



**HAL**  
open science

# L'efficacité des programmes d'exercices dans l'évolution de l'angle de la cyphose thoracique chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale

Audrey Laborel

## ► To cite this version:

Audrey Laborel. L'efficacité des programmes d'exercices dans l'évolution de l'angle de la cyphose thoracique chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04771123

**HAL Id: dumas-04771123**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04771123v1>

Submitted on 7 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'EFFICACITÉ DES PROGRAMMES  
D'EXERCICES DANS L'ÉVOLUTION DE  
L'ANGLE DE LA CYPHOSE THORACIQUE CHEZ  
LES ADOLESCENTS PRÉSENTANT UNE  
HYPERCYPHOSE POSTURALE**

**LABOREL Audrey**  
**Directeur de mémoire : Mme GIMENEZ Katia**

# REMERCIEMENTS

Dans le cadre de ce travail de fin d'étude, je tiens à remercier toute l'équipe enseignante qui m'a apportée toutes les clés en main lors de mes années d'études pour en arriver jusqu'ici.

Je désire remercier spécialement ma directrice de mémoire GIMENEZ Katia, tout d'abord, d'avoir accepté de m'encadrer dans ce projet et pour m'avoir soutenue, aiguillée et accompagnée dans son élaboration jusqu'à son aboutissement.

À l'ensemble des tuteurs que j'ai pu rencontrer en stage, merci d'avoir développé et amélioré ma pratique professionnelle au moyen de tous vos précieux conseils.

Je suis très reconnaissante envers le groupe 3 de la promotion pour ces quatre merveilleuses années pleines de vie et de joie. Avoir fait partie de ce groupe aura été réellement une belle expérience et une vraie chance.

Un grand merci collectif, pour être sûr de n'oublier personne et de ne faire aucun jaloux, à mes amis d'être présents et de m'accompagner que ce soit autant dans les bons que dans les pires moments. Je n'oublierai jamais tous ces beaux moments que nous avons vécus.

Néanmoins, j'ai à cœur de faire une petite mention spéciale à GIAVELLI Nélia. Nous avons souvent travaillé ensemble et nous nous sommes mutuellement aidées au cours de cette dernière année.

Évidemment, un immense merci à ma famille pour m'avoir toujours encouragée, épaulée et incitée à avoir confiance en moi. Merci de continuellement tout mettre en œuvre afin que je puisse avoir les meilleures conditions pour évoluer en sérénité.

## **Liste des abréviations :**

**AMSTAR-2** : A MeaSurement Too to Assess systematic Review -2

**CCEP** : Comprehensive Correction Programme d'Exercices

**ECR** : Essai Clinique Randomisé

**EPS** : Éducation Physique et Sportive

**GC** : Groupe Contrôle

**GE** : Groupe Expérimental

**GRADE** : Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations

**HAS** : Haute Autorité de Santé

**IC** : Intervalle de Confiance

**INSERM** : Institut Nationale de la Santé Et de la Recherche Mondiale

**M** : Moyenne

**MeSH** : Medical Subject Headings

**MK** : Masseur-Kinésithérapeute

**NGAP** : Nomenclature Générale des Actes Professionnels

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**PEDro** : Physiotherapy Evidence Database

**SD** : Standard Deviation (Écart-Type)

**TEP** : Programme d'Exercices Thoraciques

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1	L'hypercyphose posturale .....	1
1.1.1	Les rappels anatomiques.....	1
1.1.2	L'hypercyphose posturale, définition .....	3
1.1.2.1	Évolution de l'hypercyphose posturale.....	4
1.1.3	La population : les adolescents .....	5
1.1.4	Épidémiologie .....	5
1.1.4.1	La prévalence .....	5
1.1.4.2	Les différents facteurs de risques .....	6
1.1.5	Conséquences de l'hypercyphose .....	6
1.1.6	Pourquoi faut-il corriger l'hypercyphose posturale ?.....	7
1.1.7	Diagnostics différentiels.....	8
1.1.7.1	Maladie de Scheuermann .....	8
1.1.7.2	Cyphose congénitale.....	9
1.1.7.3	Autres causes .....	9
1.2	Mesure de l'angle de la cyphose thoracique .....	9
1.2.1	Méthode de Cobb modifiée .....	9
1.2.2	Système de la souris vertébrale .....	10
1.2.3	La Flexicurve .....	11
1.2.4	Les applications d'inclinomètre pour smartphone.....	12
1.2.5	Appareil topographique : système Formetric .....	13
1.3	Traitements possibles de l'hypercyphose posturale.....	13
1.3.1	Thérapie par l'exercice .....	14
1.3.1.1	Méthode Core Stability.....	15
1.3.1.2	Méthode Pilates .....	15
1.3.2	Thérapie manuelle .....	15
1.3.3	Kinesio-Taping .....	16
1.4	Objectifs de cette revue de littérature.....	16
1.4.1	Modèle PICO .....	17
<b>2</b>	<b>Méthode .....</b>	<b>18</b>
2.1	Les critères d'éligibilité des études .....	18
2.1.1	La population .....	18

2.1.2	L'intervention.....	18
2.1.3	Le comparateur .....	18
2.1.4	Le critère de jugement .....	19
2.1.5	Les schémas d'études .....	19
2.2	Méthodologie de recherche des articles .....	19
2.2.1	Les ressources documentaires exploitées.....	19
2.2.2	Équation de recherche utilisée.....	20
2.2.2.1	PubMed .....	20
2.2.2.2	Google scholar .....	20
2.2.2.3	Science Direct .....	20
2.2.2.4	PEDro.....	21
2.3	Méthode d'extraction et d'analyse des données.....	21
2.3.1	La sélection des études .....	21
2.3.1.1	1 <sup>ère</sup> étape : la suppression des doublons.....	21
2.3.1.2	2 <sup>ème</sup> étape : la lecture des titres .....	21
2.3.1.3	3 <sup>ème</sup> étape : la lecture des abstracts .....	21
2.3.1.4	4 <sup>ème</sup> étape : lecture complète des articles .....	22
2.3.2	Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées .....	22
2.3.3	Méthode d'extraction des données .....	22
2.4	Méthode de synthèse des résultats .....	23
<b>3</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>24</b>
3.1	Description des différentes études .....	24
3.1.1	Diagramme de flux .....	24
3.1.2	Études exclues .....	25
3.1.3	Études incluses.....	25
3.1.3.1	Article González-Gálvez N. 2023 [50] .....	26
3.1.3.2	Article Gheitasi et al. 2023 [35].....	27
3.1.3.3	Article Park et al. 2022 [18].....	28
3.1.3.4	Article Elpeze and Usgu. 2022 [4] .....	29
3.1.3.5	Article Feng et al. 2018 [16] .....	30
3.2	Les risques de biais des études incluses.....	32
3.3	Effets de l'intervention sur notre critère de jugement principal.....	33
3.3.1	Étude Gheitasi et al. 2023 [35].....	34
3.3.2	Étude Park et al.2022 [18] .....	34

3.3.3	Étude Feng et al.2018 [16].....	35
3.3.4	Étude González-Gálvez N.2023 [50].....	36
3.3.5	Étude Elpeze and Usgu. 2022 [4].....	36
3.3.6	Synthèse de l'effet de l'intervention .....	37
<b>4</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>38</b>
4.1	Analyse des principaux résultats .....	38
4.1.1	Analyse de l'homogénéité et de l'hétérogénéité des articles.....	38
4.1.1.1	Les participants inclus .....	38
4.1.1.2	L'intervention étudiée.....	39
4.1.1.3	Le comparateur .....	39
4.1.1.4	Le critère de jugement .....	39
4.1.2	Les différentes limitations possibles des articles .....	40
4.1.3	Analyse des résultats du critère de jugement : l'angle de cyphose thoracique.....	41
4.1.3.1	Le programme d'exercices en traitement seul .....	42
4.1.3.2	Le programme d'exercices en co-adjuvant.....	45
4.1.3.3	Synthèse générale .....	45
4.2	Qualité de preuve .....	46
4.3	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	48
4.4	Limites de notre revue de littérature .....	51
4.5	Conflits d'intérêts .....	52
<b>5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>53</b>
5.1	Implication pour la pratique clinique.....	53
5.2	Implication pour la recherche.....	53
<b>6</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>60</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Anatomie du rachis [1].....	1
Figure 2 : Observation visuelle de l'hypercyphose [2].....	3
Figure 3 : Angle du Cobb [32].....	10
Figure 4 : Souris vertébrale .....	11
Figure 5 : Calcul de l'angle de Cobb [39].....	12
Figure 6 : Prise de mesure avec une application d'inclinomètre [41] .....	12
Figure 7 : Schématisation du système Formetric [43].....	13
Figure 8 : Équation de recherche Science Direct.....	20
Figure 9 : Équation de recherche PEDro .....	21
Figure 10 : Diagramme de Flux.....	24



## Table des tableaux

Tableau I : Description du corps en hypercyphose thoracique [2] .....	3
Tableau II : Description de la question de recherche par le modèle PICO .....	17
Tableau III : Mots-clés anglais retenus .....	20
Tableau IV : Tableau synthétique des études incluses .....	23
Tableau V : Motifs d'exclusion des études lors de la lecture intégrale.....	25
Tableau VI : Informations sur l'étude <b>González-Gálvez N. 2023</b> [50] .....	26
Tableau VII : Informations sur l'étude <b>Gheitasi et al. 2023</b> [35].....	27
Tableau VIII : Informations sur l'étude <b>Park et al. 2022</b> [18] .....	28
Tableau IX : Informations sur l'étude <b>Elpeze and Usgu. 2022</b> [4] .....	29
Tableau X : Informations sur l'étude <b>Feng et al. 2018</b> [16] .....	30
Tableau XI : Tableau synthétique comportant les données clés des différentes études. ....	31
Tableau XII : Tableau synthétique des scores PEDro des études incluses. ....	32
Tableau XIII : Résultats de l'étude <b>Gheitasi et al.2023</b> [35].....	34
Tableau XIV : Résultats de l'étude <b>Park et al.2022</b> [18]. ....	35
Tableau XV : Résultats de l'étude <b>Feng et al.2018</b> [16,50] .....	35
Tableau XVI : Résultats de l'étude <b>González-Gálvez N. 2023</b> [50] .....	36
Tableau XVII : Résultats de l'étude <b>Elpeze and Usgu. 2022</b> [4]. ....	37
Tableau XVIII : Synthèse de résultats disponibles .....	42
Tableau XIX : Récapitulatif des résultats disponibles.....	45
Tableau XX : Tableau synthétique de la qualité de preuve par le système GRADE [60] .....	48
Tableau XXI : Variabilité des programmes d'exercices.....	49
Tableau XXII : Cotations sur l'échelle AMSTAR-2 .....	52

# 1 Introduction

## 1.1 L'hypercyphose posturale

### 1.1.1 Les rappels anatomiques

La colonne vertébrale est considérée comme une **chaîne poly-articulaire** comprenant vingt-quatre vertèbres libres (os courts) :

- 7 vertèbres cervicales (C1 à C7)
- 12 vertèbres thoraciques (T1 à T12)
- 5 vertèbres lombaires (L1 à L5).

Elle est également constituée, au niveau de l'anneau pelvien (son socle), d'une colonne comprenant des vertèbres soudées :

- Le sacrum
- Le coccyx.

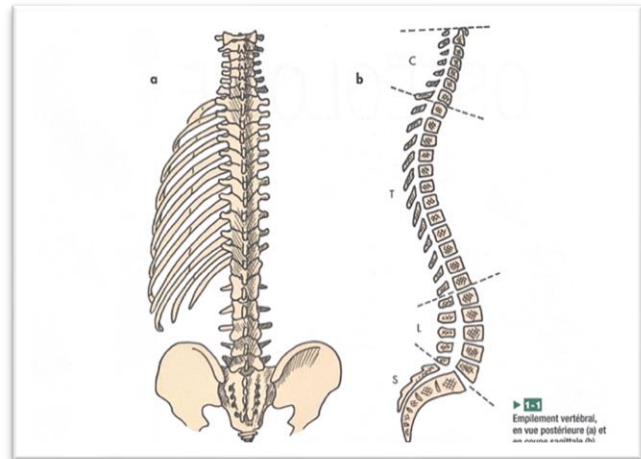


Figure 1 : Anatomie du rachis [1]

Au niveau des foramens vertébraux, qui sont le centre des vertèbres, passe la moelle épinière. Les vertèbres protègent donc cette dernière.

Les pièces osseuses sont maintenues entre elles grâce à un **système ligamentaire puissant**. Ce système ligamentaire est composé du ligament longitudinal antérieur, du ligament longitudinal postérieur et du ligament jaune.

Les vertèbres thoraciques sont articulées entre elles par l'intermédiaire de **trois articulations** : deux articulations inter-facettaires postérieures et une articulation inter-corporéale. Mais elles sont également articulées, pour la plupart, avec les différentes côtes :

- Les côtes sternales (K1 à K7)
- Les côtes asternales (K8 à K12) : qui contiennent les fausses côtes (K8 à K10) et les côtes flottantes (K11 et K12).

À cause du grill thoracique, le **rachis thoracique est peu mobile** contrairement au rachis cervical.

Entre chaque vertèbre se trouvent des disques intervertébraux (composés d'un noyau fibreux et d'un anneau pulpeux) qui ont pour but **d'amortir les différents chocs et traumatismes** que peut subir la colonne vertébrale. La colonne vertébrale a aussi pour rôle de soutenir le poids de la tête et de transférer le poids du corps jusqu'aux articulations coxo-fémorales.

Le rachis cervical peut être décomposé en deux parties : le **rachis cervical supérieur de C0 à C2** et le **rachis cervical inférieur de C2 à C7**. Le rachis cervical inférieur est celui qui s'adapte lorsqu'il y a des troubles posturaux. [1,2]

Dans la physiologie, la colonne vertébrale est composée de **3 courbures sagittales** :

- Lordose cervicale de C2 à C7
- Cyphose thoracique de T2 à T12 (T6 est le sommet de cette courbure)
- Lordose lombaire de L1 à S1.

Les valeurs physiologiques de la courbure thoracique sont comprises entre **20° et 40°**. Néanmoins, ces valeurs sont **dépendantes de l'âge et du sexe**. [3]

Ces courbures sont essentielles pour contribuer à **absorber les contraintes** en diminuant la pression et les chocs lors des mouvements<sup>1</sup>. Cependant une modification des courbures entraîne a contrario une augmentation des pressions et une diminution des mobilités. [4]

La pente sacrée correspond à la ligne du plateau sacré S1. Elle exerce une influence sur les courbures rachidiennes. Lorsqu'elle s'horizontalise, la lordose lombaire a tendance à diminuer et inversement lorsqu'elle se verticalise. [5]

Les muscles qui maintiennent une posture corporelle physiologique sont répartis en 2 groupes :

- Les **mono-articulaires** : muscles locaux et stabilisateurs
- Les **multi-articulaires** : muscles globaux et stabilisateurs ou mobilisateurs.

Le groupe des mono-articulaires englobe les muscles profonds du tronc :

- Les multifides,
- Les inter-épineux,
- Les inter-transversaires,
- Les semi-épineux,
- Le transverse de l'abdomen,
- La portion postérieure de l'oblique interne,
- Les fibres médiales du carré des lombes,
- Les érecteurs du rachis (muscle ilio-costal, longissimus et épineux),
- Le diaphragme,
- Le plancher pelvien.

Le **groupe des multi-articulaires** englobe plutôt les **gros muscles superficiels du tronc et des membres**. Ce groupe assure la **stabilité** pour les muscles stabilisateurs et le **mouvement** au niveau des articulations pour les muscles mobilisateurs.

Les **muscles stabilisateurs globaux** (le trapèze, les érecteurs du rachis, l'iliaque, le grand fessier, le moyen fessier, les grand et court adducteurs) **et locaux** sont les **muscles anti-gravitaires** qui autorisent l'individu à maintenir la position érigée. [1,2]

---

<sup>1</sup> <https://www.vidal.fr/sante/enfants/suivi-medical/surveiller-colonne-vertebrale.html> (Consulté le 7/11/23)

### 1.1.2 L'hypercyphose posturale, définition

L'hypercyphose posturale, également appelée cyphose dorsale posturale ou attitude cyphotique, représente selon le Vidal une « **courbure exagérée** du dos vers l'avant au niveau des épaules ». Dans le langage courant on parle de dos rond pour qualifier l'hypercyphose<sup>2</sup>.

En résumé, l'hypercyphose posturale est une **déformation réversible** du dos induite par un mauvais alignement de la colonne vertébrale dans le **plan purement sagittal**. Elle concerne uniquement les vertèbres comprises entre la 1ère et la 12ème vertèbre thoracique.

Elle est principalement retrouvée dans deux populations bien distinctes :

- Chez des adolescents,
- Chez les personnes âgées.

C'est une déformation réversible, c'est-à-dire que celle-ci n'est **pas rigide** et donc n'est pas fixée : les vertèbres n'ont subi **aucune modification morpho-anatomique**. C'est un trouble de la posture **non structurel**. On peut alors faire disparaître la déformation en corrigeant la personne et/ou en la changeant de position. Néanmoins, dès que le patient relâche la correction ou la position, le trouble de la posture revient. [2,6]

Le **diagnostic** de l'hypercyphose posturale peut se faire en **deux étapes**. En premier lieu, c'est très souvent le pédiatre ou le médecin généraliste qui, à l'occasion d'un examen de contrôle, remarque une hypercyphose chez le patient.

Lors de la réalisation de l'examen clinique pour chaque région du corps, on peut objectiver les modifications posturales suivantes :

Région du corps	Modification posturale
Tête	Protraction
Rachis cervical portion haute	Hyper-lordose
Rachis cervical portion basse	Cyphose
Acromion	Protraction
Rachis thoracique	Hypercyphose
Sternum	Inclinaison vers le bas

Tableau 1 : Description du corps en hypercyphose thoracique [2]



Figure 2 : Observation visuelle de l'hypercyphose [2]

<sup>2</sup> <https://www.vidal.fr/sante/enfants/suivi-medical/surveiller-colonne-vertebrale/deformations.html>  
(Consulté le 7/11/23)

Au niveau du bilan de la fonction motrice, la portion inférieure et médiane du muscle trapèze, les rhomboïdes, le dentelé antérieur, les érecteurs du rachis (partie thoracique) vont être en **position allongée**. Alors que les muscles sous-occipital, sternocléidomastoïdien, scalène, trapèze supérieur, petit pectoral, grand pectoral et grand dorsal vont être en **position raccourcie**. Du fait de l'inclinaison du thorax vers le bas, les abdominaux peuvent être raccourcis également. [2]

En deuxième étape, pour confirmer le diagnostic et exclure les autres pathologies, il peut être nécessaire de faire passer au patient un **examen radiologique**. Cet examen a pour objectif de confirmer l'absence de modification morphologique des vertèbres ou toute autre cause qui pourrait entraîner une hypercyphose secondaire<sup>3</sup>. [2,5]

Les valeurs physiologiques de la courbure thoracique sont **comprises entre 20° et 40°**. Théoriquement, une courbure thoracique qui **dépasse 40°** est considérée comme une **hypercyphose**. Mais, comme dit précédemment, les valeurs de cette courbure sont dépendantes de l'âge et du sexe. [3]

Chez les adolescents, la croissance n'étant pas terminée, une valeur en dessous de 40° peut être une valeur « faussement normale » car la fourchette de valeurs utilisée communément est en inéquation avec cette population.

En conclusion, une valeur inférieure à 40° peut être considérée comme une hypercyphose posturale. Il est donc important de **pratiquer un examen clinique** pour mettre en évidence des signes d'une hypercyphose. [7]

#### 1.1.2.1 *Évolution de l'hypercyphose posturale*

Concernant les adolescents, l'hypercyphose posturale peut n'être seulement que transitoire. Ce défaut de posture a tendance à évoluer positivement vers une valeur normale de l'angle cyphotique thoracique<sup>4</sup>.

Cependant ce n'est malheureusement pas toujours le cas. Comme la croissance n'est pas terminée et que les os sont souples, la colonne vertébrale peut encore subir des **déformations irréversibles** si aucune correction n'est mise en place.

L'hypercyphose posturale peut alors s'installer voire s'aggraver par augmentation de l'angle de Cobb et modification morphologique des vertèbres. Elle évolue alors vers une hypercyphose rigide et donc vers un **trouble de la posture structurel** avec un caractère irréversible de la pathologie.

S'il n'y a pas d'amélioration ou s'il y a aggravation à moyen/long terme, l'hypercyphose posturale peut engendrer des **conséquences délétères** sur les **conditions physiologiques** du corps et perturber la personne dans sa **qualité de vie**. [2,4,5]

---

<sup>3</sup> <https://www.vidal.fr/sante/enfants/suivi-medical/surveiller-colonne-vertebrale/deformations.html>  
(Consulté le 7/11/23)

<sup>4</sup> <https://www.vidal.fr/sante/enfants/suivi-medical/surveiller-colonne-vertebrale/deformations.html>  
(Consulté le 7/11/23)

### 1.1.3 La population : les adolescents

Le mot « Adolescence » a pour origine le mot latin « adolescere » qui peut se traduire par le verbe « grandir ». [8]

D'après l'OMS, l'adolescence correspond à « la période de la vie qui se situe entre l'enfance et l'âge adulte, c'est-à-dire entre 10 et 19 ans »<sup>5</sup>

Elle constitue une phase unique où le corps humain se développe et se construit. Cette étape de la vie est constitutive des **bases fondamentales d'une bonne santé**.

À cette période, les adolescents subissent un pic de croissance physique mais également sur le plan du développement cognitif et psychologique.

Les adolescents peuvent être victimes, comme à tout âge de la vie, de décès, de pathologies et de traumatismes. Cependant la majorité des causes sont évitables et/ou traitables.

Pendant cette tranche de vie, ils mettent en place des schémas comportementaux (en rapport avec l'alimentation, l'activité physique, la vie sexuelle...) qui ont pour objectif de préserver leur santé, ou à défaut de mettre leur santé en difficulté dans l'instant présent et/ou dans le futur.

Pour pouvoir bien se construire et évoluer, les adolescents doivent recevoir des informations et des corrections essentielles et tout cela dans un environnement sain. Pour cela il est fondamental que les services de soin soient accessibles, adaptés et efficaces<sup>6</sup>.

C'est une **période cruciale** pour la disposition sagittale de la colonne vertébrale. À ce stade du développement, une augmentation de la cyphose thoracique a lieu chez les hommes en particulier. [9,10]

### 1.1.4 Épidémiologie

#### 1.1.4.1 La prévalence

Selon certaines études, la prévalence d'une posture incorrecte du rachis dans le plan sagittal chez les adolescents varie **entre 22% et 65%**. [4,11-14]

Il est difficile d'avoir des valeurs épidémiologiques fiables concernant l'hypercyphose posturale. Étant donné que ce n'est pas considéré comme une pathologie mais seulement comme un défaut non structurel, on trouve difficilement des valeurs de prévalence des mauvaises postures.

Les mauvaises postures sont communes chez les adolescents, c'est pour cela que plusieurs études étrangères ont été faites dans des écoles afin d'évaluer la prévalence des postures incorrectes au niveau du rachis dans le plan sagittal.

Mais, malgré la réalisation de plusieurs de ces études, le nombre de participants est trop hétérogènes entre les études ce qui entraîne une variation des données épidémiologiques. [15]

---

<sup>5</sup> [https://www.who.int/fr/health-topics/adolescent-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/fr/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1) (Consulté le 17/10/23)

<sup>6</sup> [https://www.who.int/fr/health-topics/adolescent-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/fr/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1) (Consulté le 17/10/23)

#### 1.1.4.2 Les différents facteurs de risques

L'hypercyphose posturale, lorsqu'elle est retrouvée chez les adolescents, peut avoir pour cause : le **manque d'activité physique** et donc un manque d'activation des groupes musculaires qui ont pour rôle la bonne posture corporelle. [2,15]

La **croissance rapide** (qui entraîne une mauvaise adaptation du système musculaire et du schéma corporel) liée à cette période de vie et les **mauvaises habitudes** sont également dans la liste des facteurs de risques. [16,17]

Mais ce défaut de posture peut essentiellement venir du **caractère/de la psychologie** de l'adolescent surtout chez les adolescents timides ou déprimés. À cette période de croissance se développe la personnalité où certains adolescents se cherchent et ont tendance à se replier sur eux-mêmes. Ils adoptent une **posture d'enroulement/de fermeture**, de repli sur eux-mêmes pour avoir la sensation d'être moins visibles. [17]

Autres **facteurs de risques** :

- La morphologie,
- Être du sexe masculin,
- Avoir un indice de masse corporelle faible,
- Une hyper-activité musculaire (qui crée des tensions anormales),
- Une hypo-extensibilité des ischio-jambiers,
- Une mauvaise position assise, prolongée dans le temps, à l'école et/ou chez soi,
- Un cartable trop lourd et disproportionné.

