études incluses dans la revue et qui répondent aux critères d'inclusions et d'exclusions ainsi que les critères PICO présentés précédemment sont listés ci-dessous :

Tableau V: Etudes incluses dans la revue

The combined effects of growth and maturity status on injury risk in an elite football academy <i>Monasterio et al [26]</i>
The influence of maturity on recovery and perceived exertion, and its relationship with illnesses and non-contact injuries in young soccer players <i>Mandorino et al [44]</i>
Incidence, burden, and pattern of injuries in Spanish male youth soccer players: A prospective cohort study <i>Robles et al [45]</i>
Injury risk is greater in physically mature versus biologically younger male soccer players from academies in different countries <i>Hall et al [46]</i>
Injury Risk and Injury Burden Are Related to Age Group and Peak Height Velocity Among Talented Male Youth Soccer Players <i>Bult et al [47]</i>
Sport Injuries Aligned to Peak Height Velocity in Talented Pubertal Soccer Players <i>Van der sluis et al 2 [48]</i>

Titre, date, type d'étude	Nombre de participants et caractéristiques	Facteurs pronostiques examinés	Méthode de mesure du facteur pronostique	Critères de jugement	Facteurs pronostiques	Résultats statistiques ¹⁶
Monasterio et al (2024) Etude de cohorte rétrospective	N = 84 Catégories U11 à U19 et 3 ^{ème} et 4 ^{ème} divisions	Taille debout Taux de croissance Stade de maturité (PHV)	Stadiomètre mobile Changement de taille dans le temps = spline cubique Pourcentage de taille adulte	Incidence de blessure durant le jeu Exposition temps de jeu : matchs et entraînement	Pre-PHV vs Circa-PHV Pre-PHV vs Post-PHV Circa-PHV vs Post-PHV	RR=0.49 (0.40-0.61) / p=0.00 RR = 0.50 (0.41-0.60) / p=0.00 RR=1.02 (0.86-1.19) p=0.85
Mandorino et al (2022) Etude prospective de cohorte longitudinale	N = 23 Catégories U14 Age = 13,5 +/- 0,3 ans Poids = 51,5 +/- 8,5 kg Taille = 164 +/- 7,3 cm Pays = Italie 3 entraînements par semaine	Stade de maturité (PHV) Charge d'entraînement et de match Récupération	L'algorithme de Mirwald et al ¹⁷ Méthode RPE TQR score	Incidence de blessure générale Incidence de blessure	Circa-PHV vs Pré-PHV	RR = 1,7 / p < 0,05
Robles et al (2022) Etude de cohorte prospective	N = 314 Age = 10 à 19 ans Pays = Espagne 3 entraînements par semaine + 1 match par week end	Poids Taille debout Taille assise Stade de maturation (PHV)	Balance calibrée Plateforme de mesure Equation de régression de Mirwald et al	Incidence de blessures générale Incidence de blessure à l'entraînement Incidence de blessure en match	Circa-PHV vs Pré-PHV	Voir Annexe 2
Hall et al (2021) Etude de cohorte prospective	N = 501 Age = 9 à 23 ans Pays = Uruguay, Espagne, Angleterre et Brésil	Poids Taille assise et debout Stade de maturité (PHV)	Balance calibrée Stadiomètre Equation de régression de Mirwald et al	Incidence de blessures générale Incidence de blessures traumatique Incidence de blessures de surutilisation	Post vs Pré Circa vs Post Circa vs Pré	RR = 0.53 (0.35 - 0.80) / p = 0.002 RR = 0.63 (0.34 - 1.09) / p = 0.082 RR = 0.85 (0.47 - 1.59) / p = 0.560

¹⁶ Les résultats présentés dans ce tableau ont été envoyés par les auteurs à la suite d'une demande par mail ou via Research Gate car ils n'étaient pas retranscrits dans les articles disponibles.

¹⁷ *Mirwald et al* [71]

Titre, date, type d'étude	Nombre de participants et caractéristiques	Facteurs pronostiques examinés	Méthode de mesure du facteur pronostique	Critères de jugement	Facteurs pronostiques	Résultats statistiques ¹⁸
Bult et al (2018) Etude de cohorte prospective	N = 170 Catégories U12 à U19 Pays = Pays-Bas	Poids Taille assise et debout Stade de maturité (PHV)	Balance Tige mesure (Seca 220) Algorithme de Mirwald et al	Incidence de blessures Incidence de blessures par catégories	Pré Vs Total Circa vs Total Post vs Total	IR = 0.84 (0.70-1.01) /p = 0.059 IR = 1.15 (0.93-1.41) /p = 0.195 IR = 1.04 (0.91-1.18) / p = 0.566
Van der sluis et al (2014) Etude de cohorte prospective	N = 26 Pays = Pays-Bas	Stade de maturité	PHV : Algorithme de Mirwald et al	Exposition au jeu match/entraînement Incidence de blessure générale Incidence de blessures et surutilisation	Taille d'effet : Incidence entraînement : Pré vs Circa Circa vs Post Pré vs Post Incidence match : Pré vs Circa Circa vs Post Pré vs Post	d = 0.44 d = 0.09 d = 0.38 p = 0.136 d = 0.28 d = 0.37 d = 0.09 p = 0.277

Tableau VI : Données des études incluses

¹⁸ Les résultats présentés dans ce tableau ont été envoyés par les auteurs à la suite d'une demande par mail ou via Research Gate car ils n'étaient pas retranscrits dans les articles disponibles.

3.1.3. Etudes exclues

Les études exclues à la suite de la lecture du texte intégrale sont données ici, avec leur motif d'exclusion.

Nom et auteur	Motif d'exclusion
Importance of Peak Height Velocity Timing in Terms of Injuries in Talented Soccer Players <i>Van der sluis et al 1 [49]</i>	Qualité méthodologique avec un haut risque de biais
Exploring growth, maturity and age as injury risk factor in high-level youth football <i>Pettersen et al [50]</i>	L'étude ne présente pas de calcul du Peak Height Velocity qui est notre critère de jugement.
Adolescent male soccer players have higher growth rates and risk of injury is associated with biological maturity <i>Dut et al [51]</i>	Pas de notion de Peak Height Velocity.
How Does Age Affect Injury Characteristics in Young Elite Footballers? A Prospective Cohort Study of a German Youth Academy <i>Weishorn et al [52]</i>	Pas de calcul du Peak Height Velocity.
Growth-related sports injuries among young male professional football players in the Netherlands: a prospective cohort study concerning injury incidence, severity and burden <i>Juch et al [53]</i>	Porte uniquement sur les pathologies relatives à la croissance telles que Osgood et Sever. Pour cette revue on s'intéresse surtout aux blessures du sportif.
Relative skeletal maturity status affects injury burden in U14 elite academy football players <i>Monasterio et al 1 [54]</i>	Pas de calcul du Peak height velocity.
The influence of exposure, growth and maturation on injury risk in male academy football players <i>Johnson et al [55]</i>	Calcul du Peak height velocity mais il n'est pas utilisé dans les résultats.
Peak Height Velocity Affects Injury Burden in Circa-PHV Soccer Players <i>Monasterio et al 2 [56]</i>	Pas de données sur l'incidence de blessure qui est notre critère de jugement, ici on utilise la charge de la blessure seulement (burden).
The burden of injuries according to maturity status and timing: a two-decades study with 110 growth curves in a elite football academy <i>Monasterio et al 3 [57]</i>	Pas de données sur l'incidence de blessure qui est notre critère de jugement, ici on utilise la charge de la blessure seulement (burden).
Association of skeletal and injury risk in elite youth soccer players : A 4-season prospective study with survival analysis <i>Materne et al [58]</i>	L'étude ne présente pas d'utilisation du Peak Height Velocity.
Influence of Size and Maturity on Injury in Young Elite Soccer Players <i>Rinaldo et al [59]</i>	Ici le critère de jugement est le PHV, dans notre revue on cherche comme critère de jugement le taux d'incidence de blessure en fonction du moment de la croissance donnée par le PHV (facteur pronostique).
Injuries in youth football and the relationship to player maturation: An analysis of time-loss injuries during four seasons in an English elite male football academy <i>Light et al [60]</i>	Il y a un calcul du PHV mais il n'est pas utilisé dans les résultats en fonction de l'incidence de blessure.
Injury patterns differ with age in male youth football: a four- season prospective study of 111 time- loss injuries in an elite national academy <i>Wik et al [61]</i>	La notion de croissance n'est pas évoquée dans cette étude, seulement la notion d'âge chronologique.

Nom et auteur	Motif d'exclusion
Measures of PHV and Effect on directional dynamic stability to identify risk factors for injury in elite football <i>Rhodes et al [62]</i>	L'étude ne fait pas la différence entre les stades/périodes de croissance (pré/circa/post-PHV ou autres) qui sont nécessaires à l'interprétation de nos résultats recherchés.
A prospective investigation to evaluate risk factors for lower extremity injury risk in male youth soccer players <i>Read et al [63]</i>	Pas de notion de PHV dans l'étude.
Maturity Status and Injury Risk in Youth Soccer Players <i>Malina et al [64]</i>	L'étude est présentée en poster donc elle n'est pas interprétable et on n'a pas de notion de PHV.
Investigation of growth, development, and factors associated with injury in elite schoolboy footballers: prospective study <i>Johnson et al [65]</i>	L'étude ne présente pas de notion de Peak Height Velocity
Biological maturity and injury in elite youth football Le Gall et al [66]	L'article n'est pas en libre-service sur les plateformes et l'auteur n'a jamais envoyé l'article sur Research Gate ni par mail
Incidence and player risk factors for injury in youth football Malina et al 2 [67]	L'article n'est pas en libre-service sur les plateformes et l'auteur n'a jamais envoyé l'article sur Research Gate ni par mail
Incidence of adolescent injuries in junior high school football and its relationship to sexual maturity <i>Linder et al [68]</i>	L'article n'est pas en libre-service sur les plateformes et l'auteur n'a jamais envoyé l'article sur Research Gate ni par mail
Soccer injuries and their relation to physical maturity <i>Backhous et al [69]</i>	L'article n'est pas en libre-service sur les plateformes
The genetic association with injury risk in male academy soccer players depends on maturity status <i>Hall et al [70]</i>	Pas d'étude de la croissance mais seulement du statut de maturité, avec comme critère de jugement le génotype (total genetic score).

Tableau VII : Etudes exclues suite à la lecture intégrale

3.2. Risque de Biais des études incluses

3.2.1. Grille d'évaluation : La QUIPS Tool

La QUIPS Tool a été utilisé pour évaluer la qualité méthodologique de nos études incluses dans la revue. (Annexe 1)

	Study Participation	Study attrition	Prognostic Factor measurement	Outcome measurement	Study Confounding	Statistical Analysis and Reporting	Overall Risk of Bias
<i>Monasterio et al (2024)</i>							
<i>Mandorino et al (2022)</i>							
<i>Robles et al (2022)</i>							
<i>Hall et al (2022)</i>							
<i>Bult et al (2018)</i>							
<i>Van der sluis et al 2 (2014)</i>							

Tableau VIII: Résultats de la QUIPS TOOL

On observe sur ce tableau que hormis *Mandorino et al ()* qui présente un risque de biais faible, les six autres études sélectionnées () ont un risque de biais modéré.

3.2.2. Les biais identifiés

Tableau IX : Récapitulatif des biais identifiés

Biais identifiés	
Monasterio et al (2024)	<p><u>La population</u> : On ne retrouve pas de données sur le mode de recrutement de la population et aucune information sur les critères d'inclusions ou d'exclusions de la population.</p> <p><u>L'attrition</u> : L'étude n'évoque à aucun moment la notion de perdus de vue, on ignore s'il y en a eu ou non.</p> <p><u>Le facteur pronostique</u> : la mesure du facteur pronostique ne se base pas sur une méthode validée, même si elle est complétée par une référence, celle-ci ne se base que sur d'autres études réalisées dans un même objectif</p> <p><u>Les variables de confusions</u> : L'étude n'a pas mesuré le temps d'exposition à l'entraînement et aux matchs de manière individuelle chez les joueurs ni par catégories ou âge, on ne peut donc pas savoir si l'intensité de l'entraînement est changée en fonction des catégories et si oui ou non il peut avoir un impact sur les résultats. On ne retrouve pas non plus la notion de quantification du stress physique.</p> <p><u>Les Résultats</u> : L'étude ne communique pas les ratios de risque relatif évoqués dans l'abstract. Ce type de résultats est un standard pour démontrer un facteur de risque, or ici ces RR ne sont pas présentés, sans doute car statistiquement non significatif. Le lecteur ne peut donc pas interpréter lui-même ces résultats.</p> <p>La présentation de l'ensemble des incidences (figures 1, 2 et 3) est incomplète. Pour celles non énumérées dans le corps de texte, les intervalles de confiance ne sont pas donnés.</p> <p>De plus, l'étude n'évoque pas toujours la significativité statistique de ces résultats</p>
Mandorino et al (2022)	<p><u>La population</u> : L'étude se base sur une population 23 joueurs, donc un petit échantillon. La population ne présente que des U14, ce qui limite la représentativité de l'échantillon général étudié : les jeunes joueurs de football donc <19 ans.</p> <p><u>L'attrition</u> : L'étude ne mentionne à aucun moment les perdus de vue, elle ne précise même pas s'il y en a eu ou pas.</p> <p><u>Les résultats</u> : Pour évaluer le risque de blessure en fonction des différentes périodes de maturité (PHV) évoqué dans l'abstract, l'étude ne présente pas de RR ou de Odds Ratio, ce qui empêche une interprétation du risque présenté ou non dans ces différentes périodes. L'odds ratio n'a été calculé que pour le RPE.</p>
Robles et al (2022)	<p><u>Le facteur pronostique</u> : On ne retrouve pas une définition du « maturity offset » comme dans les autres études. Il n'est donc pas certain que la définition considérée dans l'étude soit la même que celle comprise par le lecteur.</p> <p><u>Les variables de confusion</u> : L'étude ne mesure pas le temps d'exposition au jeu (matchs et entraînements) par catégorie ou âge, et ne présente pas non plus de quantification du stress physique ou de sensation de récupération, ni la vitesse de croissance. Ces variables peuvent influencer les résultats car on suppose que si on augmente la charge ou le temps d'entraînement alors on augmente la probabilité de blessure.</p> <p><u>Les résultats</u> : L'étude évoque le « risque de blessure » à plusieurs reprises mais le RR ou l'Odds ratio ne sont pas présentés dans les résultats concernant l'incidence de blessure, on ne peut donc pas évaluer le risque de blessure entre chaque stade de maturité, mais seulement observer si les incidences sont plus élevées mais sans connaître les significativités statistique et clinique.</p>

<p>Hall et al (2022)</p>	<p>La population : La population est peu décrite, hormis les différents championnats dans lesquels les joueurs inclus évoluent on ne connaît pas leurs caractéristiques, combien sont-ils par catégories On ignore aussi sur quels critères ils ont été inclus dans les études.</p> <p>L'attrition : Aucune information donnée sur les perdus de vue, on ne peut pas savoir s'il y en a eu et si oui pourquoi sont-ils sortis de l'étude.</p> <p>Les variables de confusion : L'étude ne prend pas en compte la vitesse de croissance (rapide ou lente), ni de ressenti de l'effort ou de la récupération. Ce sont toutes des valeurs qui pourraient modifier le risque de blessure comme le stade de croissance donc importante à prendre en compte.</p> <p>Mais, il prend en compte l'exposition au jeu en fonction des stades de maturité et pour éviter les risques de confusion liés au fait que certains joueurs fournissent plusieurs saisons de données sur les blessures et d'autres une seule, chaque joueur n'a fourni qu'une seule saison de données sur les blessures.</p> <p>Les résultats : Concernant les ratios d'incidence (IRR) générale évoqués dans la partie "méthode" de l'article, ceux-ci ne sont pas tous donnés dans l'article. En effet l'auteur ne donne que celui de pré-PHV/post-PHV. Le lecteur ne peut donc pas interpréter par lui-même les résultats à cause de la pré-sélection dans la présentation des résultats. Les p value ne sont pas non plus communiqués.</p>
<p>Bult et al (2018)</p>	<p>Le critère de jugement : On ne sait pas si le critère de jugement a été mesuré de la même manière pour tous les participants</p> <p>Les variables de confusion : L'étude parle du temps d'exposition au jeu mais pas de la vitesse de croissance ou autres variables comme données précédemment + les joueurs ont pu procurer des données de blessures sur plusieurs saisons</p>
<p>Van der sluis et al 2 (2014)</p>	<p>L'attrition : Même problématique que pour Van der sluis et al 1 car même population étudiée au même moment.</p> <p>Le facteur pronostique : L'étude ne donne pas une définition du « maturity offset », ce qui empêche de savoir si cette définition est la même pour l'étude et pour le lecteur. De plus on ne sait pas s'il y a été mesuré de la même manière pour tous les participants.</p> <p>Les variables de confusions : Ici on prend en compte le temps d'exposition au jeu mais on ne le compare pas aux autres variables comme le critère de jugement. De plus, on ne sait pas si la mesure de ces variables est valide ou pas.</p> <p>Les résultats : L'étude présente ses résultats sous forme de moyenne avec écart-type mais ne calcule pas les risques de blessures entre les différents stades de maturités, on ne peut donc pas connaître ces risques et savoir s'il existe une période critique, on peut juste observer si un est plus élevé que les autres.</p>

Lorsque l'on lit le tableau IV, on remarque que dans l'ensemble des études, les biais où le risque est le plus élevé sont :

- Le **biais d'attrition** : en effet la plupart des études n'évoquent pas toujours les perdus de vue durant le déroulé de l'étude, ni les raisons de ces perdus de vue. Cela représente un biais important pour nos études.
- Le **biais issu des variables de confusion** : Ce biais est un des plus importants. En effet, dans cette revue nous étudions spécifiquement un facteur pronostique : le pic de croissance qui peut influencer un état de santé. Cependant, on sait qu'un état de santé (blessé ou non) n'est pas défini par un seul facteur mais par une multitude d'autres. Ici, dans la cadre du football, on sait que d'autres facteurs peuvent influencer l'incidence de blessures tel que : la fatigue, la charge d'entraînement, le sommeil ... Dans notre sélection d'études, la plupart n'évoque que trop peu ces variables qui peuvent modifier nos résultats sans que nous puissions nous en rendre compte.

