

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2020

THESE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**IMPACT DU SPORT CHEZ LES ADOLESCENTS AVEC UNE SCOLIOSE
IDIOPATHIQUE : REVUE DE LA LITTÉRATURE**

Présentée et soutenue publiquement le 16 Juin 2020 à 18h

au Pôle Formation

par Fanny MARANT

JURY

Président :

Monsieur le Professeur THEVENON

Assesseurs :

Monsieur le Professeur TIFFREAU

Monsieur le Professeur GIRARD

Monsieur le Docteur FRON

Directeur de thèse :

Monsieur le Professeur TIFFREAU

AVERTISSEMENT

« La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs »

LISTE DES ABREVIATIONS

ACTD : antécédents

AP : activité physique

CAP-BEP : certificat d'aptitude professionnel – Brevet d'Etude Professionnel

CNE : Conseil National d'

DEXA : Absorption biphotonique à rayon X (Dual X-ray Absorptiometry)

EPS : Education Physique et Sportive

FDR : Facteur de risque

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONAPS : Observatoire National Activité Physique

OR : Odd Ratio

SIA : Scoliose Idiopathique de l'Adolescent

SNC : Système Nerveux Central

SOSORT : Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I LA SCOLIOSE IDIOPATHIQUE DE L'ADOLESCENT (SIA)	1
1 <i>Posture rachidienne normale</i>	1
2 <i>Définitions</i>	2
3 <i>Classifications</i>	3
4 <i>Epidémiologie de la SIA</i>	5
5 <i>Hypothèses étiologiques de la SIA</i>	6
6 <i>Diagnostic de la SIA</i>	9
7 <i>Histoire naturelle de la SIA</i>	10
8 <i>Prise en charge thérapeutique</i>	12
II ACTIVITÉ PHYSIQUE	16
1 <i>Définition</i>	16
2 <i>Bénéfices de l'AP</i>	16
3 <i>Risques</i>	19
4 <i>État des lieux de la pratique d'AP chez les jeunes en France</i>	20
5 <i>Et chez les adolescents présentant une SIA ?</i>	21
OBJECTIF DE L'ÉTUDE	23
MATÉRIELS ET MÉTHODES	23
I RECHERCHE DES ARTICLES ET SÉLECTION	23
II ANALYSE ET CLASSIFICATION DES ARTICLES	24
III EXTRACTION DES DONNÉES ET ANALYSE	25
IV QUALITÉ DES ARTICLES	25
RÉSULTATS	26
I SÉLECTION DES ARTICLES	26
II CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES	27

DISCUSSION _____ **34**

I L'ACTIVITÉ PHYSIQUE EST-ELLE UN FACTEUR DE RISQUE (FDR) DE SURVENUE DE SIA? ... 34

 1 *Études de prévalence*..... 34

 2 *Recherche de facteur de risque* 38

II LE SPORT DOIT-IL ÊTRE CONTRE-INDIQUÉ ? 41

III L'AP ET LE SPORT COMME MOYEN THÉRAPEUTIQUE ? 43

IV QUELLE PRATIQUE Y A-T-IL DE NOS JOURS ? 46

V QUELLES SONT LES MODALITÉS DE PRATIQUE/ REPRISE DU SPORT APRÈS UNE CHIRURGIE DE SCOLIOSE ?..... 47

PERSPECTIVES : PROTOCOLE DE RECHERCHE_____ **52**

_____ **53**

CONCLUSION _____ **54**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES _____ **56**

Liste des illustrations

Figure 1 - Courbures rachidiennes physiologiques : lordose cervicale, cyphose thoracique, lordose lombaire tiré de Bin et al (2)	1
Figure 2 - Classifications des types de scoliose. Tiré de Négrini et al. (9).....	4
Figure 3 - Synopsis des critères de la classification de Lenke tiré de Lenke et al (12)	5
Figure 4 - L'Adam's bending test tiré de Kusnia et al(32)	9
<i>Figure 5 - Courbe de Duval-Beaupère tiré de Bin et al (4) P pour pente, R pour Risser 4</i>	11
Figure 6 - La classification de Risser en 5 stades : l'ossification se fait d'externe en interne selon Bin et al (4).....	11
Figure 7 - Arthrodèse par voie postérieure dans le SIA tiré de Cheng et al (5) a) radiographies préopératoire retrouvant une SIA avec courbure principale thoracique et contre-courbure lombaire b) radiographie postopératoire après arthrodèse postérieure thoracique	15
Figure 8 - Schéma intégratif des effets bénéfiques de l'activité physique dans les maladies chroniques d'après l'Expertise collective Inserm (43) (BDNF : Brain Derived Neurotrophin Factor, CV : cardiovasculaire, BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive....	18
<i>Figure 9 - Scoliose idiopathique et sport – diagramme de flux</i>	26
Figure 10 - Déroulement de l'étude.....	53

Liste des tableaux

Tableau 1 : Grade des recommandations selon HAS (48).....	24
Tableau 2 - Articles de pédagogie	28
Tableau 3 - Études épidémiologiques descriptives.....	29
Tableau 4 - Etudes épidémiologiques comparatives	30
Tableau 5 - Séries de cas	31
Tableau 6 - Etudes de cohorte.....	31
Tableau 7 - Essais cliniques	32
Tableau 8 - Revues de la littérature	33

RESUME

Contexte

La pratique de l'activité physique chez les adolescents présentant une scoliose idiopathique est une question encore débattue. L'activité physique et sportive possède de nombreux bénéfices notamment sur la fonction musculaire, respiratoire et sur la thymie des adolescents. Cependant, on ne connaît que très peu son impact sur la scoliose idiopathique en tant que facteur de risque de survenue, de facteur d'aggravation ou facteur protecteur de la déformation motivant la réalisation d'une revue de la littérature.

Méthode

Nous avons réalisé une revue sur les bases de données Pubmed-NCBI, Web of science, Science direct, EMC et Wiley. Les articles ont été sélectionnés en utilisant les mots-clés : idiopathic scoliosis, physical activity, athletes et sport. Les articles étaient publiés en Janvier 1999 et Décembre 2019 et retrouvés en entier en anglais ou français. Étaient exclus les articles abordant les exercices rééducatifs spécifiques de la scoliose et les scolioses non idiopathiques. Les articles inclus ont été classés selon leur type (articles de pédagogie, études épidémiologiques, de cohorte, séries de cas, essais cliniques et revue de la littérature).

Résultats

La recherche a permis d'identifier 1124 articles potentiels. 72 articles ont été présélectionnés en fonction de leur titre et du résumé. Après lecture des textes intégraux, seuls 49 articles ont été inclus dans l'analyse finale. Environ 86 % sont de faible niveau de preuve avec uniquement une étude randomisée de niveau 1 et 6 études de niveau 2. Aucune preuve n'existe sur la survenue de scoliose en raison du sport. Aucune preuve n'existe de l'aggravation de la déformation avec le sport. La reprise en post-opératoire n'est pas codifiée et dépend des pratiques du chirurgien. Elle ne doit pas être contre-indiquée mais encouragée. La pratique sportive pourrait constituer un outil rééducatif ludique. Ces données nécessitent d'être confirmés par des études.