Et depuis l'arrivée des **nouvelles technologies** : l'utilisation excessive des téléphones portables, tablettes, jeux vidéo qui entraînent le maintien prolongé d'une mauvaise posture <sup>7</sup>. [2,4,6,9,10,12,18-20]

#### 1.1.5 Conséquences de l'hypercyphose

Un mauvais alignement du rachis est associé à un **risque augmenté de chute** mais aussi à un **mauvais équilibre**. Cela est dû au fait que la posture cyphotique transfère préférentiellement le **centre de gravité en postérieur**. [21]

Le centre de gravité étant déplacé, la **répartition** du poids du corps sur les pieds est **différente** comparée à la position physiologique du centre de gravité. Afin de compenser la modification posturale, l'adolescent **accentue sa lordose cervicale** pour garder l'horizontalité de son regard. [2,5,18]

Le rachis thoracique, en restant dans une position incorrecte, perd petit à petit les bonnes **informations proprioceptives** qui permettent de placer intelligemment les vertèbres entre elles. Le cerveau enregistre alors les mauvaises informations proprioceptives et oublie les bonnes ce qui entraîne un **schéma corporel erroné**. [22]

---

<sup>7</sup> <https://www.vidal.fr/sante/enfants/suivi-medical/surveiller-colonne-vertebrale.html> (Consulté le 7/11/23)

Le défaut de stimulation des groupes musculaires permettant de garder une bonne posture corporelle entraîne au cours du temps une **faiblesse musculaire** puis une **atrophie**. Des **compensations** se mettent alors en place ayant pour conséquence l'apparition de **tensions musculaires**. [2]

Selon la posture qu'adopte l'adolescent, ces tensions anormales vont venir influencer de manière négative le développement de la colonne vertébrale entraînant des déformations. Une hypercyphose posturale qui est installée peut devenir une **hypercyphose rigide**. Ces tensions et l'apparition de la rigidité vont entraîner, au même titre, une **diminution de la capacité fonctionnelle**. [2]

Une hyper-flexion thoracique peut aussi impacter le développement des organes et peut participer à une altération de la fonction respiratoire (fermeture de la cage thoracique). [6,16]

Concernant la **qualité de vie** plusieurs points vont venir l'altérer comme :

- L'apparition de douleurs,
- Un impact esthétique et donc sur la santé psychologique (premier problème de l'hypercyphose). [4,5,16,23]

Ignorer les troubles de posture à la période de l'adolescence (période de développement) peut engendrer au cours de leur vie des **complications sur la santé générale**. [15]

#### 1.1.6 Pourquoi faut-il corriger l'hypercyphose posturale ?

La bonne posture est un point très important : une colonne vertébrale qui respecte les courbures physiologiques permet de fonctionner comme un **ressort**. Cette fonction de ressort a pour rôle **d'amortir les chocs verticaux** et de **répartir les charges verticales** lors des différents mouvements du corps dans l'espace. Si une mauvaise posture est adoptée, alors la colonne vertébrale ne remplit plus son rôle et le corps peut subir des **dommages réversibles ou non**<sup>8</sup>.

À long terme, si la posture incorrecte n'est pas prise en compte, des déformations durables dans le temps vont se mettre en place. Une fois que les déformations sont installées et fixées, elles deviennent **irréversibles**. Cela peut engendrer des **troubles posturaux graves** à la période adulte. [6,15]

Selon certaines preuves scientifiques, les personnes ayant un mauvais alignement du rachis pourraient subir diverses pathologies :

- Hernies discales,
- Spondylolisthésis,
- Augmentation de la pression intra-discale,
- Déformation viscoélastique. [9]

---

<sup>8</sup> <https://www.vidal.fr/sante/enfants/suivi-medical/surveiller-colonne-vertebrale.html> (Consulté le 7/11/23)



Il est fondamental de corriger une mauvaise position tant qu'elle est réversible et encore asymptomatique. En tant que MK, nous aurons **beaucoup plus d'effet** sur une hypercyphose posturale comparée à une hypercyphose rigide. Le programme de rééducation pourrait permettre d'avoir une correction de mauvaise posture et une **amélioration de la qualité de vie** de l'adolescent. [2,23,24]

Plus nous agissons vite sur les troubles posturaux, plus nous avons la capacité de corriger ces troubles et améliorer le schéma corporel de l'adolescent qui se réadapte plus vite qu'un adulte.

La rééducation précoce permettra d'éviter la mise en place de troubles aggravés dans la vie et des traitements plus agressifs. [19,25]

De plus, il ne faut pas oublier que l'hypercyphose posturale a un gros impact sur la qualité de vie de la personne. Ce trouble peut engendrer des **douleurs** qu'il faut **prendre en compte et soulager** l'adolescent. De même concernant l'influence négative de l'hypercyphose sur la perception de soi et donc sur la santé psychologique. Il est de **notre ressort de contribuer à améliorer la qualité de vie** de nos patients. [6,16]

Nous pouvons déplorer que les problèmes à propos des troubles posturaux non structurels soient **relativement ignorés par notre système de santé** puisqu'ils sont considérés comme **bénins** alors qu'ils devraient bénéficier d'un **encadrement thérapeutique précoce**. Chez les adolescents, l'hypercyphose posturale reste toujours un **problème de santé publique** qu'il faut résoudre. [6,25,26]

### 1.1.7 Diagnostics différentiels

#### 1.1.7.1 *Maladie de Scheuermann*

La maladie de Scheuermann est considérée comme une dystrophie rachidienne de croissance. Elle fait partie des **causes les plus courantes** de douleurs rachidiennes chez l'adolescent. Son apparition se fait entre l'**âge de 8-12 ans** mais pour les **formes les plus raides** elle apparaît plutôt vers l'**âge de 12-16 ans**. Les garçons sont plus touchés que les filles avec un **sex-ratio de 2 pour 1**.

D'après les études, son **incidence varie entre 0,04 et 10%**. Sa prévalence ne fait que croître au cours des années : elle est passée de 3,6 à 7,5/100 000 de 2003 à 2012.

C'est une pathologie décrite comme une hypercyphose thoracique ou thoraco-lombaire raide, **associée à des compensations** (hyper-lordose cervicale et lombaire) pour maintenir un équilibre sagittal de la colonne vertébrale. On retrouve également une rétraction des ischio-jambiers, des muscles ilio-psyas et un enraidissement de la ceinture scapulaire.

C'est un **trouble de la posture structurel**, le patient présente une **corrigeabilité** de la courbure **incomplète**. Sur les examens radiographiques apparaît une **modification morphologique** des vertèbres. Pour confirmer le diagnostic, il faut la présence de **cunéiformisation antérieure supérieure à 5°** d'au moins trois vertèbres **consécutives**.

La maladie de Scheuermann peut avoir comme classification :

- Légère : angle cyphotique inférieur à 50°,
- Modérée : angle cyphotique entre 50° et 70°
- Grave : angle cyphotique supérieur à 70-75°

L'étiologie reste indéterminée, des **facteurs de risques mécaniques** sont évoqués comme les mauvaises postures et un IMC élevé mais il n'y a aucune preuve significative. La maladie de Scheuermann a des **causes héréditaires**, et peut être un **symptôme dans certaines maladies** comme la maladie de Prader Willi et la maladie de Marfan majoritairement. [27–29]

### 1.1.7.2 Cyphose congénitale

Les patients atteints de cyphose congénitale **naissent avec cette maladie**. La colonne vertébrale de l'enfant présente des **anomalies de développement** dans le plan sagittal. La pathologie est donc un **trouble structurel** de la colonne vertébrale. Elle n'est pas directement visible à la naissance.

Il y a **trois types** de cyphose congénitale :

- Type 1 : mauvaise formation des corps vertébraux,
- Type 2 : mauvaise segmentation,
- Type 3 : mauvaise formation de corps vertébraux et mauvaise segmentation.

La déformation **s'accentue** au cours de la croissance de l'enfant ce qui entraîne généralement une compression de la moelle épinière. Cela implique le recours à une **intervention chirurgicale** du rachis précoce pour maintenir une courbure la plus physiologique possible. [29,30]

### 1.1.7.3 Autres causes

Plusieurs autres causes sont responsables de l'apparition d'une hypercyphose thoracique chez l'adolescent. Ces causes peuvent être :

- Le développement d'affections neuro-musculaires : paralysie cérébrale, dystrophie musculaire, l'amyotrophie spinale, Spina bifida...
- L'ostéoporose juvénile idiopathique,
- Un traumatisme (fracture) non traité ou mal consolidé de la colonne vertébrale,
- Tumeurs du rachis,
- Post-chirurgie : complication d'une laminectomie,
- Infections du rachis : ostéomyélite,
- Conditions métaboliques : carence en vitamine D. [6,29,31]

## 1.2 Mesure de l'angle de la cyphose thoracique

Il existe un certain nombre de **méthodes** pour estimer l'angle de la cyphose thoracique mais nous n'en détaillerons que quelques-unes.

### 1.2.1 Méthode de Cobb modifiée

La technique de l'angle de Cobb, méthode développée par John Robert Cobb pour mesurer à l'origine les courbures scoliotiques ou seulement anormales dans le **plan frontal**. Cependant, en détournant cette méthode, on peut également mesurer les angles des courbures dans le **plan sagittal**. [5,32]

Cette méthode détournée est souvent appelée « la **méthode de Cobb modifiée** ». Elle est utilisée pour estimer les différentes courbures dans le **plan sagittal** (et non frontal) et aussi pour **analyser l'angulation segmentaire**. [33]

C'est la technique **la plus fréquemment utilisée** (elle est la référence pour mesurer les courbures cyphotiques). [32,34]

Elle se sert des **plateaux vertébraux limites** (terminaux) comme référence pour déterminer les mesures.

Pour réaliser cette technique, il est nécessaire de faire passer un **examen radiologique de profil** à l'adolescent. Sur cette radiographie, on doit voir toute la colonne vertébrale : de l'occiput jusqu'au coccyx (de la tête aux hanches). Il est primordial que les deux membres supérieurs soient fléchis vers l'avant dans le but de dégager la vision de la colonne vertébrale.

Afin d'exécuter cette méthode, une ligne est tracée suivant le **plateau épiphysaire supérieur** de la vertèbre thoracique supérieure limite et une autre ligne est tracée suivant le **plateau épiphysaire inférieur** de la vertèbre thoracique inférieure limite (de manière générale les vertèbres T4 et T12 sont utilisées mais attention ce n'est pas toujours le cas). Cela nous permet d'obtenir l'angle d'intersection. Le croisement de ces deux lignes nous donne l'angle de Cobb pour la courbure thoracique. [5,18,33,34]

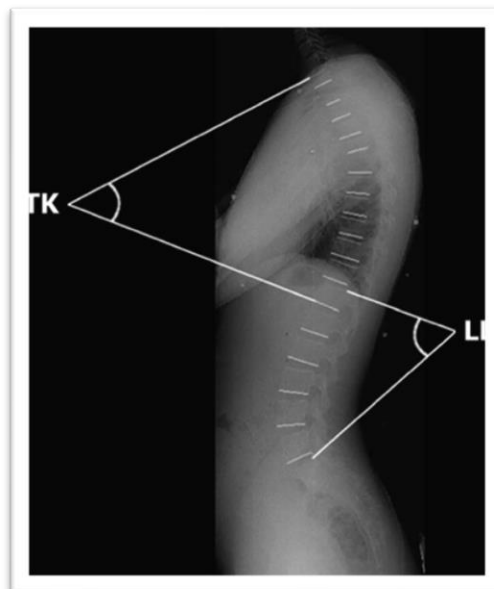


Figure 3 : Angle du Cobb [32]

Cette méthode est **coûteuse** et a une **portabilité limitée**. Et par ailleurs, malheureusement l'adolescent doit subir un **rayonnement ionisant**. Également, la variabilité de cette méthode a été jugée entre 5 et 10 degrés environ. [15,24,32]

### 1.2.2 Système de la souris vertébrale

Le **système par souris vertébrale** est une méthode de mesure des courbures vertébrales dans le plan frontal mais également sagittal. Les mesures peuvent se réaliser dans diverses positions : assis, debout, ... C'est un **appareil électromécanique portatif assisté** par ordinateur qui a la forme d'une souris. Afin de fonctionner et de glisser sur la peau facilement, deux roulettes se trouvent sur l'instrument. C'est une méthode qui aide à recueillir les informations de façon rapide, accessible et non invasive. [35]

Pour pouvoir prendre les mesures de la cyphose thoracique, la personne doit être placée en position debout et être détendue (position naturelle sans correction) puis elle doit être placée en position assise.



Figure 4 : Souris vertébrale<sup>9</sup>

L'évaluateur doit poser la souris vertébrale sur l'**apophyse de C7/T1** puis il doit la déplacer le long de la ligne médiane, sur les épineuses de la colonne vertébrale caudalement **jusqu'à atteindre S1/S3**. Les repères sont déterminés par l'évaluateur puis marqués avec un crayon effaçable.

L'instrument envoie les informations recueillies dans une **base de données** du logiciel standardisé compatible avec Microsoft Office afin d'afficher les différences des valeurs physiologiques des courbures selon l'âge et le sexe. Tous les 1,3 mm, les données sont échantillonnées. [35-37]

L'instrument dispose d'une **fiabilité intra-évaluateur et inter-évaluateur élevée**. Malheureusement, les qualités métrologiques de l'instrument sont **inférieures** par rapport à la radiographie standard mais cela est une méthode **non-invasive**. [35,36]

### 1.2.3 La Flexicurve

La **Flexicurve** agit comme un matériau à **mémoire de forme**. C'est une bande en métal flexible recouverte de plastique qui mesure de 40 à 80 cm de long qui une fois déformée a la propriété de **restituer la déformation**.

C'est une méthode **non invasive** qui permet d'évaluer les courbures thoracique et lombaire dans le **plan sagittal**. [38]

Le sujet doit se placer debout et être détendu pour adopter sa position de repos sans correction. L'évaluateur marque des repères effaçables sur les **apophyses épineuses de C7/T1 et T12** puis place la bande le long de ces repères.

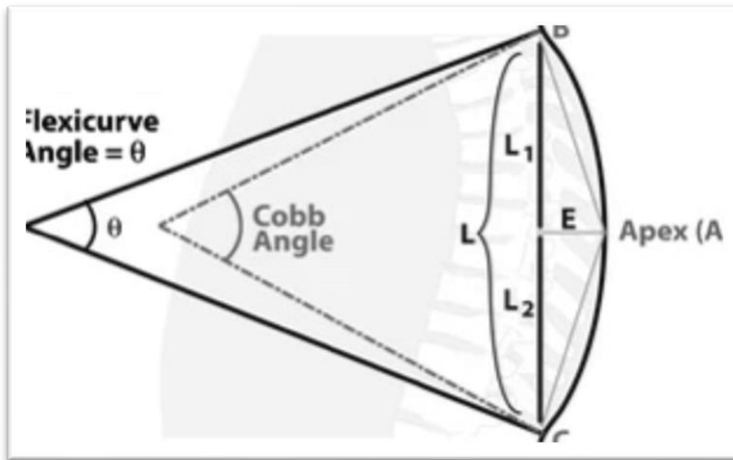
Il effectue une pression légère tout le long de la Flexicurve pour qu'elle se moule et transcrive les différentes courbures de la colonne vertébrale.

Ensuite l'évaluateur pose la bande sur un papier millimétré, en faisant très attention à respecter la forme de la bande. Il trace au crayon le contour de la courbure sur la feuille puis trace une droite reliant C7/T1 et T12. [4,38,39]

---

<sup>9</sup> <https://fysicx.nl/spinal-mouse/> (Consulté le 7/11/23)

La valeur de l'angle de la cyphose thoracique rapportée sur le papier est calculée grâce à la formule :  $\arctan (E/L_1) + \arctan (E/L_2)$ . [39]



E représente la hauteur de la cyphose.  
L1 représente la distance en T1 et E.  
L2 représente la distance en T12 et E.

Figure 5 : Calcul de l'angle de Cobb [39]

Les valeurs trouvées grâce à cette méthode sont des chiffres **inférieurs d'environ 20°** à celles trouvées grâce à la méthode radiographique. [39] L'angle et l'indice de la Flexicurve possèdent une **excellente fiabilité intra-évaluateur** mais aussi une **bonne fiabilité inter-évaluateur**. [40]

#### 1.2.4 Les applications d'inclinomètre pour smartphone

C'est une méthode **non invasive** qui est **rapide et facile** d'utilisation. Afin que l'application fonctionne, l'évaluateur doit poser le côté court du téléphone le long de la colonne vertébrale sur les **repères anatomiques T1-T3 et T12** (marqués au préalable).

Pour la première étape, le bord du téléphone est posé sur l'apophyse épineuse T1-T3 puis le rapporteur est configuré à 0°. Ensuite, le bord du téléphone est posé sur l'apophyse épineuse T12 et la valeur angulaire écrite sur l'écran représente l'angle de la cyphose thoracique. [4,38,41]



Figure 6 : Prise de mesure avec une application d'inclinomètre [41]

L'application possède une **excellente corrélation** pour la **fiabilité intra-évaluateur et inter-évaluateur**. [41]

### 1.2.5 Appareil topographique : système Formetric

Cet appareil permet d'étudier la **forme tridimensionnelle** des différentes surfaces, comme ici le dos. Il donne des images statiques de la colonne vertébrale qui nous renseignent sur les **différentes déformations possibles** de la colonne vertébrale dans **plusieurs plans**.

Le patient est placé debout, en position détendue, devant l'appareil qui possède une caméra, un projecteur de lumière et un ordinateur. Des bandes de lumières parallèles sont projetées en direction du dos du patient qui sont enregistrées par la caméra. La base du calcul de la topographie est obtenue par la distorsion de ces lignes qu'un logiciel (par algorithme) inspecte pour établir les différentes courbures du rachis (mais aussi des rotations vertébrales). Il détecte lui-même les repères anatomiques de la colonne et constitue un modèle 3D du rachis avec les courbures du patient.

Selon certaines études, les mesures peuvent être considérées comme **fiables et reproductibles**. [42,43]

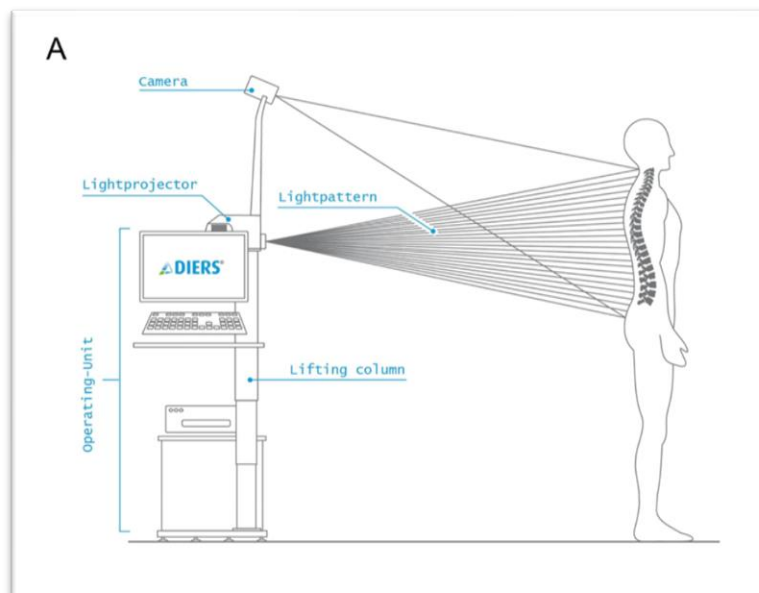


Figure 7 : Schématisation du système Formetric [43]

C'est une technique qui permet de ne pas exposer l'adolescent à des rayonnements ionisants, elle est **non-invasive**. [42,43]

### 1.3 Traitements possibles de l'hypercyphose posturale

Selon les **guide-lines italiennes de rééducation** des déformations vertébrales, le choix des actions à but thérapeutique doit être établi par un praticien spécialisé dans les pathologies du rachis. Pour décider d'un traitement, il a pour obligation de se baser sur les informations recueillies lors de l'anamnèse, de l'examen physique (bilan) et des études diagnostiques.

D'après ces recommandations, la première étape du traitement de l'hypercyphose posturale est la **mise en place d'exercices spécifiques** (qui doivent être conçus par un rééducateur spécialisé).

Ces exercices peuvent être pratiqués en priorité en **petits groupes** mais peuvent être faits **individuellement**. La réalisation de ces exercices doit être faite de manière **régulière et assidue**. Le MK doit mettre en place des exercices **personnalisés** en rapport avec les résultats du bilan de l'examen physique.

L'objectif de cette prise en charge est **d'améliorer le tonus musculaire** des muscles faibles mais également :

- Le contrôle postural,
- L'équilibre,
- La proprioception.

Par l'éducation thérapeutique, le patient doit apprendre à conserver une posture correcte lors des actions de la vie quotidienne. Il est nécessaire qu'un **programme complet ergonomique** soit mis en place.

Pour le bien-être général mais également pour les bienfaits neuro-moteurs et psychologiques, la **pratique d'activités sportives** est conseillée.

L'hypercyphose posturale, par définition, est une déformation réductible totalement. Dans ce cas, selon les guide-lignes, le traitement par corset n'est pas recommandé. Il est recommandé dès lors que le patient présente une corrigibilité de courbure incomplète et un potentiel de croissance futur (Risser < 5). [44]

### 1.3.1 Thérapie par l'exercice

La thérapie par l'exercice est réalisée par des programmes d'exercices conçus par le MK. Ces programmes peuvent contenir des exercices d'auto-mobilisation, d'étirement, de renforcement musculaire, d'endurance, de contrôle postural, de proprioception.

La finalité voulue de ces programmes est de **corriger et de redonner les fonctions correctes** aux structures déficitaires. [45]

**L'exercice d'auto-mobilisation** est un outil thérapeutique dont l'objectif principal ici est **d'améliorer**, dans le sens de l'extension, la **mobilité** du rachis. C'est aussi un outil qui a pour but de roder les articulations. Il consiste à mettre en tension le plan antérieur du thorax puis de revenir à la position de départ de façon rythmée. [17,27]

Grâce aux exercices **d'étirements et de renforcements**, plusieurs altérations peuvent être améliorées. Dans l'hypercyphose, les muscles antérieurs du thorax ont tendance à être en **position courte** et donc à être rétractés. Les **muscles postérieurs**, eux, ont tendance à être faibles, à avoir un **manque de tonus**.

Les **étirements** vont avoir pour but de ramener les muscles rétractés en position neutre et **diminuer passivement l'enroulement thoracique**. Le renforcement, lui, va corriger le tonus des groupes musculaires faibles et permettre de **diminuer activement la cyphose**. Le réalignement de la colonne vertébrale est alors possible par la combinaison de ces deux exercices. [4]

La mise en place de ces deux types d'exercices est fondée sur la **théorie de Kendall** qui dit que les **muscles raccourcis doivent être allongés** par l'étirement et que les **muscles faibles doivent être renforcés** par le renforcement musculaire dans la zone où le trouble siège. [46]

Par la mise en place **d'exercices d'endurance**, les groupes musculaires déficitaires s'entraînent à garder une bonne posture dans le temps sans relâcher le tonus et donc à **conserver ce tonus au quotidien**. [47]

Et enfin, pour redonner au cerveau les **bonnes informations proprioceptives** et un **bon schéma corporel**, des **exercices de proprioception et de contrôle postural** sont à mettre en place. Le contrôle postural a pour objectif, dans un premier temps, de faire prendre conscience de la mauvaise posture puis de la corriger petit à petit avec le moins d'indigages possible (jusqu'à réussir à trouver la bonne posture sans aide et de la conserver).

Les **exercices de proprioception** permettent de **stimuler les mécanorécepteurs** pour restituer la capacité de la colonne vertébrale à percevoir la posture correcte. [4,17,48]

#### 1.3.1.1 *Méthode Core Stability*

Le **Core Stability** est une méthode qui vise à **tonifier les muscles profonds** du rachis et de la ceinture pelvienne. Elle permet de **remédier aux déséquilibres existants** entre les muscles extenseurs et fléchisseurs du rachis.