- Le biais de présentation des résultats : La plupart des études ne présentent pas leur RR lorsque celui-ci n'est pas statistiquement significatif et d'autres ne les évoque même pas dans la méthode d'analyse statistique bien qu'elles évoquent la notion de risque de blessure. Or le RR (ou l'Odds ratio et le coefficient de Pearson) est la méthode de présentation des résultats adaptée pour pouvoir déterminer si un facteur/état de santé est pronostique d'une blessure/maladie ou non.
- ➔ Pour pallier ce biais, des mails ont été envoyés aux auteurs pour obtenir les résultats nécessaires à une analyse quantitative.

3.3. Effet de l'intervention

Le critère de jugement principal retenu dans les études sélectionnées est l'apparition de blessures soit **l'incidence de blessures**. On précise ici que l'on parle de l'ensemble des blessures survenues, les données plus précises comme l'incidence de blessures traumatiques ou surutilisation, durant entraînement ou match seront étudiés en fonction de ce que présente chaque étude.

Le facteur pronostique étudié sera la croissance indiquée par le **pic de croissance** ou **Peak height velocity** et divisé en 3 périodes :

- Pré-PHV : avant le pic de croissance
- Circa-PHV : autour du pic de croissance
- Post-PHV : après le pic de croissance

Dans le but de rester fidèle à la méthodologie élaborée précédemment, nous analyserons en première intention les résultats présentés sous forme de Risque Relatif avec intervalle de confiance et p-value.

Cependant, si les résultats de nos études ne sont pas présentés comme tel, ils seront étudiés sous forme de moyenne avec écart type (si disponible).

3.3.1. Monasterio et al

L'objectif de cette étude était d'explorer l'interaction entre le taux de croissance sur l'incidence de blessures spécifiques et de leur charge sur les périodes de pré/circa/post-PHV chez les jeunes footballeurs.

La population était constituée de 84 jeunes joueurs de football de l'Athletic Club des catégories allant de U11 à U19 et des 2^{ème} et 3^{ème} équipes jouant en 3^{ème} et 4^{ème} divisions (âgés de 17 à 23 ans).

Ici, les auteurs ont calculé l'incidence de l'ensemble des blessures pour chacune des trois périodes : pré/circa/post-PHV.

Stade de maturité	Injury incidence (IC95%)
Pré-PHV	2.85 (2.43–3.35)
Circa-PHV	5.79 (5.09–6.58)
Post-PHV	5.70 (5.17–6.29)

Tableau X : Résultats des incidences de blessure (Monasterio et al.)

	RR (95% IC)	P value
Pré-PHV vs Post-PHV	0.50 (0.41-0.60)	= 0.00
Circa-PHV vs Post-PHV	1.02 (0.86-1.19)	= 0.85
Pré-PHV vs Circa-PHV	0.49 (0.40-0.61)	= 0,00

Tableau XI : Risk ratio des incidences de blessure entre pré/circa/post-PHV (Monasterio et al.)

Il n'existe pas une différence statistiquement significative de risque de blessures pour *circa-PHV vs Post-PHV* ($p = 0.85$).

Cependant, les résultats pour *Pré-PHV vs Post-PHV* et *Pré-PHV vs Circa-PHV* sont statistiquement significatifs. Le risque de se blesser lorsque l'on est en pré-PHV est 0.49 (0.40-0.61) à 0,50 (0.41-0.60) fois moins élevé que lorsque le joueur se situe autour ou après son pic de croissance.

L'objectif de l'étude mentionnant le « taux » de croissance, les auteurs ont croisé aux données d'incidence de blessure en fonction du stade de maturité : la vitesse de croissance mesurée sur chaque joueur : « fast », « moderate » et « slow ».

	Pré-PHV (IC 95%)	Circa-PHV (IC 95%)	Post-PHV (IC 95%)
Fast (>7.2 cm/an)	4.1 (2.8-5.2)	5.9 (non disponible)	4.7 (non disponible)
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	2.6 (1.9-3.0)	5.6 (non disponible)	5.3 (non disponible)
Slow (<3 cm/an)	1.8 (0.8-3.1)	4.5 (non disponible)	5.9 (non disponible)

Tableau XII : Résultats des incidences de l'ensemble des blessures en fonction de la vitesse de croissance (Monasterio et al.)

Un joueur en période de pré-PHV qui grandit vite 1.65 à 2.38 fois plus de chance de se blesser qu'un joueur grandissant lentement (1.8 IC 95% [0.8-3.1]) ou de manière modéré (2.6 IC 95% [1.9-3.0]). Une tendance similaire est observée pour le circa-PHV.

Cependant, cela s'inverse lors de la période post-PHV. En effet, les joueurs finissant de grandir lentement aurait 1.11 à 1.25 fois plus de chances de se blesser que ceux finissant de grandir avec une vitesse de croissance plus rapide.

Ce croisement de la vitesse de croissance avec les périodes et l'incidence de blessures est répété pour 3 types de blessures retrouvées dans le football :

Pathologies de croissance			
Fast (>7.2 cm/an)	1.9 (1.2-2.8)	2.5 (1.7-3.2)	0.8 (0.2-3.4)
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.9 (0.5-1.1)	0.8 (0.4-1.6)	0.8 (non disponible)
Slow (<3 cm/an)	1.2 (non disponible)	0 (non disponible)	0.3 (0.2-0.5)
Lésions myo-aponévrotiques			
Fast (>7.2 cm/an)	0.8	1.6	1.3
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.5	2.2	2.3
Slow (<3 cm/an)	0.2	2.3	2.4
Lésions ligamentaires et articulaires			
Fast (>7.2 cm/an)	0.9	0.9	1.3
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.5	0.8	0.7
Slow (<3 cm/an)	0.4	0	1.7
	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV

Tableau XIII : Résultats des incidences des type de blessure en fonction de la vitesse de croissance

On remarque ici une augmentation des pathologies de croissance durant la période du circa-PHV avec 2.5 à 5.4 fois plus de chance de développer une de ces pathologies lorsque lorsqu'on grandit vite (1.9 injur/1000 h, 95% CI: 1.2–2.8/1000 h et 58 days lost/1000 h, 95% CI: 34–101/1000 h). On voit aussi qu'on a 1.58 fois plus de chance de développer Osgood ou Sever lors d'une croissance rapide en pré-PHV.

Pour les lésions musculo-aponévrotiques (LMA), on observe ici que les LMA sont beaucoup moins présentes dans la période pré-PHV que dans les deux autres, allant d'un risque de 4,6 à 12 fois plus élevé pour ces deux dernières. On voit aussi que le nombre de LMA diminue plus la vitesse de croissance sera rapide. L'étude explique que ces résultats sont statistiquement non significatifs car $p > 0.05$

Dans les lésions ligamentaires/articulaires, on observe une augmentation de l'incidence de blessure avec l'évolution de la croissance, allant de 1.4 à 4.2 fois plus de chance de se blesser au fil du temps. Les auteurs ont développé leur étude sur les incidences de blessure concernant les pathologies de croissance.

	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV
Maladie de Sever			
Fast (>7.2 cm/an)	0.2 (non dispo)	0.1 (non dispo)	0
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.1 (non dispo)	0	0
Slow (<3 cm/an)	0.1 (non dispo)	0	0
Maladie de Osgood Schlatter			
Fast (>7.2 cm/an)	0.2 (0.1-1.2)	0.1 (non dispo)	0
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.1 (0.1-0.3)	0.1 (non dispo)	0
Slow (<3 cm/an)	0	0	0
Avulsion Inferior iliac (All) apophyseal			
Fast (>7.2 cm/an)	0.3 (non dispo)	0.8 (non dispo)	0.4 (0.1-3.9)
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.1 (non dispo)	0.3 (non dispo)	0.2 (non dispo)
Slow (<3 cm/an)	0.6 (non dispo)	0	0.2 (0.1-0.2)
Spondylolisthésis			
Fast (>7.2 cm/an)	0	0.1 (non dispo)	0
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0	0	0.3 (non dispo)
Slow (<3 cm/an)	0	0	0.1 (non dispo)

Tableau XIV : Incidence des pathologies de croissance en fonction de la vitesse de croissance

Pour ce qui est des maladies de Sever et Osgood Schlatter, on observe une disparition totale de ces maladies après le circa-PHV quel que soit la vitesse de croissance observée. Pour Osgood Schlatter, l'incidence augmente avec la vitesse de croissance avec 4.4 fois plus de risque pour les joueurs grandissant rapidement (0.2 IC 95% [0.1-1.2] qu'à vitesse modérée (0.1 IC95% [0.1-0.3]).

Concernant les All apophysaires, on observe les joueurs en croissance rapide post-PHV présentait une incidence plus élevée (0,4 lésion/1000 h, IC 95 % : 0,1-3,9/1000 h) par rapport aux joueurs en croissance lente (0,2 lésion/1000 h, IC 95 % : 0,1-0,2/1000 h).

Enfin, les joueurs en post-PHV ont plus tendance à développer des spondylolisthésis que ceux qui n'ont pas encore passé le pic de croissance ou qui sont dans le circa-PHV.

3.3.2. Mandorino et al

L'objectif de cette étude était d'analyser l'incidence de blessure en rapport avec le stade de maturité des joueurs. La population était constituée de 23 joueurs de football de la catégorie U14 du club Pro Calcio Tor Sapienza.

Stade de maturité	Injury incidence (pour 1000h)	RR (95% IC)	P value
Pré-PHV	18.3 (12.1 -26.6)	Pré-PHV vs Post-PHV	Non disponible
Circa-PHV	31.2 (22.5 – 42.2)	Circa-PHV vs Post-PHV	Non disponible
Post-PHV	21.5 (13.8 -32.1)	Circa-PHV vs Pré-PHV	1.7 [inconnue] < 0.05

Tableau XV : Incidence de l'ensemble des blessure

Tableau XVI : Risk ratio des incidences de blessure entre pré/circa/post-PHV (Mandorino et al.)

De manière statistiquement significative ($p < 0.05$), il existe 1.7 fois plus de chance de se blesser en étant dans la période circa-PHV par rapport à la période pré-PHV.

Globalement, lorsqu'on observe les incidences on voit que le risque de blessures augmente avec le déroulement des périodes de croissance passant de 18.3 (12.1 -26.6) à 31.2 (22.5 – 42.2) de pré à circa-PHV. On note aussi une diminution de cette incidence en post-PHV.

3.3.3. Robles et al

L'objectif de cette étude était d'explorer l'incidence, la charge et les caractéristiques des blessures che des jeunes footballeurs.

La population est constituée de 314 jeunes footballeurs âgés de 10 à 19 ans provenant de 5 clubs soit 20 équipes en tout.

	Overall Injury (IC 95%)	Training injury (IC 95%)	Match injury (IC 95%)	Traumatic injury (IC 95%)	Overuse injury (IC 95%)	Contact injury (IC 95%)	Non contact injury (IC 95%)
Pré-PHV	2.0 (1.3-2.7)	1.3 (0.7 – 1.9)	6.6 (3.1 – 10.1)	1.1 (0.6 – 1.6)	0.9 (0.5 – 1.4)	0.4 (0.1 - 0.8)	1.6 (0.9 – 2.2)
Circa-PHV	4.3 (2.6 – 5.9)	2.3 (1.0 – 3.7)	15.0 (7.1 – 22.9)	1.8 (0.7 – 2.9)	2.5 (1.2 – 3.7)	1.2 (0.3 – 2.0)	3.1 (1.7 – 4.5)
Post-PHV	3.4 (2.6 – 4.3)	1.8 (1.2 – 2.5)	12.9 (8.5 – 17.2)	2.9 (2.1 – 3.6)	0.6 (0.2 – 0.9)	1.2 (0.7 – 1.7)	2.2 (1.5 – 2.9)

Tableau XVII : Résultats incidences de blessure en fonction du type de jeu, du mécanisme et des circonstances (Robles et al.)

Pour ce qui est de l'ensemble des blessures, les auteurs ont montré que le risque de blessure varie en fonction des périodes de croissance. En effet, du pré-PHV au circa-PHV, le risque est 2.2 fois plus élevé de se blesser. On observe cependant une diminution entre le circa-PHV (4.3 [2.6 – 5.9]) et le post-PHV, bien que l'incidence (post-PHV : 3.4 IC95% [2.6 – 4.3]) reste plus élevée qu'en pré-PHV.

Concernant le type de jeu (match ou entraînement), on peut constater qu'il existe une tendance plus importante à se blesser durant les matchs, avec une incidence de 5.0 à 7.2 fois plus élevée.

Pour ce qui est de la comparaison des périodes de croissance dans le même type de jeu, on observe une augmentation entre le pré-PHV et le circa-PHV (match : 6.6 IC 95% [3.1 – 10.1] à 2.3 IC95% [1.0 – 3.7] et entraînement : 1.3 95% [0.7 – 1.9] à 2.3 95% [1.0 – 3.7]). L'incidence diminue ensuite entre le circa et le post-PHV (match : 12.9 IC95% [8.5 – 17.2] et entraînement : 1.8 IC95% [1.2 – 2.5])

Idem pour les blessures classées sans contact, sur l'ensemble des 3 périodes on observe une augmentation de l'incidence avec un pic au circa-PHV (3.1 [1.7 – 4.5]). Pour les blessures avec contact, l'incidence stagne et reste sensiblement la même entre le circa et le sport-PHV (respectivement 1.2 IC95% [0.3 – 2.0] et 1.2 IC95% [0.7 – 1.7]).

Concernant les blessures traumatiques, on observe une évolution différente : du pré-PHV et du post-PHV, il y a une augmentation du nombre de blessure d'une période à l'autre (pré-PHV = 1.1 IC95% [0.6 – 1.6] < circa-PHV = 1.8 IC95% [0.7 – 2.9] < post-PHV = 2.9 IC95% [2.1 – 3.6]). Concernant les blessures de surutilisation, c'est lors du circa-PHV que l'incidence est la plus élevée (2.5 [1.2 – 3.7]). Contrairement aux autres présentations d'incidences, celles des blessures de surutilisation est la plus basse en post-PHV et non en pré-PHV (0.6 [0.2 – 0.9]) > 0.6 [0.2 – 0.9]).

3.3.4. Hall et al

Les objectifs de cette étude étaient de démontrer si oui ou non le stade de maturité est associé au risque de blessure chez les jeunes footballeurs et si le risque de blessure diffère d'un pays à l'autre.

Pour rappel, la population est composée de 501 footballeurs âgés de 9 à 23 ans provenant de 5 clubs anglais, 1 club espagnol, 1 club brésilien 1 club uruguayen.

Les Risques relatif issus du tableau ci-dessous ont été envoyé par l'auteur à la suite d'une demande par mail.

	RR (95% IC)	P value
Pré-PHV vs Post-PHV	0.53 (0.35 - 0.80)	= 0.002
Circa-PHV vs Post-PHV	0.63 (0.34 - 1.09)	= 0.082
Pré-PHV vs Circa-PHV	0.85 (0.47 - 1.59)	= 0.560

Tableau XVIII : Risk ratio des incidences de blessure entre pré/circa/post-PHV (Hall et al.)

On constate qu'on a 0.53 (0.35 - 0.80) (p = 0.002) fois moins de chance statistiquement significative en pré-PHV de se blesser qu'en post-PHV, soit environ 2 fois moins de risque.

On peut aussi lire que dans cette étude, le risque de se blesser en circa-PHV est moins élevé qu'en post-PHV avec un (RR = 0.63 [0.34 - 1.09], p = 0.082), ainsi qu'en pré-PHV le risque est moins important qu'en circa-PHV (0.85 [0.47 - 1.59], p = 0.560). Ces deux derniers résultats ne présentent pas de significativité statistique car p > 0.05.

Type de Lésion	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV	Adulte
Tissus mous	0.95 (0.36 – 1.54)	0.81 (-0.11 – 1.73)	4.21 (2.82 – 5.61)	3.54 (2.25 – 4.82)
Myo-aponévrotique	0.29 (-0.04 – 0.61)	0.54 (-0.21 – 1.29)	2.65 (1.54 – 3.76)	2.32 (1.27 – 3.36)
Ligament/tendon	0.67 (0.17 – 1.16)	0.54 (-0.21 – 1.29)	1.44 (0.63 – 2.26)	1.46 (0.64 – 2.29)
Pathologie de croissance	2.09 (1.22 – 2.97)	1.62 (0.32 – 2.92)	0.36 (-0.05 – 0.77)	0.00 (0.00 – 0.00)
Sacrum, bassin, lombaire	1.24 (0.56 – 1.91)	1.35 (0.17 – 2.54)	1.81 (0.89 – 2.72)	0.12 (-0.12 – 0.36)
Genou	1.05 (0.43 – 1.67)	0.54 (-0.21 – 1.29)	1.08 (0.38 – 1.79)	0.98 (0.30 – 1.65)
Cheville	0.29 (-0.04 – 1.67)	0.81 (-0.11 – 1.73)	0.48 (0.01 – 0.95)	0.85 (0.22 – 1.49)
Cuisse	0.38 (0.01 – 0.75)	0.27 (-0.26 – 0.80)	2.53 (1.45 – 3.61)	2.68 (1.56 – 3.80)
Ischios-jambiers	0.38 (0.01 – 0.75)	0.27 (-0.26 – 0.80)	1.20 (0.46 – 1.95)	1.10 (0.38 – 1.81)

Tableau XIX : Incidence des différents types de blessure et en fonction de la localisation (IC95%) (Hall et al.)

Pour les tissus mous, on voit que le post-PHV et la période adulte sont celle où on retrouve le plus de blessure (respectivement, 4.21 [2,82 – 5.61] et 3.54 [2.25 – 4.82]), idem avec les lésions myo-aponévrotiques (LMA) avec post-PHV = 2.65 [1.54 – 3.76] et adulte = 2.32 [1.27 – 3.36], ainsi que pour les ligaments et tendons : post-PHV = 1.44 [0.63 – 2.26] et adulte = 1.46 [0.64 – 2.29].