Conclusion

Cette revue de la littérature permet un aperçu global des études sur la SIA et le sport. Devant leurs faibles niveaux de preuve, des études bien menées et randomisées sont nécessaires pour conclure à un impact de l'activité physique sur la scoliose.

INTRODUCTION

I La scoliose idiopathique de l'adolescent (SIA)

1 Posture rachidienne normale :

Le rachis constitue l'axe du corps et le pilier de l'appareil locomoteur. Sa posture permet de supporter les contraintes mécaniques du mouvement tout en protégeant l'axe nerveux(1) :

- Dans le plan frontal, le rachis est rectiligne,
- Dans le plan sagittal, trois courbures sont identifiées : la lordose cervicale, la cyphose lombaire et la lordose lombaire
- Dans le plan horizontal, les vertèbres sont alignées.

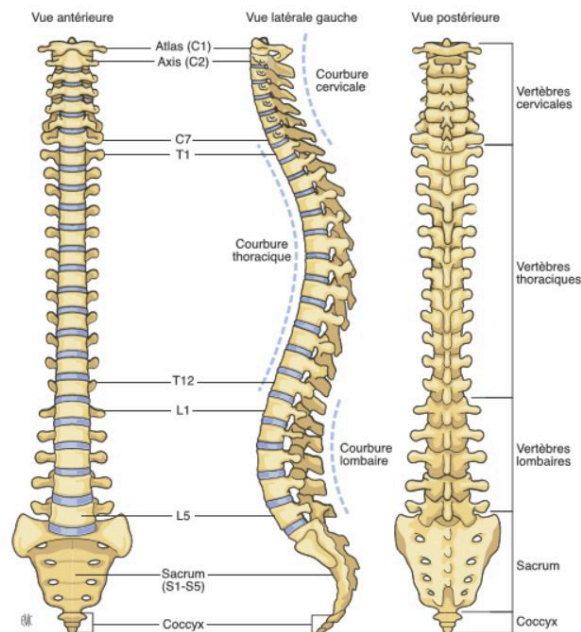


Figure 1 - Courbures rachidiennes physiologiques : lordose cervicale, cyphose thoracique, lordose lombaire tiré de Bin et al (2)

Cette posture s'est progressivement modifiée avec l'évolution de l'espèce humaine. L'avènement de la bipédie fut notamment permis par l'inversion de courbure lombaire et l'apparition de la lordose.

Toute anomalie de posture est appelée déformation rachidienne.

2 Définitions

2.1 Un peu d'histoire :

Les déformations rachidiennes et la scoliose sont connues depuis des millénaires et décrites pour la première fois dans l'Antiquité. Hippocrate les désigne sous le terme de Spina-luxata dans le « *Corpus Hippocraticum* » en 400 avant Jésus-Christ. Le terme « scoliose », signifiant tortueux en grec, sera utilisé pour la première fois par Galen (129 – 200 avant JC) (2).

2.2 La scoliose :

La scoliose correspond à une déformation tridimensionnelle du rachis avec :

- Inclinaison du rachis du côté de la courbure dans le plan frontal,
- Rotation vertébrale dans le plan transversal,
- Diminution de la lordose lombaire dans le plan sagittal (3)

2.3 Attitude scoliotique :

La scoliose ne doit pas être confondue avec une attitude scoliotique, où la déformation n'est pas fixée mais présente uniquement dans le plan frontal. Celle-ci est réductible après traitement de la cause. Les étiologies principales sont les inégalités de longueurs des membres inférieurs, les affections douloureuses du rachis (comme une spondylodiscite ou une spondylolyse), ou des causes oculaires (strabisme, paralysie oculomotrice) (4).

3 Classifications

Différentes formes de scoliozes existent. Elles peuvent être classées selon des modèles variés (5) :

Selon le type pathologique :

- Scolioses posturales : elles sont provoquées par un trouble postural et non par une faiblesse musculaire ou osseuse. Ce trouble peut être un défaut du mécanisme réflexe de posture ou par de mauvaises habitudes posturales.(6)
- Scolioses structurales : elles sont secondaires à une anomalie osseuse amenant à une contracture des tissus mous du côté concave de la courbure et réciproquement à un étirement du côté convexe.(6)

Selon l'âge de diagnostic (5) :

- Infantile : entre 0 et 2 ans.
- Juvénile : entre 3 et 9 ans.
- Adolescente : de 10 ans jusqu'à l'âge de maturité du squelette.
- Adulte : supérieure à 18 ans.

Selon l'amplitude de la courbure (7):

La sévérité de la SIA est définie par l'amplitude de sa courbure principale et donc de l'angle de Cobb.

- Un angle de 10 à 25° témoigne d'une scoliose non sévère.
- De 25 à 45°, la scoliose est modérée et potentiellement évolutive.
- Une scoliose supérieure à 45° est dite sévère et implique des complications importantes à l'âge adulte.

Selon la localisation de la courbure : Cervicale, thoracique, thoraco-lombaire ou lombaire.

Chronological (SoE: V)		Angular (SoE: VI)		Topographic (SoE: V)		
Age at diagnosis (years.months)		Cobb degrees		Apex		
					from	to
Infantile	0-2.	Low	Up to 20	Cervical	-	Disc C6-7
Juvenile	3-9.	Moderate	21-35	Cervico-thoracic	C7	T1
Adolescent	10-17.	Moderate to severe	36-40	Thoracic	Disc T1-2	Disc T11-12
Adult	18+	Severe	41-50	Thoraco-lumbar	T12	L1
		Severe to very severe	51-55	Lumbar		Disc L1-2
		Very severe	56 or more			

Figure 2 - Classifications des types de scoliose. Tiré de Négrini et al. (9)

Selon l'étiologie :

- Les scolioses idiopathiques : c'est un diagnostic d'exclusion. Elles correspondent à environ 80% des scolioses (7).
- Les causes secondaires surviennent dans un contexte de maladies neurologiques (paralysie cérébrale, maladie neuromusculaire, spina bifida, syringomyélie...), rachidiennes (malformation, spondylodiscite, ostéogène imparfaite...) ou syndromiques comme le syndrome d'Arnold Chiari ou celui de Marfan. Elles peuvent être congénitales ou apparaître au cours de la croissance (4). 20% des scolioses sont secondaires (7).

Selon la nature de la déformation tri-dimensionnelle :

Ces classifications sont plus complexes afin de décrire au mieux les courbures de la déformation. Ce sont, par exemple, celle de Poncet et al en 2001 (8) ou celle de Négrini en 2006 (9).

Spécifiques pour la mise en place des traitements :

- Traitement par corset : la classification de Lehnert-Schroth (10) ou celle de Rigo (11) permettant d'adapter le corset en fonction du type de déformation.