Ici, les muscles du tronc sont considérés comme un **noyau** qui a pour rôle de **stabiliser le rachis**, le bassin et la chaîne cinétique pendant les mouvements du corps.

La **respiration** est prise en compte dans le déroulement des exercices pour recruter l'ensemble des muscles du noyau. [49]

#### 1.3.1.2 *Méthode Pilates*

La **méthode Pilates** regroupe des **exercices d'étirement, de renforcement et d'endurance** musculaire. Elle est utilisée pour améliorer l'alignement sagittal, la souplesse et la force musculaire de la colonne vertébrale. Les exercices de cette méthode se basent sur le **Core Stability** et ont pour objectif d'améliorer la force des muscles érecteurs du rachis et des muscles de l'abdomen, avec en priorité le transverse. Ici, les muscles profonds considérés comme stabilisateurs du tronc sont principalement visés pour corriger les potentiels déséquilibres. [9,17,50]

Cette méthode s'est montrée efficace sur l'acquisition d'un bon alignement sagittal de la colonne vertébrale. Selon certaines études, la méthode Pilates a une **influence positive significative** sur les courbures thoraciques. [51-53]

#### 1.3.2 *Thérapie manuelle*

La **thérapie manuelle** peut être indiquée pour **améliorer les troubles de la posture** comme la cyphose thoracique.

Elle comprend de la **mobilisation, du massage, des levées de tensions musculaires et de la libération myofasciale**. Elle a recours à des mécanismes à la fois **neurophysiologiques et biomécaniques**. [54]

Les techniques manuelles exercent une influence positive concernant la prise en charge de la douleur. Elles favorisent aussi l'amélioration de la circulation sanguine.

Par l'utilisation de cette thérapie, l'alignement de la colonne vertébrale peut être corrigé grâce à la libération des mouvements articulaires, à la suppression des différentes adhérences, à l'étirement des muscles rétractés et à l'augmentation de la force des muscles faibles.



Selon une étude qui compare l'efficacité de la thérapie manuelle à l'efficacité de la thérapie par l'exercice, la **thérapie manuelle serait tout aussi efficace que la thérapie par l'exercice** pour diminuer l'angle de la cyphose thoracique et augmenter la force des muscles extenseurs du rachis. [55,56]

### 1.3.3 Kinesio-Taping

L'objectif de la **bande Kinésio** est de **stimuler les récepteurs cutanés** et de générer une pression et une tension sur la peau (augmenter les informations proprioceptives). Ces stimulations vont alerter les **mécanorécepteurs** qui vont envoyer au cerveau des signaux de mouvement et de position des articulations.

La réception de ces signaux, va permettre d'acquérir une **meilleure conscience posturale et d'améliorer la fonction musculaire**. Le patient sera amené à corriger sa posture et à travailler sa fonction motrice. L'efficacité de cette technique est renforcée par **l'effet placebo**. [57]

Cette technique a des effets positifs sur :

- La liberté de mouvement,
- La douleur,
- L'équilibre,
- Le gain de force,
- Le gain de fonction,
- La proprioception.

Elle aide les patients à « conserver » la posture correcte. [58]

## 1.4 Objectifs de cette revue de littérature

Cette revue de littérature a pour finalité de concrétiser un **bilan des différentes études** qui traitent le sujet de l'efficacité des programmes d'exercices sur l'évolution de l'angle de Cobb de la cyphose thoracique chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale. **L'angle de Cobb** de la cyphose thoracique se révélant être le **paramètre le plus caractéristique de l'hypercyphose**, cette revue de littérature se focalisera spécifiquement sur ce dernier.

Son objectif principal est **d'apporter une réponse au moyen de littérature** concordant à notre questionnement : "Les programmes d'exercices sont-ils efficaces dans l'amélioration et/ou le maintien de l'angle de Cobb chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale ?"

Cela permettra d'apprécier s'il est intéressant de mettre en place fréquemment des programmes d'exercices (pouvant comprendre des exercices d'étirement, de renforcement, de contrôle postural, de proprioception, de mobilisation et d'endurance musculaire) dans la rééducation chez ces adolescents **afin d'avoir un impact positif** sur la réduction et/ou le maintien de ce trouble.

#### 1.4.1 Modèle PICO

Notre question de recherche fait partie du champ « **thérapeutique** » et a été formulée grâce à l'utilisation du **plan PICO**. Le but de ce modèle est de structurer la question de recherche de la revue de littérature.

Se baser sur la stratégie PICO permet d'établir une **question clinique très définie** et d'exécuter des recherches de **bonne qualité** dans les multiples bases de données disponibles. Dans notre revue de littérature, le modèle PICO se décompose de la manière suivante :

PICO	Description
<b>P = population</b>	Les adolescents âgés de 10 à 19 ans
<b>I = intervention</b>	La mise en place d'un programme d'exercices
<b>C = comparateur</b>	Autres traitements ou pas de traitement
<b>O = outcome</b>	L'angle de Cobb de la cyphose thoracique

Tableau II : Description de la question de recherche par le modèle PICO

L'intervention correspond à l'élément qui est sujet à l'évaluation et l'outcome correspond au critère de jugement principal de la revue.

## 2 Méthode

Dans cette partie, nous aborderons **la méthode** qui a été établie avant de conduire à cette revue et qui nous permettra de répondre notre problématique. Cette revue de littérature essaiera de suivre au mieux **les lignes directrices PRISMA**. [59]

### 2.1 Les critères d'éligibilité des études

#### 2.1.1 La population

Nous nous intéressons uniquement **aux adolescents**, sans distinction entre les hommes et les femmes, atteints **d'hypercyphose posturale**. Comme énoncé dans la première partie, l'âge de cette population doit être compris **entre 10 et 19 ans**.

Pour pouvoir inclure un article, la population ne doit présenter **aucun trouble structurel** de la colonne vertébrale. Il est aussi nécessaire qu'elle possède un **angle de Cobb supérieur à 40° et/ou qu'elle soit diagnostiquée comme hypercyphose posturale**. Les différents retentissements possibles du trouble ne sont pas pris en compte dans le choix des articles.

#### 2.1.2 L'intervention

L'intervention qui est visée par l'évaluation, est la mise en place d'un **programme d'exercices** ayant pour objectif d'avoir un impact positif sur l'angle de la cyphose.

Les exercices formant les différents programmes peuvent être des exercices : de renforcement, d'étirement, d'endurance, d'auto-mobilisation, de tonification et de contrôle postural/proprioception. Les programmes **peuvent varier entre eux dans leur composition**, mais ils doivent **contenir au minimum du renforcement musculaire**. Cela doit être des programmes d'exercices **supervisés**.

La réalisation d'un programme d'exercices peut être associé ou non à un autre traitement possible de l'hypercyphose posturale **à condition que le GC reçoive aussi ce traitement** (GE = programme d'exercices + traitement, et GC = traitement).

#### 2.1.3 Le comparateur

Le comparateur a pour objectif **d'être la référence** pour déterminer si notre intervention a une **action efficace** sur la population ciblée. Le **comparateur** correspond au **GC**.

Le GE peut être comparé à un GC qui ne reçoit aucun traitement mais également à un groupe qui reçoit une autre intervention différente du programme d'exercices du GE.

Comme dit précédemment, si le GE reçoit un traitement adjuvant en plus du programme d'exercices alors le GC devra recevoir lui aussi le traitement adjuvant (pour voir le réel impact de la mise en place d'exercices).

#### 2.1.4 Le critère de jugement

Le critère de jugement est **un paramètre** qui va être évalué afin de faire ressortir l'éventuel bénéfique de l'intervention. Par définition, comme décrit plus haut, l'hypercyphose posturale est une augmentation de la courbure thoracique. **L'angle de Cobb de la cyphose** (dans le plan sagittal) est alors indispensable au suivi de ce trouble. En conclusion, ce paramètre est notre **critère de jugement principal**.

#### 2.1.5 Les schémas d'études

Pour rappel notre question de recherche est de type "thérapeutique". Elle cherche à mettre en lumière l'efficacité ou non du traitement donné sur l'évolution d'une pathologie. Pour pouvoir répondre à une question de recherche de ce champ, nous avons recherché des **études expérimentales**.

Dans notre revue, nous avons sélectionné le type d'étude le plus pertinent qui est **l'ECR** puisqu'il a, selon la HAS, **un haut niveau de preuve (Annexe n°1)[60]**.

En raison d'un faible niveau de preuve scientifique, nous avons exclu les essais cliniques qui ne sont pas randomisés, mais aussi les études de suivi, les études de cohortes, les études de cas, les études croisées, les études transversales et les séries de cas.

Les ECR peuvent être menés en **double aveugle** (l'examineur et le patient ne sont pas au courant du traitement administré), en **simple aveugle** (l'examineur ou le patient ne connaît pas le traitement administré) ou en **sans aveugle** (l'examineur et le patient connaissent le traitement administré). Ceux en **double aveugle ont le niveau de preuve scientifique le plus élevé**.

## 2.2 [Méthodologie de recherche des articles](#)

### 2.2.1 Les ressources documentaires exploitées

Afin d'apporter de la matière pour trouver notre problématique, nous avons d'abord effectué des recherches générales sur **plusieurs bases électroniques**. Dans ce premier temps, les recherches se sont axées aussi bien sur de la littérature grise que sur des études publiées sur des bases de données médicales. Les recherches pouvaient se concentrer sur des livres, des thèses/mémoires, des cours et sur des articles scientifiques.

Cette étape préliminaire a servi à nous focaliser sur une **thématique précise** et à **formuler notre équation de recherche**, qui est : L'efficacité des programmes d'exercices dans l'évolution de l'angle de la cyphose thoracique chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale.

En seconde étape, nous avons pu réaliser des **recherches minutieuses** sur les **banques électroniques médicales**. Au total, **quatre bases de données** ont été investiguées : **PubMed**, **PEDro**, **Google Scholar** et **Science Direct**. Nous nous sommes également servis de la « bibliothèque universitaire » pour avoir accès à l'intégralité de certains articles.

Afin de faire ressortir le maximum d'études concordantes avec notre équation de recherche, nous avons fait le **choix de ne pas mettre de restriction** au niveau de la **date de publication** des articles. De **septembre 2023 jusqu'à courant décembre 2023**, nous avons effectué des recherches sur ces bases de données.

## 2.2.2 Équation de recherche utilisée

Comme énoncé précédemment, l'équation respecte la **stratégie PICO**. Les recherches dans les bases électroniques médicales ne se faisant qu'en anglais, les termes avec leurs synonymes MeSH, de chaque élément de l'équation de recherche, **ont été écrits en anglais**. Dans le but de déterminer les **synonymes MeSH**, nous nous sommes servis du site francophone géré par l'INSERM.

<b>Population</b>	« round back », « postural hyperkyphosis », « kyphosis »
<b>Intervention</b>	« physical therapy », « exercises », « strengthening », « muscular », « stretching », « Pilate », « physical activity »
<b>Comparateur</b>	Pas de comparateur dans l'équation de recherche
<b>Outcome</b>	« Cobb angle », « thoracic curvature », « kyphosis angle »

Tableau III : Mots-clés anglais retenus

En ce qui concerne notre comparateur, nous avons fait le choix de ne pas en mettre dans le moteur de recherche afin de diminuer le silence. Et par ailleurs notre comparateur peut être différent d'une étude à l'autre.

### 2.2.2.1 PubMed

Sur la base de données PubMed, qui est la plus importante, l'équation (**Annexe n°2** pour la version détaillée) suivante a été déposée dans le moteur de recherche :

((((((Round back) OR (postural hyperkyphosis)) OR (kyphosis)) AND ((Adolescent) OR (teenager))) AND (((((((Physical therapy) OR (exercises)) OR (strengthening)) OR (Muscular)) OR (stretching)) OR (Pilate)) OR (Physical activity)))) AND (((thoracic curvature) OR (kyphosis angle)) OR (Cobb angle))) NOT (Scoliosis)

Les synonymes sont liés entre eux grâce à l'opérateur booléen OR et les groupes de synonymes sont liés entre eux grâce à l'opérateur booléen AND.

Nous avons fait le choix de rajouter le "NOT (scoliosis)" à notre recherche afin de **diminuer le bruit** sinon de nombreux articles qui ne correspondaient pas à notre recherche apparaissaient (articles qui traitaient de la scoliose et non de l'hypercyphose posturale).

### 2.2.2.2 Google scholar

Pour effectuer une recherche avec ce moteur, nous avons mis tous nos mots-clés dans la barre de recherche et lancé cette dernière. C'est une banque de données non scientifique mais nous avons **jugé intéressant** de l'utiliser afin de découvrir un maximum d'articles pertinents.

### 2.2.2.3 Science Directe

Pour cette base de données nous avons choisi des items clés pour l'explorer. Nous avons utilisé un opérateur booléen et un filtre « article de recherche » afin d'affiner cette recherche.

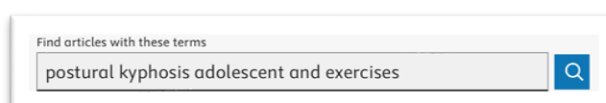


Figure 8 : Équation de recherche Science Directe

#### 2.2.2.4 PEDro

Nous avons lancé une recherche avancée sur PEDro grâce à l'équation et aux filtres suivants :



The image shows a search interface for PEDro. It features a search bar at the top with the text 'Kyphosis\* exercise\*'. Below the search bar are four filter categories, each with a dropdown arrow: 'Therapy:', 'Problem:', 'Body Part:' (with 'thoracic spine' selected), and 'Subdiscipline:' (with 'paediatrics' selected).

Figure 9 : Équation de recherche PEDro

Nous avons fait le choix de mettre peu de termes dans « abstract & title » pour réduire le silence.

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

#### 2.3.1 La sélection des études

Avant de sélectionner les études nous avons établi certains **critères d'exclusion** qui sont les suivants :

- Article ne respectant pas nos critères PICO précédemment détaillés,
- Article dans une langue différente de l'anglais et du français,
- Article non disponible dans sa totalité (payant ou indisponible),
- Article dans un schéma d'étude différent de l'ECR.

Avec l'aide des équations de recherche (comme vu antérieurement) rentrées dans les différentes bases de données citées ci-dessus, nous avons pu **sélectionner des études**. La sélection des articles a été réalisée **par un seul lecteur** et nous avons mis en place **différentes étapes**.

##### 2.3.1.1 1<sup>ère</sup> étape : la suppression des doublons

Pour cette première étape, nous avons **supprimé tous les articles qui se trouvaient en doublon** dans l'ensemble des articles réunis depuis les différentes bases de données. Cette étape nous a permis de ne pas inclure par inadvertance plusieurs fois le même article dans notre revue de littérature mais surtout de ne pas perdre de temps en parcourant plusieurs fois le même article.

##### 2.3.1.2 2<sup>ème</sup> étape : la lecture des titres

Dans la deuxième étape, nous avons **exclu tous les articles dont le titre contenait un critère d'exclusion ou qui ne correspondait à notre problématique**. Cependant si des informations étaient manquantes dans le titre d'un article, ce dernier n'était pas exclu et il était sélectionné pour passer à l'étape suivante. De la même manière, s'il y avait la présence d'une hésitation sur l'éligibilité d'un article, ce dernier était retenu pour passer l'étape suivante. Ce choix nous a permis de ne pas exclure une étude malencontreusement.

##### 2.3.1.3 3<sup>ème</sup> étape : la lecture des abstracts

Dans cette étape, nous avons **exclu tous les articles dont l'abstract contenait un critère d'exclusion** (concernant la population, l'intervention, le critère de jugement et aussi le schéma d'étude). Néanmoins s'il y avait la présence d'une incertitude sur l'éligibilité d'un article, ce dernier était retenu pour passer l'étape suivante.

#### 2.3.1.4 4<sup>ème</sup> étape : lecture complète des articles

Les **articles sélectionnés** jusqu'à cette étape correspondaient à des études qui pouvaient avoir leur **place dans notre revue de littérature**. Dans cette étape, nous avons dû vérifier **minutieusement** que tous les critères du PICO étaient bien respectés et supprimer les articles dans le cas contraire. Nous avons aussi exclu toutes les études qui présentaient un critère d'exclusion (langue, disponibilité de l'article...).

#### 2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Une fois la sélection des articles terminée, nous avons décidé d'**évaluer la qualité méthodologique** de ces derniers grâce à l'échelle PEDro [61] (**Annexe n°3**).

Cette échelle a pour objectif de **déterminer le risque de biais des ECR** et donc leur qualité. Elle évalue la **validité interne** de l'étude et plus ou moins la **validité externe**.

La **validité interne** de l'étude équivaut à sa **qualité méthodologique utilisée**. Son but est de déterminer si les résultats de l'article **représentent la réalité de manière fidèle**, qu'ils ne sont pas dus à des biais ou au hasard, qu'ils sont sûrs.

La **validité externe** de l'étude a pour but d'**apprécier les résultats et leur applicabilité**. Elle évalue la **cohérence des résultats** avec les données et les connaissances actuelles.

La grille de lecture est composée de **11 items**, avec des réponses binaires, et possède un **score total de 10 points**. Le **premier item**, qui se rapporte à la **validité externe**, n'est pas comptabilisé dans le score final. Les autres items (qui concernent la validité interne) sont en lien avec :

- Items 2, 3 et 4 : le biais de sélection,
- Items 5,6 et 7 : le biais d'évaluation,
- Items 8 : le biais de suivi,
- Item 9 : le biais d'attrition,
- Items 10 et 11 : biais de résultats.

Au plus le score final est proche de 10, au plus la qualité méthodologique de l'étude est importante. [62]

Nous avons également prévu d'utiliser le **système GRADE** afin d'apprécier le **degré de preuve des articles inclus** et de peaufiner notre analyse des biais. [63]

#### 2.3.3 Méthode d'extraction des données

Concernant cette partie de la méthode, nous avons décidé d'**extraire les données sous forme de tableaux synthétiques** afin de mettre en lumière les informations clés des différentes études.

INFORMATIONS SUR L'ÉTUDE	
Titre et année	
Auteurs	
Pays	
Type d'étude	
Objectif de l'étude	
Note PEDro	
POPULATION	
Caractéristiques des participants	
Principaux critères d'inclusion	
Principaux critères d'exclusion	
INTERVENTION	
GE : analysés/recrutés	
Description du programme d'exercices	
Durée et fréquence	
COMPARATEUR	
GC : analysés/recrutés	
Description de l'intervention contrôle	
CRITÈRE DE JUGEMENT	

Tableau IV : Tableau synthétique des études incluses

## 2.4 Méthode de synthèse des résultats

La synthèse des résultats sera présentée **de façon qualitative**. L'objectif de cette synthèse est de **confronter les résultats entre eux**, spécifiquement les résultats du GC avec les résultats du GE. Pour chaque étude, nous utiliserons des **tableaux synthétiques** pour présenter les différents résultats. Dans ces tableaux, paraîtront :

- La **taille de l'effet**, c'est-à-dire la différence entre les moyennes post-interventions inter-groupes. Cela aura pour objectif d'**analyser l'ampleur de l'effet de l'intervention**.
- S'il est présent, le « **p-value** » qui permet de **quantifier la significativité statistique** de l'intervention. Un résultat est considéré statistiquement significatif lorsque le « p-value » est **strictement inférieur à 0,05**. Cela met en avant que le résultat trouvé a moins de 5% de chance d'être dû au hasard.
- **L'IC à 95%**. Si ce dernier **croise la valeur 0** (valeur nulle), alors la taille d'effet est considérée comme **non significative**. De la même manière s'il **ne croise pas la valeur nulle**, alors la taille d'effet a **95% de chance de se situer dans cet intervalle** tout en étant estimée comme significative. Sa finalité est de déterminer la **significativité statistique et clinique** du delta entre les moyennes post-interventions inter-groupes.

Si des valeurs sont manquantes ou s'il y a des problèmes de compréhension, un **mail sera envoyé à l'auteur** afin d'avoir un **complément d'information**.

Une fois les résultats synthétisés, nous les comparerons entre eux quand cela sera possible.

L'intervention étudiée dans cette revue de littérature **présente de l'hétérogénéité**, de ce fait, il ne sera pas possible d'élaborer une méta-analyse.



### 3 Résultats

#### 3.1 Description des différentes études

##### 3.1.1 Diagramme de flux

La procédure de sélection des articles a été récapitulée par le biais d'un **diagramme de flux**. Nous pouvons y retrouver le **nombre d'articles exclus** et le **nombre d'articles inclus** selon les différentes étapes du processus. Sur les quatre bases de données utilisées, nous avons identifié **au total 583 références**.

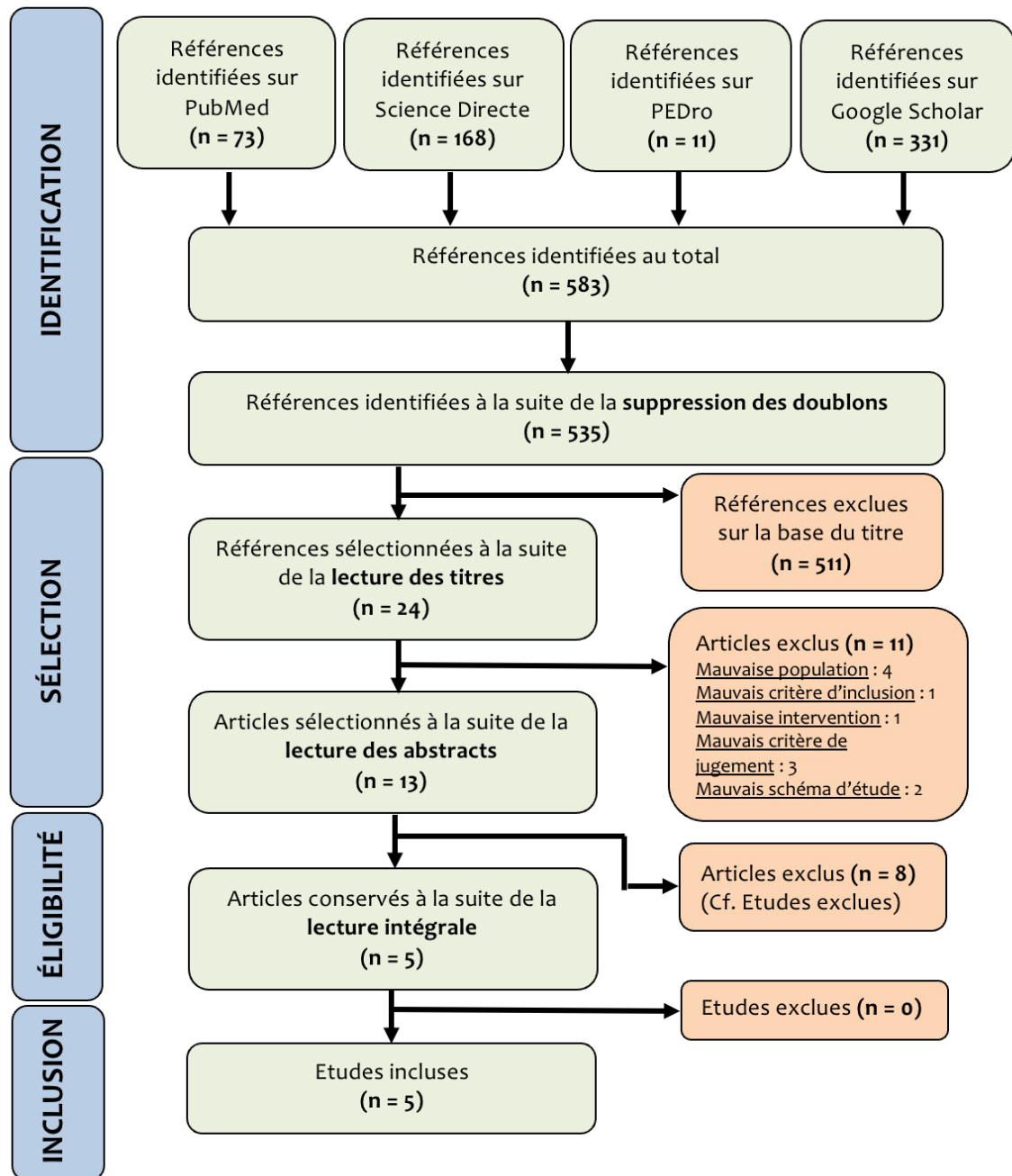


Figure 10 : Diagramme de Flux

### 3.1.2 Études exclues

Comme nous le montre le digramme de flux précédemment détaillé, lors de l'étape de la **sélection de articles** sur la **base du titre uniquement**, nous avons retenu **24 articles**. Ensuite, nous avons lu les abstracts de ces 24 articles.