Concernant les pathologies de croissance, elles sont plus présentes durant le pré-PHV (2.09 [1.22 – 2.97]), puis on observe une diminution du circa et post-PHV (1.62 [0.32 – 2.92] à 0.36 [-0.05 – 0.77]) pour disparaître au début de la période adulte.

Pour les lésions au sacrum, bassin et lombaire, les blessures apparaissent le plus durant le post-PHV (1.81 [0.89 – 2.72]).

Les blessures au genou ont une incidence à peu près identique pour toutes les périodes, hormis pour le circa-PHV, où elle est presque divisée par deux (0.54 [-0.21 – 1.29]).

La cheville a une incidence plus élevée durant le circa-PHV (0.81 [-0.11 – 1.73]) et le début de la période adulte (0.85 [0.22 – 1.49]) que durant les autres périodes.

Enfin, la cuisse présente une augmentation de son incidence à partir du post-PHV (2.53 (1.45 – 3.61) et garde une incidence similaire pour la période adulte (2.68 [1.56 – 3.80]). Plus précisément, les LMA des ischios-jambiers présente la même tendance : augmentation à partir du post-PHV (1.20 [0.46 – 1.95]) et maintien à la période adulte (1.10 [0.38 – 1.81]).

3.3.5. Bult et al

L'objectif de cette étude est d'étudier les associations entre l'incidence de blessure et la charge des blessures avec l'augmentation de la taille (périodes autour du PHV) et les groupes d'âge chronologique (U12-U19) chez les jeunes footballeurs.

La population était composée de 170 jeunes joueurs de football d'un club de Première League hollandaise de la catégories U12 à U19.

Dans cette étude, le ratio se fait par rapport au groupe total : $(IID\ subgroup)/(IID\ total\ group)$.

Nous interpréterons ici les résultats de la classification de *Van der sluis et al* [48,53] pour qu'ils soient le plus comparable possible avec les autres études.

	Injury incidence density	IR (95% IC)	P value
Total	8.34 (7.71-9.02)	1.00	
Pré-PHV	6.99 (5.93-8.24)	0.84 (0.70-1.01)	0.059
Circa-PHV	9.56 (7.89-11.57)	1.15 (0.93-1.41)	0.195
Post-PHV	8.66 (7.82-9.58)	1.04 (0.91-1.18)	0.566

Tableau XX : Résultats Incidence de blessures en fonction de pré/circa/post-PHV (Bult et al.)

Ici, on compare les groupes par rapport au groupe totale. On observe que les joueurs en pré-PHV ont 16% de risque en moins de se blesser par rapport au groupe total, de manière statistiquement significative.

Pour ce qui est des joueurs en circa-PHV, ce sont ceux qui ont le plus de risque de se blesser avec une incidence de 9.56 [IC 95%, 7.89-11.57] et 15% de risque en plus par rapport au groupe contrôle mais ici, on ne considère pas cela comme statistiquement significatif.

Enfin pour le post-PHV, on observe une incidence inférieure à celle du circa-PHV avec 8.66 [IC 95%, 7.82-9.58] et 4% de risque supplémentaire d'avoir une blessure par rapport au groupe total.

3.3.6. Van der sluis et al

L'objectif de cette étude était d'identifier les différences entre les blessures traumatiques et de surutilisation avant, pendant et après le pic de croissance (PHV) pour permettre une meilleure compréhension de l'évolution des blessures chez les jeunes footballeurs.

La population est composée de 26 jeunes footballeurs d'un club de football professionnel hollandais.

Dans cette étude, n'ont été évoqué que les incidences de blessures durant l'entraînement les matchs.

	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV
Training injury incidence	2.57 +/- 3.22	4.19 +/- 4.13	3.84 +/- 3.48
Match injury incidence	12.49 +/- 26.06	20.50 +/- 28.00	23.08 +/- 28.80

Tableau XXI : Résultats incidence de blessures en fonction du type de jeu (Van der sluis et al.)

Les auteurs montrent ici qu'il existe une incidence plus importante de blessure durant les matchs que durant les entraînements, allant de 4.86 à 6.01 fois plus élevé en fonction de chaque période présentée.

Pour les blessures en entraînement, observe aussi une augmentation de l'incidence sur la période générale (pré à post-PHV) passant de 2.57 [+/- 3.22] à 3.84 [+/- 3.48] avec la valeur la plus élevée pendant le circa-PHV 4.19 [+/- 4.13].

Pour ce qui est de l'incidence de blessure en match, on remarque une augmentation de celle-ci au fil des périodes avec pré-PHV < circa-PHV < post-PHV (12.49 [+/- 26.06] < 20.50 [+/- 28.00] < 23.08 [+/- 28.80]).

Pour cette étude, la taille d'effet entre les périodes a été calculé avec le d de Cohen avec d = 0.20 (small), d = around 0.50 (moderate), d = around 0.80 (large) p < 0.05 :

	Pré-PHV vs circa-PHV	PHV vs post-PHV	Pré-PHV vs post-PHV	F value	P value
Training injury incidence	0.44	0.09	0.38	2.079	0.136
Match injury incidence	0.28	0.37	0.09	1.317	0.277

Tableau XXII : Taille d'effet, F-value et p-value pour incidence de blessure en match et entraînement p<0.05

On observe une taille d'effet modérée seulement entre les périodes pré-PHV et circa-PHV pour l'incidence de blessures en entraînement (d = 0.44). Pour ce qui est des autres tailles d'effet, quel que soit les périodes comparées ou le type d'incidence, elle reste faible car autour de d = 0.20. Bien que pour la PHV vs post-PHV (d = 0.37) soit plus proche de modérée que de faible pour l'incidence en match, idem pour Pré-PHV vs post-PHV (d=0.38).

L'ensemble des valeurs du tableau ne sont pas reconnues comme statistiquement significatives (p = 0.136 et p = 0.277).

4. Discussion

L'objectif de cette revue est d'analyser l'impact de la croissance sur l'incidence des blessures sportives chez les jeunes footballeurs.

Dans le but de répondre à cette problématique, 6 études ont été sélectionnées :

- 5 études prospectives (*Mandorino et al*, *Robles et al*, *Hall et al*, *Bult et al*, *Van der sluis et al*)
- 1 rétrospective (*Monasterio et al*)

4.1. La population

La population dans chaque étude allait de 23 à 501 participants, soit un total de 1115 sujets.

Les études prospectives ont suivi ces participants pendant 1 à 4 saisons de football, soit d'août à juin. La seule étude rétrospective a répertorié 20 années de données sur les joueurs.

La population étudiée était constituée de jeunes footballeurs âgés de 9 à 19 ans pour l'ensemble des études allant de U11 à U19, exceptée pour *Hall et al* qui ajouté deux équipes de joueurs de 2^{ème} 3^{ème} divisions âgés de 19 à 23 ans.

La revue n'a pas présenté de critères précis d'inclusion de la population hormis la pratique du football. Dans les études, le choix des populations s'est fait par l'intermédiaire du choix d'un ou plusieurs club(s) ou académie(s) partenaire(s) pour les réaliser. Les seules informations présentes étaient : jouer au football, faire partie d'un club de football, d'une académie ou d'une sélection élite, être encore mineur (« youth ») pour se situer en période de croissance (sauf pour *Hall et al*).

Nous ne connaissons pas non plus les critères de sélection des clubs, quel type de club (professionnel ou amateur), les championnats ciblés. Dans nos études, il semble que les clubs en question soient parmi les meilleurs de leur pays respectif comme précisé dans certaines études comme *Hall et al*, *Monasterio et al*. et *Van der sluis et al*.

Un point intéressant à soulever est que la plupart des études ne porte que sur un seul club, ce qui donne une population plus homogène. En effet, lorsque les joueurs viennent d'une même académie ils progressent et vivent dans un environnement identique : horaires de sommeil, nutrition, entraînements, matchs sont imposé à tous de la même manière. *Hall et al*. fait exception en réalisant une étude internationales (cf. Annexe2)

Ce milieu académique permet de diminuer l'hétérogénéité des facteurs environnementaux entre les joueurs pouvant modifier les résultats et venir interférer avec leur croissance. *Robles et al*. a réalisé une étude sur plusieurs clubs du sud de l'Espagne, mais On retrouve toujours cette notion d'homogénéité des clubs, même si réduite, car les 20 clubs se trouvent dans la même zone géographique. Il est en de même pour *Hall et al*., avec plusieurs clubs de différents pays.

Mandorino et al. a poussé cette homogénéité encore plus loin en ne prenant des joueurs de l'équipe de U14 avec une moyenne d'âge de 13.5 ans. Cette étude appuie le fait qu'à un même âge, tout individu n'est pas au même stade de croissance et que la période de croissance (début, fin et son déroulé) est propre à chacun.

A contrario, cette revue comporte une population avec une diversité ethnique riche. Les différentes études incluent des joueurs de divers pays : Angleterre, Espagne, Pays-Bas, Italie, Uruguay et Brésil. Permettant de pouvoir appliquer les conclusions tirées de cette revue à une population large voire internationale.

Il est important de noter que la population du stade circa-PHV de *Hall et al.*, ne représente que 10% de la population étudiée avec 16 joueurs compris, alors que les trois autres groupes représentent chacun 25 à 34% de la population. En effet, le circa-PHV est une période plus courte que les autres (12 mois maximum) et peut donc induire un nombre moins important de blessures reportées durant la période. Cette nuance sera à prendre en compte dans l'interprétation des résultats de l'étude.

4.2. Intervention : le pic de croissance

Les études ont toutes défini les trois mêmes périodes : **pré/circa/post-PHV** qui permettent de classer les joueurs en fonction de leur avancée dans leur croissance. Seule *Bult et al.*, a décrit 6 périodes de croissance qu'elle a comparé avec les périodes pré/circa/post-PHV de l'étude *Van der sluis et al.* pour que ses résultats soient comparables à ceux des autres études (cf annexe 2).

Dans chacune de ces études, l'incidence de blessure a été observé en fonction de la période de croissance dans laquelle le joueur se trouve au moment de sa blessure.

Pour chaque étude, il a été nécessaire de déterminer une méthode pour prédire **le pic de croissance ou Peak Height Velocity (PHV)**. Lors de la lecture de nos 6 études, nous avons observé qu'il existait plusieurs méthodes pour définir le pic de croissance.

Mandorino et al., *Robles et al.*, *Hall et al.*, *Van der sluis et al.* et *Bult et al.* ont utilisé l'algorithme de *Mirwald et al.* [71], pour prédire le PHV. L'étude avait pour objectif d'élaborer une méthode de calcul sur PHV non-invasive et nécessitant peu de matériels. En effet, calculer le PHV, nous avons seulement besoin des tailles assise et debout, du poids et de l'âge chronologique.

Robles et al., *Van der sluis et al.* et *Hall et al.* ont pris en compte l'écart-type de 0.5 année pour déterminer leurs stades et ont exclus les joueurs se trouvant entre 0.5 et 1 an avant ou après l'année du pic de croissance pour limiter un biais d'attribution des stades de croissance.

Bult et al. et *Mandorino et al.* n'ont pas considéré cette marge d'erreur possible dans calcul du PHV, ce qui suggère qu'il peut exister dans ces deux études une erreur d'attribution des stades de croissance à prendre en compte dans notre analyse des résultats.

Le choix de l'intervalle des stades de croissance a été déterminé par chaque étude. *Robles et al.*, *Hall et al.*, *Van der sluis et al.* et *Bult et al.* ont choisi des intervalles de 6 mois avant et après le PHV. *Mandorino et al.* a choisi un intervalle de 4 mois (0.3 an) avant et après le PHV pour déterminer ses stades.

Monasterio et al. n'a pas utilisé la même méthode de calcul du PHV. Etant une étude rétrospective, l'étude a choisi d'utiliser la taille adulte comme déterminant du stade de maturité. En fonction du pourcentage de la taille adulte, un joueur était placé dans un des stades de croissance. (Cf Annexe 2).

Il existe donc une hétérogénéité de la définition des stades de croissance ainsi que du calcul du PHV pouvant majorer les divergences entre les résultats des études. Il est donc important de prendre en compte ces nuances dans notre analyse.

4.3. Critère de jugement : incidence de blessure

Les études incluses ont été sélectionnées dans le but de pouvoir étudier un critère de jugement commun à toutes : l'incidence de blessure chez les jeunes footballeurs, mesurée en **nombre de blessure pour 1000 heures de jeu**.

Toutes nos études évoquent l'incidence de l'ensemble des blessures subies par les joueurs au cours d'une saison, sauf *Van der sluis et al* qui évoque seulement les incidences de blessure en matchs ou en entraînement, ce qui est un critère plus précis, une sous partie de celui étudié.

L'utilisation de la mesure « nombre de blessure pour 1000h » est recommandée par la procédure de réalisation des études observationnelles par l'UEFA [72] ainsi que par le consensus de la FIFA sur le suivi des blessures [73].

Malgré les recommandations de la FIFA et de l'UEFA, il est difficile de se représenter 1000h de jeu sans passer par un calcul de ce que représente une telle durée. *Mandorino et al.* et *Robles et al.* ont donné le nombre et la durée des matchs et entraînements des joueurs par semaine (3 entraînements de 90 minutes et 1 match de 90 minutes par semaine). En prenant en compte le nombre de semaines de jeu sur une saison de football (environ 40 semaines), pour les joueurs de ces études, 1000 heures de jeu représentent environ 4 saisons de football (matchs + entraînement) et pour des joueurs s'entraînant 5 fois par semaine avec un match le week end, un peu moins de 3 saisons.

Nous avons conscience que le nombre de 1000 a été choisi pour que le nombre de blessure soit parlant pour le lecteur, cependant dans le cadre de la mesure de la croissance et de la détermination de ces stades, 1000h de jeu est une mesure qui étale la blessure sur plus que la durée d'un stade de croissance déterminée par les études en question.

4.4. L'incidence générale de blessure

Dans cette partie, tous les mécanismes, types, localisations, circonstances des blessures sont compris dans un même ensemble, pour réaliser un état des lieux général de l'incidence des blessures.

	Incidence (IC95%)		
	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV
Monasterio et al	2.85 (2.43–3.35)	5.79 (5.09–6.58)	5.70 (5.17–6.29)
Mandorino et al	18.3 (12.1-26.6)	31.2 (22.5- 42.2)	21.5 (13.8 -32.1)
Robles et al	2.0 (1.3-2.7)	4.3 (2.6 – 5.9)	3.4 (2.6 – 4.3)
Hall et al	3.90 (2.71 – 5.10)	4.60 (2.41 – 6.79)	7.34 (5.50 – 9.19)
Bult et al	6.99 (5.93-8.24)	9.56 (7.89-11.57)	8.66 (7.82-9.58)

Tableau XXIII : Incidence des blessures des études sélectionnées (IC95%)

	Risk Ratio (IC95%)			P value (<0.05)		
	Pré vs Post	Circa vs Post	Pré vs Circa	Pré vs post	Circa vs Post	Pré vs Circa
Monasterio et al	0.50 (0.41-0.60)	1.02 (0.86-1.19)	0.49 (0.40-0.61)	= 0.00	= 0.85	= 0,00
Mandorino et al			Circa VS Pré 1.7 [inconnue]			< 0.05
Hall et al	0.53 (0.35 - 0.80)	0.63 (0.34 - 1.09)	0.85 (0.47 - 1.59)	= 0.002	= 0.082	= 0.560

Tableau XXIV : Risk ratios des incidences de toutes les blessures disponibles ($p < 0.05$)

À la suite de l'analyse de l'ensemble des résultats récoltés, nous avons observé que le circa-PHV est la période de la croissance où les joueurs ont le plus tendance à se blesser. *Hall et al.* est la seule étude montrant que la période où ces joueurs se blessent le plus est le post-PHV. Mais, ayant une population en circa-PHV réduite, il peut y avoir une incidence réduite aussi et donc, un ratio Circa-PHV vs Post PHV (0.63 IC95%[0.34 - 1.09]) plus bas que ce qu'il aurait pu être si les groupes étaient équivalents.

La période où le risque de blessure est le moins élevée est le pré-PHV ($RR_{\text{pré vs post}} = 0.50$ IC95%[0.41-0.60] à 0.53 IC95%[0.35 - 0.80] et $RR_{\text{pré vs circa}} = 0.49$ IC95%[0.40-0.61] à 0.85 IC95%[0.47 - 1.59]). Les joueurs sont moins exposés à une forte intensité d'entraînements et sont au début de leur croissance, elle ne peut pas avoir un impact plus important que dans les périodes qui suivent.

Monasterio et al. a pris en compte la vitesse de la croissance comme facteur supplémentaire pouvant influencer sur les blessures. Lorsque la croissance est rapide (>7.2 cm/an) ou modérée (3.0 à 7.2

cm/an), c'est aussi dans le circa-PHV que l'on retrouvera une incidence plus importante, mais si la croissance est lente (<3 cm/an), ce sera en post-PHV.

On suppose que plus la vitesse de croissance est rapide et plus le taux de croissance va être important sur une période donnée. Ce qui entraîne des modifications rapides et soudaines du corps du joueur (schéma corporel, coordination ...) pouvant amener à des blessures supplémentaires que lorsque la croissance est lente, dans ce cas-là on suppose que l'adolescent a plus le temps de s'habituer à ces changements.

Monasterio et al., *Mandorino et al.* et *Hall et al.*, ont présenté sous forme de Risk ratios leurs résultats d'une période par rapport aux autres, ce qui permet de déduire si une période est un facteur pronostique de blessure.

D'après les ratios extraits de nos études, ce serait bien la période du circa-PHV, donc le pic de croissance en lui-même, où les joueurs seraient le plus à risque de se blesser durant la saison, sur l'ensemble du jeu.

Mandorino et al. présente une incidence importante par rapport aux autres études.

Face à ces résultats, on se rend compte qu'il est difficile de donner avec objectivité et un effet clinique à ces résultats. La plupart d'entre eux ne présentent pas de significativité statistique lorsque celle-ci est indiquée. De plus, aucune des études n'évoquent de différence minimale importante (MID).

Lorsqu'on interprète des résultats où on a étudié un facteur pronostique particulier, nous devons avoir conscience que même si notre population est assez homogène, cela ne permet pas d'isoler complètement notre facteur. Il est important de nuancer son effet par rapport aux autres facteurs pouvant aussi entraîner des blessures durant le jeu telles que : l'intensité de l'entraînement, la fréquence des matchs en fonction des moments de la saison, la fatigue/sommeil [74], la notion de récupération [44], le stress etc.