- Traitement chirurgical : la plus utilisée a été réalisée en 2001 par Lenke et al(12) permettant de guider le traitement de la SIA. Elle est basée sur les types de courbure (structurelle ou non), leur localisation, leur nombre et leur réductibilité. Les vertèbres incluses dans l'arthrodèse seront estimées en fonction de cette classification (12).

Curve Type				
Type	Proximal Thoracic	Main Thoracic	Thoracolumbar / Lumbar	Curve Type
1	Non-Structural	Structural (Major*)	Non-Structural	Main Thoracic (MT)
2	Structural	Structural (Major*)	Non-Structural	Double Thoracic (DT)
3	Non-Structural	Structural (Major*)	Structural	Double Major (DM)
4	Structural	Structural (Major*)	Structural	Triple Major (TM)
5	Non-Structural	Non-Structural	Structural (Major*)	Thoracolumbar / Lumbar (TL/L)
6	Non-Structural	Structural	Structural (Major*)	Thoracolumbar / Lumbar - Main Thoracic (TL/L - MT)

STRUCTURAL CRITERIA
(Minor Curves)

Proximal Thoracic: - Side Bending Cobb $\geq 25^\circ$
- T2 - T5 Kyphosis $\geq +20^\circ$

Main Thoracic: - Side Bending Cobb $\geq 25^\circ$
- T10 - L2 Kyphosis $\geq +20^\circ$


Thoracolumbar / Lumbar: - Side Bending Cobb $\geq 25^\circ$
- T10 - L2 Kyphosis $\geq +20^\circ$

*Major = Largest Cobb Measurement, always structural
Minor = all other curves with structural criteria applied

LOCATION OF APEX
(SRS definition)

CURVE	APEX
THORACIC	T2 - T11-12 DISC
THORACOLUMBAR	T12 - L1
LUMBAR	L1-2 DISC - L4

Modifiers

Lumbar Spine Modifier	CSVL to Lumbar Apex		Thoracic Sagittal Profile T5 - T12
A	CSVL Between Pedicles	A	- (Hypo) < 10°
B	CSVL Touches Apical Body(ies)	B	N (Normal) 10°- 40°
C	CSVL Completely Medial	C	+ (Hyper) > 40°

Curve Type (1-6) + Lumbar Spine Modifier (A, B, or C) + Thoracic Sagittal Modifier (-, N, or +)
Classification (e.g. 1B+): _____

Figure 3 - Synopsis des critères de la classification de Lenke tiré de Lenke et al (12)

4 Epidémiologie de la SIA

La forme la plus commune de scoliose est donc la SIA qui apparaît à l'adolescence. Sa prévalence dépend de sa répartition géographique. Elle est plus importante dans les régions avec une plus grande latitude (5). Elle est globalement de 1 à 3% de la population d'enfants âgé de 1 à 16 ans (13).

La SIA est prédominante chez la fille surtout dans les formes sévères. La proportion de scolioses de 10 à 20% est similaire chez les filles et les garçons. A partir d'un angle de

Cobb de 20°, elle augmente chez les filles jusqu'à atteindre un sex-ratio de 7 : 1 dans les SIA supérieures à 30° (7).

5 Hypothèses étiologiques de la SIA

L'origine de la SIA est, pour le moment, non identifiée. Une cause poly factorielle est acceptée avec l'intervention de facteurs multiples et intriqués : génétiques, biomécaniques, tissulaires, hormonaux, et neurosensoriels (14).

5.1 Facteurs génétiques :

Un facteur génétique est incontestable et la présence d'un antécédent (ATCD) familial de SIA est un facteur de risque (FDR) de survenue. La prévalence de SIA est de 11% chez des apparentés du 1^{er} degré (15). De plus, Kesling et al, dans sa méta-analyse de la SIA, a retrouvé une prévalence de 74% chez les jumeaux monozygotes et 36% chez les jumeaux dizygotes(16).

Certains gènes comme le POC5 (17), LBX1 et le GPR126 (18) semblent mis en cause. Leurs anomalies provoqueraient une altération de la matrice extracellulaire, des cellules ciliées et de la myélinisation du système nerveux central (SNC) amenant à une asymétrie droite/gauche (19). La mutation de la protéine ptk7 chez le zébrafish provoque une scoliose idiopathique similaire à celle des adolescents par modification des mouvements des cellules ciliées du SNC et altération du flux du LCR (20,21).

5.2 Facteurs biomécaniques et anomalies de la croissance :

L'étude anthropologique de l'homme montre que la scoliose est une pathologie de la bipédie. Aucun cas n'a été retrouvé chez nos ancêtres et chez les grands singes

quadrupèdes (22). Ceci peut être dû au fait que le rachis lombaire de l'Homme moderne est plus long que celui de nos ancêtres, permettant l'apparition de la lordose lombaire et la marche. Ce rachis est néanmoins plus susceptible à la déformation, et l'apparition de déséquilibres peut amener à la survenue d'une scoliose (22).

La SIA est une pathologie de la croissance qui s'aggrave avec celle-ci. Les adolescents scoliotiques sont plus grands que les autres; leur potentiel de croissance est supérieur à celui des enfants dans la population générale (5). Une perturbation de la croissance sur asymétrie initiale pourrait provoquer une augmentation des contraintes et l'aggravation de la déformation au niveau de la concavité. Le déséquilibre initial amènerait à une modification du tonus musculaire, à une faiblesse du système de maintien actif du rachis et une asymétrie des érecteurs du rachis entraînant une plus grande susceptibilité à la déformation. Un cercle vicieux s'installerait et la SIA s'auto-entretiendrait (14).

L'asymétrie initiale pourrait survenir en raison de la longueur du rachis lombaire ou par des asymétries de la croissance des corps vertébraux (23,24). La croissance des corps vertébraux est soumise à la loi de Hueter-Volkman : les contraintes perpendiculaires aux cartilages de croissance affectent la croissance en longueur. Si ces pressions augmentent, la croissance diminue et inversement, la croissance s'accélère avec une diminution de pression (25). Ceci pourrait également expliquer la survenue de scolioses dans le cadre des maladies neuromusculaires (14).

5.3 Facteurs tissulaires :

Des études ont montré la présence de certaines anomalies du tissu élastique chez des adolescents scoliotiques sans qu'on ne puisse définir si ces anomalies provoquent ou sont la conséquence de la déformation (14). La présence d'une ostéopénie est aussi plus fréquente, chez 36-38% des filles dans une étude de Cheng en 2000 (26). Les déformations rachidiennes et anomalies tissulaires semblent liées. Cette association

pourrait expliquer la présence de scoliose dans certaines maladies comme l'ostéogénèse imparfaite ou la maladie de Marfan (14).

5.4 Facteurs hormonaux et métaboliques :

Le rôle des hormones peut également être impliqué. Une diminution de la leptine est associée à une diminution du poids et de l'indice de masse corporel des adolescents présentant une SIA ce qui explique leur morphotype (27). Un retard pubertaire plus important a été observé chez les jeunes filles scoliotiques faisant supposer une plus grande exposition des vertèbres immatures aux contraintes (28). D'autres protéines ont été mises en cause comme la mélatonine pouvant causer l'apparition de trouble posturaux; ou la calmoduline amenant à de trouble du tonus musculaire (14).