Suite à la réalisation de cette étape, **11 études ont été exclues** pour différentes raisons. L'intervention se déroulait sur une **mauvaise population** pour 4 d'entre elles. Pour 3 études, le **critère de jugement** n'était pas le même que celui établi dans notre modèle PICO. Le **schéma d'étude** ne correspondait pas à un ECR pour 2 articles. Concernant un article, les **critères d'inclusion** des participants ne respectaient pas nos critères choisis. Et enfin, pour un article **l'intervention étudiée** était différente de celle étudiée dans notre revue (**annexe n°4**).

Nous avons ensuite réalisé la **lecture intégrale** des articles sélectionnés. Suite à cette lecture, certains **articles ont été exclus pour différentes causes** (schéma d'étude incorrect, mauvaise population, texte intégral indisponible en français, etc...). Voici un tableau récapitulatif des différentes causes d'exclusions selon les études.

Nom de l'étude	Le motif d'exclusion
<i>Seidi et al. 2014</i> [46]	La population ne correspond pas (adultes de 18 à 25 ans).
<i>González-Gálvez et al. 2020</i> [9]	Les critères d'inclusion des participants ne correspondent pas à notre revue.
<i>Mahboobe Tavana et al. 2017</i> [64]	Article non disponible en français.
<i>Özdemir Görgü and Algun. 2023</i> [65]	La population ne correspond pas.
<i>Ahmadi et al. 2019</i> [66]	La population ne correspond pas (adultes de 18 à 22 ans).
<i>Yazici and Mohammadi. 2017</i> [67]	Manque d'information sur les critères d'inclusion et d'exclusion des participants.
<i>Shavandi et al. 2011</i> [68]	Article non disponible en français.
<i>Esmaeili et al. 2021</i> [69]	Présence de doute sur le schéma d'étude (Absence de réponse au courriel).

Tableau V : Motifs d'exclusion des études lors de la lecture intégrale.

### 3.1.3 Études incluses

Après avoir réalisé les processus de recueil des études, nous avons **inclus au total 5 études** qui respectaient nos **critères d'éligibilité** dans cette revue de littérature. Respectant le schéma d'étude que nous avons imposé dans notre méthode, ces études sont **toutes des ECR**. Le **critère de jugement principal** des études incluses est **l'angle de la cyphose thoracique**.

Les études qui ont été choisies pour élaborer notre revue sont les suivantes :

- **González-Gálvez N. 2023** [50]
- **Gheitasi et al. 2023** [35]
- **Park et al. 2022** [18]
- **Elpeze and Usgu. 2022** [4]
- **Feng et al. 2018** [16]

3.1.3.1 Article González-Gálvez N. 2023 [50]

INFORMATIONS SUR L'ÉTUDE	
<b>Titre et année</b>	« <i>Effects of a Pilates programme in spinal curvatures and hamstring extensibility in adolescents with thoracic hyperkyphosis: a randomised controlled trial</i> », 2023
<b>Auteurs</b>	González-Gálvez N, Marcos-Pardo P, Albaladejo-Saura M, López-Vivancos A, Vaquero-Cristóbal R
<b>Pays</b>	Espagne
<b>Type d'étude</b>	ECR
<b>Objectif de l'étude</b>	Évaluer l'effet d'un programme de Pilates sur les courbures de la colonne vertébrale et sur l'extensibilité des ischio-jambiers chez les adolescents.
<b>Note PEDro</b>	7/10
POPULATION	
<b>Caractéristiques des participants</b>	103 adolescents, tous sexes confondus, ayant une tranche d'âge de 13,48±1,23 ans.
<b>Principaux critères d'inclusion</b>	Angle de Cobb > 40° diagnostiqué par un médecin. Aucun traitement contre l'hypercyphose, la scoliose ou autre pathologie de la colonne. Être physiquement actif.
<b>Principaux critères d'exclusion</b>	Pathologie neurologique, cardiologique, neuro-musculaire ou métabolique différente de l'hypercyphose posturale. Après contact avec l'auteur : pathologie structurale de la colonne vertébrale (maladie de Scheuermann, cyphose congénitale, ...).
INTERVENTION	
<b>GE : analysés/recrutés</b>	49/52
<b>Description du programme d'exercices</b>	Session de Pilates : exercices de tonification, de renforcement, d'étirements.
<b>Durée et fréquence</b>	2 sessions de 15 minutes par semaine pendant 38 semaines (en remplacement des cours de sport de l'école) supervisées par un professeur ayant reçu une formation et ayant 10 ans d'expérience.
COMPARATEUR	
<b>GC : analysés/recrutés</b>	48/51
<b>Description de l'intervention contrôle</b>	Aucune intervention, cours de sport classique de l'école.
CRITÈRE DE JUGEMENT	
Courbure de la colonne vertébrale dans le plan sagittal en position debout détendue et en position assise évaluée grâce au système de la souris vertébrale. Extensibilité des ischio-jambiers.	

Tableau VI : Informations sur l'étude González-Gálvez N. 2023 [50]

3.1.3.2 Article Gheitasi et al. 2023 [35]

INFORMATIONS SUR L'ÉTUDE	
<b>Titre et année</b>	« Adding corrective exercises along with bracing for postural hyperkyphosis among adolescents: A randomized controlled trial », 2023
<b>Auteurs</b>	Gheitasi M, Bayattork M, Kolor M
<b>Pays</b>	Iran
<b>Type d'étude</b>	ECR
<b>Objectif de l'étude</b>	Évaluer l'efficacité d'un programme d'exercices correctifs en complément d'un traitement par corset sur la réduction de l'hypercyphose posturale chez les adolescents.
<b>Note PEDro</b>	8/10
POPULATION	
<b>Caractéristiques des participants</b>	180 adolescents, tous sexes confondus, ayant une tranche d'âge allant de 11 à 16 ans.
<b>Principaux critères d'inclusion</b>	Angle de Cobb $\geq 45^\circ$ évalué par méthode de Cobb modifiée.
<b>Principaux critères d'exclusion</b>	Douleurs, contre-indications à la pratique activités physiques, un défaut d'alignement visible du bassin et des membres inférieurs. La présence d'une cyphose congénitale, d'une maladie de Scheuermann, d'une rotation $> 5^\circ$ au test de flexion vers l'avant (scoliose). Des antécédents de fractures et d'interventions chirurgicales au niveau du rachis. Maladies articulaires de la colonne, des épaules et du bassin.
INTERVENTION	
<b>GE : analysés/recrutés</b>	57/60 (28 filles et 29 garçons)
<b>Description du programme d'exercices</b>	Exercices qui ont pour objectif d'améliorer progressivement la posture, la force et l'endurance musculaire. Exercices de contrôle postural/proprioception, exercices de stabilité du tronc, exercices de renforcement/endurance, exercices d'étirement. En complément du port d'un corset. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes échauffement,</li> <li>- 30 à 45 minutes d'entraînement,</li> <li>- 5 minutes d'étirement.</li> </ul>
<b>Durée et fréquence</b>	60 minutes par jour, 3 fois par semaine pendant 24 semaines, supervisées.
COMPARATEUR	
<b>GC : analysés/recrutés</b>	56/60 (28 filles et 28 garçons)
<b>Description de l'intervention contrôle</b>	Port du corset seulement. Les participants sont mis sur une liste d'attente pendant 6 mois puis ils reçoivent l'intervention.
CRITÈRE DE JUGEMENT	
Angle de la cyphose thoracique mesuré grâce à la méthode de Cobb modifiée.	

Tableau VII : Informations sur l'étude Gheitasi et al. 2023 [35]

Cette étude comporte également un troisième groupe, mais n'ayant pas d'intérêt pertinent pour notre revue, nous ne nous y intéresserons pas.

3.1.3.3 Article Park et al. 2022 [18]

INFORMATIONS SUR L'ÉTUDE	
<b>Titre et année</b>	« Effects of Combined Exercise Program on Spinal Curvature and Balance Ability in Adolescents with Kyphosis », 2022
<b>Auteurs</b>	Park Y, Kim W, Yu J, Moon H, Seo Y
<b>Pays</b>	Corée
<b>Type d'étude</b>	ECR
<b>Objectif de l'étude</b>	Évaluer l'efficacité d'un programme d'exercices combinés sur les courbures thoraciques (angle de Cobb et l'angle de la tête vers l'avant) ainsi que l'équilibre chez les adolescents.
<b>Note PEDro</b>	4/10
POPULATION	
<b>Caractéristiques des participants</b>	51 adolescents, tous sexes confondus, ayant une tranche d'âge allant de 10 à 19 ans
<b>Principaux critères d'inclusion</b>	Diagnostic d'hypercyphose posturale, avec un angle de Cobb compris entre 30° et 45°. Aucun traitement conservateur pour la cyphose en cours ou passé. Aucun trouble orthopédique autre que la cyphose posturale. Absence de troubles mentaux ou neurologiques. Absence de troubles des capacités motrices (absence de troubles d'équilibre et déficience visuelle).
<b>Principaux critères d'exclusion</b>	Antécédents d'intervention physique contre l'hypercyphose posturale. Fonction neurologique déficiente. Discopathie spinale.
INTERVENTION	
<b>GE : analysés/recrutés</b>	?/25 (9 filles et 16 garçons)
<b>Description du programme d'exercices</b>	Étirements des principaux groupes musculaires des articulations majeures (avec intervention de petits outils), exercices au niveau du cou à l'aide de bandes, exercices au niveau du tronc, exercices issus de la méthode Schroth, renforcement, étirements.
<b>Durée et fréquence</b>	60 minutes par jour, 3 fois par semaine pendant 12 semaines, supervisées par un spécialiste de l'exercice.
COMPARATEUR	
<b>GC : analysés/recrutés</b>	?/26 (12 filles et 14 garçons)
<b>Description de l'intervention contrôle</b>	Aucune intervention.
CRITÈRE DE JUGEMENT	
Angle de la cyphose thoracique mesuré par la méthode de Cobb modifiée, angle de la tête vers l'avant ainsi que la pression plantaire statique et dynamique.	

Tableau VIII : Informations sur l'étude Park et al. 2022 [18]

3.1.3.4 Article Elpeze and Usgu. 2022 [4]

INFORMATIONS DE L'ÉTUDE	
<b>Titre et année</b>	« The effect of a comprehensive corrective exercise program on kyphosis angle and balance in kyphotic adolescents », 2022
<b>Auteurs</b>	Elpeze G, Usgu G
<b>Pays</b>	Turquie
<b>Type d'étude</b>	ECR
<b>Objectif de l'étude</b>	Évaluer l'effet d'un programme d'exercices correctifs sur l'angle de cyphose et sur l'équilibre chez les adolescents qui ont une hypercyphose posturale.
<b>Note PEDro</b>	4/10
POPULATION	
<b>Caractéristiques des participants</b>	77 adolescents de sexe masculin, ayant une tranche d'âge de 10 à 18 ans.
<b>Principaux critères d'inclusion</b>	Angle de Cobb $\geq 50^\circ$ .
<b>Principaux critères d'exclusion</b>	Cyphose rigide, scoliose $> 10^\circ$ , malformations congénitales de la colonne. Troubles de la colonne vertébrale, du bassin et/ou de l'épaule. Contre-indication à l'activité physique et athlète professionnel.
INTERVENTION	
<b>GE : analysés/recrutés</b>	GE1 (CCEP) : 21/25, GE2 (TEP) : 22/24
<b>Description du programme d'exercices</b>	GE1 (CCEP) : exercices correctifs. Abaissement du menton, étirements des extenseurs du cou et muscles pectoraux, entraînement à la perception posturale, renforcement musculaire, auto-mobilisation. GE2 (TEP) : exercices localisés à la région thoracique. Étirements pectoraux, auto-mobilisation, renforcement musculaire. (C.f Annexe n°5a, 5b, 5c : programmes détaillés)
<b>Durée et fréquence</b>	40 à 50 minutes, 3 jours par semaine pendant 12 semaines (supervisées par un physiothérapeute).
COMPARATEUR	
<b>GC : analysés/recrutés</b>	19/28
<b>Description de l'intervention contrôle</b>	Rien puis programme CCEP au bout de 12 semaines.
CRITÈRE DE JUGEMENT	
Angle de la cyphose thoracique mesuré grâce à une application d'inclinomètre pour smartphone et une Flexicurve (T1 à T12). L'équilibre évalué par une plateforme de pédobarographie.	

Tableau IX : Informations sur l'étude *Elpeze and Usgu. 2022* [4]

3.1.3.5 Article Feng et al. 2018 [16]

INFORMATIONS SUR L'ÉTUDE	
<b>Titre et année</b>	« The effect of a corrective functional exercise program on postural thoracic kyphosis in teenagers: a randomized controlled trial », 2018
<b>Auteurs</b>	Feng Q, Wang M, Zhang Y, Zhou Y
<b>Pays</b>	Chine
<b>Type d'étude</b>	ECR
<b>Objectif de l'étude</b>	Évaluer les effets d'un programme d'exercices correctifs fonctionnels sur la cyphose thoracique chez des adolescents qui ont une hypercyphose posturale.
<b>Note PEDro</b>	6/10
POPULATION	
<b>Caractéristiques des participants</b>	181 adolescents collégiens.
<b>Principaux critères d'inclusion</b>	Angle de Cobb > 40°.
<b>Principaux critères d'exclusion</b>	Cyphose thoracique structurale, autres maladies de la colonne vertébrale, scoliose, cyphose spinale due à une déformation thoracique visible. Antécédents médicaux de fracture ou de chirurgie de la colonne vertébrale. Blessures à l'articulation de l'épaule et/ou pelvienne. Les étudiants en formation sportive professionnelle, les étudiants souffrant de problèmes de santé qui restreignent leurs activités.
INTERVENTION	
<b>GE : analysés/recrutés</b>	GE : 81/90 (39 filles et 51 garçons)
<b>Description du programme d'exercices</b>	Exercices correctifs de la cyphose spécifiques à la colonne vertébrale cervicale, thoracique et lombaire + le bassin : exercices de renforcement, contrôle postural (prise de conscience posturale/proprioception), auto-mobilisation, étirements.
<b>Durée et fréquence</b>	2 séances de 15 à 20 minutes par semaine pendant 8 semaines, supervisées par un professeur ayant reçu une formation.
COMPARATEUR	
<b>GC : analysés/recrutés</b>	83/91 (38 filles et 53 garçons)
<b>Description de l'intervention contrôle</b>	Programme d'exercices réglementé par l'état (activité physique générale du corps, non spécifique au tronc) : flexions abdominales, des pompes sur les orteils ou les genoux, une course de 50 m et des squats.
CRITÈRE DE JUGEMENT	
Les courbures de la colonne vertébrale (critère de jugement principal : l'angle de la cyphose thoracique) et l'inclinaison du bassin mesurées dans plusieurs positions. La motilité vertébrale a également été évaluée. Le système de la souris vertébrale a été utilisé.	

Tableau X : Informations sur l'étude Feng et al. 2018 [16]

Articles	González-Gálvez N. 2023 [50]	Gheitasi et al. 2023 [35]	Park et al. 2022 [18]	Elpeze and Usgu. 2022 [4]	Feng et al. 2018 [16]
Nombre de participants GE : analysés/recrutés GC : analysés/recrutés	103 participants. GE : 49/52 GC : 48/51	180 participants. GE : 57/60 GC : 56/60	51 participants. GE : ?/25 GC : ?/26	77 participants. GE1 : 21/25 GE2 : 22/24 GC : 19/28	181 participants. GE : 81/90 GC : 83/91
Âge	13,48±1,23 ans.	11 à 16 ans.	10 à 19 ans.	10 à 18 ans.	Collégiens.
Intervention GC	Rien, cours de sport classique de l'école.	Port du corset seulement.	Rien.	Rien.	Programme d'exercices réglementé par l'état (activité physique générale, non spécifique du tronc).
Intervention GE	Programme d'exercices.	Programme d'exercices + port du corset.	Programme d'exercices.	Programme d'exercices.	Programmes d'exercices.
Durée et fréquence du programme d'exercices	2 sessions de 15 minutes par semaine pendant 38 semaines (en remplacement des cours d'EPS).	60 minutes, 3 fois par semaine pendant 24 semaines.	60 minutes, 3 fois par semaine pendant 12 semaines.	40 à 50 minutes, 3 fois par semaine pendant 12 semaines.	15 à 20 minutes, 2 fois par semaine pendant 8 semaines.
Critère de jugement principal et son outil d'évaluation	Angle de la cyphose thoracique. Système de souris vertébrale.	Angle de la cyphose thoracique. Méthode de Cobb modifiée.	Angle de la cyphose thoracique. Méthode de Cobb modifiée.	Angle de la cyphose thoracique. Inclinomètre pour smartphone + Flexicurve.	Angle de la cyphose thoracique. Système de souris vertébrale.

Tableau XI : Tableau synthétique comportant les données clés des différentes études.

Tous les auteurs des articles ont mené leur étude sur des **adolescents** d'âge pouvant aller de **10 à 19 ans** et atteints d'**hypercyphose posturale**. L'**âge moyen** de tous les participants, articles confondus, est de **14,50 ans**. Les adolescents des GE ont tous participé à un **programme d'exercices sur une période variable** selon les études (pouvant aller de 8 semaines à 38 semaines), d'une **fréquence variable** également (de 2 sessions par semaine à 3 sessions par semaine) et aussi d'une **durée différente** (de 15 minutes à 60 minutes).

Tous les adolescents atteints de **pathologies structurelles** de la colonne vertébrale **ont été exclus** de toutes les études. Deux études ont exclu les adolescents **sportifs professionnellement** [16].



L'ensemble des études ont **exclu** les participants ayant des **pathologies pouvant biaiser les résultats** ou être une **contre-indication à la pratique d'activité physique**. L'étude de **Feng et al. 2018** [16] a inclus le plus grand nombre de participants (181 adolescents) et l'étude **Park et al. 2022** [18] comporte le moins de participants (51 adolescents).

Concernant l'article de **González-Gálvez N. 2023** [50], un courriel a été envoyé à l'auteur afin d'avoir des informations complémentaires concernant les critères d'exclusion des participants. La réponse au courriel a permis d'éliminer toute source de doute sur les critères d'exclusion des participants. Les auteurs des études d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4], de **Feng et al. 2018** [16] et de **Park et al. 2022** [18] **ont déclaré l'existence d'aucun conflit d'intérêt**.

Les articles d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4] et de **González-Gálvez N. 2023** [50] déclarent **n'avoir reçu aucune source de financement** pour la réalisation de leur étude. Deux études ont déclaré une **source de soutien pour leurs travaux** et l'ont mentionné [16,18].

### 3.2 Les risques de biais des études incluses

Comme décrit précédemment dans la partie méthode, pour notre revue de littérature, nous avons **évalué le risque de biais des études incluses à l'aide de l'échelle PEDro** [61]. Elle se présente sous la forme d'une grille et cette dernière est **appropriée pour estimer les biais des ECR**.

Des auteurs ont proposé que, selon le score final, les études avaient une qualité méthodologique :

- **Faible** : Score < 4,
- **Modérée** : Score compris entre 4 et 5,
- **Élevée** : Score compris entre 6 et 8,
- **Très élevée** : Score ≥ 9. [70]

Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
<b>González-Gálvez N. 2023</b> [50]	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	<b>7/10</b>
<b>Gheitasi et al. 2023</b> [35]	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	<b>8/10</b>
<b>Park et al. 2022</b> [18]	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	<b>4/10</b>
<b>Elpeze and Usgu. 2022</b> [4]	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	<b>4/10</b>
<b>Feng et al. 2018</b> [16]	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	<b>6/10</b>

Tableau XII : Tableau synthétique des scores PEDro des études incluses.

Il est essentiel de rappeler que **l'item 1** de cette grille **ne rentre pas dans le score total**, cela explique que ce score soit sur 10. Cet item correspond à la validité externe des études. L'ensemble des auteurs de nos études incluses ont **établi de façon précise et détaillée leurs critères d'inclusion et d'exclusion** des participants. Les autres items de la grille se rapportent à la **validité interne** des études. Pour rappel les items :

- 2, 3 et 4 sont en rapport avec le **biais de sélection**,
- 5, 6 et 7 sont en rapport avec le **biais d'évaluation**,
- 8 est en rapport avec le **biais de suivi**,
- 9 est en rapport avec le **biais d'attrition**,
- 10 et 11 sont en rapport avec les **biais de résultats**. [70]

Parmi nos études intégrées, **quatre sur cinq études** renferment des **biais de sélection** :

L'item 2 correspond à la randomisation des participants dans les différents groupes. Étant donné que l'ensemble de nos études sélectionnées sont des ECR, elles valident donc cet item.

L'item 3 se réfère à l'allocation cachée des participants et seulement une étude remplit cette condition [35]. Ce critère est validé uniquement si l'individu qui sélectionne les adolescents dans l'étude est en aveugle concernant la répartition de ces derniers dans les différents groupes.

L'item 4 est acquis pour l'ensemble des études incluses. Il se rapporte à la similarité des groupes au début de l'étude. Pour éviter cette source de biais, les groupes doivent être similaires au début de l'étude pour pouvoir être ensuite comparés.

**Toutes les études** incluses admettent des **biais d'évaluation** :

L'item 5 et 6 ne sont observés dans aucun article. Ils correspondent pour l'un à la mise en aveugle des participants et pour l'autre à la mise en aveugle des thérapeutes. Être en aveugle signifie que les participants et/ou les thérapeutes n'ont pas connaissance de l'appartenance au GC ou au GE.

Concernant nos articles, il est impossible de mettre en aveugle les participants et les thérapeutes sur l'intervention mise en place. Toutefois, dans deux études [35,50] les examinateurs chargés de prendre les mesures sont en aveugle concernant l'affectation des participants dans les groupes (item 7). La non mise en aveugle de l'examineur peut engendrer des biais sur les résultats à cause d'idées pré-conçues ou d'attentes sur l'intervention.

**Trois études sur cinq** n'ont **aucun biais de suivi et d'attrition** :

Les biais de suivi se réfèrent à l'item 8. Lorsque les résultats de plus de 85% des participants à l'étude après randomisation sont analysés, alors nous considérons qu'il n'y a pas de biais de suivi.

Les biais d'attrition, eux se réfèrent à l'item 9. Lorsque l'étude mentionne la réalisation d'analyse « en intention de traiter » alors cet item est validé. Cet item peut être aussi validé quand les résultats de tous les participants sont analysés (absence de perdus de vue ou autre).

Les articles de **Park et al. 2022** [18] et d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4] ne valident aucun de ces items.

**Aucune étude** n'affiche de **biais de résultats** :

Elles présentent des résultats interprétables, pertinents et permettent une analyse statistique inter-groupe (item 10) avec l'estimation des effets et l'estimation de la variabilité (item 11).

### 3.3 Effets de l'intervention sur notre critère de jugement principal

Pour rappel, afin d'élaborer notre revue de littérature, nous avons décidé de choisir l'angle de Cobb de la cyphose thoracique comme critère de jugement principal. Ce critère de jugement permet d'évaluer l'efficacité du programme d'exercices dans la réduction/le maintien de l'hypercyphose posturale. De ce fait, toutes nos études ont évalué cet angle. Cependant, selon les études, l'outil de mesure pour évaluer cet angle n'est pas le même. Deux articles ont utilisé la méthode de Cobb modifiée [18,35], deux articles ont choisi le système de souris vertébrale [16,50] et un article a utilisé un inclinomètre pour smartphone en complément de la Flexicurve [4].

Pour évaluer l'effet de l'intervention nous avons décidé de nous aider de :

- La **taille de l'effet**,
- Le « **p-value** » si présent,
- **L'IC à 95%** (que nous calculerons si besoin à l'aide d'un tableur disponible sur Ametice).