Comme la croissance, certains de ces facteurs vont aussi augmenter avec l'âge des joueurs. Par exemple, l'intensité de l'entraînement et la fréquence des matchs augmentent fortement entre les U11 et les U19, pouvant passer de 3 entraînements et 1 match par semaine à 5 entraînements par semaine et 2 matchs pour certaines semaines.

Plus les joueurs vont grandir, plus les exigences attendues seront importantes. La fin de la croissance, donc vers 17 à 19 ans, est un moment clé dans la carrière des joueurs, c'est vers ces âges que les joueurs peuvent débiter une carrière professionnelle avec des possibilités à la majorité de jouer à l'étranger, c'est un véritable tournant pour ces jeunes.

4.5. L'incidence des types de blessure

Hall et al. et Monasterio et al. ont mesuré l'incidence des différents types de blessure, ce qui va nous permettre de voir s'il existe des types de lésions plus ou moins spécifiques à un stade de croissance donné.

4.5.1. Incidence des lésions myo-aponévrotiques

Type de Lésion	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV	Adulte
Myo-aponévrotique	0.29 (-0.04 – 0.61)	0.54 (-0.21 – 1.29)	2.65 (1.54 – 3.76)	2.32 (1.27 – 3.36)
Ischios-jambiers	0.38 (0.01 – 0.75)	0.27 (-0.26 – 0.80)	1.20 (0.46 – 1.95)	1.10 (0.38 – 1.81)

Tableau XXV : Incidence des LMA (Hall et al.)

	Risk ratio (IC95%)		P value p < 0.05	
	Pré vs Post	Circa vs Post	Pré vs post	Circa vs Post
Hall et al	0.11 (0.03 – 0.31)	0.20 (0.03 – 0.69)	< 0.001	= 0.032

Tableau XXVI : Risk ratio des LMA des périodes circa- et pré-PHV par rapport au post-PHV

Hall et al. expose une augmentation du nombre de LMA à partir de la période du post-PHV, qui n'est pas une blessure très incidente avant le pic de croissance.

En effet, il existe un risque statistiquement significatif d'avoir une LMA en post-PHV par rapport aux pré-PHV (RR = 0.11 [0.03 – 0.31], p<0.001) et circa-PHV (RR = 0.20 [0.03 – 0.69], p=0.032).

Cette majoration de l'incidence de LMA pendant le déroulement de la croissance peut être dû à une fatigabilité musculaire plus précoce en post-PHV qu'en pré-PHV notamment à cause d'une masse musculaire plus importante ainsi qu'un taux d'élimination des métabolites et de resynthèse de substrats énergétiques plus bas pour les adolescents en fin de croissance [75]. Des études suggèrent que l'amplitude des LMA serait liée à au niveau de force absolue développée lors d'une contraction excentrique [76].

Hall et al. a choisi de s'intéresser à la cuisse qui est un des zones anatomiques les plus lésées chez le footballeur, notamment les ischios-jambiers. (Cf. Introduction : 1.1. Epidémiologie des blessures chez les jeunes footballeurs). On peut voir, dans l'étude, une augmentation progressive de l'incidence de blessure d'un stade à un autre, avec une incidence la plus élevée au stade de jeune adulte.

	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV
Fast (>7.2 cm/an)	0.8	1.6	1.3
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.5	2.2	2.3
Slow (<3 cm/an)	0.2	2.3	2.4

Tableau XXVII : Résultats de l'incidence (/1000h de jeu) des LMA en fonction de la vitesse de croissance (Monasterio et al.)

Monasterio et al. présente ces résultats en y ajoutant la notion de vitesse de croissance, de plus il ne présente pas de Risk ratio comme *Hall et al.*. Il est quand même possible d'apprécier les données de l'étude : ici la majoration des LMA, quel que soit la vitesse de croissance mesurée, se fait à partir du circa-PHV.

Une nuance est à noter : les joueurs ayant une croissance > 7.2 cm/an présentent moins de LMA que les joueurs avec une croissance < 7.2 cm/an. Cependant, l'étude indique qu'il n'existe pas de différences significatives concernant les LMA entre les différents stades de croissance malgré des résultats différents.

On constate une divergence des conclusions amenées par les deux études : *Monasterio et al.* montre qu'il n'existe pas de différence de LMA entre les 3 stades de maturité et *Hall et al.* présente une incidence significative des LMA en post-PHV comparées aux 2 autres stades.

On ne retrouve pas chez *Hall et al.*, la majoration de blessure en circa-PHV observée chez *Monasterio et al.* car le nombre de joueur dans le circa-PHV est inférieur à ceux des autres groupes des périodes comme expliqué précédemment.

4.5.2. Incidence des lésions articulaire et ligamentaires

	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV
Fast (>7.2 cm/an)	0.9	0.9	1.3
Moderate (3.0 à 7.2 cm/an)	0.5	0.8	0.7
Slow (<3 cm/an)	0.4	0	1.7

Tableau XXVIII : Incidences des lésions articulaires et ligamentaires en fonction de la vitesse de croissance (*Monasterio et al.*)

A propos des lésions ligamentaires et articulaires, *Monasterio et al.* ne montre pas de grandes variations de ses résultats en fonction du stade et de la vitesse de croissance. La seule différence notable pourrait être chez les joueurs ayant une vitesse de croissance < 3 cm/an avec 4.2 fois plus de chance d'avoir une blessure ligamentaire/articulaire. Cependant, il nous est impossible de donner une significativité statistique ou clinique à cette mesure car l'étude ne la présente pas comme telle.

Type de Lésion	Pré-PHV	Circa-PHV	Post-PHV	Adulte
Ligament/tendon	0.67 (0.17 – 1.16)	0.54 (-0.21 – 1.29)	1.44 (0.63 – 2.26)	1.46 (0.64 – 2.29)

Tableau XXIX : Incidence Lésions ligamentaires et articulaires (*Hall et al.*)

Quant à *Hall et al.*, on observe la même tendance que pour les LMA : une incidence plutôt constante du pré-PHV (0.67 IC 95% [0.17 – 1.16]) au circa-PHV (0.54 IC95% [-0.21 – 1.29]) puis une augmentation de l'incidence à partir du post-PHV (1.44 (0.63 – 2.26)) et une stabilisation de celle-ci à l'âge adulte (1.46 IC95% [0.64 – 2.29]).

Lors de l'adolescence, il est possible de retrouver des altérations du système sensori-moteur dû à des modifications rapides du corps de l'adolescent. On peut retrouver une diminution du contrôle moteur notamment dans les tâches posturales complexes avec des stratégies compensatrices similaires à celles des enfants et moins que celles des adultes [77] et ces difficultés d'adaptation peuvent entraîner des mouvements lésionnels au niveau des articulations et des ligaments.

De plus, on sait que le traitement du signal nerveux avec les propriétés d'excitabilité et d'inhibition est en maturation de 9 à 22 ans [78]. Le système nerveux tend à développer les réponses anticipées ainsi qu'à réprimer les réponses planifiées permettant une amélioration de la fonction exécutive [79]. Pour un jeune footballeur, cela signifie une adaptation aux imprévus du jeu en pleine évolution même après sa croissance.

Concernant les blessures aux genoux et chevilles, on remarque une incidence similaire pour toutes les périodes décrites chez *Hall et al*, hormis pour le genou concernant le circa-PHV où on observe une incidence plus basse, certainement liée au nombre plus bas de joueurs dans le circa-PHV. Les zones anatomiques ne change pas d'une période à l'autre, mais il nous est toujours impossible d'appuyer nos propos sur des données statistiques avec des ratios car l'étude n'en donne pas.

4.5.3. Incidence des pathologies de croissance

Les pathologies de croissance sont abordées dans certaines études sélectionnées. *Monasterio et al.* croise, une fois de plus, ses incidences en fonction des stades de croissance avec la vitesse de croissance. Dans cette étude, on observe que l'incidence des pathologies de croissance est la plus élevée chez les joueurs ayant une croissance rapide (>7.2 cm/an) en circa-PHV. On peut expliquer cela par le fait que le pic de croissance étant le moment où le joueur grandit le plus, combiné avec une charge d'entraînement augmentant progressivement avec sa catégorie, on retrouve un stress des tissus notamment au niveau du cartilage de croissance, créant ces inflammations. (Cf introduction : « 1.3.7. Les apophysites »)

Lorsque la vitesse de croissance est modérée (3 à 7.2 cm/an), on n'observe pas de variations de l'incidence, cependant lorsqu'on regarde les incidences en fonction des différentes pathologies de croissance (avulsion de l'épine iliaque antéroinférieure (All) apophysaire, Maladies de Osgood-Schlatter et Sever), on voit que celle-ci devient nulle en post-PHV notamment pour Osgood et Sever. Effectivement en post-PHV, la croissance est moins importante donc le rapport entre le taux de croissance et l'intensité du jeu est diminuée, il y a donc moins de contrainte induite sur le cartilage, de croissance qui commence à disparaître à cette période et donc moins de risque d'inflammation de ces zones de fragilité.

Pour l'All apophysaire, on voit que l'incidence est présente dans tous les stades, et que celle-ci varie peu d'une période à l'autre et d'une vitesse à l'autre.

Monasterio et al. ne nous permet pas de savoir si cette répartition sur l'ensemble des stades de croissance est due au hasard ou à des éléments physiopathologiques réels car aucune donnée comme des risk ratios, Odds ratios ou coefficient de Pearson pour évaluer le risque ou le p-value pour la significativité statistique n'ont été calculés. Notre présentation de ses résultats ne peut se faire qu'à travers une appréciation qualitative sans pouvoir assurer nos propos avec une véracité statistique.

4.5.4. Incidence de blessures traumatiques/surutilisation

Robles et al est la seule étude présentant des résultats d'incidence en fonction des blessures traumatiques ou de surutilisation. Dans les résultats, on a pu constater que l'incidence des blessures traumatiques était la plus élevée durant le post-PHV et celle des blessures de surutilisation était pour le circa-PHV.

	Incidence (IC95%)					
	Pré-PHV		Circa-PHV		Post-PHV	
	Traumatique	Surutilisation	Traumatique	Surutilisation	Traumatique	Surutilisation
Robles et al	1.1 (0.6 – 1.6)	0.9 (0.5 – 1.4)	1.8 (0.7 – 2.9)	2.5 (1.2 – 3.7)	2.9 (2.1 – 3.6)	0.6 (0.2 – 0.9)

Tableau XXX : Incidence des blessures traumatiques et de surutilisation (nombres de blessure/1000h)

Concernant les blessures de surutilisation, le circa-PHV est le moment où la vitesse de croissance est la plus importante, c'est un stade charnière dans le déroulé de la croissance. Le corps est exposé à un changement brutal avec une éventuelle difficulté d'adaptation pour les structures anatomiques telles que les os, tendons, ligaments et muscles [80]. Tout cela ajouté à une intensification des entraînements induirait une tendance aux blessures par surutilisation comme peut illustrer l'étiologie de Osgood-Schlatter.

Robles et al. n'a pas présenté de définitions de blessures « traumatique » et de « surutilisation », il nous est donc difficile de deviner quels genres de blessures peuvent être inclus dans cette catégories. Mais *Van der sluis et al.* parle de blessure « traumatique » comme une blessure survenue lors d'un moment spécifique et identifiable et de la blessure de « surutilisation » comme une blessure provenant de microtraumatismes répétés mais sans moment de déclenchement identifiable.

La revue fait face à la même problématique que pour l'incidence de toutes les blessures. En effet, *Robles et al.* ne présente pas ses résultats sous forme de Risk ratio ou bien Odds ratio comme expliqué dans la méthode de la revue. On ne peut donc pas déterminer de manière rigoureuse si se situer dans un des stades de croissance présentés est un facteur pronostique de blessure traumatique ou de surutilisation, et si cette période nécessite une vigilance accrue. Une moyenne, de plus sans écart-type, ne présente pas un bon moyen d'évaluer statistiquement un risque.

4.5.5. Incidence de blessure en match et à l'entraînement

Pour ce qui est de l'incidence de blessure en fonction des matchs et entraînements, on retrouve deux tendances entre les différentes périodes. Concernant les matchs, *Robles et al.* montre un taux de blessure plus important durant la période circa-PHV (15.0 [7.1-22.9]), contrairement à *Van der sluis et al* qui expose une incidence plus importante en post-PHV.

En grandissant, l'objectif est d'introduire progressivement aux joueurs les conditions de jeu des matchs et des entraînements et le niveau du milieu professionnel. Il y a donc une augmentation de l'intensité ainsi que de l'agressivité du jeu, donc une manière de jouer plus physique. Avec toutes ces composantes, elles-mêmes associées à des joueurs qui acquièrent une corpulence similaire à celles

des adultes, on additionne les facteurs pouvant entraîner des blessures, que ce soit durant les entraînements ou les matchs.

Lors des entraînements, pour améliorer leurs performances, les joueurs sont plongés dans des conditions se rapprochant le plus possible de celles des matchs. C'est pourquoi en post-PHV, l'incidence de blessure traumatique soit plus importante.

Cependant, on note une variation plus importante de l'incidence du pré- au circa-PHV que du circa- au post-PHV chez *Robles et al.* et *Van der sluis et al.*, ce qui suggère une augmentation de la vulnérabilité des joueurs lorsqu'ils sont en plein pic de croissance. Le fait que *Van der sluis et al.* montre une incidence de blessure plus élevée en post-PHV peut s'expliquer par une haute intensité développée et plus de contacts durant les matchs pour les mêmes raisons expliquées que pour l'incidence de blessures traumatiques/surutilisation : gabarits plus importants, âge et expériences plus avancés qu'en pré-PHV.

	Pré-PHV		Circa-PHV		Post-PHV	
	Match	Entrainement	Match	Entrainement	Match	Entrainement
<i>Robles et al</i> (IC 95%)	6.6 (3.1 – 10.1)	1.3 (0.7 – 1.9)	15.0 (7.1 – 22.9)	2.3 (1.0 – 3.7)	12.9 (8.5 – 17.2)	1.8 (1.2 – 2.5)
<i>Van der sluis et al</i> (écart type)	12.49 +/- 26.06	2.57 +/- 3.22	20.50 +/- 28.00	4.19 +/- 4.13	23.08 +/- 28.80	3.84 +/- 3.48

Tableau XXXI : Incidence des blessures en match et entraînement (nombre de blessure/1000h)

En comparant les deux études, on observe que l'incidence de blessure est généralement doublée chez *Van der sluis et al.* par rapport à *Robles et al.* Cette différence est causée par la définition donnée au terme « blessure ».

En effet, les études utilisent toutes les deux la notion de la « perte de temps de jeu » engendrée par la blessure pour définir la définir, ce qui signifie qu'un joueur est considéré comme blessé s'il n'est pas en capacité de jouer (entraînement et match). *Van der sluis et al.* précise sa définition avec une notion de temporalité : à partir de 24h d'arrêt on considère que le joueur est blessé. *Robles et al.* ne précise pas cette notion de temporalité.

Cependant, *Van der sluis et al.* ajoute qu'un joueur peut aussi être considérée comme blessé s'il nécessite une surveillance médicale et des soins mais qu'il est toujours en capacité de jouer. Cette nuance, permet à *Van der sluis et al.* de recenser plus de blessures et donc d'obtenir un nombre de blessure pour 1000h de jeu plus élevé que *Robles et al.*.

Hormis la comparaison d'incidence d'entraînement Pré-PHV vs circa-PHV montrant une taille d'effet statistiquement modérée dans *Van der sluis et al.*, il nous est difficile de déterminer s'il existe une différence statistiquement et cliniquement significative, ainsi qu'une réelle influence des différents stades sur les blessures dans la réalité. Les données de nos études ne nous permettent pas de pouvoir interpréter cela.

4.5.6. Incidence de blessure avec ou sans contact

Hall et al. et Robles et al. sont les seules études à avoir présenté des résultats selon les circonstances de la blessure, ici : avec ou sans contact. Hall et al ne présentant que les blessures sans contact.

	Incidence (IC95%)							
	Pré-PHV		Circa-PHV		Post-PHV		Adulte	
	Contact	Sans contact	Contact	Sans contact	Contact	Sans contact	Contact	Sans contact
Robles et al	0.4 (0.1-0.8)	1.6 (0.9-2.2)	1.2 (0.3-2.0)	3.1 (1.7-4.5)	1.2 (0.7-1.7)	2.2 (1.5-2.9)	-	-
Hall et al	-	3.81 (2.63 – 4.99)	-	3.79 (1.81 – 5.78)	-	6.62 (4.87 – 8.37)	-	4.02 (2.65 – 5.40)

Tableau XXXII : Incidence de blessures avec ou sans contact (nombre de blessure/1000h)

Hall et al. et Robles et al. ne présentent pas des résultats similaires concernant le pic d'incidence de blessure sans contact. Comme la plupart des incidences étudiées précédemment, c'est encore au circa-PHV que cette incidence est la plus importante pour Robles et al. Cela concorde avec l'hypothèse qu'un joueur en pic de croissance qui accumule pendant le jeu de la fatigue peut majorer les désordres sur le contrôle moteur [80].

Pour Hall et al., l'incidence la plus élevée se trouve en post-PHV, cela peut être due à une augmentation du ratio temps de match/temps d'entraînements chez les joueurs plus âgés, avec un temps de récupération plus court accumulant de la fatigue et donc plus de blessures chez les post-PHV. On peut aussi suggérer que le nombre de joueur inclus dans la période circa-PHV est plus faible que les autres (n = 16 alors que pré-PHV, n = 52 et post-PHV, n = 57), ce qui amène forcément à moins de blessure enregistrée pour 1000h de jeu (Cf. Discussion : « incidence générale des blessure »).