5.5 SNC et anomalies neurosensorielles :

Des anomalies du contrôle postural sont suspectées, possiblement en lien avec des perturbations somatosensorielles, proprioceptives et vestibulaires (29). Celles-ci ont été objectivées grâce à la découverte d'une fausse représentation interne de la verticalité et un axe longitudinal perturbé (3).

Des anomalies de la substance blanche du corps calleux sur les imageries cérébrales des patients avec SIA ont été retrouvées pouvant expliquer des désordres somatosensoriels (29). Une asymétrie des canaux semicirculaires existent de façon congénitale chez les adolescents avec SIA participant à ces troubles(30).

5.6 Hypothèses pathogéniques :

Les multitudes de facteurs étiologiques font que la pathogénie de la SIA reste encore

difficilement explicable. De Sèze et al ont individualisé quatre grands groupes pathogéniques distincts résumant au mieux les hypothèses étiologiques décrites ci-dessus et leurs enchevêtrements. La SIA serait la conséquence de l'association de plusieurs facteurs (14) :

- Une dysrégulation asymétrique de la croissance osseuse,
- Une susceptibilité osseuse à la déformation,
- Des anomalies des tissus de maintien passif,
- Des perturbations de maintien actif.

6 Diagnostic de la SIA :

Elle est suspectée par l'examen clinique du rachis et l'Adam's Bending Test retrouvant une gibbosité du côté de la courbure lors de la flexion antérieure du tronc(31).

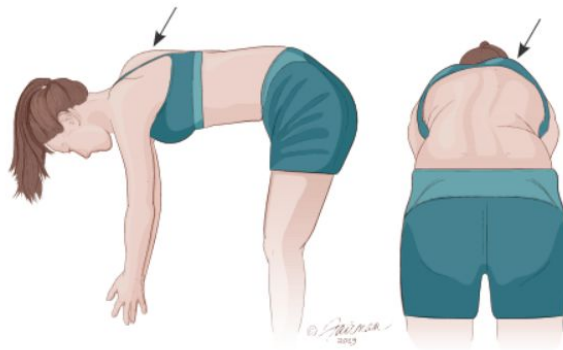


Figure 4 - L'Adam's bending test tiré de Kusnia et al(32)

Le diagnostic est porté par la mesure radiologique du plus grand angle de courbure de la déformation dans le plan frontal. Cet angle, nommé angle de Cobb, est défini comme étant l'angle entre la vertèbre limite supérieure et la vertèbre limite inférieure les plus inclinées dans le plan frontal. Il atteste d'une scoliose s'il est supérieur à 10° (5).

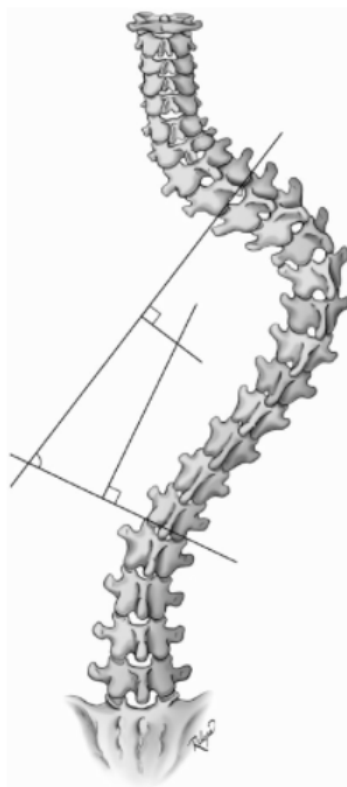


Figure 2 - La mesure de l'angle de Cobb tiré de Khan et al (2)

7 Histoire naturelle de la SIA :

Les principales complications retrouvées dans les SIA non prises en charge sont :

- L'aggravation de la déformation :

La taille de la déformation scoliotique tend à augmenter tout au long de la vie mais cette variation est soumise à des facteurs : l'âge du diagnostic, le stade pubertaire, la taille de la courbure initiale, et la position de l'apex (13).

Ainsi lors du diagnostic de SIA, l'évaluation de son potentiel d'évolutivité est importante. La courbe réalisée par Duval-Beaupère, initialement pour les scolioses post-poliomyélite, peut également être appliquée aux SIA (4).

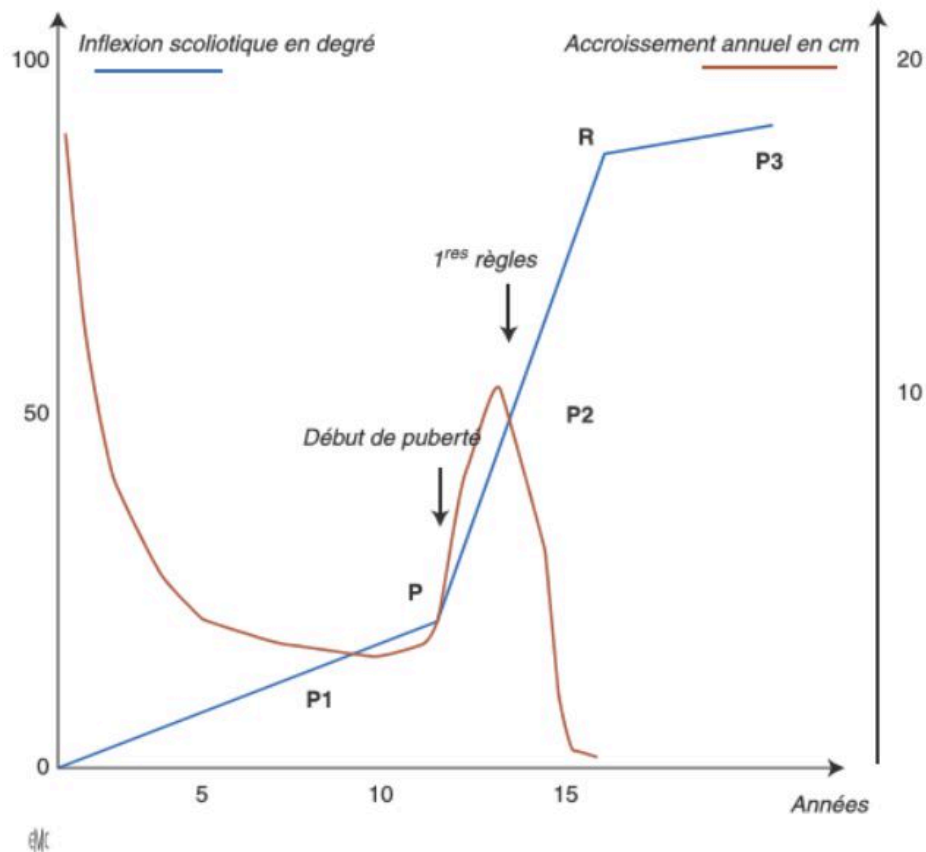


Figure 5 - Courbe de Duval-Beaupère tiré de Bin et al (4) P pour pente, R pour Risser 4