### 3.3.1 Étude Gheitasi et al. 2023 [35]

Les résultats de l'étude ont été synthétisés sous forme de tableau où apparaît les moyennes des angles de la cyphose thoracique des différents groupes avant et après la réalisation de l'intervention. La méthode de Cobb modifiée a permis aux évaluateurs de quantifier cet angle. Les auteurs ont spécifié dans leur introduction qu'un angle supérieur à 45° était considéré comme une hypercyphose. La mesure de l'angle de la courbure cyphotique a été prise une première fois au début de l'étude, puis une seconde fois à 24 semaines, juste après la pratique de l'intervention. Dans cette étude, l'évaluateur chargé de prendre les mesures était en aveugle. Nous avons récupéré les données suivantes de l'étude :

	GE (programme+corset)	GC1 (corset)
Pré-intervention (M ± SD)	56,5° ± 11,7°	55,4° ± 10,4°
Post-intervention (M ± SD)	41,0° ± 6,8°	46,7° ± 10,0°
Taille d'effet post-intervention	-5,7	
p-value	p < 0,001*	
IC à 95%	[-8,88 ; -2,52]**	

\* significatif si  $p < 0,05$

\*\* tableur avec le calculateur disponible en **annexe n°6**

Tableau XIII : Résultats de l'étude **Gheitasi et al.2023** [35].

Nous avons calculé la taille d'effet de la manière suivante : « mesure post-intervention GE – mesure post-intervention GC ». Il nous a semblé pertinent de réaliser ce calcul selon cette manière afin de mettre en valeur un angle de cyphose thoracique moyen plus petit dans le GE que le GC. Si cela est le cas, alors la taille d'effet possède un résultat négatif.

Dans cette étude, la **taille d'effet**, qui est de **-5,7**, met en avant une réduction moyenne de l'angle cyphotique de **5,7°** chez les adolescents du GE par rapport aux adolescents du GC.

La diminution probable de l'angle de la cyphose thoracique est comprise entre **-8,88°** et **-2,52°**. Ici, nous observons que **l'IC à 95% n'est pas large et ne croise pas la valeur 0**. Nous pouvons en déduire que la différence objectivée entre les groupes est **significative**.

Le **p-value est strictement inférieur à 0,05**, la différence objectivée est **statistiquement significative**. Nous acceptons l'hypothèse que la différence observée est due à autre chose qu'au hasard seulement.

### 3.3.2 Étude Park et al.2022 [18]

Pour rappel, dans cette étude les auteurs ont déclaré qu'un angle de cyphose thoracique compris entre 30° et 45° est considéré comme une hypercyphose thoracique. La méthode de Cobb modifiée a permis aux évaluateurs de quantifier cet angle. La mesure de l'angle a été évaluée une première fois au début de l'étude avant l'intervention, puis une seconde fois à 12 semaines, juste après la pratique de l'intervention. Les résultats sont synthétisés sous forme de tableau où apparaît les données pré et post-intervention. Cependant, l'angle de cyphose pré-intervention du GC est différent entre deux tableaux de l'étude. Un courriel a donc été envoyé à l'auteur pour avoir la valeur juste, les chiffres rapportés ci-dessous sont en accord avec l'auteur.

	GE	GC
Pré-intervention (M ± SD)	38,22° ± 3,76°	35,00° ± 4,08°
Post-intervention (M ± SD)	26,95° ± 5,03°	33,33° ± 2,72°
Taille d'effet post-intervention	-6,38	
p-value	p < 0,001*	
IC à 95%	[-8,64 ; -4,12]**	

\* significatif si  $p < 0,05$

\*\* tableur avec le calculateur disponible en **annexe n°7**

Tableau XIV : Résultats de l'étude **Park et al.2022** [18].

Nous avons de nouveau calculé la taille d'effet de la manière suivante : « mesure post-intervention GE – mesure post-intervention GC ». Les résultats de cette étude montrent une **taille d'effet** égale à **-6,38**. Cela met en avant qu'il y a une réduction moyenne de l'angle cyphotique de 6,38° dans le GE par rapport au GC. Cependant, cette différence a été observée sur un échantillon de personnes relativement faible. Il est nécessaire de se poser la question de savoir si sur un échantillon plus grand, l'étude dégagerait une même taille d'effet.

La valeur moyenne de l'efficacité du traitement sur la diminution de l'angle cyphotique se situe entre **-8,64° et -4,12°**. Dans ce cas précis, nous pouvons voir que **l'IC à 95% est restreint et ne croise pas la valeur 0**. Pour cette étude, nous pouvons soumettre que la différence observée entre les deux groupes est **significative**.

Le **p-value de cette étude est strictement inférieur à 0,05**, les résultats obtenus sont **statistiquement significatifs**. Cela nous permet d'accepter l'hypothèse que la différence observée est due à autre chose qu'au hasard seulement.

### 3.3.3 Étude Feng et al.2018 [16]

Les données de cette étude ont été synthétisés sous forme de tableau où apparaissent les angles de la cyphose thoracique des deux groupes pré et post-intervention. Le système de souris vertébrale a été choisi pour permettre de quantifier cet angle. Les auteurs ont noté dans leur introduction qu'un angle compris entre 20° et 40° est considéré comme physiologique, au dessus de cette norme il s'agit d'une hypercyphose. La prise de mesure de cet angle a été réalisée une première fois au juste avant la pratique de l'intervention, puis une seconde fois au cours de la 9<sup>ème</sup> semaine (post-intervention). Nous avons recueilli les données suivantes de l'étude :

	GE	GC
Pré-intervention (M ± SD)	47,09° ± 5,45°	47,47° ± 5,80°
Post-intervention (M ± SD)	38,31° ± 9,18°	43,59° ± 7,49°
Taille d'effet post-intervention	-5,28	
p-value	p < 0,001*	
IC à 95%	[-7,86 ; -2,70]**	

\* significatif si  $p < 0,05$

\*\* tableur avec le calculateur disponible en **annexe n°8**

Tableau XV : Résultats de l'étude **Feng et al.2018** [16,50]

Le calcul de la taille d'effet est toujours réalisé de la manière suivante : « mesure post-intervention GE – mesure post-intervention GC ». Le résultat révèle une **taille d'effet** égale à **-5,28**. L'amélioration de l'hypercyphose est donc en faveur du GE.

Dans cette étude, l'efficacité probable du traitement va de  $-7,86^\circ$  à  $-2,70^\circ$ . Dans ce cas précis, nous pouvons voir que cet **intervalle a de faibles variations et ne croise pas la valeur 0**. Nous pouvons en conclure que la différence constatée entre les deux groupes est **significative**.

Le **p-value trouvé dans cet article est strictement inférieur à 0,05**, la taille d'effet est donc considérée comme **statistiquement significative**. Nous pouvons formuler l'hypothèse suivante : la différence observée n'est pas due au hasard seulement mais est due à autre chose (ici le traitement).

### 3.3.4 Étude González-Gálvez N.2023 [50]

Les auteurs de cet ECR ont synthétisé leurs données dans un tableau. Nous pouvons y retrouver la moyenne des angles de Cobb des deux groupes avant et après l'intervention. La prise de mesure a été réalisée par l'utilisation du système de souris vertébrale. Dans cette étude, un angle supérieur à  $40^\circ$  est considéré comme de l'hypercyphose thoracique. Les évaluateurs ont relevé l'angle de la cyphose une première fois avant la mise en place de l'intervention puis une seconde fois à l'arrêt de l'intervention. Nous avons pu extraire les informations suivantes de l'étude :

	GE	GC
<b>Pré-intervention (M ± SD)</b>	$47,9^\circ \pm 5,6^\circ$	$48,2^\circ \pm 5,7^\circ$
<b>Post-intervention (M ± SD)</b>	$42,00^\circ \pm 9,4^\circ$	$45,9^\circ \pm 8,2^\circ$
<b>Taille d'effet post-intervention</b>	<b>-3,9</b>	
<b>p-value</b>	<b>p &lt; 0,003*</b>	
<b>IC à 95%</b>	<b>[-7,46 ; -0,34]**</b>	

\* significatif si  $p < 0,05$

\*\* tableur avec le calculette disponible en **annexe n°9**

Tableau XVI : Résultats de l'étude **González-Gálvez N. 2023** [50]

La **taille d'effet** post-intervention est égale à **-3,9** (calcul effectué de la façon suivante : « mesure post-intervention GE – mesure post-intervention GC »). Nous notons une atténuation de l'angle de cyphose de  $3,9^\circ$  dans le GE comparé au GC. Comme dit précédemment, ce n'est seulement qu'une appréciation de la probabilité que la différence observée ne soit provoquée que par le hasard.

Dans cette étude, l'effet probable du traitement va de  $-7,46^\circ$  à  $-0,34^\circ$ . Nous pouvons voir que cet **intervalle** est relativement étroit et reste dans le négatif **sans croiser la valeur nulle**. Nous pouvons en déduire que la différence notée entre les deux groupes est **significative**.

Le **p-value noté est, ici, strictement inférieur à 0,05**. Nous pouvons considérer la différence comme **statistiquement significative**. L'hypothèse suivante peut alors être formulée : la différence remarquée n'est pas forcément due au hasard mais est la cause d'un autre facteur, ici le traitement.

L'étude nous fournit une **valeur ajustée de la différence moyenne EG – CG** qui est égale à  $-5,6$  avec un **IC qui va de  $-9,4^\circ$  à  $-2,0^\circ$** . Avec ces données, les résultats sont aussi considérés comme **significatifs**.

### 3.3.5 Étude Elpeze and Usgu. 2022 [4]

Les résultats de l'ECR ont été rassemblés dans un tableau synthétique. Nous y retrouvons les moyennes des angles de Cobb des différents groupes avant et après la mise en place de l'intervention. La prise des données a été effectuée avec l'utilisation de la Flexicurve. Rappelons qu'en utilisant cet outil il nous faut rajouter  $20^\circ$  à la valeur mesurée pour avoir la correspondance de l'angle mesuré grâce à la radiographie. La prise de mesure a été effectuée par les évaluateurs une première fois avant l'intervention et une seconde fois à la fin du programme. Nous avons extrait les données suivantes des tableaux de l'étude :

	GE1	GE2	GC
Pré-intervention (M ± SD)	34,10° ± 6,03°	32,98° ± 6,38°	34,94° ± 3,87°
Post-intervention (M ± SD)	25,17° ± 3,83°	28,65° ± 5,90°	35,28° ± 4,46°
Taille d'effet post-intervention	GE1 – GC = -10,11 GE2 – GC = -6,63		
p-value	p < 0,01*		
IC à 95%	[-12,76 ; -7,46]** [-9,98 ; -3,28]**		

\* significatif si  $p < 0,05$

\*\* tableur avec le calculateur disponible en **annexe n°10**

Tableau XVII : Résultats de l'étude *Elpeze and Usgu. 2022* [4].

Concernant la comparaison inter-groupe GE1 et GC (évaluation du CCEP) :

La taille d'effet post-intervention est égale à **-10,11**. Cela dévoile une nette diminution de l'hypercyphose, moins 10,11° en moyenne, dans le GE1 comparé aux participants du GC.

L'efficacité envisageable de ce programme va de **-12,76° à -7,46°**. Cet **IC à 95% ne croise pas la valeur 0** et n'est pas large. La différence enregistrée entre les deux groupes est **significative**.

Concernant la comparaison inter-groupe GE2 et GC (évaluation du TEP) :

La taille d'effet post-intervention entre ces groupes est égale à **-6,63**. Cela montre également une diminution de 6,63° de l'hypercyphose chez les participants du GE2 par rapport aux participants du GC. Cependant, cela ne reste qu'une approximation de la probabilité que cette différence ne soit engendrée que par le hasard.

L'efficacité possible de ce deuxième programme va de **-9,98° à -3,28°**. Comme le précédent **IC à 95%**, **il ne croise pas la valeur 0** et est étroit. La différence relevée entre ces deux groupes est aussi **significative**.

La différence constatée entre les groupes concernant l'angle de cyphose thoracique est considérée comme **statistiquement significative** puisque le **p-value est strictement inférieur à 0,05**.

### 3.3.6 Synthèse de l'effet de l'intervention

La **taille d'effet** varie de **-3,9 à -10,11** selon les études, elles sont toutes négatives ce qui implique une diminution de l'angle de cyphose plus important dans les GE que dans le GC. La **valeur nulle est absente dans l'ensemble des IC** des articles inclus. D'autre part, les bornes de l'ensemble de ces IC sont rapprochées. Et pour terminer, **tous les p-values** estimés sont **strictement inférieur à 0,05**.

A noter que dans l'étude de *Elpeze and Usgu. 2022* [4] le p-value estimé prend en compte les 3 groupes en même temps. Il n'y a pas de p-value lors de la comparaison du GE1 et du GC ni lors de celle du GE2 et du GC. De plus, l'étude *González-Gálvez N. 2023* [50] nous fournit des valeurs ajustées mais ce n'est pas le cas pour les autres études. Pour cette étude, nous avons donc préféré nous focaliser sur nos calculs afin de pouvoir être similaire aux autres articles et rédiger cette synthèse.

Au regard de l'ensemble des résultats des tests statistiques des études incluses exposées ci-dessus, nous sommes en mesure d'admettre que **les données soient considérées comme statistiquement significatives** concernant l'efficacité des différents programmes d'exercices dans l'atténuation de l'angle de cyphose thoracique chez les adolescents hypercyphotiques.

## 4 Discussion

Nous verrons dans cette partie, l'analyse des résultats détaillés antérieurement avec leur interprétation.

### 4.1 Analyse des principaux résultats

Rappelons que notre revue de littérature est tournée vers l'efficacité des programmes d'exercices sur l'hypercyphose posturale. Nous cherchons à mettre en avant les bienfaits de cette intervention. Pour les étudier, nous avons sélectionné des études évaluant l'effet de ces programmes sur **l'angle de cyphose thoracique**. Au total, **cinq articles** ont été inclus afin d'élaborer une réponse à notre questionnement.

Il est primordial d'étayer les résultats des études par **l'usage de statistiques mathématiques** afin d'établir une **synthèse correcte et adéquate**.

Pour commenter ces résultats, il est également fondamental de se préoccuper de la validité interne et externe des différentes études mais aussi de leur **convenance clinique**. Nous prendrons en considération la **qualité méthodologique** utilisée par chaque étude avec les biais associés puisque cela peut avoir une **influence sur les résultats**.

Nous pouvons noter que notre critère de jugement a été évalué à l'aide de divers outils et non d'un unique. L'intervention choisie comporte de l'hétérogénéité entre les études, bien que tous les programmes comprennent des exercices de renforcement musculaire. Il est donc un peu moins facile de comparer les résultats entre eux.

#### 4.1.1 Analyse de l'homogénéité et de l'hétérogénéité des articles

##### 4.1.1.1 *Les participants inclus*

Les participants des différentes études sont, dans l'ensemble, homogènes. L'angle de cyphose thoracique minimum pour intégrer les groupes varie modérément entre les articles. Cette **valeur minimale est comprise entre 40° et 50°**, sauf pour une étude où les auteurs se sont adaptés à la morphologie ethnique des adolescents de leur pays (courriel de confirmation des informations de la part des auteurs). Dans cette étude, l'angle doit être compris entre 30° et 45° pour être considéré comme une hypercyphose posturale (**Park et al. 2022** [18]).

Toutes les études ont exclu les adolescents atteints de pathologies structurelles de la colonne vertébrale ou ayant subi des traumatismes/chirurgies au niveau de cette dernière. Elles ont également toutes exclu les participants qui possédaient des contre-indications à la pratique d'activités physiques, ce qui est logique dans le cadre de l'intervention évaluée.

Quatre articles ont exclu les adolescents présentant des troubles au niveau du bassin et/ou des membres inférieurs, et des épaules (**Gheitasi et al. 2023** [35], **Park et al. 2022** [18], **Elpeze and Usgu. 2022** [4] et **Feng et al. 2018** [16]). Les études **Elpeze and Usgu. 2022** [4] et **Feng et al. 2018** [16] sont les deux seules qui ont exclu les participants qui suivaient des entraînements au niveau professionnel.

Concernant les tailles des échantillons, nous pouvons remarquer qu'elles diffèrent entre les études. Le nombre de participants va de 51 pour l'étude **Park et al. 2022** [18] à 181 pour l'étude **Feng et al. 2018** [16].

#### 4.1.1.2 L'intervention étudiée

L'intervention évaluée est la mise en place d'un programme d'exercices. Tous les programmes étudiés sont **supervisés par une personne formée** (MK, spécialiste de l'exercice ou professeur ayant reçu une formation).

Cependant, le programme d'exercices est une notion vague qui peut inclure beaucoup d'exercices différents les uns des autres. Nous avons posé comme critère d'inclusion le suivant : tous les programmes devaient comprendre au moins un **exercice de renforcement musculaire** afin d'avoir une **base commune**. Bien que ce critère soit respecté, les études ont néanmoins toutes un programme bien défini et ayant des variations entre eux.

Il y a également une variation de la durée du programme : elle va de 15 minutes à 60 minutes selon l'étude. La fréquence n'est pas la même non plus : elle varie de 2 à 3 fois par semaine. Et pour finir, la durée totale de l'intervention est aussi différente : elle peut se faire sur 8 semaines comme se faire sur 38 semaines selon l'étude.

L'intervention choisie **présente par conséquent de l'hétérogénéité** puisqu'il n'existe pas de programme d'exercices standardisé et codifié.

#### 4.1.1.3 Le comparateur

Pour rappel, si le GE reçoit un traitement adjuvant en plus de l'intervention alors le GC doit également le recevoir afin d'observer l'impact réel de l'intervention étudiée. L'intervention du GE peut être aussi comparée à une autre intervention : cela est dans le but de déterminer si l'intervention du GE a une efficacité supérieure à celle du GC.

Selon les études, le GC ne reçoit pas forcément d'intervention. Dans trois études le GC n'avait aucune intervention (**González-Gálvez N. 2023** [50], **Park et al. 2022** [18], **Elpeze and Usgu. 2022** [4]), dans l'étude de **Gheitasi et al. 2023** [35] le GC porte un corset comme le GE (qui lui, reçoit en supplément le programme). Et enfin, dans la dernière étude le GC reçoit un programme d'exercices réglementé par l'État (cela est une activité physique générale, non spécifique du tronc).

#### 4.1.1.4 Le critère de jugement

Le critère de jugement **est identique** pour toutes les études intégrées. Il correspond à la diminution et/ou au maintien de l'**angle de cyphose thoracique** (angle de Cobb). Afin de voir un changement potentiel de cet angle, toutes les études ont réalisé **une mesure pré-intervention et une mesure post-intervention**.

Toutefois, l'outil de mesure choisi pour évaluer l'évolution de l'angle thoracique varie :

- Deux articles mentionnent la méthode de Cobb modifiée [18,35],
- Deux articles mentionnent le système de souris vertébrale [16,50] et,
- Un article mentionne un smartphone utilisé comme inclinomètre en complément de la Flexicurve [4].

La méthode de Cobb modifiée est considérée comme le **Gold Standard** mais malheureusement elle expose les adolescents à des **rayonnements ionisants**. Pour contrer cela, certains auteurs ont fait le choix d'utiliser d'autres types d'outils non radiologiques comme la souris vertébrale, la Flexicurve ou l'inclinomètre pour smartphone.



Ces dispositifs de mesure différents du Gold Standard donnent **tous un résultat en degrés**. Concernant l'utilisation de la Flexicurve, il est nécessaire d'ajouter 20° à la valeur trouvée afin d'obtenir la correspondance de l'angle mesuré grâce à la radiographie.

Ces techniques d'évaluation possèdent une bonne fiabilité intra-évaluateur et inter-évaluateur. Cependant ces appareils de mesure non radiologiques des angles dans le plan sagittal ont tous des niveaux de validité allant de **faible à modéré** par rapport à l'outil de référence [34].

Les auteurs ayant choisi les mêmes outils d'évaluation **n'ont pas procédé de la même manière** pour réaliser la prise de mesure :

- Les études utilisant la méthode radiologique ont utilisé des points de repère supérieurs différents pour effectuer les mesures : les évaluateurs de l'étude **Gheitasi et al. 2023** [35] ont utilisé T2 comme vertèbre supérieure (ou T3 lorsqu'il était impossible de visionner T2) alors que les évaluateurs de l'étude **Park et al. 2022** [18] ont choisi T5.
- De la même manière, les études ayant choisi la souris vertébrale n'ont pas appliqué des points de référence similaires : les vertèbres C7 et S3 ont été sélectionnées comme points de repère dans l'article **Feng et al. 2018** [16], et les vertèbres T1 et S1 ont été sélectionnées pour l'article **González-Gálvez N. 2023** [50]

Il y a donc des variations au niveau de la validité entre les outils de mesures, et au niveau de la standardisation quant à la prise de mesure. La présence de ces variations implique une difficulté pour confronter les études entre elles. Toutefois, nous désirons surtout **mettre en évidence une réduction éventuelle** de l'angle dans chacune des études, et ce quel que soit l'outil et les points de référence choisis.

#### 4.1.2 Les différentes limitations possibles des articles

Les études sélectionnées dans notre revue sont susceptibles de contenir certaines limites.

Au niveau de la **sélection des adolescents**, il est essentiel que les participants des études et la population visée aient un taux de similitude le plus élevé possible. Si cela n'est pas respecté, alors les résultats ne pourront pas être étendus à la population visée. Du fait de leurs critères de sélection dans l'étude **Elpeze and Usgu. 2022** [4], les auteurs affirment que leurs résultats issus de participants uniquement masculins pourront être difficilement transposables à une population mixte.

Des limitations sont possibles concernant **l'effectif de l'échantillon**. Une étude menée sur un nombre trop faible de participants peut engendrer une fluctuation au niveau des résultats et ces derniers pourraient être considérés comme statistiquement non significatifs. Afin d'avoir une marge d'erreur étroite et de tirer une conclusion fiable, il est essentiel que la taille de l'échantillon soit importante. Dans notre revue, les études de **Park et al. 2022** [18] et d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4] sont celles qui comportent le moins de participants par groupe, soit 51 et 77 participants respectivement.

Pour la **durée de l'intervention**, si le programme d'exercices est mis en place sur un laps de temps trop court, l'étude est dans l'incapacité d'évaluer l'efficacité totale du traitement ou bien même de repérer des effets indésirables. L'étude de **Feng et al. 2018** [16] est celle qui a réalisé son intervention sur la plus courte durée (8 semaines).

Les **perdus de vue** peuvent également entraîner des limitations car les données post-test de ces derniers sont manquantes dans les résultats finaux. Un nombre trop important de perdus de vue peut entraîner des biais au niveau des résultats. Concernant l'étude **Park et al. 2022** [18], nous n'avons pas d'information sur les perdus de vue et pour les études d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4], ce sont celles avec le plus de perdus de vue (15 et 17). Le nombre de perdus de vue peut, ici, suggérer un manque d'adhésion au programme d'exercices ou un mauvais suivi des participants.

L'absence de **suivi des participants** après l'intervention constitue une limite. Aucune étude n'analyse l'évolution des participants après l'arrêt de l'intervention. Ce non suivi ne nous permet pas de savoir si l'effet du traitement perdure dans le temps.

Des limitations peuvent venir de la **supervision de l'intervention**. Cette supervision permet de s'assurer du bon déroulement de l'intervention et du bon respect des consignes des exercices par les participants. Toutes les interventions de nos études sont supervisées.

Il est commun que, lors de la rédaction des discussions et des conclusions, les auteurs glorifient leurs résultats : cela correspond à un spin. Ainsi une lecture rapide des articles peut induire le lecteur en erreur. Il est nécessaire de se focaliser davantage sur la partie résultat que sur la discussion et la conclusion afin de se faire un avis objectif. La **présence de spin** est une limite possible des études. [71]

Le **coût de l'intervention** peut avoir des conséquences sur les résultats. Un ECR peut se révéler onéreux et un financement peut alors être inévitable pour sa conception et son déroulement. Si la structure qui apporte le financement possède un intérêt personnel dans la diffusion du traitement, il est plausible que les résultats mettent en valeur ce traitement de manière biaisée. Il est donc essentiel de porter attention sur les conflits d'intérêts et les financements. Les auteurs des études d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4], de **Feng et al. 2018** [16] et de **Park et al. 2022** [18] ont déclaré l'absence de conflit d'intérêt. Deux articles déclarent n'avoir reçu aucune source de financement pour le déroulement de leur étude [4,50]. Deux études ont mentionné une source de soutien financier [16,18]. Et l'étude de **Gheitasi et al. 2023** [35] ne mentionne aucune information sur un possible financement.

#### 4.1.3 Analyse des résultats du critère de jugement : l'angle de cyphose thoracique

Pour rappel, divers appareils de mesure ont été utilisés pour estimer l'angle de Cobb :

- La **méthode de Cobb modifiée** a été utilisée dans deux études [18,35],
- Deux études se sont aidées du **système de souris vertébrale** [16,50] et,
- Une étude a utilisé un smartphone comme inclinomètre en complément de la **Flexicurve** [4].