	Ratio Incidence (IC95%), p < 0.05		
	Pré-PHV vs post-PHV	Circa-PHV vs post-PHV	Adulte vs post-PHV
Hall et al	0.56 (0.37 – 0.84) P = 0.006	0.49 (0.25 – 0.88), p = 0.026	0.61 (0.39 – 0.93), p = 0.024

Tableau XXXIII : Ratio d'incidence des blessures sans contact

Hall et al a présenté des Risk ratios des blessures sans contact en comparaison avec le stade post-PHV et p < 0.05. À la suite de l'analyse de ces ratios, on peut conclure un risque de blessure sans contact statistiquement significatif en faveur de la période du post-PHV par rapport aux trois autres périodes évoquées dans l'étude. Le risque de se blesser sans contact est environ 2 fois plus important pendant le post-PHV que pendant les autres stades de la croissance ainsi que le début de la période adulte (19-23 ans).

Ces ratios vont à l'encontre de ce qui a été généralement observé sur les autres incidences : le circa-PHV est le moment où les joueurs peuvent présenter le plus de fragilité physique. Ici, l'étude montre que c'est lors du post-PHV qu'il y a le plus de blessure qui surviennent. Comme évoqué précédemment (plusieurs fois), les résultats de Hall et al. restent à prendre avec des pincettes car

encore une fois les groupes des stades de croissance ne sont pas homogène (circa-PHV avec moins de joueurs que les autres).

Mais malgré cette nuance à considérer, on peut quand même voir que le post-PHV est une période aussi critique dans la croissance des joueurs, les joueurs se blessent plus à ce moment que durant le début de la période adulte.

En plus, cette incidence importante en post-PHV peut être liée à la majoration des LMA à cette même période, qui sont des blessures survenant souvent sans contact avec l'adversaire.

On peut aussi ramener la notion de période d'adaptation à la « nouvelle version » du corps du joueur évoquée précédemment, en post-PHV l'adolescent sort d'une période de changement brutal et peut encore chercher ses repères.

Malgré ces explications, aucune MID n'est indiquée dans cette étude concernant l'incidence de blessure, il est donc difficile de savoir s'il existe une réelle différence clinique entre le post-PHV et les autres périodes.

4.6. Applicabilité des résultats en situation clinique

Dans le but d'objectiver une pratique clinique à mettre en place à la suite des résultats obtenus, il est nécessaire de prendre en compte les limites de nos études ainsi que leur validité interne.

Afin d'expliquer les incidences de blessures différentes entre des joueurs d'un même âge ou de catégories différentes, il semblait intéressant d'évaluer le lien de causalité entre la survenue de blessure chez les joueurs et les différents stades de la croissance.

Le football est sans doute le sport qui présente aujourd'hui le plus d'enjeux économiques et financiers (chiffre d'affaires 2019 à 2022 : 7.6 milliards de dollars¹⁹) avec un nombre important de joueurs aspirant à devenir professionnel.

Lorsque des jeunes joueurs entrent en centre de formation, ils ont déjà passé une première étape de sélection très exigeante. Cependant, on sait que très peu d'entre eux auront la possibilité de jouer à haut niveau dans leur pays où à l'étranger et même d'intégrer les sélections nationales. On sait que 80% des joueurs de centre de formation ne signeront pas de contrat professionnel à la fin de leur cursus²⁰.

L'objectif des centres est de potentialiser au maximum les capacités des chaque joueurs pour optimiser leurs chances de toucher au milieu professionnel.

« Lorsque vous ne marquez pas de buts, vous analysez les causes de cette situation et réfléchissez à la manière de rectifier le tir à l'entraînement ; pour les blessures c'est la même chose. Si vous avez des blessures musculaires, vous devez vous interroger sur les raisons » cette phrase énoncée par le Pr Ekstrand lors d'un séminaire organisé par l'UEFA en 2013, illustre parfaitement l'importance de connaître les causes des blessures pour développer les capacités de ces jeunes et limiter leur survenue car, comme expliqué précédemment, la blessure a un impact négatif immense sur la performance.

Notre revue portait sur l'étude de facteur pronostique de la survenue de blessure durant la saison et est donc en corrélation avec la branche de la préventive de la blessure.

D'après notre analyse, il semblerait que la période de croissance soit un facteur pronostique de blessure associé à d'autres facteurs de risque tel que : la fatigue, le stress, l'intensité et la charge d'entraînement etc. Il semble donc intéressant de connaître à quel stade de la croissance le joueur se trouve pour se préparer à l'apparition plus importante de blessure ou non.

En pratique, la mesure du PHV ne nécessite pas de moyens financiers et humains trop importants. On doit pouvoir mesurer la taille assise et debout du patient, ainsi que connaître son poids et ça au moins deux à trois fois dans l'année pour déterminer à l'aide d'une équation à quel stade de croissance le joueur se trouve.

Compte tenu de la batterie de tests qui sont effectués sur les joueurs en début de saison : examens médicaux (cardiologique, tests d'effort...), tests fonctionnels et de performances, poids ... la mesure de la taille ne semble pas être significativement plus chronophage et ne nécessite pas de matériel supplémentaire.

¹⁹ <https://inside.fifa.com/fr/about-fifa/organisation/finances>

²⁰ <https://www.ouest-france.fr/sport/football/temoignages-dehors-cest-la-jungle-la-vie-dapres-des-recales-de-centre-de-formation-de-foot-79d30e86-adeb-11ed-a7fa-81e9d82a996b>

Les données prélevées dans l'année serviraient pour l'année suivante et permettraient de mettre en place un programme de prévention plus appuyé ou préexistant.

Prévenir la survenue de blessures est un des rôles essentiels dans la prise en charge du sportif. Le masseur-kinésithérapeute a un rôle à jouer dans la détection des périodes à risque majoré de blessures chez les joueurs ainsi que dans la mise en place d'une prévention efficace.

Il existe plusieurs protocoles déjà existant qu'il est possible de mettre en place : FIFA 11+²¹, FUNBALL [81], Echauffement Structuré à visée préventive (ESVP)²². Cette mise en place d'un protocole de prévention nécessite une collaboration pluridisciplinaire avec les autres membres du staff tels que : médecin, coach, préparateur physique, responsable performance ... pour permettre une application rigoureuse et efficace.

Le kinésithérapeute intervient aussi lors de la survenue de blessure dans le processus des soins et il est primordial que ceux-ci soient menés à bien pour agir sur une prévention tertiaire : la récurrence de blessure.

Dans le cadre du centre de formation, le kinésithérapeute possède une place lui permettant un suivi régulier de l'évolution des joueurs au sein de la saison. De plus, son statut de soignant lui donne une relation privilégiée avec le joueur. En effet, le moment des soins est une des périodes de la journée où ces jeunes ne sont pas confrontés à la performance, ce qui ouvre la porte à des échanges permettant la détection de difficultés auxquelles les joueurs peuvent être confrontés au quotidien : troubles de comportements alimentaires, anxiété, situation familiale complexe ... qui peuvent aussi avoir un impact sur la performance et la santé du joueur.

Dans ce cadre-là, le rôle du kinésithérapeute n'est pas de gérer les problèmes du joueur, qui ne relève pas toujours de son champ de compétence mais plutôt d'accompagner et communiquer avec le staff pour prendre en compte ces embûches dans la prise en charge du joueur.

Il peut arriver que lorsqu'il est question de performance, le kinésithérapeute soit mis en retrait car elle n'est qu'un petit aspect de ses compétences et est souvent peu développée. Cependant, nous avons vu que la qualité de la performance est étroitement liée avec la survenue de blessure, sur lequel ils possèdent un rôle clé.

Pour l'évolution de notre profession au sein du sport, il est important que le kinésithérapeute affirme sa place dans la prise en charge pluridisciplinaire du sportif.

²¹ <https://oppq.qc.ca/wp-content/uploads/Manuel-fifa-11.pdf>

²² <https://www.fff.fr/648-l-echauffement-structure-a-visee-preventive.html>

4.7. Qualité des preuves

La qualité des preuves d'une revue de littérature repose sur un niveau de preuve des études incluses et sur une gradation des recommandations de bonnes pratiques définie par la Haute Autorité de Santé en 2013.

On sait que le niveau de preuve d'une étude est déterminé par la capacité de celle-ci à répondre à la question posée. On évalue la correspondance de l'étude avec le cadre de travail (population, critère de jugement) ainsi que sur :

- La pertinence du protocole d'étude par rapport à la question posée
- La présence ou non de biais importants
- L'adéquation entre analyse statistique et objectifs de l'étude
- La taille de l'échantillon : la puissance de l'étude.

Il existe 3 niveaux de preuve définis : fort, intermédiaire et faible.

Pour rappel, notre revue de littérature comprend 6 études de cohorte dont 5 prospectives et 1 rétrospective.

Les principaux biais retrouvés dans ces études sont le biais d'attrition, avec des études qui ne présente pas les informations sur les perdus de vue des population étudiées. Nous identifions aussi un biais issu des variables de confusion, les études ne prennent pas en compte dans la mesure du critère de jugement, la survenue d'autres variables pouvant modifier les résultats qui en découlent.

Enfin, le biais le plus important retrouvé est celui de la présentation des résultats. La majorité des études ne les présentent pas de manière adéquates. La présentation aurait dû se faire par le biais de ratios (RR, OR ou r) comme expliqué dans la littérature pour les études de cohorte évaluant un risque.

De plus, il y a une réelle sélection des résultats présentés dans les articles par rapport au mesures prises dans les études, les auteurs ne présentent pas la globalité des résultats obtenus.

Il est important de prendre en compte ces biais car ils peuvent venir compromettre la qualité méthodologique de la revue de littérature réalisée.

Une gradation des recommandations a été établi en fonction du niveau de preuve scientifique des études : A (preuve scientifique établie), B (présomption scientifique), C (faible niveau de preuve scientifique).

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

Tableau XXXIV : Evaluation de la qualité des preuves

Les études incluses dans la revue étant pour 5 d'entre elles des études de cohorte, on peut leur attribuer un Grade « B » avec un niveau 2 de preuve. Et la seule étude rétrospective présente un grade « C » avec un niveau 4 de preuve.

	Type d'étude	QUIPS TOOL	GRADE	Niveau de preuve
Monasterio et al.	Rétrospective	Modéré	C	Faible
Mandorino et al.	Cohorte	Faible	B	Modéré
Robles et al.	Cohorte	Modéré	B	Modéré
Hall et al.	Cohorte	Modéré	B	Modéré
Bult et al.	Cohorte	Modéré	B	Modéré
Van der sluis et al.	Cohorte	Modéré	B	Modéré

Tableau XXXV : niveau de preuve et Grade des études

Ici l'étude qui semble présenter le niveau de preuve le plus élevé serait *Mandorino et al.*. Car même si elle est considérée avec un niveau de preuve « modéré » comme les autres études, de toutes les études, elle est la seule qui présente un risque de biais faible.

À la suite de cette évaluation, on peut conclure qu'il est nécessaire de réaliser des études supplémentaires présentant plus de rigueur dans leur réalisation, notamment dans la partie présentation des résultats pour pouvoir obtenir un niveau de preuve plus fort que celui obtenu.

4.8. Biais potentiels de la revue

L'objectif de notre revue était d'analyse de l'impact de la croissance sur l'incidence de blessure chez les jeunes footballeurs.

Pour rappel, la survenue de blessures durant une saison de football est inévitable pour n'importe quel club. En effet, le cadre du sport à niveau est propice aux blessures car le corps repousse ses limites. Nous avons vu que la croissance n'est pas l'unique facteur pouvant influencer l'incidence de blessure. D'autres facteurs comme la fatigue, la charge d'entraînement, la récupération, l'anxiété ou le sommeil sont aussi responsables de ces blessures.

Afin de finaliser notre revue systématique, il semble essentiel de mesurer les biais potentiels de celle-ci. Evaluer sa validité interne ainsi que ses limites permettent d'apporter une qualité scientifique et méthodologique supplémentaire.

Le principal biais de cette revue repose dans l'interprétation et l'analyse des résultats. Compte tenu des données communiquées par les études, il a été impossible de réaliser une méta-analyse. Mais ce n'est pas l'absence de méta-analyse qui présente le plus gros du biais.

En effet, le manque de rigueur et la qualité des données des études (sélection des données communiquées, pas de RR/OR/r, absence d'intervalle de confiance) ne nous a pas permis d'interpréter avec précision les effets réels de la croissance sur l'incidence de blessure.

Nos explications ne peuvent être fondées que sur des suppositions et une appréciation qualitative des résultats, ce qui rend difficile l'élaboration d'une conclusion précise et cadrée.

Dans le but d'objectiver les potentiels biais de notre revue, nous utilisons AMSTAR-2 [82] qui est un outil d'évaluation critique validé et fiable, pour les revues systématiques incluant des études randomisées ou non-randomisées. Cette grille a été réalisé en 2007 puis mise à jour en 2017, elle est composée de 16 items portant sur l'élaboration de la question clinique, la méthode de recherche des études, l'évaluation des risques de biais des études, la réalisation de la méta-analyse (si elle a été faite), l'hétérogénéité des études incluses et sur les sources de financement ou conflits d'intérêt.

Items	Cotation	Oui/Non/Oui partiellement	Justification
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?	Oui	Les critères PICO sont dans le tableau II
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?	Oui Partiellement	La méthodologie de la revue et l'élaboration de la question de recherche ont été détaillée en amont de la recherche documentaire
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?	Oui	Les schémas d'études attendus ont été spécifié dans la partie méthodologie et ont été choisi en fonction du type de question PICO posée
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?	Oui	PubMed a été utilisé pour réaliser la recherche documentaire.
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?	Non	Seulement un examinateur a effectué la sélection des études
6	Les auteurs ont-ils effectuée en double l'extraction des données ?	Non	Un seul examinateur a réalisé l'extraction des données
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?	Oui, partiellement	Seule la liste des études exclues à la suite de la lecture intégrale de l'article est donnée dans le tableau IV
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?	Oui	Chaque étude incluse a été détaillée dans un tableau disponible dans les Annexes (Annexe 2)
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?	Oui	La QUIPS Tool validée pour les études pronostiques a été utilisé pour mesurer le risque de biais
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?	Non	Aucune donnée concernant les sources de financement n'a été donné
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?		Aucune méta-analyse n'a été effectué pour cette revue

Items	Cotation	Oui/Non/Oui partiellement	Justification
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelle sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?		Aucune méta-analyse n'a été effectué pour cette revue
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation / de la discussion des résultats de la revue ?	Oui	Les biais à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats a été énoncé dans la Discussion
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?	Oui	L'hétérogénéité observées dans les résultats a été énoncé dans la partie Discussion
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?		
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue?		Aucune source de financement ou conflits d'intérêt n'ont à être déclaré dans le cadre cette revue

Tableau XXXVI : Grille d'évaluation de la validité interne de la revue systématique

5. Conclusion

Dans le sport de haut-niveau, la blessure représente une véritable fatalité. Elle limite l'athlète dans ses performances et peut le freiner dans sa progression pouvant aller jusqu'à l'arrêt définitif de la pratique sportive en fonction de la gravité de la lésion. Il arrive aussi que les athlètes puissent continuer leur sport mais avec des séquelles de leur blessure antérieure malgré l'applications de soins de qualité. Chez des jeunes footballeurs en pleine construction de l'individu et du sportif qu'ils seront, la blessure peut les empêcher d'atteindre leurs objectifs.

Il est donc nécessaire de la contrer et d'éviter sa survenue, surtout lors de période clé comme l'adolescence où le corps arrive à la fin de sa croissance et a subi beaucoup de changements en peu de temps.

Pour cela, il est important de connaître les causes de ces blessures et de rechercher comment limiter l'impact des ses facteurs.

Nous rappelons que, l'objectif de cette revue de littérature était de déterminer le lien entre la croissance lors de l'adolescence et l'incidence de blessures chez les jeunes footballeurs.

Les résultats qui ont été présenté sont à déchiffrer avec prudence, car au vu de l'impossibilité d'isoler le processus de croissance des autres facteurs extrinsèques et intrinsèques, il a été complexe de déterminé un lien direct incontestable entre la croissance de l'adolescent et la majoration de l'incidence de blessure.

5.1. Implication pour la pratique

La professionnalisation du sport, notamment le football, s'est fortement développée ces dernières années. Cela va de pair avec une intensification des entraînements et une augmentation du nombre de matchs dans les saisons, favorisant une majoration de l'incidence de blessure durant la saison.

Dans le cadre du centre de formation, le staff essaie de moduler tous les paramètres pouvant influencer les performances du jeune footballeur : sommeil, alimentation [83], charge d'entraînement, récupération. Mais il n'est pas possible d'agir sur tous les facteurs, notamment la croissance qui est un processus inévitable influençant les performances des joueurs.

Même si le lien direct entre une majoration de l'incidence de blessure et le pic de croissance n'est pas clairement définie, notre revue a montré est que durant la période de pic, il existe bien une augmentation des blessures, certainement liée aux facteurs énoncés précédemment.

L'intérêt dans le calcul de la prédiction des périodes et du pic de croissance est dans la prévision du moment où un joueur sera le plus susceptible de se blessure et donc de pouvoir appréhender cette période critique. Le calcul du pic de croissance, pour se lier aux autres examens, serait effectué sur les joueurs en début et au fil de la saison.

Lorsque la période a été déterminé, l'installation d'une prévention primaire sera nécessaire. Cette mise en place nécessitera une approche multidisciplinaire impliquant kinésithérapeutes, médecins, préparateurs physiques, préparateurs mental, responsable performance, coachs etc, qui devront avancer dans la même direction. Le protocole établi devra être suivi et encadré avec rigueur pour pouvoir montrer son efficacité et devra être le plus adapté possible à chaque joueur en fonction des potentiels déficits qu'il présentera lors des tests fonctionnels (Hop tests, Ankle go, SEBT) ou de performances réalisés en amont.

Il est possible d'élaborer un protocole entier en utilisant des exercices ayant fait leur preuve en matière de prévention, comme le Nordic Hamstring pour les LMA des ischios-jambiers. [84]

5.2. Implication pour la recherche

Les recherches autour de la gestion de la blessure chez le footballeur se sont considérablement développées ces dernières années. La prévention est devenue un des axes principaux pour chercher à améliorer la performance, même chez les meilleurs joueurs.

Il existe un grand nombre d'étude sur la croissance et la maturation, qui sont hétérogènes par leur intervention, ainsi que par les mesures des critères de jugement employées. En effet, il n'existe pas de Gold standard établie pour mesurer cette croissance.