On remarque, sur cette courbe, une aggravation rapide de la scoliose avec le pic de la croissance lors du début de la puberté. Ainsi, un adolescent ayant un potentiel de croissance encore élevé avec un stade pubertaire faible sera plus à risque d'aggraver sa scoliose (5). L'évaluation radiographique de l'ossification du cartilage des ailes iliaques avec la classification de Risser en 5 stades, permet, en pratique, d'évaluer le stade de la croissance et d'orienter le traitement (4) :



Figure 6 - La classification de Risser en 5 stades : l'ossification se fait d'externe en interne selon Bin et al (4)

- Les troubles cardiorespiratoires :

Les déformations rachidiennes, surtout thoraciques, peuvent induire une diminution de force des muscles respiratoires avec à terme des troubles de la fonction respiratoire. Majoritairement, il s'agit de troubles respiratoires restrictifs avec une diminution de la capacité vitale et de la force expiratoire maximale qui est inversement proportionnelle à l'angle de Cobb (7). Ces troubles sont rares chez les SIA et interviennent surtout pour des angles de courbure $> 50^\circ$ (13).

- Les rachialgies :

Les études sont contradictoires avec certaines prouvant que les rachialgies sont fréquentes chez les adultes avec SIA tandis que d'autres études retrouvent des valeurs similaires à la population générale (13). On ne peut cependant pas négliger que la déformation induit une asymétrie musculaire et une augmentation des contraintes rachidiennes pouvant provoquer des rachialgies.

- Les troubles psychologiques :

Les adolescents atteints de SIA se retrouvent avec des troubles psychologiques plus importants que les adolescents sains en lien avec leur image corporelle et le préjudice esthétique de la SIA ou de son traitement (33).

8 Prise en charge thérapeutique

Les objectifs de la prise en charge thérapeutique sont de différentes natures (7) :

- Stopper la progression de la SIA lors de la puberté,
- Prévenir et traiter les troubles respiratoires,

- Prévenir et traiter les douleurs rachidiennes,
- Améliorer les troubles esthétiques par le contrôle postural.

En fonction du degré de courbure et de l'évolution de la SIA, le traitement sera fonctionnel, orthopédique et/ou chirurgical.

8.1 Traitement fonctionnel

Au vue de l'hypothèse du déséquilibre postural des patients avec SIA, des programmes d'exercices spécifiques de la scolioses ont vu le jour, la plus connue étant la méthode Schroth (34). Cette méthode implique des étirements, du renforcement musculaire, un travail de respiration et du schéma corporel qui sont individualisés en fonction du type de courbure de l'adolescent (10,34). Aucune étude scientifique n' a prouvé l'efficacité de la rééducation y compris des exercices spécifiques sur l'évolution de la scoliose (4,34,35). Néanmoins, elle peut être utile dans le cadre de troubles posturaux et de rachialgies en complément d'un traitement orthopédique ou chirurgical (4). Il permet également l'amélioration de la fonction respiratoire (évidence B) (7).

8.2 Traitement orthopédique : le corset

Les premières notions du traitement orthopédique datent du V^{ème} siècle avant J-C. Elles comportaient un système d'extension rachidiennes associées à des compressions focales au niveau de la déformation réalisé sur une table ou « banc d'Hippocrate ». Avec l'évolution des techniques, les premiers corsets en plâtre sont apparus dans l'ère prémoderne pour aider à la correction en préopératoire. C'est en 1924 que Lovett et Brewster décidèrent de modifier le corset et de l'utiliser seul pour traiter les scolioses. La théorie retenue était que l'ouverture de la charnière du côté de la concavité provoquerait

des forces verticales et horizontales qui permettraient une correction progressive de la SIA. Ce fut un succès pour corriger les courbures rachidiennes mais pas les rotations vertébrales. La correction était parfois tellement importante qu'elle provoquait l'apparition d'une nouvelle déformation du côté opposé.

Avec l'apparition du diagnostic radiologique et l'amélioration des techniques de corset, les chirurgiens ont de plus en plus retenu ce traitement comme étant une alternative optimale à la chirurgie. L'ère moderne a vu apparaître différents type de corset (corset de Milwaukee, de Wilmington, de Boston, de Charleston ou encore de Providence) et la modification des matériaux le constituant avec l'apparition des corsets en plastique (2) .

Le traitement orthopédique est le seul traitement non invasif pouvant réduire la progression de la SIA et prévenir la recours à la chirurgie (36). Il est indiqué pour les scolioses thoraciques supérieures ou égales à 20° avec une évolutivité de 1° par mois et un stade de Risser inférieur à 4. Pour les scolioses thoraco-lombaires ou lombaires, l'angle de Cobb doit être supérieur ou égal à 15° avec une évolutivité et un stade de Risser similaire à celui des SIA thoraciques (4).

8.3 Chirurgical

Lorsque la déformation est trop importante d'emblée ou s'aggrave malgré les traitements déjà mis en place avec un angle de Cobb > 45°, le seul moyen d'arrêter la progression et de stabiliser la SIA est l'arthrodèse vertébrale (4,5,13) . Les autres objectifs de la chirurgie sont de prévenir les complications à court et moyen terme, d'améliorer l'équilibre du tronc et les troubles esthétiques (13). Le traitement chirurgical concerne seulement 0,1% des patients atteints de SIA (5).

Deux types de voie d'abord existent : antérieure et postérieure. L'arthrodèse par voie antérieure est principalement utilisée dans les SIA thoraco-lombaires ou lombaires et permet de réaliser des discectomies afin d'améliorer la mobilité du rachis (5). Mais, ces

systèmes, comme l'instrumentation de Zeilke, ne sont pas sans risque. Il existe une tendance plus importante à la cyphose, à la pseudarthrose et la nécessité de port d'un corset en post-opératoire (13). L'arthrodèse par voie postérieure est la plus commune depuis les années 60 et l'apparition de la tige d'Harrington. Le système d'attache par vis pédiculaire tout le long de la courbure permet une correction par distraction et compression (5).