Pour rappel, les **valeurs physiologiques** de la courbure thoracique sont comprises entre **20° et 40°**. De ce fait, un angle de cyphose thoracique dépassant 40° est considéré comme une hypercyphose. Mais, les valeurs de cette courbure sont dépendantes de l'âge et du sexe (cf. 1. Introduction).

Notre revue s'intéresse à la **diminution de l'angle de cyphose** et a minima à la **non-aggravation de l'hypercyphose**. Les études analysées sont toutes des **ECR**. L'ECR est un schéma d'étude qui a un **haut niveau de preuve**. Concernant la **pertinence clinique des résultats** (différence minimale cliniquement pertinente ou autres informations), nous avons décidé de nous référer aux données présentes dans chacune des études. Si aucune donnée n'est fournie, nous avons calculé le **d de Cohen** afin d'estimer cliniquement la taille de l'effet [72].

#### 4.1.3.1 Le programme d'exercices en traitement seul

Quatre études de notre revue ont cherché à déterminer uniquement l'impact d'un programme d'exercices sur l'hypercyphose chez les adolescents. Nous avons rassemblé les résultats de ces études dans le tableau suivant :

Étude		Taille d'effet	IC à 95%	p-value
<b>Park et al. 2022</b> [18]	Post-intervention (à 12 semaines)	-6,38	[-8,64 ; -4,12]	<0,001*
<b>Feng et al. 2018</b> [16]	Post-intervention (à 9 semaines)	-5,28	[-7,86 ; -2,70]	<0,001*
<b>González-Gálvez N. 2023</b> [50]	Post-intervention (à 38 semaines)	-3,9	[-7,46 ; -0,34]	<0,003*
<b>Elpeze and Usgu. 2022</b> [4]	Post-intervention (à 12 semaines)	GE1/GC = -10,11 GE2/GC = -6,63	[-12,76 ; -7,46] [-9,98 ; -3,28]	<0,01*

\* significatif si  $p < 0,05$

Tableau XVIII : Synthèse de résultats disponibles

Pour rappel, nous avons estimé la taille d'effet avec le calcul : « mesure post-intervention GE – mesure post-intervention GC ». Afin de mettre en avant une diminution potentielle de l'angle plus importante dans le GE que le GC, il nous a semblé justifié de faire le calcul dans ce sens.

##### ➤ **Park et al. 2022** [18]

Les auteurs de cette étude ont publié des résultats favorables sur la réduction de l'angle de cyphose thoracique. Ces résultats possèdent des **preuves statistiquement significatives**.

Nous pouvons nous apercevoir qu'après la réalisation des différents exercices, les adolescents du GE ont un angle de Cobb moyen plus faible par rapport à l'angle moyen des adolescents du GC. Nous pouvons le justifier avec la valeur négative de la **taille d'effet** (égale à **-6,38**).

L'IC à 95% de ces résultats est compris entre **[-8,64 ; -4,12]**. Comme nous pouvons l'observer, il est **étroit et ne croise pas la valeur 0**. La différence inter-groupe est donc **significative**.

Le **p-value étant strictement inférieur à 0,05**, les résultats sont jugés comme **statistiquement significatifs**. Nous pouvons accepter l'hypothèse que la différence observée entre les deux groupes est due à autre chose qu'au hasard seulement.

N'ayant aucune donnée concernant la signification clinique, nous avons calculé le **d de Cohen** qui possède un résultat de **1,65**. Ce dernier étant **supérieur à 0,80** alors nous pouvons estimer la différence inter-groupe comme **cliniquement importante**. [72]

Au vu de ces résultats, nous pouvons supposer que la mise en place de ce programme d'exercices est favorable à la réduction de l'hypercyphose chez les adolescents.

Bien entendu, il ne faut pas oublier l'existence de biais précédemment évalués (qualité méthodologique de 4/10 sur l'échelle PEDro) : biais de sélection, d'évaluation, de suivi et d'attrition. De plus, d'autres biais potentiels doivent être soulignés : l'étude ne nous fournit aucune information sur des éventuels perdus de vue au bout des 12 semaines d'intervention et la différence inter-groupe a été constatée sur un échantillon de personnes relativement faible. Il est alors essentiel de poser la question suivante : est-ce que l'étude présenterait des résultats similaires sur un échantillon de personnes plus conséquent ?

➤ **Feng et al. 2018** [16]

À propos de cette étude, les résultats présentés par les auteurs ont des **évidences statistiquement significatives** sur l'atténuation de l'hypercyphose.

Les résultats indiqués nous permettent de calculer une **taille d'effet** égale à **-5,28**. Nous pouvons admettre qu'il y a une différence entre les deux groupes après le traitement : les adolescents du GE ont une valeur moyenne de l'angle thoracique plus faible que les adolescents du GC.

L'IC à 95% associé à la taille d'effet a pour borne limite inférieure **-7,86°** et pour borne limite supérieure **-2,70°**. Dans ce cas précis, il n'est **pas large et ne croise pas la valeur 0**. La différence objectivée entre les deux groupes est jugée comme **significative**.

Le **p-value est strictement inférieur à 0,05**, la différence notée est donc **statistiquement significative**. L'hypothèse suivante peut être formulée : cette différence n'est pas due au hasard seulement mais est due à autre chose (ici le traitement).

L'étude nous indique qu'une diminution de 5° de l'angle de cyphose thoracique est considérée comme une valeur cliniquement pertinente. Au vu de la taille d'effet trouvée, nous pouvons affirmer qu'elle est **cliniquement significative**.

Au regard de ces résultats, la mise en place d'un programme d'exercices correctifs se montre favorable et pertinent dans la réduction de l'hypercyphose posturale chez l'adolescent.

Les résultats de cette étude montrent également une diminution de l'angle de Cobb dans le GC entre les valeurs pré-intervention et post-intervention. Même si la différence intra-groupe ne nous permet pas de réaliser d'interprétation, nous pourrions émettre l'hypothèse que la mise en place d'une simple activité physique pourrait avoir une action positive sur l'évolution de l'hypercyphose.

Cependant, la mise en place d'une activité physique générale dans le GC empêche potentiellement la mise en évidence d'une différence inter-groupe plus élevée. Cela peut être considéré comme un biais. Il aurait été intéressant que le GC ne pratique aucune activité physique.

Il faut malgré tout rappeler que cette étude présente certains biais méthodologiques puisqu'elle affiche un score de 6/10 sur l'échelle PEDro. Ces biais ont déjà été analysés précédemment : biais de sélection et d'évaluation (mise en aveugle des thérapeutes et des participants difficile au vu de l'intervention).

➤ **González-Gálvez N. 2023** [50]

Les résultats détaillés dans cette étude possèdent des **preuves statistiquement significatives** dans l'atténuation de l'angle de l'hypercyphose.

La **taille d'effet** post-intervention est égale à **-3,9** avec un IC à 95% ayant une plage de valeurs de **[-7,46 ; -0,34]**. Nous notons une différence entre le GE et le GC : les adolescents du GE ont un angle de Cobb moyen plus faible que les adolescents du GC après la prise de mesure post-intervention. **L'IC est relativement étroit et ne croise pas la valeur nulle** même si une de ses bornes en est proche. Nous sommes en mesure d'en déduire que cette différence inter-groupe post-traitement est **significative**.

Le **p-value étant strictement inférieur à 0,05**, nous sommes en mesure d'estimer la différence inter-groupe comme **statistiquement significative**. L'hypothèse que la différence notée ne soit pas forcément due au hasard mais soit la cause d'un autre facteur peut être formulée.

Dans cette étude, les auteurs ont retrouvé une hypercyphose chez 53% des adolescents du GE (soit 26 participants) et chez 77% des adolescents du GC (soit 37 participants). De plus, toujours selon l'étude, la différence moyenne ajustée inter-groupe représente environ 73% du total. Cette valeur est vue comme élevée avec une **pertinence clinique**. Au vu des résultats précédemment détaillés, la mise en place de Pilates semble être efficace dans la réduction de la cyphose chez les adolescents hypercyphotiques.

Malgré ces résultats favorables, l'étude dispose d'un score de 7/10 sur l'échelle PEDro. Elle comporte certains biais sur la qualité méthodologique : biais de sélection et d'évaluation (difficulté à mettre en aveugle les thérapeutes et les participants au vu de l'intervention). D'autre part, l'étude a un autre biais potentiel, l'intervention remplace les cours de sport classique de l'école. Les auteurs auraient dû mettre l'intervention en complément des cours de sport afin de pouvoir mieux comparer les deux groupes et de mettre en lumière une différence inter-groupe potentiellement plus importante.

➤ **Elpeze and Usgu. 2022 [4]**

Les résultats estimés dans cette étude possèdent certaines **preuves statistiquement significatives** en faveur de la diminution de l'angle de Cobb avec la mise en place du programme.

Comparaison inter-groupe GE1 et GC (évaluation du CCEP) :

La différence inter-groupe est égale à **-10,11**. Cette taille d'effet dévoile une nette diminution de l'hypercyphose dans le GE1 comparé aux participants du GC. Les adolescents du GE1 ont un angle de cyphose thoracique plus faible de 10,11 par rapport aux adolescents du GC.

**L'IC à 95%** associé à cette taille d'effet va de **-12,76° à -7,46°**. Ce dernier **ne croise pas la valeur 0** et peut être considéré comme **étroit**. De ce fait, cette différence enregistrée entre ces deux groupes est considérée comme **significative**.

Comparaison inter-groupe GE2 et GC (évaluation du TEP) :

La différence inter-groupe entre ces deux groupes est égale à **-6,63**. Cela montre également une diminution, cette fois-ci, de 6,63° de la cyphose thoracique en faveur des adolescents du GE2.

**L'IC à 95%** lié à cette taille d'effet va de **-9,98° à -3,28°**. Il est **étroit et ne croise pas la valeur 0**. La différence relevée entre ces deux groupes est aussi **significative**.

La différence constatée entre tous les groupes concernant l'angle de cyphose thoracique est considérée comme **statistiquement significative** puisque **p-value est strictement inférieur à 0,05**. Cependant il n'y a pas de p-value disponible pour objectiver la différence entre le GE1 et le GC, ni pour objectiver la différence entre le GE2 et le GC. L'étude nous indique 0,254 comme estimation de la taille d'effet des groupes. Cette valeur a été calculée grâce à  $\eta^2$  et est interprétée comme élevée ( $> 0,14$ ). Les différences observées sont **cliniquement significatives**.

Comme pour les autres études, celle-ci présente aussi des biais concernant la qualité méthodologique (score de 4/10 sur l'échelle PEDro) : biais de sélection, d'évaluation, de suivi et d'attrition. Cette étude possède un nombre important de perdus de vue (les résultats de 80,5% des participants ont été analysés). Elle renferme également d'autres biais potentiels identifiés : un biais lié au nombre relativement faible de participants dans chaque groupe, mais aussi un biais lié aux critères de sélection. Les auteurs ont fait le choix d'inclure uniquement des garçons (plus assidus que les filles selon eux) mais ce choix peut entraîner des biais dans les résultats. Les auteurs ne pourront pas les transposer dans une population plus globale qui comporterait des filles.

#### 4.1.3.2 Le programme d'exercices en co-adjuvant

Un seul article de notre revue de littérature étudie l'effet d'un programme d'exercices en complément d'un autre traitement, ici le port d'un corset. Pour rappel, le GC que nous avons choisi porte également le corset, il est donc comparable au GE. Tableau récapitulatif des résultats :

Étude		Taille d'effet	IC à 95%	p-value
<b>Gheitasi et al. 2023</b> [35]	Post-intervention (à 24 semaines)	-5,7	[-8,88 ; -2,52]	<0,001*

\* significatif si  $p < 0,05$

Tableau XIX : Récapitulatif des résultats disponibles

##### ➤ **Gheitasi et al. 2023** [35]

À propos de cette étude, les auteurs présentent des résultats ayant des **constats statistiquement significatifs** d'une diminution de l'angle de cyphose.

La différence inter-groupe post-intervention est égale à **-5,7°** en faveur du GE (réduction de l'angle plus importante dans le GE et dans le GC).

L'IC calculé est de **[-8,88 ; -2,52]**. Comme nous pouvons le voir, il n'est **pas large** et reste dans des valeurs négatives **sans croiser la valeur nulle**. Ces résultats sont en faveur de l'intervention avec une taille d'effet présumée comme **significative**.

De même, le **p-value étant strictement inférieur à 0,05**, nous considérons valable l'hypothèse que la différence observée est provoquée par autre chose que le hasard seulement. Les résultats sont **statistiquement significatifs**.

Pour cette étude, les auteurs sont partis de l'hypothèse suivante : une taille d'effet de 11° serait considérée comme cliniquement significative. La taille d'effet post-intervention obtenue **n'est pas cliniquement significative**.

Il est nécessaire de rappeler que cette étude a une qualité méthodologique de 8/10 sur l'échelle PEDro, ce qui est un score élevé. Les biais décelés dans la méthodologie de l'étude sont des biais d'évaluation (impossibilité de mettre en aveugle les participants et les thérapeutes).

#### 4.1.3.3 Synthèse générale

Concernant l'efficacité des programmes d'exercices en traitement seul, sur la réduction et/ou le maintien de l'angle de Cobb, tous les résultats des études sont favorables. Néanmoins nous n'avons pu inclure que 4 articles qui traitent les programmes d'exercices en traitement seul, cela reste un nombre trop faible.

Concernant l'efficacité d'un programme d'exercices en co-adjuvant d'un autre traitement sur l'amélioration et/ou la non-aggravation de l'hypercyphose, les résultats fournis d'une seule étude sont également favorables. Le GC de cette étude ayant reçu également le port du corset, nous pouvons associer les résultats de cette étude aux autres (puisque le GC a aussi eu le port de corset imposé nous pouvons déduire dans les résultats le réel impact de la mise en place d'un programme d'exercices sur l'hypercyphose).

Il est intéressant de noter que **quatre études** présentent des tailles d'effets **cliniquement significatives** [4,16,18,50] et une étude présente une taille d'effet cliniquement non significative [35]. Il est également pertinent de mettre en avant que les résultats de toutes les études indiquent **à minima une non-aggravation de l'hypercyphose**.

Les résultats qui nous permettent d'étayer cette synthèse sont issus de 5 articles en tout, ce qui est plutôt léger. Il nous est difficile de pouvoir élaborer une conclusion avec certitude.

De plus, les études incluses présentent plusieurs hétérogénéités comme : la variabilité des programmes entre eux (que ce soit dans leur composition ou dans leur durée/fréquence). Il y a de l'hétérogénéité au niveau de la composition de la population : l'article **Elpeze and Usgu. 2022** [4] comporte seulement des garçons dans sa population. Et malgré nos critères d'inclusion, d'autres hétérogénéités sont présentes comme nous l'avons décrit ci-dessus (cf. 4.1.1 Analyse de l'homogénéité et de l'hétérogénéité des articles).

Comme dit précédemment, des limites au niveau des articles sont présentes (cf. 4.1.2 Les différentes limitations possibles des études) : les études de **Park et al. 2022** [18] et d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4]) comportent une taille d'échantillon relativement faible avec peu de participants par groupe, etc... Il est aussi essentiel de souligner que ces deux études incluses dans la revue [4,18] ont une qualité méthodologique modérée bien que ce soient des ECR. Par conséquent, les résultats affichés et cette synthèse peuvent renfermer des biais.

Au vu des biais/limites discernés, de l'hétérogénéité des études et du faible nombre d'articles disponibles, il est **nécessaire d'être prudent dans l'interprétation des résultats** issus des études et de cette synthèse.

## 4.2 Qualité de preuve

La force des recommandations issues des revues de littérature systématiques peut être évaluée et classée par le système GRADE. Sa finalité est d'**estimer le degré de confiance** que nous pouvons assigner aux données des études analysées. Contrairement à d'autres systèmes de classification, GRADE examine le niveau de preuve pour chaque critère de jugement, et est reconnu pour son **approche la plus complète**. Par conséquent, nous avons opté pour l'application du **système GRADE** afin d'évaluer le niveau de preuve de notre revue de littérature [73].

Ce système est composé de quatre grades de qualité :

- « **Haut** : Nous sommes convaincus que l'effet réel est proche de celui de l'estimation de l'effet,
- **Modéré** : Nous sommes modérément confiants dans l'estimation de l'effet : l'effet réel est probablement proche de l'estimation de l'effet, mais il est possible qu'il soit sensiblement différent,
- **Faible** : Notre confiance dans l'estimation de l'effet est limitée : l'effet réel peut être sensiblement différent de l'estimation de l'effet,
- **Très faible** : Nous avons très peu confiance dans l'estimation de l'effet : l'effet réel est susceptible d'être sensiblement différent de l'estimation de l'effet ». [73]

L'ECR étant le schéma d'étude avec un **niveau de qualité élevé**, les études ayant ce schéma disposent d'un **haut niveau de preuve scientifique**.

Il est toutefois important de noter que plusieurs facteurs peuvent influencer ce niveau de preuve scientifique. Ces derniers sont :

- Les différents risques de biais des études,
- Les imprécisions,
- Les hétérogénéités des résultats,
- Les caractères indirects de la preuve,
- Les biais de publication. [74]

L'utilisation de ce système permet d'avoir une évaluation de la qualité de preuve des résultats des études de notre revue. Cette évaluation est **reproductible et standardisée** même si cela reste **subjectif**.

Le **critère de jugement évalué** ici par ce système correspond à l'**angle de cyphose dorsale** (angle de Cobb). Dans nos études incluses, il est diagnostiqué par le biais de divers outils :

- Un **examen radiologique (méthode de Cobb modifiée)** [18,35],
- Le **système de souris vertébrale** [16,50] et,
- Un smartphone comme inclinomètre en complément de la **Flexicurve** [4].

Nos études étant des **ECR**, elles démarrent avec un **niveau de preuve élevé**. D'après l'**échelle PEDro** [61], trois de nos études sont de haute qualité (**Gheitasi et al. 2023** [35], **González-Gálvez N. 2023** [50] et **Feng et al. 2018** [16]) et deux sont de qualité modérée (**Park et al. 2022** [18] et **Elpeze and Usgu. 2022** [4])<sup>10</sup> (cf. 3.2 Les risques de biais des études incluses).

La non mise en aveugle des thérapeutes et des participants est le biais systématiquement rencontré dans nos études mais cela est en lien avec l'intervention où la mise en aveugle de ces derniers n'est pas possible. D'autre part, dans seulement deux études la mise en aveugle de l'examineur chargé de l'évaluation du critère de jugement a été appliquée [35,50]. Ces biais peuvent malgré tout affecter les résultats finaux des études. Un autre biais est présent dans toutes nos études sauf dans une [35], c'est celui à propos de l'allocation cachée des participants. Pour la majorité de nos études la personne chargée de répartir les participants dans les groupes n'était pas en aveugle ce qui engendre des biais potentiels.

Il est essentiel de rappeler que les auteurs des études d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4], de **Feng et al. 2018**[16] et de **Park et al. 2022** [18] ont indiqué l'absence de conflit d'intérêt. Les deux autres études n'ont émis aucune déclaration sur d'éventuels conflits d'intérêts [35,50].

Les articles d'**Elpeze and Usgu. 2022** [4] et de **González-Gálvez N. 2023** [50], eux, ont informé ne pas avoir reçu de source de financement pour la conception de leur étude. Deux études sur cinq ont spécifié une source de soutien financier [16,18]. Et la dernière étude [35] ne mentionne aucune information sur une éventuelle source de financement pour son déroulement.

Le financement de l'étude peut être une source de biais en influençant les résultats. Dans le cas où la source du financement de l'étude a un intérêt personnel/financier dans la diffusion de traitement à une plus large population, les auteurs peuvent être amenés à affirmer des résultats qui vont dans un sens favorable du traitement.

Les tailles d'effets et les IC de nos études sont tous en faveur des programmes. Néanmoins, lors du calcul du I<sup>2</sup>, de l'**hétérogénéité** est retrouvée dans nos résultats avec un test du I<sup>2</sup> supérieur à 50%.

---

<sup>10</sup> <https://pedro.org.au/english/summary-of-measurement-properties-of-the-pedro-scale/> (Consulté le 10/03/24)



Dans notre revue nous pouvons trouver, au niveau de nos études, des différences malgré l'application du modèle PICO (cf. 4.1.1 Analyse de l'homogénéité et de l'hétérogénéité des articles). Ce **caractère indirect** peut entraîner des variations au niveau des résultats.

Nos études étant réalisées sur des échantillons relativement faibles, cela peut créer de **l'imprécision** dans nos résultats. Mais l'ensemble de nos résultats est statistiquement significatif avec des IC non larges. Nous avons décidé de considérer l'imprécision due à la taille des échantillons sur nos résultats comme sérieuse.

Les **biais de publication** correspondent au fait que les études ayant trouvé des résultats non significatifs ont moins de chance d'être publiées. Dans l'élaboration de notre revue, nous n'avons pu inclure seulement que 5 études, nous considérons le biais de publication comme probable.

Facteurs	Notation	Critère de jugement principal
Type d'études	Élevé Faible	Élevé
Risque de biais	Non sérieux Sérieux (-1) Très sérieux (-2)	Sérieux (-1)
Hétérogénéité des résultats	Non importante Importante (-1) Très importante (-2)	Très importante (-2)
Caractère indirect des données	Non Incertitude (-1) Incertitude majeure (-2)	Incertitude (-1)
Imprécision	Non sérieuse Sérieuse (-1) Très sérieuse (-2)	Sérieuse (-1)
Biais de publication	Non Probable (-1) Très probable (-2)	Probable (-1)
Niveau de preuve	Élevé Modéré Faible Très faible	<b>Très faible à faible</b>

Tableau XX : Tableau synthétique de la qualité de preuve par le système GRADE [60]

Nous avons trouvé un niveau de preuve pour notre critère de jugement **allant de très faible à faible**, et ce même si nos études sont des ECR. Cela doit induire de la prudence chez les lecteurs dans l'interprétation des résultats.

### 4.3 Applicabilité des résultats en pratique clinique

L'ensemble des résultats de nos études incluses nous indique que la mise en place d'un programme d'exercices a une **action favorable sur l'évolution** de l'hypercyphose chez les adolescents avec une amélioration **ou a minima une stabilisation** de l'angle de Cobb. Quatre articles nous indiquent des résultats possédant une **pertinence clinique**. Il est malgré tout nécessaire d'être **prudent dans l'interprétation** de ces résultats au vu des différents biais identifiés et de la qualité de preuve des études intégrées dans cette revue. De ce fait, nous sommes dans l'incapacité de confirmer de manière certaine la pertinence clinique du traitement en pratique clinique.

Tous les programmes d'exercices varient d'une étude à l'autre dans leur composition (types d'exercices), durée, fréquence... Ils sont hétérogènes entre eux même s'ils comportent **tous une base commune**.

Études	Composition du programme d'exercices	Durée
<b>González-Gálvez N. 2023</b> [50]	Session de Pilates : exercices de tonification, exercices de renforcement et exercices d'étirement.	<b>2 sessions de 15 minutes</b> par semaine pendant <b>38 semaines</b> .
<b>Gheitasi et al. 2023</b> [35]	Exercices pour améliorer progressivement la posture, l'endurance musculaire et la force musculaire. Exercices de contrôle postural/proprioception, exercices de stabilité du tronc, exercices d'endurance/de renforcement, exercices d'étirement. Avec, en complément, le port d'un corset.	<b>60 minutes, 3 fois par semaine</b> pendant <b>24 semaines</b>
<b>Park et al. 2022</b> [18]	Étirements des groupes musculaires au niveau des principales articulations (avec l'aide de petits outils), exercices au niveau du cou avec l'aide de bandes, exercices au niveau du tronc, exercices issus de la méthode Schroth, exercices de renforcement, exercices d'étirement.	<b>60 minutes, 3 fois par semaine</b> pendant <b>12 semaines</b> .
<b>Elpeze and Usgu. 2022</b> [4]	GE1 (CCEP) : exercices correctifs. Abaissement du menton, étirements des muscles extenseurs du cou et muscles pectoraux, entraînement à la perception posturale, exercices de renforcement musculaire, auto-mobilisation. GE2 (TEP) : exercice localisé à la région thoracique. Étirements de muscles pectoraux, auto-mobilisation, renforcement musculaire. (C.f <b>Annexe 5a, 5b, 5c</b> : programmes détaillés)	<b>40 à 50 minutes, 3 fois par semaine</b> pendant <b>12 semaines</b> .
<b>Feng et al. 2018</b> [16]	Exercices correctifs de la cyphose spécifiques à la colonne vertébrale + le bassin : exercices de renforcement, exercices de contrôle postural (prise de conscience posturale/proprioception), auto-mobilisation, exercices d'étirement.	<b>15 à 20 minutes, 2 fois par semaine</b> pendant <b>8 semaines</b> .