L'UEFA a décrit des recommandations sur le déroulé des études longitudinales sur les footballeurs [72]. Cependant, la qualité méthodologique des études, notamment la forme et la communication des résultats empêche d'énoncer des consensus clairs sur les conclusions des études. Chaque étude va de sa propre méthode pour présenter ces résultats.

De plus, la définition et le calcul du PHV n'est pas identique d'une étude à l'autre, ce qui dans le cas d'une analyse quantitative aurait été problématique. Les mesures et la définition des périodes varieraient d'une étude à l'autre, empêchant encore une fois une bonne qualité de preuves des études.

La définition consensuelle du pic de croissance permettrait de rendre plus comparables des études de différents clubs et pays et ainsi de faire ressortir les caractéristiques épidémiologiques et anthropologiques des pays entre eux.

Bibliographie

- [1] Pfirrmann D, Herbst M, Ingelfinger P, Simon P, Tug S. Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. *J Athl Train* 2016;51:410. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.6.03>.
- [2] Jones S, Almousa S, Gibb A, Allamby N, Mullen R, Andersen TE, et al. Injury Incidence, Prevalence and Severity in High-Level Male Youth Football: A Systematic Review. *Sport Med* 2019;49:1879–99. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01169-8>.
- [3] Le Gall F, Carling C, Reilly T, Vandewalle H, Church J, Rochcongar P. Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *Am J Sports Med* 2006;34:928–38. <https://doi.org/10.1177/0363546505283271>.
- [4] Nilsson T, Börjesson M, Lundblad M, Ivarsson A, Fransson D. Injury incidence in male elite youth football players is associated with preceding levels and changes in training load. *BMJ Open Sport Exerc Med* 2023;9:1–7. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001638>.
- [5] Mueller MJ, Maluf KS. Tissue Adaptation to Physical Stress: A Proposed “Physical Stress Theory” to Guide Physical Therapist Practice, Education, and Research. *Phys Ther* 2002;82:383–403. <https://doi.org/10.1093/PTJ/82.4.383>.
- [6] Price RJ, Hawkins RD, Hulse MA, Hodson A. The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *Br J Sports Med* 2004;38:466–71. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2003.005165>.
- [7] Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:45–57. <https://doi.org/10.1097/00005768-199701000-00008>.
- [8] Price RJ, Hawkins RD, Hulse MA, Hodson A. The Football Association medical research programme: An audit of injuries in academy youth football. *Br J Sports Med* 2004;38:466–71. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.005165>.
- [9] Jaber A, Weishorn J, Berrsche G, Ott H, Bangert Y. Injury Profile among Elite Youth Male Football Players in a German Academy. *Int J Sports Med* 2022;43:138–44. <https://doi.org/10.1055/a-1516-4139>.
- [10] Materne O, Chamari K, Farooq A, Weir A, Hölmich P, Bahr R, et al. Injury incidence and burden in a youth elite football academy: A four-season prospective study of 551 players aged from under 9 to under 19 years. *Br J Sports Med* 2021;55:493–500. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102859>.
- [11] Blumer MJF. Bone tissue and histological and molecular events during development of the long bones. *Ann Anat* 2021;235:151704. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2021.151704>.
- [12] Hart NH, Newton RU, Tan J, Rantalainen T, Chivers P, Siafarikas A, et al. Biological basis of bone strength: anatomy, physiology and measurement n.d.
- [13] Toppets V, Pastoret V, De Behr V, Antoine N, Dessy C, Gabriel A. Morphologie, croissance et remaniement du tissu osseux. *Ann Med Vet* 2004;148:1–13.
- [14] Jouve J-L, Bollini G, Launay F, Glard Y, Craviari T, Guillaume J-M, et al. Cartilage de croissance et croissance en orthopédie 2009. [https://doi.org/10.1016/S0246-0521\(09\)44798-3](https://doi.org/10.1016/S0246-0521(09)44798-3).
- [15] de Billy B, Gindraux F, Langlais J. Osteotomy and fracture fixation in children and teenagers. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100:S139–48. <https://doi.org/10.1016/J.OTSR.2013.11.006>.
- [16] Sisk CL, Foster DL. The neural basis of puberty and adolescence. *Nat Neurosci* 2004;7:1040–7. <https://doi.org/10.1038/nn1326>.
- [17] Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA. Growth at puberty. *J Adolesc Heal* 2002;31:192–200. [https://doi.org/10.1016/S1054-139X\(02\)00485-8](https://doi.org/10.1016/S1054-139X(02)00485-8).
- [18] Juraska JM, Willing J. Pubertal onset as a critical transition for neural development and cognition. *Brain Res* 2017;1654:87. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2016.04.012>.
- [19] Johanna M, Waal HAD De, Schoemaker R, Blaauw G. testosterone n.d.
- [20] Kraemer WJ, Ratamess NA, Hymer WC, Nindl BC, Fragala MS. Growth Hormone(s),

- Testosterone, Insulin-Like Growth Factors, and Cortisol: Roles and Integration for Cellular Development and Growth With Exercise. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2020;11. <https://doi.org/10.3389/FENDO.2020.00033/FULL>.
- [21] Ascenzi F, Barberi L, Dobrowolny G, Villa Nova Bacurau A, Nicoletti C, Rizzuto E, et al. Effects of IGF-1 isoforms on muscle growth and sarcopenia. *Aging Cell* 2019;18. <https://doi.org/10.1111/ACEL.12954>.
- [22] Eriksen EF, Brixen K, Mosekilde L, Blum W, Kassem M. Growth Hormone and Bone. *Endocr Rev* 1998;19:55–79. <https://doi.org/10.1210/EDRV.19.1.0324>.
- [23] Rosenbloom AL. Physiologie de la croissance. *Ann Nestlé (Ed Française)* 2007;65:99–110. <https://doi.org/10.1159/000141031>.
- [24] Attie KM, Ramirez NR, Conte FA, Kaplan SL, Grumbach MM. The pubertal growth spurt in eight patients with true precocious puberty and growth hormone deficiency: evidence for a direct role of sex steroids. *J Clin Endocrinol Metab* 1990;71:975–83. <https://doi.org/10.1210/JCEM-71-4-975>.
- [25] Édouard T, Tauber M. Retard de croissance. *J Pediatr Pueric* 2012;25:331–45. <https://doi.org/10.1016/j.jpp.2012.09.001>.
- [26] Monasterio X, Cumming S, Larruskain J, Johnson DM, Gil SM, Bidaurrezaga-Letona I, et al. The combined effects of growth and maturity status on injury risk in an elite football academy. *Biol Sport* 2024;235–44. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2024.129472>.
- [27] Wierenga LM, Bos MGN, Schreuders E, vd Kamp F, Peper JS, Tamnes CK, et al. Unraveling age, puberty and testosterone effects on subcortical brain development across adolescence. *Psychoneuroendocrinology* 2018;91:105–14. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.02.034>.
- [28] Sowell ER, Peterson BS, Thompson PM, Welcome SE, Henkenius AL, Toga AW. Mapping cortical change across the human life span. *Nat Neurosci* 2003;6:309–15. <https://doi.org/10.1038/NN1008>.
- [29] Nguyen TV, McCracken JT, Ducharme S, Cropp BF, Botteron KN, Evans AC, et al. Interactive effects of dehydroepiandrosterone and testosterone on cortical thickness during early brain development. *J Neurosci* 2013;33:10840–8. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5747-12.2013>.
- [30] Ladouceur CD. Neural systems supporting cognitive-affective interactions in adolescence: the role of puberty and implications for affective disorders. *Front Integr Neurosci* 2012;6. <https://doi.org/10.3389/FNINT.2012.00065>.
- [31] Pattwell SS, Duhoux S, Hartley CA, Johnson DC, Jing D, Elliott MD, et al. Altered fear learning across development in both mouse and human. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2012;109:16318–23. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1206834109/-/DCSUPPLEMENTAL/PNAS.201206834SI.PDF>.
- [32] Casey BJ, Jones RM, Somerville LH. Braking and Accelerating of the Adolescent Brain. *J Res Adolesc* 2011;21:21. <https://doi.org/10.1111/J.1532-7795.2010.00712.X>.
- [33] Brown KA, Patel DR, Darmawan D. Participation in sports in relation to adolescent growth and development. *Transl Pediatr* 2017;6:150. <https://doi.org/10.21037/TP.2017.04.03>.
- [34] Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970;45:13–23. <https://doi.org/10.1136/ADC.45.239.13>.
- [35] Hahn T, Foldspang A, Ingemann-Hansen T. Dynamic strength of the quadriceps muscle and sports activity. *Br J Sports Med* 1999;33:117–20. <https://doi.org/10.1136/BJSM.33.2.117>.
- [36] Niyongabo D, Haraj NE, El Aziz S, Chadli A. Anomalies hypophysaires associées au retard de croissance chez l'adolescent. *Ann Endocrinol (Paris)* 2023;84:573. <https://doi.org/10.1016/J.ANDO.2023.07.180>.
- [37] Adigo AMY, Kokou A. Détection de l'âge osseux par l'IRM du poignet du footballeur de moins de 17 ans 2017.
- [38] Bodman, Zambelli D. Abstract REVUE MÉDICALE SUISSE Scoliose idiopathique de l'adolescent : critères diagnostiques et prise en charge 2017.
- [39] Piffaretti M. Apophysites - Revue de littératures et nouvelles directions n.d.:14–8.

- [40] Ladenhauf HN, Seitlinger G, Green DW. Osgood-Schlatter disease: A 2020 update of a common knee condition in children. *Curr Opin Pediatr* 2020;32:107–12. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000842>.
- [41] Smith JM, Varacallo M. Osgood-Schlatter Disease. *StatPearls* 2023.
- [42] Watanabe H, Fujii M, Yoshimoto M, Abe H, Toda N, Higashiyama R, et al. Pathogenic Factors Associated With Osgood-Schlatter Disease in Adolescent Male Soccer Players: A Prospective Cohort Study. *Orthop J Sport Med* 2018;6:1–8. <https://doi.org/10.1177/2325967118792192>.
- [43] Putukian M. The psychological response to injury in student athletes: a narrative review with a focus on mental health n.d. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095586>.
- [44] Mandorino M. The influence of maturity on recovery and perceived exertion, and its relationship with illnesses and non-contact injuries in young soccer players n.d. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.109953>.
- [45] Robles-Palaz FJ, Naki Ruiz-P Erez ~, Aparicio-Sarmiento A, Cejudo A, Ayala F, Sainz De Baranda P. Incidence, burden, and pattern of injuries in Spanish male youth soccer players: A prospective cohort study 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2022.06.005>.
- [46] Hall ECR, Larruskain J, Gil SM, Lekue JA, Baumert P, Rienzi E, et al. Injury risk is greater in physically mature versus biologically younger male soccer players from academies in different countries n.d.:0–2.
- [47] Bult HJ, Barendrecht M, Tak IJR. Injury Risk and Injury Burden Are Related to Age Group and Peak Height Velocity Among Talented Male Youth Soccer Players. *Orthop J Sport Med* 2018;6:1–10. <https://doi.org/10.1177/2325967118811042>.
- [48] Van Der Sluis A, Elferink-Gemser MT, Coelho-E-Silva MJ, Nijboer JA, Brink MS, Visscher C. Sport injuries aligned to Peak Height Velocity in talented pubertal soccer players. *Int J Sports Med* 2014;35:351–5. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1349874>.
- [49] Sluis A Van Der, Elferink-gemser MT. Importance of Peak Height Velocity Timing in Terms of Injuries in Talented Importance of Peak Height Velocity Timing in Terms of Injuries in Talented Soccer Players 2016. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1385879>.
- [50] Pettersen S, Brenn T. *Sports Medicine International Open* 2019; 3. PdfsSemanticscholarOrg 2023. <https://doi.org/10.1055/a-2180-4594>.
- [51] Dut R, Akgül S, Dönmez G, Ulkar B, Kanbur N, Derman O. Adolescent male soccer players have higher growth rates and risk of injury is associated with biological maturity. *Turk J Pediatr* 2023;65:990–1001. <https://doi.org/10.24953/TURKJPED.2023.140>.
- [52] Weishorn J, Jaber A, Trefzer R, Zietzschmann S, Kern R, Spielmann J, et al. How Does Age Affect Injury Characteristics in Young Elite Footballers?— A Prospective Cohort Study of a German Youth Academy 2023.
- [53] Juch EEAE, Van De Koppel VC, Blokland D, Wouters RA, Backx FJG, Goedhart EA, et al. Growth-related sports injuries among young male professional football players in the Netherlands: a prospective cohort study concerning injury incidence, severity and burden 2023. <https://doi.org/10.1080/24733938.2023.2261399>.
- [54] Monasterio X, Bidaurrazaga-Letona I, Larruskain J, Lekue JA, Gontzal Diaz-Beitia |, Santisteban JM, et al. Relative skeletal maturity status affects injury burden in U14 elite academy football players 2022. <https://doi.org/10.1111/sms.14204>.
- [55] Johnson DM, Cumming SP, Bradley B, Williams S, Johnson DM, Cumming SP, et al. The influence of exposure , growth and maturation on injury risk in male academy football players ABSTRACT. *J Sports Sci* 2022;40:1127–36. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2051380>.
- [56] Monasterio X, Gil S, Bidaurrazaga-Letona I, Lekue JA, Diaz-Beitia G, Santisteban JM, et al. Peak Height Velocity Affects Injury Burden in Circa-PHV Soccer Players. *Int J Sports Med* 2022;44:292–7. <https://doi.org/10.1055/a-1983-6762>.
- [57] Monasterio X, Gil SM, Bidaurrazaga-Letona I, Lekue JA, Santisteban JM, Diaz-Beitia G, et al. The burden of injuries according to maturity status and timing: A two-decade study with 110 growth curves in an elite football academy. *Eur J Sport Sci* 2023;23:267–77. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.2006316>.

- [58] Materne O, Chamari K, Farooq A, Weir A, Hölmich P, Bahr R, et al. Association of Skeletal Maturity and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: A 4-Season Prospective Study With Survival Analysis. *Orthop J Sport Med* 2021;9. <https://doi.org/10.1177/2325967121999113>.
- [59] Rinaldo N, Gualdi-Russo E, Zaccagni L. Influence of size and maturity on injury in young elite soccer players. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063120>.
- [60] Light N, Johnson A, Williams S, Smith N, Hale B, Thorborg K. Injuries in youth football and the relationship to player maturation: An analysis of time-loss injuries during four seasons in an English elite male football academy. *Scand J Med Sci Sport* 2021;31:1324–34. <https://doi.org/10.1111/sms.13933>.
- [61] Wik EH, Lolli L, Chamari K, Materne O, Di Salvo V, Gregson W, et al. Injury patterns differ with age in male youth football: A four-season prospective study of 1111 time-loss injuries in an elite national academy. *Br J Sports Med* 2021;55:794–800. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103430>.
- [62] Rhodes D, Maden-Wilkinson J, Jeffrey J, Birdsall D, Alexander J. Measures of PHV and the effect on directional dynamic stability to identify risk factors for injury in elite football. *J Sports Med Phys Fitness* 2020;60:568–73. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10352-9>.
- [63] Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix MBA, Myer GD, Lloyd RS. Youth Physical Development Unit, School of Sport, Cardiff Metropolitan University, UK 3. *J Med Sci Sport* 2018;28:1244–51. <https://doi.org/10.1111/sms.13013>.
- [64] Malina RM. Maturity status and injury risk in youth soccer players. *Clin J Sport Med* 2010;20:132–3. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000369404.77182.60>.
- [65] Johnson A, Doherty PJ, Freemont A. Investigation of growth, development, and factors associated with injury in elite schoolboy footballers: Prospective study. *BMJ* 2009;338. <https://doi.org/10.1136/bmj.b490>.
- [66] Le Gall F, Carling C, Reilly T. Biological maturity and injury in elite youth football. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:564–72. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0838.2006.00594.X>.
- [67] Malina RM, Morano PJ, Barron M, Miller SJ, Cumming SP, Kontos AP. Incidence and player risk factors for injury in youth football. *Clin J Sport Med* 2006;16:214–22. <https://doi.org/10.1097/00042752-200605000-00005>.
- [68] Linder MM, Townsend DJ, Jones JC, Balkcom IL, Anthony CR. Incidence of adolescent injuries in junior high school football and its relationship to sexual maturity. *Clin J Sport Med* 1995;5:167–70. <https://doi.org/10.1097/00042752-199507000-00006>.
- [69] Backous DD, Friedl KE, Smith NJ, Parr TJ, Carpine WD. Soccer injuries and their relation to physical maturity. *Am J Dis Child* 1988;142:839–42. <https://doi.org/10.1001/ARCHPEDI.1988.02150080045019>.
- [70] Hall ECR, Baumert P, Larruskain J, Gil SM, Lekue JA, Rienzi E, et al. The genetic association with injury risk in male academy soccer players depends on maturity status. *Scand J Med Sci Sport* 2022;32:338–50. <https://doi.org/10.1111/sms.14077>.
- [71] MIRWALD RL, G. BAXTER-JONES AD, BAILEY DA, BEUNEN GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sport Exerc* 2002;34:689–94. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>.
- [72] Hägglund M, Waldén M, Bahr R, Ekstrand J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: Developing the UEFA model. *Br J Sports Med* 2005;39:340–6. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.018267>.
- [73] Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16:83–92. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0838.2006.00528.X>.
- [74] Vitale KC, Owens R, Hopkins SR, Malhotra A. Sleep Hygiene for Optimizing Recovery in Athletes: Review and Recommendations. *Int J Sports Med* 2019;40:535–43. <https://doi.org/10.1055/A-0905-3103>.
- [75] Ratel S, Martin V. Is adolescence a critical period for the withdrawal of physiological

- protections during high-intensity exercise? *Staps* 2015;108:61–71. <https://doi.org/10.3917/sta.108.0061>.
- [76] McCully KK, Faulkner JA. Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol* 1986;61:293–9. <https://doi.org/10.1152/JAPPL.1986.61.1.293>.
- [77] Kirshenbaum N, Riach CL, Starkes JL. Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Exp Brain Res* 2001;140:420–31. <https://doi.org/10.1007/S002210100835>.
- [78] Heinen F, Fietzek UM, Berweck S, Hufschmidt A, Deuschl G, Korinthenberg R. Fast corticospinal system and motor performance in children: conduction proceeds skill. *Pediatr Neurol* 1998;19:217–21. [https://doi.org/10.1016/S0887-8994\(98\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S0887-8994(98)00057-5).
- [79] Tamm L, Menon V, Reiss AL. Maturation of Brain Function Associated with Response Inhibition. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2002;41:1231–8. <https://doi.org/10.1097/00004583-200210000-00013>.
- [80] Quatman-Yates CC, Quatman CE, Meszaros AJ, Paterno M V., Hewett TE. A systematic review of sensorimotor function during adolescence: A developmental stage of increased motor awkwardness? *Br J Sports Med* 2012;46:649–55. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.079616>.
- [81] Obërtinca R, Meha R, Hoxha I, Shabani B, Meyer T, Fünten K aus der. Efficacy of a new injury prevention programme (FUNBALL) in young male football (soccer) players: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2024;0:bjsports-2023-107388. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2023-107388>.
- [82] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2: French translation of the methodological quality scale for systematic literature review. *Kinesithérapie* 2021;21:13–4. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2019.12.050>.
- [83] Duhamel JF. Prise en charge nutritionnelle des enfants sportifs de haut niveau. *Bull Acad Natl Med* 2001;185:1495–505. [https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)34431-0](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)34431-0).
- [84] Van Der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The Preventive Effect of the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in Amateur Soccer Players. <https://doi.org/10.1177/0363546515574057> 2015;43:1316–23. <https://doi.org/10.1177/0363546515574057>.