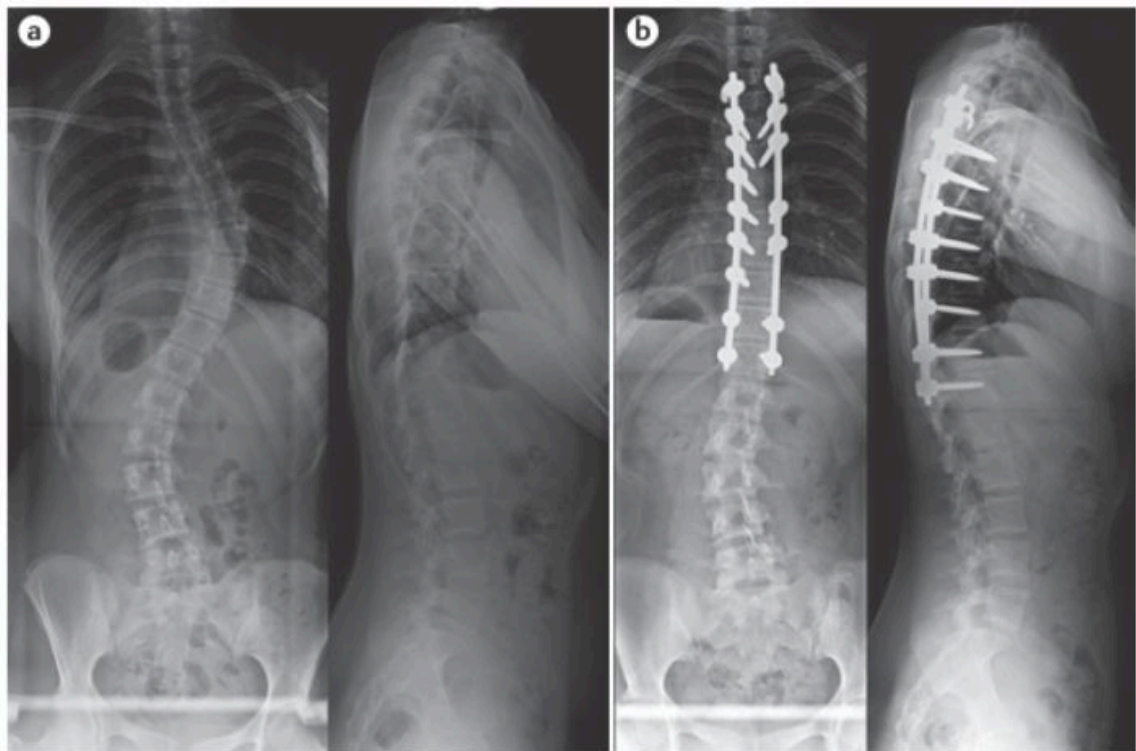


Figure 7 - Arthrodèse par voie postérieure dans le SIA tiré de Cheng et al (5) a) radiographies préopératoire retrouvant une SIA avec courbure principale thoracique et contre-courbure lombaire b) radiographie postopératoire après arthrodèse postérieure thoracique

II Activité physique

1 Définition

L'activité physique (AP) est définie par l'OMS comme tout mouvement corporel produit par les muscles qui requiert une dépense d'énergie (37).

D'après la charte européenne du sport, on entend par « sport » toutes formes d'activités physiques et sportives qui, à travers une participation organisée ou non, ont pour objectif l'expression ou l'amélioration de la condition physique et psychique, le développement des relations sociales ou l'obtention de résultats en compétition de tous niveaux » (38).

Pour les enfants et les jeunes gens, l'AP englobe notamment le jeu, les sports, les déplacements, les tâches quotidiennes, les activités récréatives, l'éducation physique ou l'exercice planifié, dans le contexte familial, scolaire ou communautaire (39).

2 Bénéfices de l'AP

L'INSERM a publié en 2008 un rapport complet sur les effets de l'AP sur la santé (40).

L'activité physique et sportive a, entre autres, de nombreux bénéfices :

- *Sur la fonction musculaire :*

Les entraînements en force permettent une augmentation de la masse musculaire totale et augmentation de la sensibilité à l'insuline. Les entraînements en endurance permettent d'améliorer la lutte contre le stress oxydatif musculaire.

- *Sur l'acquisition et le maintien du capital osseux :*

Par les contraintes mécaniques qu'elle implique, l'AP participe à la formation de tissu osseux. Ceci est surtout important pendant la croissance du squelette et lors de la phase d'activation hormonale de la puberté notamment. Plus l'AP comporte des

contraintes et des impacts, plus l'effet sur l'os est bénéfique avec une augmentation de la masse osseuse et de ses propriétés mécaniques (augmentation de la résistance à la fracture). Lorsque cette pratique apparaît plus tardivement, elle participe au ralentissement de la résorption osseuse et prévient l'ostéopénie.

- Sur la prévention et le traitement des risques cardio-vasculaires :

L'AP a des effets sur les vaisseaux sanguins en participant à l'augmentation du calibre de l'endothélium. Elle permet de limiter leurs altérations lors du vieillissement physiologique participant ainsi au traitement et à la prévention des maladies cardiovasculaires et du diabète. La plupart des études suggère notamment une relation inverse entre l'AP et la mortalité prématurée cardiovasculaire notamment coronarienne avec une réduction de 25 à 35%(41).

- Dans la limitation de la prise pondérale :

Avec augmentation de la masse maigre et réduction de l'adiposité abdominale. L'impact de l'AP associé à un régime sur la perte de poids est de l'ordre de quelques kilos par rapport au régime seul. Elle permet surtout le maintien de la perte de poids après amaigrissement initial sauf lors d'entraînements intensifs répétés. Au cours de régime, elle permet également une limitation de la perte de la masse maigre (initialement d'environ 25% du poids perdu).

- Sur l'humeur :

En augmentant le bien-être et la qualité de vie grâce à l'amélioration de l'estime de soi et la réduction de l'anxiété. L'AP aurait également un effet protecteur sur l'apparition de dépression (42).

- Dans la prévention de certains cancers :

L'effet préventif de l'AP a été démontré sur les cancers du côlon, du poumon, de la prostate, de l'endomètre et du cancer du sein avec une diminution du risque jusqu'à 50%.

- Sur la prévention et le traitement de maladies chroniques :

L'AP fait partie intégrante du traitement du handicap et des maladies chroniques et dégénératives notamment en prévenant les effets délétères de la sédentarité et de l'immobilisation.

- Sur la mortalité :

Une diminution de la mortalité globale chez l'adulte est possible entre 2 et 58% en fonction des séries ainsi que selon le type et le niveau d'activité.