Tableau XXI : Variabilité des programmes d'exercices

Il est important de noter que cette variété de programmes **se retrouve dans notre pratique clinique**. Il n'existe pas de programme d'exercices standardisé pour l'hypercyphose, même si ceux existants sont dans l'ensemble constitués des exercices similaires. La réalisation des exercices est également **patient-dépendant** : il y aura toujours des différences entre les patients dans la réalisation de l'exercice malgré la présence d'un superviseur pour apporter une correction si besoin.

La variabilité de la durée de programme nous montre que la mise en place d'exercices sur une session courte comme **un quart d'heure** peut aider à réduire la cyphose thoracique (**González-Gálvez N. 2023** [50] et **Feng et al. 2018** [16]). La réalisation d'exercices sur une faible durée pourrait empêcher l'apparition de lassitude chez les adolescents face au programme. La durée d'une séance se doit d'être **en moyenne de 30 minutes** selon le guide de pratique de la NGAP en Masso-Kinésithérapie [75]. Si le programme se faisait sur 15 minutes, cela permettrait d'associer les programmes d'exercices à d'autres manœuvres de rééducation afin de probablement majorer l'effet.

Il est également intéressant de noter que dans l'étude **Feng et al. 2018** [16], une amélioration intra-groupe dans le GC au niveau de la cyphose thoracique (programme d'exercices réglementé par l'Etat). La différence intra-groupe n'a aucune valeur statistique, cependant cela permet de **poser l'hypothèse** que la réalisation d'une activité physique générale (non spécifique au tronc) serait bénéfique pour la santé du rachis chez les adolescents.

La **taille totale de l'échantillon** de notre revue de littérature est de **532**, ce qui reste faible pour poser une conclusion fiable sur la transférabilité des résultats à la population générale.

L'intérêt des programmes d'exercices est qu'il existe une **facilité pour leur application** et qu'ils sont **peu contraignants**: ils demandent très peu de matériel particulier (élastiques, tapis de yoga, poids...) qui par ailleurs n'est pas obligatoire. D'autre part, s'il y a utilisation de matériel, ce dernier possède un **faible coût et un faible encombrement**. Tous les MK ont les **compétences** pour instaurer ce traitement. Il est surtout nécessaire que le patient **adhère** et **soit motivé** par la mise en place d'un programme. Un bon **apprentissage** dans la réalisation des exercices est **primordial** pour permettre à l'adolescent de pratiquer en **autonomie** ou sinon la présence d'une **supervision** constante est nécessaire afin d'apporter toutes les corrections requises.

La balance bénéfique/risque est **favorable** pour le patient. Les programmes comportent très peu de risques pour l'adolescent (accidents bénins possibles). Même s'il faut interpréter les résultats avec prudence, la mise en place de programmes d'exercices **sera toujours bénéfique** et non délétère pour l'adolescent du point de vue santé générale. Cela sera toujours bienfaisant pour un adolescent atteint d'hypercyphose posturale de pratique des exercices afin d'au moins stabiliser l'angle de cyphose thoracique et de limiter son aggravation. De plus, d'après l'OMS, la plupart des adolescents ne font pas assez d'activité physique ce qui impacte leur santé<sup>11</sup>. Il sera toujours recommandé d'instaurer dans le quotidien des adolescents des programmes d'exercices afin **d'augmenter leur temps d'activité physique** et d'améliorer leur état de santé générale<sup>12</sup>.

Néanmoins, il existe certaines **contre-indications à la pratique d'exercices** comme les maladies cardio-vasculaires, des traumatismes récents, ... C'est pour cela qu'il est essentiel que le thérapeute réalise un **bilan diagnostique kinésithérapique** afin d'éliminer toutes les contre-indications. Les patients étant mineurs, il est nécessaire d'obtenir le **consentement de leurs parents** pour la mise en place d'un programme.

Le critère de jugement de notre revue est normalisé, cependant il existe plusieurs outils pour l'évaluer. Cela peut entraîner des différences au niveau des résultats par rapport au Gold Standard (méthode de Cobb modifiée). Ce dernier a pour défaut d'exposer l'adolescent à des rayons ionisants à la différence des autres outils de mesure. Les outils non-radiographiques possèdent néanmoins des niveaux de validité allant de faible à modéré. Mais cette diversité a pour avantage de laisser la liberté aux thérapeutes le choix de l'outil d'évaluation en fonction de leurs critères (prix, fiabilité, validité, ...) tout en garantissant un suivi du patient.

D'autre part, nous n'avons aucune donnée sur **l'évolution à long terme**. Avec nos études, nous ne pouvons pas savoir si à l'arrêt du programme il y a un maintien de l'angle ou s'il y a une perte des acquis. Il serait intéressant de faire des études ayant un suivi des participants à plus long terme afin d'observer l'évolution des effets du traitement dans le temps.

---

<sup>11</sup> <https://www.who.int/fr/news/item/22-11-2019-new-who-led-study-says-majority-of-adolescents-worldwide-are-not-sufficiently-physically-active-putting-their-current-and-future-health-at-risk> (Consulté le 24/03/24)

<sup>12</sup> <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity> (Consulté le 24/03/24)

De la même manière, il serait intéressant d'élaborer un programme d'exercices standardisé pour les adolescents touchés par l'hypercyphose posturale dans le but d'abaisser l'hétérogénéité entre les études et d'évaluer son efficacité au travers de plusieurs études. Cela nous permettrait de réaliser une **méta-analyse** pour étayer une conclusion ayant un **niveau de fiabilité plus élevé** (niveau de preuve supérieure par rapport à une revue de littérature).

En résumé, il est essentiel de **rester prudent dans cette notion d'efficacité statistique** du traitement mais celui-ci présente un **faible coût, peu de contraintes** (essentiellement participation active des patients avec peu de matériel nécessaire) et a pour avantage d'être un **traitement conservateur**. La pratique d'exercices présente **plus de bénéfices que de risques** pour les adolescents développant une hypercyphose posturale.

#### 4.4 Limites de notre revue de littérature

Au travers de notre revue de littérature, nous avons pu fournir une conclusion la plus exhaustive possible sur notre problématique grâce à nos études incluses. Cependant notre travail comporte quelques limites identifiées :

- **Biais de sélection** des études : la sélection des articles et l'extraction des données ont été réalisées par un seul lecteur. Une sélection et extraction par deux lecteurs aurait été plus efficient en atténuant le risque d'erreurs involontaires lors de ces étapes de notre revue. De plus, il est complexe de rédiger une équation de recherche qui permette de trouver un juste milieu entre le bruit et le silence. La sélection des articles a donc pu être impactée en passant, involontairement, à côté d'articles potentiellement éligibles pour notre revue.
- Notre choix de **schéma d'étude des articles intégrés** : dans notre méthode, nous avons pris la décision de sélectionner seulement des ECR afin de garantir une qualité de preuve. Mais ce choix arbitraire nous a limité dans la littérature disponible. Le nombre faible d'articles inclus dans notre revue dû à ce choix est également un biais. Il est important d'être attentif lors de la lecture des résultats et de la conclusion.
- Le **score PEDro** : nous avons fait le choix de ne pas mettre de contraintes dans les scores PEDro de nos études incluses afin que notre revue puisse intégrer un maximum d'articles. Ce choix a été fait pour la raison principale que la quantité d'ECR sur notre sujet dans la littérature est minime. Cela amène une qualité d'études hétérogène, avec des études qui comportent une qualité méthodologique fluctuante et des biais variables. La conclusion de notre revue, par ce choix, s'en retrouve impactée.
- **Hétérogénéité du traitement étudié** : l'intervention choisie présente des différences entre les études. Puisqu'il n'existe pas de programme d'exercices standardisé pour traiter l'hypercyphose posturale nous n'avons pas pu intégrer des études évaluant exactement le même programme. Nous avons donc pris la décision d'étudier des programmes d'exercices ayant une base commune. Notre intention première était surtout de savoir, si par la mise en place de n'importe quels exercices, une amélioration et/ou un maintien étaient observés dans notre population afin que la mise en place du traitement soit facile et accessible à tous les MK. Il serait nécessaire de développer un unique programme codifié et que ce dernier soit évalué par plusieurs études.

- **Limitation des langues de rédaction des articles** : nous avons accepté seulement les études rédigées en français et en anglais, nous limitant ainsi dans la sélection des articles. De ce fait, certains articles ayant l'ensemble des caractéristiques pour être inclus n'ont pas pu être intégrés faute de compréhension.
- **Limite des revues de littérature** : en l'absence de toute actualisation de la revue de littérature, inévitablement cette revue en viendra à être obsolète.
- **Biais de la rédactrice** : involontaire, nous avons pu laisser transparaître nos préjugés et nos croyances dans la rédaction de notre revue. Ce travail étant accompli lors de nos études et étant le premier que nous ayons été invités à écrire, il reste encore maladroit et de l'entraînement semble nécessaire. Il est donc bienvenu d'analyser nos résultats avec réserve.

Pour affiner au mieux la recherche des biais éventuels de notre travail, nous avons décidé d'exploiter la grille AMSTAR-2 (**annexe 11**). Les 16 items qui composent cette grille ont pour but d'évaluer la qualité méthodologique de cette revue de littérature. Les réponses admissibles aux items sont : sans objet (SO), non validé (NV), validé partiellement (VP) et validé (V). [76]

Items n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cotation	V	VP	V	VP	NV	NV	VP	V	V	V	SO	SO	V	V	SO	V

Tableau XXII : Cotations sur l'échelle AMSTAR-2

Nous pouvons observer une majorité de réponses validé/validé partiellement ce qui indique une validité interne élevée mais des sources de biais restant quand même présentes :

- Concernant l'item n°2, nous avons établi une méthode de recherche avant de conduire cette revue. Nous avons également décrit dans la partie « méthodes » les critères d'inclusion et d'exclusion des études et nous avons établi une question de recherche ciblée suivant la stratégie PICO. Néanmoins, nous n'avons pratiqué aucun enregistrement de protocole de recherche.
- Pour l'item n°4, nous avons répondu « validé partiellement » puisque nous n'avons pas appliqué une stratégie de recherche globale sur l'ensemble des ressources disponibles (pas de recherche dans les registres d'essais, absence de consultation d'expert, ...)
- Cette revue rentre dans le cadre d'un devoir de fin d'étude. Il a été accompli de manière individuelle ce qui implique la non-validation des items n°5 et n°6.
- Ayant commencé à donner les raisons d'exclusion des études à partir de l'étape de la lecture des abstracts, nous avons mis la cotation « validé partiellement » à l'item n°7.
- Pour l'item n°10, nous avons mis comme réponse « validé » car nous avons bien spécifié que certains auteurs des études incluses n'avaient pas mentionné d'informations sur une possible source de financement.

Les items n°11, n°12 et n°15 ne sont pas éligibles à notre revue puisque cette dernière est une revue de littérature qualitative et qu'aucune méta-analyse n'a été faite.

#### 4.5 Conflits d'intérêts

À propos des liens d'intérêts, nous mentionnons que nous n'avons **aucun conflit d'intérêt** éventuel dans la rédaction et la publication de cette revue. Nous n'avons également reçu **aucune source de financement** pour la confection de notre revue.

## 5 Conclusion

### 5.1 Implication pour la pratique clinique

Le but de cette revue est d'apprécier, en se référant sur les données scientifiques actuelles, la pertinence de la mise en place de programmes d'exercices chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale qui permettraient de réduire et/ou de maintenir l'angle de cyphose thoracique.

Les troubles non structurels de la colonne vertébrale sont considérés comme bénins et donc ne sont pas assez pris en charge. Alors que l'intervention étudiée ici pourrait éviter l'apparition de troubles structurels dans le temps lors de la croissance et limiter l'impact esthétique et psychologique liés à ce trouble postural. L'instauration d'un programme dans le quotidien d'un adolescent sera toujours bénéfique pour sa santé générale<sup>13</sup> et demande très peu de finances/de moyens. Il est nécessaire cependant, d'avoir une adhésion et une participation active de la part de l'adolescent.

Il est important de rappeler que cette revue comporte certaines limites comme l'hétérogénéité de l'intervention étudiée, la diversité des outils d'évaluation du critère de jugement, le nombre d'études incluses limité, l'existence de biais...

Les résultats des études incluses sont tous considérés comme statistiquement significatifs. D'autre part, une pertinence clinique des résultats est ressortie dans la majorité de nos études. La conclusion de cette revue tend à valider l'hypothèse que les programmes d'exercices sont favorables à la réduction et/ou au maintien de la cyphose thoracique chez les adolescents ayant le dos rond. Cependant, comme détaillé précédemment, il est nécessaire d'interpréter ces résultats avec prudence en raison de la présence de biais que ce soit au niveau des études incluses que dans l'élaboration de notre revue.

Bien que les résultats de notre revue soient intéressants en dépit d'insuffisances, ils concordent avec les résultats d'une autre revue systématique étudiant les effets des programmes d'exercices sur les courbures sagittales de la colonne vertébrale chez les adultes. Les résultats de la revue de **González-Gálvez N et al. 2019** [24] suggèrent que les programmes d'exercices ont un effet favorable, statistiquement significatif, sur l'angle de la cyphose thoracique chez les adultes.

### 5.2 Implication pour la recherche

Lors de nos recherches, nous avons constaté un manque de littérature sur le sujet. Des revues de littérature ont été publiées concernant les adultes et les personnes âgées [24] mais aucune à propos des adolescents. Par ailleurs, les études disponibles trahissent des lacunes au niveau de leur qualité méthodologique.

Il serait approprié de rajouter comme critère de jugement secondaire la force musculaire pour compléter l'évaluation de l'efficacité de ces programmes dans de futures études. De ce fait, par manque d'études ayant ce critère de jugement, cette revue s'est basée uniquement sur l'angle de cyphose thoracique pour évaluer l'efficacité des programmes d'exercices.

---

<sup>13</sup> <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity> (Consulté le 24/03/24)

Les études incluses dans cette revue ne nous permettent pas de nous prononcer sur l'évolution de la cyphose à long terme. Il serait pertinent de réaliser des études dans l'objectif d'observer cette évolution après l'arrêt des programmes. Cela permettrait de savoir s'il faut pratiquer les exercices sous forme de cure à renouveler potentiellement plusieurs fois.

D'autre part, cette revue a intégré des articles étudiant des programmes d'exercices qui comportent des variations entre eux. Il serait pertinent que des auteurs réalisent davantage d'études évaluant l'effet des différents types d'exercices afin d'établir un programme d'exercices comprenant les exercices les plus appropriés pour réduire l'hypercyphose et de comparer différentes durées et fréquences du programme.

Cela ouvrirait la possibilité qu'un unique programme d'exercices standardisé soit élaboré afin qu'une prochaine revue de littérature puisse aller plus en avant dans la qualité des preuves en réalisant une méta-analyse (ce qui n'est actuellement pas possible de faire en raison d'une hétérogénéité trop présente, test du  $I^2 > 50\%$ ). La validation d'un unique programme d'exercices standardisé permettrait également un accès facilité aux thérapeutes et aux adolescents à une référence normalisée.

## 6 Bibliographie

- [1] Michel Dufour. Anatomie de l'appareil locomoteur - Tome 3. Tête et tronc. vol. 3. 3rd ed. Elsevier Masson; 2017.
- [2] Czaprowski D, Stoliński Ł, Tyrakowski M, Kozinoga M, Kotwicki T. Non-structural misalignments of body posture in the sagittal plane. *Scoliosis Spinal Disord* 2018;13:6.
- [3] Alison Middleditch, Jean Oliver. *Functional Anatomy of the Spine*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann; 2005.
- [4] Elpeze G, Usgu G. The Effect of a Comprehensive Corrective Exercise Program on Kyphosis Angle and Balance in Kyphotic Adolescents. *Healthcare (Basel)* 2022;10.
- [5] Diebo BG, Varghese JJ, Lafage R, Schwab FJ, Lafage V. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? *Clin Neurol Neurosurg* 2015;139:295–301.
- [6] Dima C, Mitoiu B, Nartea R, Dima V, Mirea A. Hyperkyphotic posture among adolescents – still a public health problem. *Romanian Journal of Pediatrics* 2022;71:51–60.
- [7] Fon GT, Pitt MJ, Thies AC. Thoracic kyphosis: range in normal subjects. *AJR Am J Roentgenol* 1980;134:979–83.
- [8] Dadoorian D. *Grossesses adolescentes*. Toulouse: ERES; 2007.
- [9] González-Gálvez N, Marcos-Pardo PJ, Trejo-Alfaro H, Vaquero-Cristóbal R. Effect of 9-month Pilates program on sagittal spinal curvatures and hamstring extensibility in adolescents: randomised controlled trial. *Sci Rep* 2020;10:9977.
- [10] Poussa MS, Heliövaara MM, Seitsamo JT, Könönen MH, Hurmerinta KA, Nissinen MJ. Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *Eur Spine J* 2005;14:738–42.
- [11] Kolarova M, Kutiš P, Rusnak R, Hrčková Z, Hudáková Z, Lysá Ľ, et al. Analysis of body segments and postural state in school children. *Neuro Endocrinol Lett* 2019;40:17–23.
- [12] Kratenová J, Zejglicová K, Malý M, Filipová V. Prevalence and risk factors of poor posture in school children in the Czech Republic. *J Sch Health* 2007;77:131–7.
- [13] Gh ME, Alilou A, Ghafurinia S, Fereydounnia S. Prevalence of faulty posture in children and youth from a rural region in Iran. *Biomed Hum Kinet* 2012;4:121–6.
- [14] Stamenka Mitova. Frequency and prevalence of postural disorders and spinal deformities in children in primary school age. *Research in Kinesiology* 2015;43:21–4.
- [15] Zmyšlna A, Kiebzak W, Żurawski A, Pogorzelska J, Kotela I, Kowalski TJ, et al. Effect of physiotherapy on spinal alignment in children with postural defects. *Int J Occup Med Environ Health* 2019;32:25–32.
- [16] Feng Q, Wang M, Zhang Y, Zhou Y. The effect of a corrective functional exercise program on postural thoracic kyphosis in teenagers: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2018;32:48–56.
- [17] Leonard A, Sabina M. *The body posture and its imbalances in children and adolescents*. vol. XIV. 2014.
- [18] Park Y-J, Kim W-M, Yu J-H, Moon H-H, Seo Y-G. Effects of Combined Exercise Program on Spinal Curvature and Balance Ability in Adolescents with Kyphosis. *Children (Basel)* 2022;9.
- [19] Bomen BB, Kulkarni S. The Relationship between Addiction to Smartphone Usage and Protracted Shoulders, Forward Head Posture and Thoracic Kyphosis in College Students. *Int J Health Sci Res* 2022;12:220–6.



- [20] In T-S, Jung J-H, Jung K-S, Cho H-Y. Spinal and Pelvic Alignment of Sitting Posture Associated with Smartphone Use in Adolescents with Low Back Pain. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18.
- [21] Sinaki M, Brey RH, Hughes CA, Larson DR, Kaufman KR. Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: significance of kyphotic posture and muscle strength. *Osteoporos Int* 2005;16:1004–10.
- [22] Edmondston SJ, Chan HY, Ngai GCW, Warren MLR, Williams JM, Glennon S, et al. Postural neck pain: an investigation of habitual sitting posture, perception of “good” posture and cervicothoracic kinaesthesia. *Man Ther* 2007;12:363–71.
- [23] Özer Kaya D, Toprak Çelenay Ş. An investigation of sagittal thoracic spinal curvature and mobility in subjects with and without chronic neck pain: cut-off points and pain relationship. *Turk J Med Sci* 2017;47:891–6.
- [24] González-Gálvez N, Gea-García GM, Marcos-Pardo PJ. Effects of exercise programs on kyphosis and lordosis angle: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2019;14:e0216180.
- [25] Stamenka Mitova, Daniela Popova, Mariya Gramatikova. Postural Disorders and spinal deformities in children at primary school age. System for screening, examination, prevention and treatment. *Activities in Physical Education and Sport* 2014;4:172–7.
- [26] Garoflid N, Fragnière B, Dutoit M. ["Round back" in children and adolescents]. *Rev Med Suisse Romande* 2000;120:815–20.
- [27] Zaina F, Atanasio S, Ferraro C, Fusco C, Negrini A, Romano M, et al. Review of rehabilitation and orthopedic conservative approach to sagittal plane diseases during growth: hyperkyphosis, junctional kyphosis, and Scheuermann disease. *Eur J Phys Rehabil Med* 2009;45:595–603.
- [28] Lambert FX, Decante C, Mayrargue E, Guillard S, Chalopin A, Hamel A. Existe-t-il des indications chirurgicales dans le Scheuermann de l'adolescent ? 2020.
- [29] Hala M. Hanfy, Mohamed A. Awad, Abdel Hamid A. Atta Allah. Effect of Exercise on Postural Kyphosis in Female after Puberty. *Indian J Physiother Occup Ther* 2012;6:190–4.
- [30] Noordeen MHH, Garrido E, Tucker SK, Elsebaie HB. The Surgical Treatment of Congenital Kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:1808–14.
- [31] Miladi L. Round and angular kyphosis in paediatric patients. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2013;99:S140–9.
- [32] Pinel-Giroux F-M, Mac-Thiong J-M, de Guise JA, Berthonnaud É, Labelle H. Computerized Assessment of Sagittal Curvatures of the Spine. *J Spinal Disord Tech* 2006;19:507–12.
- [33] Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Janik TJ, Holland B. Reliability of centroid, Cobb, and Harrison posterior tangent methods: which to choose for analysis of thoracic kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26:E227-34.
- [34] Grindle DM, Mousavi SJ, Allaire BT, White AP, Anderson DE. Validity of flexicurve and motion capture for measurements of thoracic kyphosis vs standing radiographic measurements. *JOR Spine* 2020;3.
- [35] Gheitasi M, Bayattork M, Kolur MK. Adding corrective exercises along with bracing for postural hyperkyphosis among adolescents: A randomized controlled trial. *PM R* 2023;15:872–80.

- [36] M. Ripani, A. Di Cesare, A. Giombini, L. Agnello, F. Fagnani, F. Pigozzi. Spinal curvature: comparison of frontal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment. *J Sports Med Phys Fitness* 2008;48.
- [37] Ramova EP, Poposka A, Lazovic M. School Screening for Bad Posture with Spine Mouse Device. *Macedonian Journal of Medical Sciences* 2010;1:1–6.
- [38] Elpeze G, Usgu G, Yiğit S. Reliability of the Smartphone Application Inclinator and Flexicurve in Measuring Thoracic Kyphosis. *Cureus* 2023;15:e35886.
- [39] Greendale GA, Nili NS, Huang M-H, Seeger L, Karlamangla AS. The reliability and validity of three non-radiological measures of thoracic kyphosis and their relations to the standing radiological Cobb angle. *Osteoporosis International* 2011;22:1897–905.
- [40] Barrett E, McCreesh K, Lewis J. Intrarater and Interrater Reliability of the Flexicurve Index, Flexicurve Angle, and Manual Inclinator for the Measurement of Thoracic Kyphosis. *Rehabil Res Pract* 2013;2013:1–7.
- [41] Faramarzi Kohneh Shahri Y, Ghani Zadeh Hesar N. Validity and reliability of smartphone-based Goniometer-Pro app for measuring the thoracic kyphosis. *Musculoskelet Sci Pract* 2020;49:102216.
- [42] Gipsman A, Rauschert L, Daneshvar M, Knott P. Evaluating the Reproducibility of Motion Analysis Scanning of the Spine during Walking. *Adv Med* 2014;2014:1–9.
- [43] Roman I, Luyten M, Croonenborghs H, Lason G, Peeters L, Byttebier G, et al. Relating the Diers formetric measurements with the subjective severity of acute and chronic low back pain. *Med Hypotheses* 2019;133:109390.
- [44] Negrini S, Aulisa L, Ferraro C, Fraschini P, Masiero S, Simonazzi P, et al. Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. *Eura Medicophys* 2005;41:183–201.
- [45] Kesh Patel. *Corrective Exercise: A Practical Approach*. Routledge; 2014.
- [46] Seidi F, Rajabi R, Ebrahimi I, Alizadeh MH, Minoonejad H. The efficiency of corrective exercise interventions on thoracic hyper-kyphosis angle. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2014;27:7–16.
- [47] Florence Peterson Kendall, Elizabeth Kendall McCreary, Patricia Gelse Provance, Mary McIntyre Rodgers, William Anthony Romani. *Muscles Testing and Function with Posture and Pain*. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- [48] Røijezon U, Clark NC, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther* 2015;20:368–77.
- [49] Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, Fredericson M. Core Stability Exercise Principles. *Curr Sports Med Rep* 2008;7:39–44.
- [50] González-Gálvez N, Marcos-Pardo PJ, Albaladejo-Saura M, López-Vivancos A, Vaquero-Cristóbal R. Effects of a Pilates programme in spinal curvatures and hamstring extensibility in adolescents with thoracic hyperkyphosis: a randomised controlled trial. *Postgrad Med J* 2023;99:433–41.
- [51] Gabriela M, Gottlieb V, Junges S, Gottlieb MG, Baptista RR, De Quadros CB, et al. Effectiveness of pilates method for the posture and flexibility of women with hyperkyphosis. vol. 20. 2012.
- [52] Kuo Y-L, Tully EA, Galea MP. Sagittal Spinal Posture After Pilates-Based Exercise in Healthy Older Adults. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:1046–51.