6. Annexes

Annexe 1 : La QUIPS Tool

Annexe 2 : Tableaux récapitulatifs des études

Annexe 3 : Grille AMSTAR-2

Annexe 1: La QUIPS Tool

Author and year of publication		Study Methods & Comments	Rating of reporting	Rating of "Risk of bias"
Study identifier Reviewer				
Biases	Issues to consider for judging overall rating of "Risk of bias"	Study Methods & Comments	Rating of reporting	Rating of "Risk of bias"
Instructions to assess the risk of each potential bias:	These issues will guide your thinking and judgment about the overall risk of bias within each of the 6 domains. Some issues may not be relevant to the specific study or the review research question. These issues are taken together to inform the overall judgment of potential bias for each of the 6 domains.	Provide comments or text excerpts in the white boxes below, as necessary, to facilitate the consensus process that will follow.	Click on each of the blue cells and choose from the drop down menu to rate the adequacy of reporting as yes, partial, no or unsure.	Click on the green cells; choose from the drop-down menu to rate potential risk of bias for each of the 6 domains as High, Moderate, or Low considering all relevant issues
1. Study Participation	Goal: To judge the risk of selection bias (likelihood that relationship between PF and outcome is different for participants and eligible non-participants).			
<i>Source of target population</i>	The source population or population of interest is adequately described for key characteristics (LST) .			
<i>Method used to identify population</i>	The sampling frame and recruitment are adequately described, including methods to identify the sample sufficient to limit potential bias (number and type used, e.g., referral patterns in health care)			
<i>Recruitment period</i>	Period of recruitment is adequately described			
<i>Place of recruitment</i>	Place of recruitment (setting and geographic location) are adequately described			
<i>Inclusion and exclusion criteria</i>	Inclusion and exclusion criteria are adequately described (e.g., including explicit diagnostic criteria or "zero time" description).			
<i>Adequate study participation</i>	There is adequate participation in the study by eligible individuals			
<i>Baseline characteristics</i>	The baseline study sample (i.e., individuals entering the study) is adequately described for key characteristics (LST) .			
Summary Study participation	The study sample represents the population of interest on key characteristics, sufficient to limit potential bias of the observed relationship between PF and outcome.			
2. Study Attrition	Goal: To judge the risk of attrition bias (likelihood that relationship between PF and outcome are different for completing and non-completing participants).			
<i>Proportion of baseline sample available for analysis</i>	Response rate (i.e., proportion of study sample completing the study and providing outcome data) is adequate.			
<i>Attempts to collect information on participants who dropped out</i>	Attempts to collect information on participants who dropped out of the study are described			
<i>Reasons for loss to follow-up</i>	Reasons for loss to follow-up are provided.			
<i>Outcome and prognostic factor information on those lost to follow-up</i>	Participants lost to follow-up are adequately described for key characteristics (LST) . There are no important differences between key characteristics (LST) and outcomes in participants who completed the study and those who did not.			
Study Attrition Summary	Loss to follow-up (from baseline sample to study population analyzed) is not associated with key characteristics (i.e., the study data adequately represent the sample) sufficient to limit potential bias to the observed relationship between PF and outcome.			

<p>3. Prognostic Factor Measurement</p> <p>Definition of the PF</p> <p>Valid and Reliable Measurement of PF</p> <p>Method and Setting of PF Measurement</p> <p>Proportion of data on PF available for analysis</p> <p>Method used for missing data</p> <p>PF Measurement Summary</p>	<p>Goal: To judge the risk of measurement bias related to how PF was measured (differential measurement of PF related to the level of outcome).</p> <p>A clear definition or description of PF is provided (e.g., including dose, level, duration of exposure, and clear specification of the method of measurement).</p> <p>Method of PF measurement is adequately valid and reliable to limit misclassification bias (e.g., may include relevant outside sources of information on measurement properties, also characteristics, such as blind measurement and limited reliance on recall).</p> <p>Continuous variables are reported or appropriate cut-points (i.e., not data-dependent) are used.</p> <p>The method and setting of measurement of PF is the same for all study participants.</p> <p>Adequate proportion of the study sample has complete data for PF variable.</p> <p>Appropriate methods of imputation are used for missing PF data.</p> <p>PF is adequately measured in study participants to sufficiently limit potential bias.</p>			
<p>4. Outcome Measurement</p> <p>Definition of the Outcome</p> <p>Valid and Reliable Measurement of Outcome</p> <p>Method and Setting of Outcome Measurement</p> <p>Outcome Measurement Summary</p>	<p>Goal: To judge the risk of bias related to the measurement of outcome (differential measurement of outcome related to the baseline level of PF).</p> <p>A clear definition of outcome is provided, including duration of follow-up and level and extent of the outcome construct.</p> <p>The method of outcome measurement used is adequately valid and reliable to limit misclassification bias (e.g., may include relevant outside sources of information on measurement properties, also characteristics, such as blind measurement and confirmation of outcome with valid and reliable test).</p> <p>The method and setting of outcome measurement is the same for all study participants.</p> <p>Outcome of interest is adequately measured in study participants to sufficiently limit potential bias.</p>			
<p>5. Study Confounding</p> <p>Important Confounders Measured</p> <p>Definition of the confounding factor</p> <p>Valid and Reliable Measurement of Confounders</p> <p>Method and Setting of Confounding Measurement</p> <p>Method used for missing data</p> <p>Appropriate Accounting for Confounding</p> <p>Study Confounding Summary</p>	<p>Goal: To judge the risk of bias due to confounding (i.e. the effect of PF is distorted by another factor that is related to PF and outcome).</p> <p>All important confounders, including treatments (key variables in conceptual model: UST), are measured.</p> <p>Clear definitions of the important confounders measured are provided (e.g., including dose, level, and duration of exposures).</p> <p>Measurement of all important confounders is adequately valid and reliable (e.g., may include relevant outside sources of information on measurement properties, also characteristics, such as blind measurement and limited reliance on recall).</p> <p>The method and setting of confounding measurement are the same for all study participants.</p> <p>Appropriate methods are used if imputation is used for missing confounder data.</p> <p>Important potential confounders are accounted for in the study design (e.g., matching for key variables, stratification, or initial assembly of comparable groups).</p> <p>Important potential confounders are accounted for in the analysis (i.e., appropriate adjustment).</p> <p>Important potential confounders are appropriately accounted for, limiting potential bias with respect to the relationship between PF and outcome.</p>			
<p>6. Statistical Analysis and Reporting</p> <p>Presentation of analytical strategy</p> <p>Model development strategy</p> <p>Reporting of results</p> <p>Statistical Analysis and Presentation Summary</p>	<p>Goal: To judge the risk of bias related to the statistical analysis and presentation of results.</p> <p>There is sufficient presentation of data to assess the adequacy of the analysis.</p> <p>The strategy for model building (i.e., inclusion of variables in the statistical model) is appropriate and is based on a conceptual framework or model.</p> <p>The selected statistical model is adequate for the design of the study.</p> <p>There is no selective reporting of results.</p> <p>The statistical analysis is appropriate for the design of the study, limiting potential for presentation of invalid or spurious results.</p>			

Annexe 2 : Tableaux récapitulatifs des études

Titre	The combined effects of growth and maturity status on injury risk in an elite football academy													
Auteur, date, pays	Monasterio, 2024, Espagne													
Type d'étude	Etude de cohorte prospective													
Objectifs	Explorer l'interaction entre le taux de croissance sur l'incidence de blessures spécifiques et de leur charge sur les périodes de pré/circa/post-PHV													
Population	<p>→ 84 joueurs de football de l'Athletic Club</p> <p>Catégories allant de U11 à U19 + 2^{ème} et 3^{ème} équipes jouant en 3^{ème} et 4^{ème} divisions (âgés de 17 à 23 ans)</p>													
Critère d'inclusion	Joueurs entrés dans l'académie avant d'être en U12 et qui ont atteint leur taille adulte dans le club													
Définition du pic de croissance ou PHV	« During the adolescence there is an increase in the rate of growth, with highest point known as peak height velocity (PHV). PHV is observed around the age of 13–14 years in boys, reaching maximal growth rates of 5.6–12.4 cm/year »													
Méthode d'évaluation du PHV	<p>1. Calcul du taux de croissance (cm/an) :</p> <p>Mesure de la taille du joueur en fonction du temps au moins 2 fois par an</p> <p>Elaboration d'une spline cubique pour estimer le taux de croissance par jour</p> <p>2. Définition du pourcentage de taille adulte atteint à instant t</p> <p>Un joueur a atteint sa taille adulte quand sa taille prise en un an < 1 cm</p> <p>3. Classification dans les 3 stades de maturité du joueur en fonction du % taille adulte</p> <p>Pré-PHV (<88%), Circa-PHV (88-95%), Post-PHV (>95%)</p>													
Définition de la blessure	<p>« when a player was unable to take part in full football training or match due to a physical complaint”</p> <p>→ Description des blessures suivant le consensus de la FIFA</p> <p>Incidence de blessure : Nombre blessures /1000h de jeu (match et/ou entraînement)</p>													
Résultats	<p>Incidence de blessure toutes blessures incluses (IC 95% et p value < 0.05)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>RR (95% IC)</th> <th>P value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pré-PHV vs Post-PHV</td> <td>0.50 (0.41-0.60)</td> <td>= 0.00</td> </tr> <tr> <td>Circa-PHV vs Post-PHV</td> <td>1.02 (0.86-1.19)</td> <td>= 0.85</td> </tr> <tr> <td>Pré-PHV vs Circa-PHV</td> <td>0.49 (0.40-0.61)</td> <td>= 0,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Le risque de blessure augmente de manière significative statistiquement entre le Pré-PHV et le circa-PHV, post-PHV.</p>			RR (95% IC)	P value	Pré-PHV vs Post-PHV	0.50 (0.41-0.60)	= 0.00	Circa-PHV vs Post-PHV	1.02 (0.86-1.19)	= 0.85	Pré-PHV vs Circa-PHV	0.49 (0.40-0.61)	= 0,00
	RR (95% IC)	P value												
Pré-PHV vs Post-PHV	0.50 (0.41-0.60)	= 0.00												
Circa-PHV vs Post-PHV	1.02 (0.86-1.19)	= 0.85												
Pré-PHV vs Circa-PHV	0.49 (0.40-0.61)	= 0,00												

Titre	The influence of maturity on recovery and perceived exertion, and its relationship with illnesses and non-contact injuries in young soccer players
Auteur, date, pays	Mandorino, 2022, Italie
Type d'étude	Etude de cohort longitudinale prospective
Objectifs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analyser l'incidence de blessure en rapport avec le stade de maturité des joueurs 2. Analyser les réponses à l'entraînement en fonction du stade de maturité (récupération, sensation d'effort, difficulté ...) 3. Identifier l'association des marqueurs de charge intrinsèque et de la récupération suite aux entraînements et matchs avec le risque de blessures et de maladies
Population	<p>N = 23</p> <p>Joueurs de football de la catégorie U14 du club Pro Calcio Tor Sapienza</p> <p>Age : 13,5 +/- 0,3 ans ; Taille : 164 +/- 7,3 cm ; Poids : 51,5 +/- 8,5 kg</p> <p>Entraînement 3 fois par semaine</p> <p>Une compétition par week-end dans un championnat sub-élite U14</p>
Définition du stade de maturité	The time before or after peak height velocity (PHV)
Méthode d'évaluation du stade de maturité	<p>Equation de <i>Mirwald et al</i>²³ (spécifique pour le sexe masculin) :</p> <p>Maturity Offset (MO) = $- 29.769 + 0.0003007 \text{ Leg Length and Sitting Height interaction} - 0.01177 \text{ X Age and Leg Length interaction} + 0.01639 \text{ Age and Sitting Height interaction} + 0.445 \text{ Leg by Height ratio}$</p> <p>(R = 0.94, R2 = 0.89, and SE = 0.59)</p> <p>En fonction du résultat de l'équation, division en 3 stades de maturité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pré-PHV (MO ≤ -0.3 ans), - Circa-PHV (MO entre -0.3 et +0.3 ans) - Post-PHV (MO ≥ +0.3 ans)
Définition de la blessure	<p>« Contact and non-contact injuries were classified whether they occurred with or without physical contact between players »</p> <p>➔ Description des blessures suivant le consensus de la <i>FIFA</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reportée si le joueur est incapable de continuer à participer entièrement aux futurs matchs et entraînements - Sévérité en fonction du nombre de jours où le joueur est dans l'incapacité de participer entièrement aux entraînements et matchs <p>Calcul incidence = (nombre de blessure / exposition à l'entraînement) x 1000h</p> <p>Incidence de blessure : Nombre blessures /1000h de jeu (match et/ou entraînement)</p>

²³ Mirwald et al [71]

Résultats

	RR (95% IC)	P value
Pré-PHV vs Post-PHV	Non disponible	Non disponible
Circa-PHV vs Post-PHV	Non disponible	Non disponible
Circa-PHV vs Pré-PHV	1.7 [inconnue]	< 0.05

Risk ratios des incidences de blessures entre les périodes de croissance, $p < 0.05$

Stade de maturité	Injury incidence (pour 1000h)
Pré-PHV	18.3 (12.1 -26.6)
Circa-PHV	31.2 (22.5 – 42.2)
Post-PHV	21.5 (13.8 -32.1)

Incidence de toutes les blessure pour les 3 périodes de croissance

Titre	Incidence, burden, and pattern of injuries in Spanish male youth soccer players: A prospective cohort study
Auteur, date, pays	Robles, 2022, Espagne
Type d'étude	Etude de cohorte prospective
Objectifs	Explorer l'incidence, la charge et les caractéristiques des blessures chez des jeunes footballeurs
Population	<p>N = 314</p> <p>Jeunes footballeurs provenant de 20 équipes, suivie pendant les 9 mois d'une saison (après les vacances d'été jusqu'au début des vacances d'été, mai-juin) dans le sud-est de l'Espagne.</p> <p>Age : 10 à 19 ans</p> <p>3 entraînements par semaine de 90 minutes</p> <p>1 match par semaine (durée : U11-12: 60 min; U13-14: 70 min; U15-16: 80 min; U17-19: 90 min)</p> <p>Championnat régionaux jouée sur terrain artificiel</p>
Critères d'inclusion/exclusion	<p>Inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Joueurs ayant quitté l'équipe durant la saison (transfert) en fonction de leur temps passé dans l'équipe - Joueurs blessés quand le suivi a commencé mais la blessure en question n'est pas prise en compte - Joueurs toujours blessés à la fin du suivi (résultats basés sur l'estimation de la durée de la blessure par le staff médical) <p>Exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les joueurs ayant un stade de maturité compris entre - 1 et - 0,5 ans et entre 0,5 et 1 an ont été retiré de l'ensemble des données
Méthode d'évaluation du stade de maturité	<p>Equation de <i>Mirwald et al</i> :</p> $\text{Maturity Offset (MO)} = - 29.769 + 0.0003007 \text{ Leg Length and Sitting Height interaction} - 0.01177 \text{ X Age and Leg Length interaction} + 0.01639 \text{ Age and Sitting Height interaction} + 0.445 \text{ Leg by Height ratio}$ <p>→ Taille assise et debout mesurées sur une plateforme de mesure</p> <p>En fonction du résultat de l'équation, division en 3 stades de maturité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pré-PHV [MO < - 1 an], - Circa-PHV [Mo entre -0.5 et 0.5 an], - Post-PHV [MO >1 an] <p>Toutes les mesures anthropométriques ont été évalués au début de la saison par les mêmes chercheurs avec les mêmes outils</p>
Définition de la blessure	<p>« Tout dommage physique qui se produit pendant les activités liées au football (matches ou entraînements) qui se traduit par une incapacité pour le joueur de poursuivre matches ou entraînements à 100% de ses moyens. »</p> <p>→ Basée sur la procédure d'élaboration d'étude sur les blessures du football de l'UEFA</p> <p>→ Diagnostiquée par le physiothérapeute de chaque club qui a un formulaire</p>

de rapport de blessure standardisé et détaillé pour les blessures
 Incidence de blessure : nombre de blessure /1000h de jeu (entraînement et/ou match)

Résultats

Tableau XXXVII : Incidence de blessure pour 100h de jeu, p < 0.05

	Overall Injury (IC 95%)	Training injury (IC 95%)	Match injury (IC 95%)	Traumatic injury (IC 95%)	Overuse injury (IC 95%)	Contact injury (IC 95%)
Pré-PHV	2.0 (1.3-2.7)	1.3 (0.7-1.9)	6.6 (3.1-10.1)	1.1 (0.6-1.6)	0.9 (0.5-1.4)	0.4 (0.1 -0.8)
Circa-PHV	4.3 (2.6-5.9)	2.3 (1.0-3.7)	15.0 (7.1-22.9)	1.8 (0.7-2.9)	2.5 (1.2-3.7)	1.2 (0.3-2.0)
Post-PHV	3.4 (2.6-4.3)	1.8 (1.2-2.5)	12.9 (8.5-17.2)	2.9 (2.1-3.6)	0.6 (0.2-0.9)	1.2 (0.7-1.7)