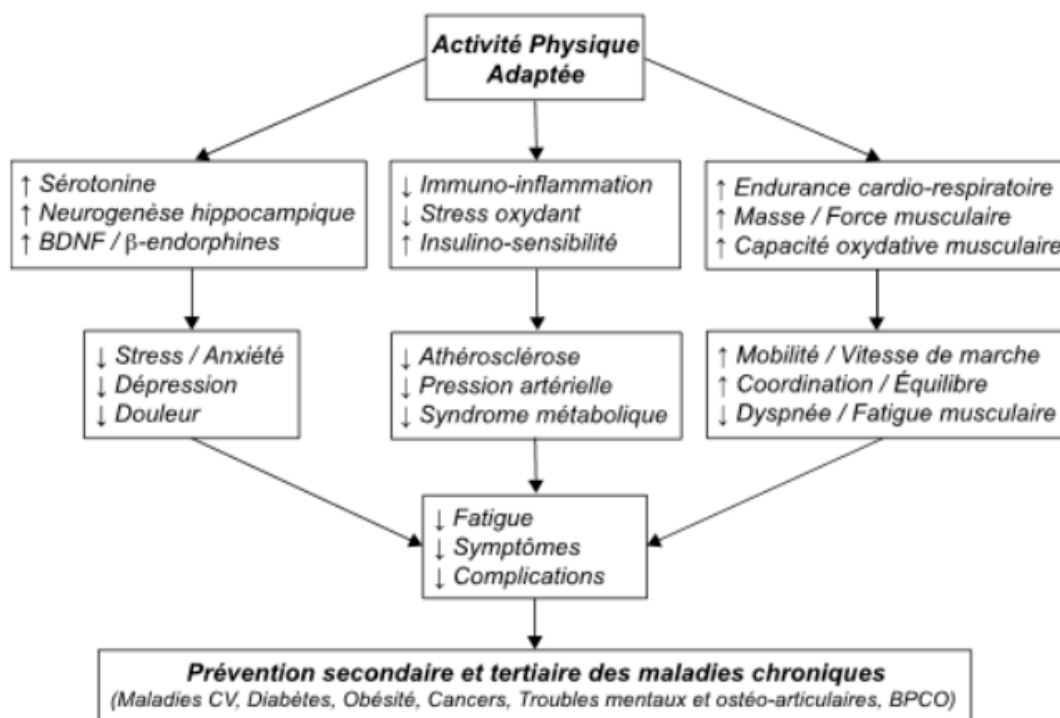


Figure 8 - Schéma intégratif des effets bénéfiques de l'activité physique dans les maladies chroniques d'après l'Expertise collective Inserm (43)

(BDNF : Brain Derived Neurotrophin Factor, CV : cardiovasculaire, BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive)

3 **Risques**

La pratique d'une activité physique ou sportive chez les adultes ou chez les enfants n'est pas dénuée de risques.

Les premiers sont d'ordres traumatiques. Les traumatismes ostéoarticulaires dépendent du type d'AP réalisée et de son intensité. Ils peuvent être aigus (entorses, fractures, luxations) ou de l'ordre des microtraumatismes c'est à dire dus à des sollicitations répétées (tendinopathies, instabilité articulaire, ostéochondroses chez l'enfant...). Les conséquences fonctionnelles peuvent être très importantes s'ils ne sont pas diagnostiqués précocement et bien pris en charge, avec des limitations de mobilité articulaire et l'apparition d'une sédentarité secondaire.

Ces traumatismes peuvent également concerner la sphère craniocérébrale avec la possibilité de commotions dans les sports de combats, de contact (football, rugby, hockey sur glace) mais également automobile ou hippique. Les complications neurologiques sont majeures en cas de commotions répétées et de retour au sport trop précoce surtout chez les enfants (41).

La spécialisation vers un seul sport apparait de plus en plus précocement chez les enfants et certains deviennent de vrais athlètes de haut niveau s'entraînant de manière intensive. Chez les filles athlètes, le besoin de performance et l'intérêt qu'elles portent à leur corps peuvent provoquer des troubles du comportement alimentaire et des aménorrhées primaires ou secondaires. À terme, de réelles ostéoporoses apparaissent. En plus des traumatismes ostéoarticulaires d'hyper sollicitations, la pratique intensive d'un sport implique une recherche de performance qui peut devenir excessive et être amplifiée par l'entourage de l'enfant (agents, entraîneurs, parents). Des troubles sociaux et émotionnels peuvent survenir chez des sujets isolés des enfants de leur âge (45).

La pratique d'une AP peut devenir une véritable addiction chez certains individus avec présence d'un syndrome de sevrage à l'arrêt. La pratique devient intensive, journalière et stéréotypée. La recherche de performance et de sensations à l'extrême peut dériver vers des conduites dopantes et la consommation de substances psychoactives. Il convient de dépister les sujets à risque et de rechercher d'autres surconsommations associées (autres addictions et poly consommations intriquées)(40).

4 État des lieux de la pratique d'AP chez les jeunes en France

En 2010, l'OMS a établi des recommandations en prévention primaire selon 3 classes d'âge (enfants et adolescents, adultes et personnes âgées) (39) :

1. Les enfants et jeunes gens âgés de 5 à 17 ans devraient accumuler au moins 60 minutes par jour d'AP d'intensité modérée à soutenue.
2. Le fait de pratiquer une AP pendant plus de 60 minutes apporte un bénéfice supplémentaire pour la santé.
3. L'AP quotidienne devrait être essentiellement une activité d'endurance. Des activités d'intensité soutenue, notamment celles qui renforcent le système musculaire et l'état osseux, devraient être incorporées au moins trois fois par semaine.

Des politiques éducatives en faveur du sport scolaire ont été mises en place depuis des années afin d'inciter les enfants à pratiquer de l'AP notamment avec le plan national de développement du sport scolaire de 2016 à 2020 et l'horizon des jeux olympiques en France. Une évaluation de l'état de l'AP des jeunes en France a été effectuée en 2018 par l'ONAPS (Observatoire National de l'Activité Physique et de la Sédentarité) (46). Il en ressort que chez les enfants, la majorité de la pratique d'AP serait réalisée par l'intermédiaire de l'école. Ainsi, un enfant sur deux n'aurait pas d'autre pratique physique et sportive.

Le temps horaire est de :

- Au primaire, trois heures hebdomadaires sont prévues pour l'EPS mais seulement 2h15 sont effectuées en moyenne.
- Au collège : 4h d'EPS hebdomadaires en 6ème, puis 3h en 5ème, 4ème et 3ème.
- Au lycée : 2h d'EPS hebdomadaires.

Au lycée, les filles sont davantage inaptées en EPS que les garçons lors des contrôles en cours de formation au lycée. Le taux de dispenses diminue dans tous les lycées (général et technologique, professionnel et CAP-BEP) mais il est deux à trois fois supérieur pour les filles par rapport aux garçons.

Environ la moitié des enfants et adolescents pratiquent une AP au sein des fédérations sportives. Les garçons sont significativement plus importants à avoir une licence sportive que les filles.

Les comportements sédentaires restent importants. L'OMS recommande « pas plus de 2 heures par jour de temps d'écran consacré aux loisirs ». En France seulement 34,6% des 6-10 ans, 17,0% des 11-14 ans et 8,4% des 15-17 ans respectent cette recommandation (Etude ESTEBAN 2016).

5 Et chez les adolescents présentant une SIA ?

La pratique d'une AP et sportive par les adolescents scoliotiques est une question qui reste encore débattue.

Dans les années 80, la pratique d'un sport n'était pas recommandée chez les adolescents avec SIA devant l'hypothèse de survenue de scoliose fonctionnelle dans le cadre de mouvement répétitifs asymétriques, à haute intensité. Becker avait entre autre trouvé, en 1986, une proportion plus importante de SIA chez les nageurs et développait l'hypothèse que ce sport pouvait être à l'origine de leur survenue (47).

De nos jours, les mentalités ont évolué et la nécessité de pratique de l'AP chez les jeunes est primordiale notamment pour lutter contre le surpoids et l'obésité en hausse.

Actuellement, les recommandations de la SOSORT (Scientific Society on Scoliosis Orthopaedics and Rehabilitation Treatment) datant de 2016 (7) sont que :

- Le sport ne doit pas être prescrit comme traitement dans la SIA.
- Les adolescents avec une SIA doivent pratiquer une AP mais des possibles restrictions peuvent avoir lieu selon l'évaluation du praticien surtout si un traitement orthopédique est instauré.
- Le sport en compétition doit notamment être évité chez les scolioses à haut risque de déformation.