- [53] Navega MT, Furlanetto MG, Lorenzo DM, Morcelli MH, Tozim BM. Effect of the Mat Pilates method on postural balance and thoracic hyperkyphosis among elderly women: a randomized controlled trial. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia* 2016;19:465–72.
- [54] Santos TS, Oliveira KKB, Martins LV, Vidal APC. Effects of manual therapy on body posture: Systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 2022;96:280–94.
- [55] Kamali F, Shirazi SA, Ebrahimi S, Mirshamsi M, Ghanbari A. Comparison of manual therapy and exercise therapy for postural hyperkyphosis: A randomized clinical trial. *Physiother Theory Pract* 2016;32:92–7.
- [56] Jung S-H, Hwang U-J, Ahn S-H, Kim J-H, Kwon O-Y. Effects of Manual Therapy and Mechanical Massage on Spinal Alignment, Extension Range of Motion, Back Extensor Electromyographic Activity, and Thoracic Extension Strength in Individuals with Thoracic Hyperkyphosis: A Randomized Controlled Trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2020;2020:6526935.
- [57] Mirafzal S, Sokhanguuee, Sadeghi. The Effect of A Combination of Corrective Exercise and Spinal Taping on Balance in Kyphotic Adolescent. *Physical Education And Sport Science Quarterly (Pessq)* 2011:18–24.
- [58] Borzì F, Szychlinska M, Di Rosa M, Musumeci G. A Short Overview of the Effects of Kinesio Taping for Postural Spine Curvature Disorders. *J Funct Morphol Kinesiol* 2018;3:59.
- [59] Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie, La Revue* 2015;15:39–44.
- [60] Haute Autorité de Santé. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. *État Des Lieux* 2013.
- [61] PEDro. Échelle PEDro-Français. 2010.
- [62] Brosseau L, Laroche C, Sutton A, Guitard P, King J, Poitras S, et al. Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro. *Physiother Can* 2015;67:232–9.
- [63] Goldet G, Howick J. Understanding GRADE: an introduction. *J Evid Based Med* 2013;6:50–4.
- [64] Mahboobe Tavana Kermani, Ahmad Ebrahimi Atri, Nahid Khoshraftar yazdi. The Effect of Eight Weeks Corrective Exercise on the Functional Kyphosis Curvature in the Teenager Girls. *توانبخشی طب پژوهشی - علمی فصلنامه* 2017;6.
- [65] Özdemir Görgü S, Algun ZC. A randomized controlled study of the effect of functional exercises on postural kyphosis: Schroth-based three-dimensional exercises versus postural corrective exercises. *Disabil Rehabil* 2023;45:1992–2002.
- [66] Ahmadi Hossain, Yalfani Ali, Gandomi Farzaneh. The Effect of Eight-Week Water-Based Corrective Exercises on Forward Head, Rounded Shoulder, Thoracic Hyperkyphosis Posture, and Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. 2019.
- [67] YAZICI AG, MOHAMMADI M. The effect of corrective exercises on the thoracic kyphosis and lumbar lordosis of boy students. *Turkish Journal of Sport and Exercise* 2017:177–81.
- [68] Shavandi nader, Shahrjerdi shahnaz, Heidarpour rahmatolah, Sheikh-Hoseini rahman. The effect of 7 weeks corrective exercise on thoracic kyphosis in hyper-kyphotic students. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences* 2011;13:42–50.

- [69] Esmaeili Z, Ghani Zadeh Hesar N, Mohammad Ali Nasab Firouzjah E, Roshani S, Zadeh Hesar GN, Ali Nasab Firouzjah ME. Comparing the Effect of Functional Corrective Exercises Versus Core Stability Exercises and a Combined Program on Forward Head Posture and Kyphosis in Female Adolescence. vol. 8. 2021.
- [70] Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother* 2020;66:59.
- [71] Bero L, Chiu K, Grundy Q. The SSSPIN study—spin in studies of spin: meta-research analysis. *BMJ* 2019;l6202.
- [72] Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *J Exp Psychol Gen* 2012;141:2–18.
- [73] Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol* 2011;64:401–6.
- [74] Ryan R, Hill S. How to GRADE the quality of the evidence. *Cochrane Consumers and Communication Group* 2016.
- [75] Commission Paritaire Régionale des Masseurs-Kinésithérapeutes d’Auvergne-Rhône-Alpes. Guide pratique de la NGAP en Masso-Kinésithérapie. 2020.
- [76] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 2017;j4008.
- [77] Niaradi F dos SL, Niaradi MF dos SL, Gasparetto MERF. Effect of Eutonia, Holistic Gymnastics, and Pilates on body posture for pre-adolescent girls: Randomized clinical trial. *J Bodyw Mov Ther* 2022;30:226–36.
- [78] González-Gálvez N, Vaquero-Cristóbal R, Marcos-Pardo PJ. Effect of Pilates Method on muscular trunk endurance and hamstring extensibility in adolescents during twelve weeks training and detraining. *J Bodyw Mov Ther* 2020;24:11–7.
- [79] Huang Y, Zhai M, Zhou S, Jin Y, Wen L, Zhao Y, et al. Influence of long-term participation in amateur sports on physical posture of teenagers. *PeerJ* 2022;10:e14520.
- [80] Azizi M. The effect of hydrotherapy on some of the selected parameters related to Kyphosis in Kyphotic girls. *Procedia Soc Behav Sci* 2011;15:1595–9.
- [81] Tarasi Z, Rajabi R, Minoonejad H, Shahrbanian S. The Effect of Spine Strengthening Exercises and Posture Training on Functional Thoracic Hyper Kyphosis in Young Individuals. *Journal of Advances in Medical and Biomedical Research* 2019;27:23–31.
- [82] Abd-Eltawab AE, Ameer MA. The efficacy of Theraband versus general active exercise in improving postural kyphosis. *J Bodyw Mov Ther* 2021;25:108–12.
- [83] Sanz-Mengibar JM, Sainz-de-Baranda P, Santonja-Medina F. Training intensity and sagittal curvature of the spine in male and female artistic gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58.
- [84] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2: traduction française de l’échelle de qualité méthodologique pour les revues de littérature systématiques. *Kinésithérapie, La Revue* 2021;21:13–4.

## 7 Annexes

**Annexe 1** : Grade des recommandations de la HAS [60].

**Annexe 2** : Équation de recherche utilisée sur PubMed (version développée).

**Annexe 3** : Échelle PEDro [61].

**Annexe 4** : Justification des exclusions des études lors de l'étape de la lecture des abstracts.

**Annexe 5a** : Calendrier des 2 programmes d'exercices (CCEP et TEP) [4].

**Annexe 5b** : Programme d'exercices détaillé du GE1 [4].

**Annexe 5c** : Programme d'exercices détaillé du GE2 [4].

**Annexe 6** : Calculateur d'IC à 95% de l'étude de Gheitasi et al.2023 [35].

**Annexe 7** : Calculateur d'IC à 95% de l'étude Park et al.2022 [18].

**Annexe 8** : Calculateur d'IC à 95% de l'étude Feng et al.2018 [18].

**Annexe 9** : Calculateur d'IC à 95% de l'étude González-Gálvez N.2023 [18].

**Annexe 10** : Calculateur d'IC à 95% de l'étude Elpeze and Usgu. 2022 [4].

**Annexe 11** : Grille de l'AMSTAR-2 [76].

**Annexe 1:** Grade des recommandations de la HAS [60].

**Tableau 2. Grade des recommandations**

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).

**Annexe 2 :** Équation de recherche utilisée sur PubMed (version développée).

```
((("kyphosis"[MeSH Terms] OR "kyphosis"[All Fields] OR ("round"[All Fields] AND "back"[All Fields]) OR "round back"[All Fields] OR (("postural"[All Fields] OR "posturally"[All Fields] OR "posture"[MeSH Terms] OR "posture"[All Fields] OR "postures"[All Fields] OR "postured"[All Fields] OR "posturing"[All Fields]) AND ("kyphosis"[MeSH Terms] OR "kyphosis"[All Fields] OR "hyperkyphosis"[All Fields]))) OR ("kyphosing"[All Fields] OR "kyphosis"[MeSH Terms] OR "kyphosis"[All Fields] OR "kyphoses"[All Fields])) AND ("adolescences"[All Fields] OR "adolescence"[All Fields] OR "adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "adolescence"[All Fields] OR "adolescents"[All Fields] OR "adolescent s"[All Fields] OR ("adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "teenage"[All Fields] OR "teenager"[All Fields] OR "teenagers"[All Fields] OR "teenaged"[All Fields] OR "teenager s"[All Fields] OR "teenages"[All Fields])) AND ("physical therapy modalities"[MeSH Terms] OR ("physical"[All Fields] AND "therapy"[All Fields] AND "modalities"[All Fields]) OR "physical therapy modalities"[All Fields] OR ("physical"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "physical therapy"[All Fields] OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercising"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields]) OR ("strengthen"[All Fields] OR "strengthened"[All Fields] OR "strengthening"[All Fields] OR "strengthens"[All Fields]) OR "Muscular"[All Fields] OR ("stretch"[All Fields] OR "stretched"[All Fields] OR "stretches"[All Fields] OR "stretching"[All Fields] OR "stretchings"[All Fields]) OR ("pilate"[All Fields] OR "pilates"[All Fields]) OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR ("physical"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "physical activity"[All Fields])) AND (((("thoracal"[All Fields] OR "thoracical"[All Fields] OR "thorax"[MeSH Terms] OR "thorax"[All Fields] OR "thoracic"[All Fields] OR "thoracics"[All Fields]) AND ("curvature"[All Fields] OR "curvatures"[All Fields])) OR (("kyphosing"[All Fields] OR "kyphosis"[MeSH Terms] OR "kyphosis"[All Fields] OR "kyphoses"[All Fields]) AND ("angle"[All Fields] OR "angled"[All Fields] OR "angles"[All Fields])) OR ("Cobb"[All Fields] AND ("angle"[All Fields] OR "angled"[All Fields] OR "angles"[All Fields]))) NOT ("scoliosis"[MeSH Terms] OR "scoliosis"[All Fields] OR "scolioses"[All Fields])
```

### Annexe 3 : Échelle PEDro [61].

#### Échelle PEDro – Français

- 
- |   |                              |                              |     |
|---|------------------------------|------------------------------|-----|
| 1. les critères d'éligibilité ont été précisés  | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)   | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 3. la répartition a respecté une assignation secrète  | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants  | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 5. tous les sujets étaient "en aveugle"   | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"   | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels  | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes   | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter" | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels   | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
| 11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité   | non <input type="checkbox"/> | oui <input type="checkbox"/> | où: |
- 

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010



### Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

- Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.
- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

**Annexe 4 :** Justification des exclusions des études lors de l'étape de la lecture des abstracts.

Étude	Justifications de l'exclusion
<b>Kamali F et al. 2016 [55]</b>	Mauvaise population : pas la bonne tranche d'âge.
<b>Niaradi F et al. 2022 [77]</b>	Mauvaise population (filles qui ne sont pas atteints d'hypercyphose posturale). + tous les groupes ont une intervention qui comporte des exercices.
<b>Hala M. Hanfy et al. 2012 [29]</b>	Mauvais schéma d'étude : n'est pas un ECR.
<b>Zmyšlna A et al. 2019 [15]</b>	Mauvaise intervention.
<b>González-Gálvez N et al. 2020 [78]</b>	Mauvais critère de jugement.
<b>Huang Y et al. 2022 [79]</b>	Mauvais schéma d'étude : étude non expérimentale.
<b>Mirafzal, S.F et al. 2011 [57]</b>	Mauvais critère de jugement.
<b>Azizi et al 2011 [80]</b>	Mauvais critère de jugement + mauvais schéma d'étude.
<b>Tarasi et al. 2019 [81]</b>	Mauvaise population : pas la bonne tranche d'âge.
<b>Abd-Eltawab and Ameer. 2021 [82]</b>	Mauvaise population : pas la bonne tranche d'âge.
<b>Sanz-Mengibar et al. 2018 [83]</b>	Mauvais critère d'inclusion : pas d'hypercyphose posturale + ce n'est pas un ECR.

**Annexe 5a :** Calendrier des 2 programmes d'exercices (CCEP et TEP) [4].

<b>Semaines</b>	<b>Des exercices</b>	<b>Intensité de l'exercice</b>
Semaines 1 à 2	Des exercices d'étirement	30 s/3 répétitions
	Automobilisation	1 min/2 répétitions
	Des exercices	5 × 2
Semaines 3 à 4	Des exercices d'étirement	30 s/3 répétitions
	Automobilisation	1 min/2 répétitions
	Des exercices	10 × 2
Semaines 5 à 8	Des exercices d'étirement	30 s/3 répétitions
	Automobilisation	1 min/2 répétitions
	Des exercices	10 × 3
Semaines 9 à 12	Des exercices d'étirement	30 s/3 répétitions
	Automobilisation	1 min/2 répétitions
	Des exercices	15 × 3

**Annexe 5b :** Programme d'exercices détaillé du GE1 [4].

Semaines	Programme complet d'exercices correctifs et programme d'entraînement à la perception posturale (CCEP)
Semaines 1 à 4	Exercices de repli du menton
	Étirement des muscles extenseurs du cou
	Étirement des groupes musculaires pectoraux en position debout et couchée
	Pontage en décubitus dorsal sur une surface stable
	Entraînement à la perception posturale
Semaines 5 à 8	Exercices de repli du menton
	Pontage en décubitus dorsal avec les genoux fléchis sur une surface instable (ballon)
	Levage unilatéral des bras et des jambes en position rampante
	Activation du muscle transverse de l'abdomen et mouvements unilatéraux des bras et des jambes en position assise sur une surface instable
	Exercice chat-chameau
	Étirement des groupes musculaires pectoraux en position debout et couchée
	Entraînement à la perception posturale
Semaines 9 à 12	Exercice de repli du menton
	Pontage en décubitus dorsal avec les genoux étendus sur une surface instable
	Levée homolatérale/controlatérale des bras et des jambes en position rampante
	Activation du muscle transverse de l'abdomen et mouvements des bras et des jambes controlatéraux en position assise sur une surface instable
	Exercice chat-chameau
	Étirement des groupes musculaires pectoraux en position debout et couchée
	Entraînement à la perception posturale
	<b>Programme d'exercices thoraciques (TEP)</b>

**Annexe 5c :** Programme d'exercices détaillé du GE2 [4].

	<b>Programme d'exercices thoraciques (TEP)</b>
Semaines 1 à 4	Exercice d'extension thoracique en position à genoux
	Étirement des groupes musculaires pectoraux en position debout et couchée
	Automobilisation
Semaines 5 à 8	T exercice en position couchée
	Y exercice en position couchée
	W exercice en position couchée
	Je m'exerce en position couchée
	Exercice chat-chameau
	Étirement des groupes musculaires pectoraux en position debout et couchée
	Automobilisation
Semaines 9 à 12	T exercice en position couchée
	Y exercice en position couchée
	W exercice en position couchée
	Je m'exerce en position couchée
	Exercice chat-chameau
	Étirement des groupes musculaires pectoraux en position debout et couchée
	Automobilisation

**Annexe 6 :** Calculateur d'IC à 95% de l'étude de Gheitasi et al.2023 [35].

**TO ESTIMATE A CONFIDENCE INTERVAL FOR THE DIFFERENCE  
BETWEEN TWO MEANS:**

Enter the mean of the control group here:	46,7		
Enter the estimated population standard deviation for the control group here:	10		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the control group here:	56		
Enter the mean of the experimental group here:	41		
Enter the estimated population standard deviation for the experimental group here:	6,8		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the experimental group here:	57		
Enter the required confidence interval (eg, 95%) here:	95		
<b>RESULT</b>			
The estimated difference between the two population means is:	5,7		
The estimated CI is:	2,52	to	8,88

**Annexe 7 :** Calculateur d'IC à 95% de l'étude Park et al.2022 [18].

**TO ESTIMATE A CONFIDENCE INTERVAL FOR THE DIFFERENCE  
BETWEEN TWO MEANS:**

Enter the mean of the control group here:	33,33		
Enter the estimated population standard deviation for the control group here:	2,72		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the control group here:	26		
Enter the mean of the experimental group here:	26,95		
Enter the estimated population standard deviation for the experimental group here:	5,03		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the experimental group here:	25		
Enter the required confidence interval (eg, 95%) here:	95		
<b>RESULT</b>			
The estimated difference between the two population means is:	6,38		
The estimated CI is:	4,12	to	8,64

**Annexe 8 :** Calculateur d'IC à 95% de l'étude Feng et al.2018 [18].

**TO ESTIMATE A CONFIDENCE INTERVAL FOR THE DIFFERENCE  
BETWEEN TWO MEANS:**

Enter the mean of the control group here:	43,59		
Enter the estimated population standard deviation for the control group here:	7,49		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the control group here:	83		
Enter the mean of the experimental group here:	38,31		
Enter the estimated population standard deviation for the experimental group here:	9,18		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the experimental group here:	81		
Enter the required confidence interval (eg, 95%) here:	95		
<b>RESULT</b>			
The estimated difference between the two population means is:	5,28		
The estimated CI is:	2,70	to	7,86

**Annexe 9 :** Calculateur d'IC à 95% de l'étude González-Gálvez N.2023 [18].

<b>TO ESTIMATE A CONFIDENCE INTERVAL FOR THE DIFFERENCE BETWEEN TWO MEANS:</b>			
Enter the mean of the control group here:	45,9		
Enter the estimated population standard deviation for the control group here:	8,2		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the control group here:	48		
Enter the mean of the experimental group here:	42		
Enter the estimated population standard deviation for the experimental group here:	9,4		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the experimental group here:	49		
Enter the required confidence interval (eg, 95%) here:	95		
<b>RESULT</b>			
The estimated difference between the two population means is:	3,9		
The estimated CI is:	0,34	to	7,46

**Annexe 10 :** Calculateur d'IC à 95% de l'étude Elpeze and Usgu. 2022 [4].

GC et GE1 :

<b>TO ESTIMATE A CONFIDENCE INTERVAL FOR THE DIFFERENCE BETWEEN TWO MEANS:</b>			
Enter the mean of the control group here:	35,28		
Enter the estimated population standard deviation for the control group here:	4,46		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the control group here:	19		
Enter the mean of the experimental group here:	25,17		
Enter the estimated population standard deviation for the experimental group here:	3,83		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the experimental group here:	21		
Enter the required confidence interval (eg, 95%) here:	95		
<b>RESULT</b>			
The estimated difference between the two population means is:	10,11		
The estimated CI is:	7,46	to	12,76

GC et GE2 :

<b>TO ESTIMATE A CONFIDENCE INTERVAL FOR THE DIFFERENCE BETWEEN TWO MEANS:</b>			
Enter the mean of the control group here:	35,28		
Enter the estimated population standard deviation for the control group here:	4,46		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the control group here:	19		
Enter the mean of the experimental group here:	28,65		
Enter the estimated population standard deviation for the experimental group here:	5,9		
Enter the sample size (eg, number of subjects) for the experimental group here:	22		
Enter the required confidence interval (eg, 95%) here:	95		
<b>RESULT</b>			
The estimated difference between the two population means is:	6,63		
The estimated CI is:	3,28	to	9,98

## Annexe 11 : Grille de l'AMSTAR-2 [84].

**Tableau I. Traduction française de AMSTAR-2.**

Items	Cotation
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?
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 ?
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?
6	Les auteurs ont-ils effectuée en double l'extraction des données ?
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?
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 ?
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 ?
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 ?



**Titre :** L'efficacité des programmes d'exercices dans l'évolution de l'angle de la cyphose thoracique chez les adolescents présentant une hypercyphose posturale.

**Title :** The effectiveness of exercise programs in the evolution of the angle of the thoracic kyphosis in adolescents with postural hyperkyphosis.

**Nombre de pages (avec les annexes) :** 71

**Directeur du Mémoire :** Mme GIMENEZ Katia

**Résumé : Introduction :** Chez les adolescents, la prévalence d'une posture altérée du rachis dans le plan sagittal est comprise entre 22% et 65%. L'attitude cyphotique peut n'être seulement que passagère bien que cela ne soit pas constamment le cas. Elle peut entraîner des conséquences nuisibles sur le rachis et affecter la qualité de vie. **Objectif :** Enquêter sur l'efficacité des programmes d'exercices dans l'amélioration et/ou le maintien de l'angle de Cobb chez les adolescents exposant une cyphose dorsale posturale. **Méthode :** Cette revue a respecté les lignes directrices PRISMA. Des essais cliniques randomisés admissibles à la revue ont été sélectionnés à la suite d'investigations dans des banques de données (PubMed, PEDro, Google Scholar et Science Direct). L'application de l'échelle PEDro et du système GRADE nous a permis d'apprécier respectivement la qualité méthodologique et le niveau de preuve des essais. **Résultats :** En fin de compte, cinq études ont été intégrées dans notre revue. Ces dernières ont publié des résultats statistiquement significatifs relatifs à la réduction de notre critère de jugement, à savoir l'angle de cyphose thoracique. Elles ont également avancé, pour la majorité, des effets cliniquement significatifs. Toutefois, ces articles renferment des biais identifiés qui peuvent avoir un impact préjudiciable sur les résultats. **Conclusion :** De l'hétérogénéité a été retrouvée entre les essais. D'autre part, nous ne trouvons dans la littérature qu'un faible nombre d'essais cliniques randomisés concernant cette population sur ce sujet. De plus, les essais sélectionnés pour cette revue contiennent certains biais et limites. Il est alors capital d'être attentif dans l'interprétation des résultats de cette revue. De nouvelles études visant à réduire l'hétérogénéité et à augmenter la qualité de preuve sont requises afin de parfaire notre synthèse.

**Abstract : Introduction :** In adolescents, the prevalence of altered spine posture in the sagittal plane is between 22% and 65%. The kyphotic condition may only be temporary although this is not always the case. It can have harmful consequences on the spine and affect quality of life. **Objective :** To investigate the effectiveness of exercise programs in order to understand whether they can improv and/or maintain Cobb angle in those adolescents who show a postural dorsal kyphosis. **Method :** This review followed PRISMA guidelines. Randomized clinical trials eligible for the review were selected following investigations in databases (PubMed, PEDro, Google Scholar and Science Direct). The application of the PEDro scale and the GRADE system allowed us to respectively assess the methodological quality and level of evidence of the trials. **Results :** Ultimately, five studies were included in our review. Those had published statistically significant results relative to our evaluation criteria, namely the angle of thoracic kyphosis. They also indicate, for the majority, clinically significant effects. However, these articles contain identified biases that may have a detrimental impact on the results. **Conclusion :** Heterogeneity was found between the trials. On the other hand, merely a low number of randomized clinical trials on this subject with the same target population can be found in literature. In addition, those trials selected for this review contain certain biases and limitations. It is therefore essential to be cautious when interpreting the results of this review. New studies aimed at reducing heterogeneity and improving the quality of evidence are required to perfect our synthesis.

**Mots clés :** adolescents, hypercyphose posturale, cyphose, dos rond, angle de Cobb, programme d'exercices, exercices, renforcement, étirements, essais cliniques randomisés.

**Keywords :** adolescents, postural hyperkyphosis, kyphosis, round back, Cobb angle, exercise program, exercises, strengthening, stretching, randomized clinical trials.