Titre	Injury risk is greater in physically mature versus biologically younger male soccer players from academies in different countries
Auteur, date, pays	Hall, 2018, Royaume-Uni
Type d'étude	Etude de cohorte prospective
Objectifs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chercher si le stade de maturité est associé au risque de blessure chez les jeunes footballeurs 2. Chercher si le risque de blessure diffère d'un pays à l'autre
Population	<p>N = 501 footballeurs</p> <p>Provenant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 clubs anglais (2 de catégorie 1, 2 de catégorie 2 et 1 était un programme de développement des talents entrant régulièrement en concurrence avec les académies de catégorie 1, - 1 club espagnol, - 1 club brésilien - 1 club uruguayen (catégorie A) <p>Age : 9 à 23 ans</p>
Critères d'inclusion/exclusion	<p>Inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La saison avec le plus de données collectées dans chaque club a été incluses <p>Exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les joueurs ayant un stade de maturité compris entre - 1 et - 0,5 ans et entre 0,5 et 1 an ont été retiré de l'ensemble des données
Méthode d'évaluation du stade de maturité	<p>Equation de <i>Mirwald et al</i> :</p> $\text{Maturity Offset (MO)} = - 29.769 + 0.0003007 \text{ Leg Length and Sitting Height interaction} - 0.01177 \text{ X Age and Leg Length interaction} + 0.01639 \text{ Age and Sitting Height interaction} + 0.445 \text{ Leg by Height ratio}$ <p>➔ Taille assise et debout mesurées sur une plateforme de mesure</p> <p>En fonction du résultat de l'équation, division en 4 stades de maturité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pré-PHV [MO < - 1 an], - Circa-PHV [Mo entre -0.5 et 0.5 an], - Post-PHV [MO >1 an] - Adult [MO > 4 ans] ➔ joueurs étant entre 3,5 et 4 ans ont été exclus des résultats pour tenir compte de l'erreur de l'équation de Mirwald et al
Définition de la blessure	<p>« Survenue au cours d'une activité liée au football et le joueur n'a pas pu participer à l'entraînement ou au match pendant \geq 24 heures après l'apparition de la blessure. »</p> <p>➔ Joueurs considérés comme blessés jusqu'à ce que le staff médical décide que les joueurs sont aptes à reprendre l'entraînement et les rendent disponibles pour les matchs.</p> <p>« Days missed » : différence entre la date de la blessure et le retour complet au jeu</p> <p>➔ Les blessures relevées sont celles qui sont apparues pendant la saison étudiée</p> <p>Informations relevées : blessure avec ou sans contact, type (tissus mous, de</p>

croissance ...)

- Calcul des proportions de prévalence de blessures (IPP) en fonction du stade de maturité et de chaque pays
- **Taux d'incidence de blessure (IIR)** : nombre de blessure/1000h de jeu avec des intervalles de confiance de 95%

Résultats

Incidence de blessure générale (95% IC, p value < 0.05)

	RR (95% IC)	P value
Pré-PHV vs Post-PHV	0.53 (0.35 - 0.80)	= 0.002
Circa-PHV vs Post-PHV	0.63 (0.34 - 1.09)	= 0.082
Pré-PHV vs Circa-PHV	0.85 (0.47 - 1.59)	= 0.560

On observe un résultat statistiquement significatif pour le pré-PHV par rapport au post-PHV. Pour les 2 autres, on ne peut pas exclure qu'il y a une différence significative d'incidence entre les deux périodes

Titre	Injury Risk and Injury Burden Are Related to Age Group and Peak Height Velocity Among Talented Male Youth Soccer Players Hans
Auteur, date, pays	Bult, 2018, Pays-Pas
Type d'étude	Etude de cohorte prospective
Objectifs	Étudier les associations entre l'incidence de blessure et la charge des blessures avec l'augmentation de la taille (périodes autour du PHV) et les groupes d'âge chronologique (U12-U19) chez les jeunes footballeurs
Population	N = 170 jeunes joueurs de football d'un club de Premiere League hollandaise Catégories : U12 à U19
Critères d'inclusion/exclusion	Inclusions : <ul style="list-style-type: none"> - Jouer à l'académie sur au moins une saison entière et au maximum 3 saisons - Au moins une mesure du PHV prise par joueur - Un registre complet des blessures pour chaque joueur sur la saison - Un registre des temps d'exposition au jeu pour les matchs et les entrainements
Méthode d'évaluation du stade de maturité	Utilisation de l'équation de <i>Mirwald et al</i> avec (R2 = 0.92, erreur standard d'estimation = 0.49) $\text{Age au PHV} = - 9.236 + (0.0002708 \times ((A - B) \times B)) + (-0.001663 \times (C \times (A - B))) + (0.007216 \times (C \times B)) + (0.02292 \times (D/A \times 100))$ où A est la taille debout (cm), B la taille assise (cm), C l'âge chronologique et D le poids Mesures : <ul style="list-style-type: none"> - Taille debout et assise : Balance avec incréments de 50g - Poids : Tige de mesure (Seca 220) Identification de 6 périodes autour du PHV : <ul style="list-style-type: none"> - PHV 1 (>12 mois avant PHV), PHV 2 (6-12 mois avant PHV), PHV 3 (<6 mois avant PHV), PHV 4 (<3 mois après PHV), PHV 5 (3-6 mois après PHV), PHV 6 (>6 mois après PHV) Mise en comparaison avec les périodes des études <i>Van der sluis et al</i> ²⁴ : <ul style="list-style-type: none"> - Pré-PHV = PHV 1 + 2 (> - 6 mois) - Circa-PHV = PHV 3 + 4 + 5 (-6 mois à +6mois) - Post-PHV = PHV 6 (> à +6 mois) -
Définition de la blessure	« as any physical complaint resulting from a soccer match or training that prevented a player from taking full part in future soccer training or match play » Diagnostic et registre de blessures faits par médecin et kinésithérapeutes par le « Orchard Sports Injury Classification System » Informations relevées : localisation, type, caractère (aigue ou surutilisation), sévérité (temps d'impossibilité de participer à l'ensemble du jeu) Injury Incidence Density (IID) : nombre de blessure / nombre d'heure de jeu (1000h) La charge de blessure (injury Burden) : (nombre de blessures x nombre

²⁴ Van der sluis et al [48,49]

médian de jours d'arrêt de travail par blessure) pour 1000 heures d'exposition au jeu

Résultats

Incidence ratio (IR) = (sous-groupe IID)/(groupe total IID)

Tableau XXXVIII : Incidence ratio des blessures, p < 0.05

	RR (95% IC)	P value
Pré-PHV vs Post-PHV		
Circa-PHV vs Post-PHV		
Pré-PHV vs Circa-PHV		
	IR (95% IC)	P value
Pré-PHV / Groupe total	0.84 (0.70-1.01)	= 0.059
Circa-PHV / Groupe totale	1.15 (0.93-1.41)	= 0.195
Post-PHV / Groupe total	1.04 (0.91-1.18)	= 0.566

Titre	Sport Injuries Aligned to Peak Height Velocity in Talented Pubertal Soccer Players							
Auteur, date, pays	Van der Sluis, 2014, Pays-BAS							
Type d'étude	Etude de cohort prospective							
Objectifs	Suivre des joueurs de football talentueux et identifier les différences dans les lésions traumatiques et de surmenage avant, pendant et après la vitesse de croissance maximale pendant la poussée de croissance de l'adolescent.							
Population	<p>→ 26 joueurs de football du 0.5% des meilleurs joueurs de la National Soccer Association</p> <p>Age moyen = 11.9 (+/- 0.84) ans</p>							
Définition du pic de croissance ou PHV	Taux maximal de croissance au cours de la poussée de croissance de l'adolescent							
Méthode d'évaluation du PHV	<p>Equation de <i>Mirwald et al</i> :</p> <p>(R = 0.94, R² = 0.89, SEE = 0.59)</p> <p>Maturity Offset (MO) = - 29.769 + 0.0003007 Leg Length and Sitting Height interaction - 0.01177 X Age and Leg Length interaction + 0.01639 Age and Sitting Height interaction + 0.445 Leg by Height ratio</p> <p>→ Taille assise et debout mesurées sur une plateforme de mesure</p> <p>→</p> <p>En fonction du résultat de l'équation, division en 4 stades de maturité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pré-PHV [MO < - 1 an], - Circa-PHV [Mo entre -0.5 et 0.5 an], - Post-PHV [MO >1 an] 							
Définition de la blessure	<p>"Toute plainte physique d'un joueur résultant d'un match ou d'un entraînement de football, indépendamment de la nécessité de soins médicaux ou de la perte de temps dans les activités de football."</p> <p>→ Description des blessures suivant le consensus de la <i>FIFA</i></p> <p>Incidence de blessure : Nombre blessures /1000h de jeu (match et/ou entraînement)</p>							
Résultats	p < 0.05							
	Moyennes et écart-types			Taille d'effet (d de Cohen)			F-value	P-value
	Pré-PHV	PHV	Post-PHV	Pré-PHV vs PHV	PHV vs Post-PHV	Pré-PHV vs Post-PHV		
Incidence de blessures d'entraînement	2.57 ± 3.22	4.19 ± 4.13	3.84 ± 3.48	0.44	0.09	0.38	2.079	0.136
Incidence de blessures de match	12.49 ± 26.06	20.50 ± 28.00	23.08 ± 28.80	0.28	0.37	0.09	1.317	0.277

Annexe 3 : Grille AMSTAR-2 :

<p>1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?</p>		
<p>For Yes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Population <input type="checkbox"/> Intervention <input type="checkbox"/> Comparator group <input type="checkbox"/> Outcome 	<p>Optional (recommended)</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Timeframe for follow-up 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
<p>2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?</p>		
<p>For Partial Yes: The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> review question(s) <input type="checkbox"/> a search strategy <input type="checkbox"/> inclusion/exclusion criteria <input type="checkbox"/> a risk of bias assessment 	<p>For Yes: As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, <i>and</i> <input type="checkbox"/> a plan for investigating causes of heterogeneity <input type="checkbox"/> justification for any deviations from the protocol 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
<p>3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?</p>		
<p>For Yes, the review should satisfy ONE of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <i>Explanation for including only RCTs</i> <input type="checkbox"/> <i>OR Explanation for including only NRSI</i> <input type="checkbox"/> <i>OR Explanation for including both RCTs and NRSI</i> 		
<p>4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?</p>		
<p>For Partial Yes (all the following):</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> searched at least 2 databases (relevant to research question) <input type="checkbox"/> provided key word and/or search strategy <input type="checkbox"/> justified publication restrictions (e.g. language) 	<p>For Yes, should also have (all the following):</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> searched the reference lists / bibliographies of included studies <input type="checkbox"/> searched trial/study registries <input type="checkbox"/> included/consulted content experts in the field <input type="checkbox"/> where relevant, searched for grey literature <input type="checkbox"/> conducted search within 24 months of completion of the review 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
<p>5. Did the review authors perform study selection in duplicate?</p>		
<p>For Yes, either ONE of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include <input type="checkbox"/> OR two reviewers selected a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder selected by one reviewer. 		

<p>6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?</p>		
<p>For Yes, either ONE of the following:</p>		
<input type="checkbox"/> at least two reviewers achieved consensus on which data to extract from included studies	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> OR two reviewers extracted data from a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder extracted by one reviewer.		
<p>7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?</p>		
<p>For Partial Yes:</p> <input type="checkbox"/> provided a list of all potentially relevant studies that were read in full-text form but excluded from the review	<p>For Yes, must also have:</p> <input type="checkbox"/> Justified the exclusion from the review of each potentially relevant study	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
<p>8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?</p>		
<p>For Partial Yes (ALL the following):</p> <input type="checkbox"/> described populations <input type="checkbox"/> described interventions <input type="checkbox"/> described comparators <input type="checkbox"/> described outcomes <input type="checkbox"/> described research designs	<p>For Yes, should also have ALL the following:</p> <input type="checkbox"/> described population in detail <input type="checkbox"/> described intervention in detail (including doses where relevant) <input type="checkbox"/> described comparator in detail (including doses where relevant) <input type="checkbox"/> described study's setting <input type="checkbox"/> timeframe for follow-up	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
<p>9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?</p>		
<p>RCTs</p>		
<p>For Partial Yes, must have assessed RoB from</p> <input type="checkbox"/> unconcealed allocation, <i>and</i> <input type="checkbox"/> lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all-cause mortality)	<p>For Yes, must also have assessed RoB from:</p> <input type="checkbox"/> allocation sequence that was not truly random, <i>and</i> <input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Includes only NRSI
<p>NRSI</p>		
<p>For Partial Yes, must have assessed RoB:</p> <input type="checkbox"/> from confounding, <i>and</i> <input type="checkbox"/> from selection bias	<p>For Yes, must also have assessed RoB:</p> <input type="checkbox"/> methods used to ascertain exposures and outcomes, <i>and</i> <input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Includes only RCTs
<p>10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?</p>		
<p>For Yes</p> <input type="checkbox"/> Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies		
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		

11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?

RCTs

For Yes:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis | <input type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present. | <input type="checkbox"/> No |
| <input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity | <input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted |

For NRSI

For Yes:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis | <input type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present | <input type="checkbox"/> No |
| <input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available | <input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted |
| <input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review | |

12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?

For Yes:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs | <input type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect. | <input type="checkbox"/> No |
| | <input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted |

13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?

For Yes:

- | | |
|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs | <input type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results | <input type="checkbox"/> No |

14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?

For Yes:

- | | |
|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results | |
| <input type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review | <input type="checkbox"/> Yes |
| | <input type="checkbox"/> No |

15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?

For Yes:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias | <input type="checkbox"/> Yes |
| | <input type="checkbox"/> No |
| | <input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted |

16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?

For Yes:

- | | |
|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> The authors reported no competing interests OR | <input type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest | <input type="checkbox"/> No |

Titre : L'impact de la croissance sur l'incidence des blessures chez les jeunes footballeurs lors du jeu

Title: The impact of growth on the incidence of injuries in young footballers during play

Nombre de pages (avec les annexes) : 88

Directeur de Mémoire : Maxime MATTON

Résumé (en français) (en minuscule) :

Introduction : La croissance chez les jeunes footballeurs est un sujet important dans le milieu du sport. Durant cette période où les joueurs subissent un développement physique et mental, pouvant influencer leur quotidien ainsi que leur jeu, la nécessité de performances associée au haut-niveau crée des conditions propices à la survenue de blessure. Il est primordial de comprendre quels facteurs sont responsables de ses blessures, dans le but de limiter leurs impacts pour permettre aux joueurs de développer leurs capacités à leur plus fort potentiel.

Objectif : Déterminer la relation entre la croissance et l'incidence des blessures chez les footballeurs adolescents.

Méthode : PubMed a été utilisé pour rechercher les articles de cette revue. La population incluse représente des jeunes footballeurs du haut-niveau, âgés de 9 à 23 ans, provenant de pays européens (Italie, Espagne, Pays-Bas, Angleterre) et d'Amérique du Sud. La QUIPS Tool a été employé pour évaluer la qualité méthodologique de chaque étude incluse.

Résultats : Six études de cohorte ont été analysés : 5 prospectives et 1 rétrospective. Les résultats portent sur le lien entre les différentes périodes de la croissance à l'adolescence (pré/circa/pos-PHV), mesuré à partir du pic de croissance ou Peak Height Velocity et l'incidence de blessures durant ces périodes (nombre de blessures/1000h). Les résultats extraits sont hétérogènes, mais on retrouve une tendance générale à l'augmentation de blessures lors de la période du circa-PHV.

Discussion : La revue ne permet pas de confirmer la dépendance directe entre la croissance et son pic avec l'augmentation de l'incidence de blessure à la même période. Cependant, on remarque bien que durant la période du pic de croissance (circa-PHV), il existe bien une augmentation de l'incidence. Cette augmentation est certainement liée à de multiples facteurs, croissance comprise, comme : intensité des entraînements et des matchs, sommeil, alimentation. L'impossibilité de confirmer ce lien de causalité est dû au faible niveau de preuve et à la qualité méthodologique (la présentation des résultats). Il est nécessaire de réaliser des études avec un meilleur niveau de preuve, si on souhaite pouvoir confirmer ou non ce lien.

Résumé (en anglais) (en minuscule) :

Introduction: Growth in young footballers is an important issue in the world of sport. During this period, when players are undergoing physical and mental development that can influence their daily lives as well as their game, the need for performance associated with high-level football creates conditions that are conducive to injury. It is important to understand which factors are responsible for these injuries, to limit their impact and enable players to develop their skills to their full potential.

Objectives: our aim with this dissertation is to determine the relationship between growth and the incidence of injury in adolescent football players.

Methods: PubMed was used as the database to search for the articles in this review. The population included was young high-level footballers aged between 9 and 23 from South America and European countries (Italy, Spain, the Netherlands, England). The QUIPS Tool was used to assess the methodological quality of each included study.

Results: Six cohort studies were analysed: 5 prospective and 1 retrospective. The results focused on the link between the different periods of growth in adolescence (pre/circa/post-PHV), measured using Peak Height Velocity, and the incidence of injuries during these periods (number of injuries/1000h). The results are heterogeneous, but there is a general trend towards an increase in the incidence during the circa-PHV period.

Discussion: The review does not confirm the direct link between growth and its peak and the increase in the incidence of injury during the same period. However, during the period of peak growth (circa-PHV), there is an increase in the incidence. This increase is certainly due to several factors, including growth, such as the intensity of training and matches, sleep and diet. The impossibility of confirming this causal link is due to the low level of evidence and the methodological quality (presentation of the results). Studies with a higher level of evidence are needed if we are to be able to confirm or refute this link.

Mots-clés : pic de croissance, maturation, croissance, Peak Height Velocity, football, adolescent, blessure, incidence

Key Words: growth peak, maturation, growth, Peak Height Velocity, football, soccer, teenager, injury, incidence