Les pratiques actuelles sont donc variées et dépendantes du praticien nous amenant à nous poser la question de l'impact réel de l'AP sur les enfants : est-elle un facteur de risque de survenue de SIA comme allégué il y a 40 ans ? A-t-elle un impact négatif ou positif chez les adolescents présentant une SIA ? Doit-elle être contre-indiquée ou adaptée ? Que dire aux patients et aux familles ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons décidé de réaliser une revue de la littérature sur les 20 dernières années regroupant tous les articles abordant les SIA et la pratique de l'AP.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'objectif principal de cette revue est, donc, d'évaluer l'impact d'une activité sportive chez les adolescents avec SIA et de définir la nécessité d'une restriction sportive ou non dans cette population.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I Recherche des articles et sélection

La revue de la littérature a été réalisée à l'aide des bases de données Pubmed-NCBI, Web of science, Science direct, EMC et Wiley. Les articles ont été sélectionnés en utilisant les mots-clés : idiopathic scoliosis, physical activity, athletes et sport.

Ont été retenus, les articles publiés entre Janvier 1999 et Décembre 2019, abordant une relation, de toute nature, entre l'activité sportive et les adolescents ayant une scoliose idiopathique, opérée ou non. L'intervalle d'une vingtaine d'années a été choisi avec le postulat qu'il permettra d'obtenir un nombre d'articles suffisant incluant des données pertinentes pour la pratique de nos jours.

Ont été exclus les articles :

- Non retrouvés dans leur version intégrale,
- N'étant pas en langue française ou anglaise,
- Portant sur les troubles de la statique dans le plan sagittal uniquement,
- Abordant des exercices de kinésithérapie spécifiques à la scoliose,
- Concernant des scoliose non idiopathiques.

Le type d'article n'était pas considéré comme un critère d'exclusion afin d'obtenir le plus de données sur le sujet.

Les articles ont été sélectionnés initialement en fonction de leur titre puis de leur résumé permettant de créer une base d'articles éligibles. Les articles complets de cette base ont été analysés pour ne retenir que les textes pertinents. Les références bibliographiques de ces articles ont permis de sélectionner puis d'inclure d'autres articles selon la même méthodologie.

II Analyse et classification des articles

L'HAS recommande de classer les études scientifiques selon leur niveau de preuve en 4 grades :

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

Tableau 1 : Grade des recommandations selon HAS (48)

Cette classification a été utilisée lorsque le type d'article le permettait mais au vu du sujet de cette revue, les articles sont le plus souvent de faible niveau de preuve. Pour plus de clarté, les articles ont été classés en fonction de leur type avec comme classification :

1. Les articles pédagogiques (absence de preuve)
2. Les enquêtes épidémiologiques réparties en 2 sous-groupes (niveau 4) :
 - a. Enquêtes transversales
 - b. Études avec comparaison de groupes

3. Les séries de cas (niveau 4)
4. Les études de cohorte (niveau 2)
5. Les études cliniques comparatives non randomisées (niveau 2) et une randomisée (niveau 1)
6. Les revues de la littérature

III Extraction des données et analyse

Pour chaque article, en fonction de son type, ont été recueilli l'auteur, l'année, la revue dans laquelle il a été publié, le nombre de sujets inclus, le type de sport étudié lorsque celui-ci était défini, l'objectif de l'étude, la méthode d'évaluation et les principaux résultats.

IV Qualité des articles

La qualité des articles a été estimée en fonction de leur niveau de preuve selon la classification de l'HAS ci-dessus.

RÉSULTATS

I Sélection des articles

Les recherches dans les bases de données ont permis d'identifier au total 1124 articles potentiels. 72 articles ont été présélectionnés en fonction de leur titre et du résumé. 10 articles ont été exclus (6 doublons et 3 articles incomplets). Après lecture des textes intégraux, seuls 49 articles ont été inclus dans l'analyse finale.

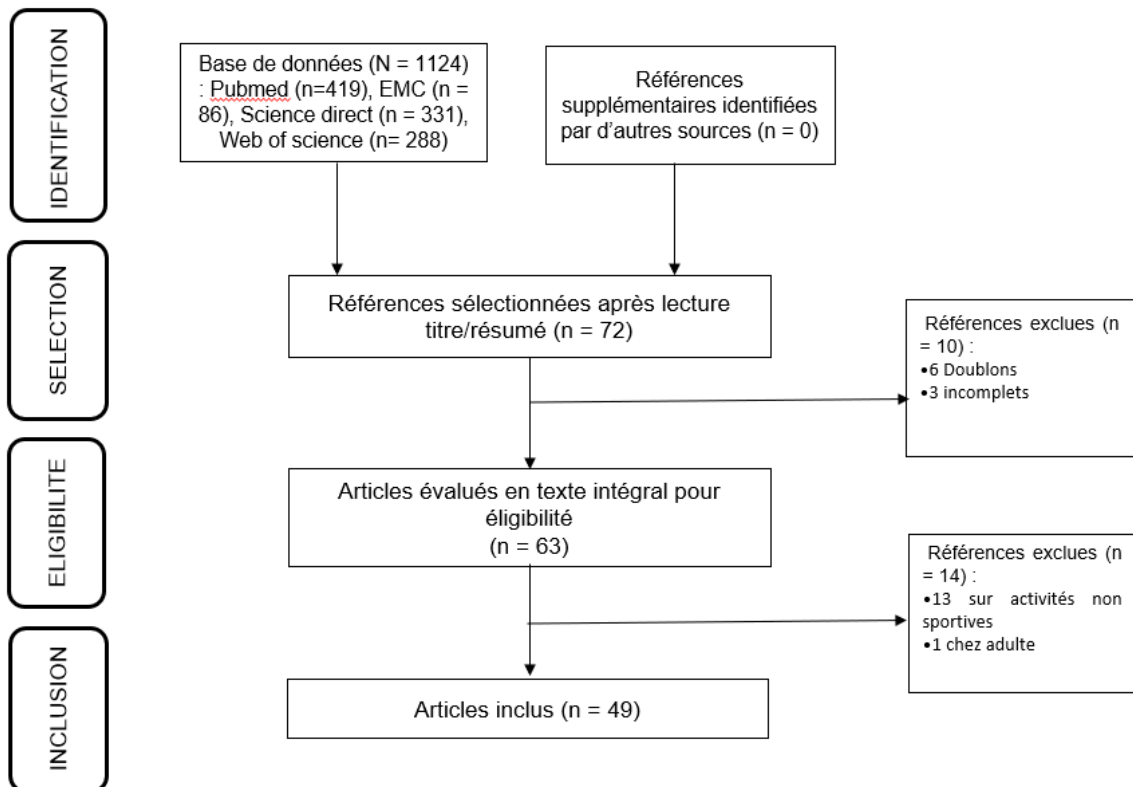


Figure 9 - Scoliose idiopathique et sport – diagramme de flux

II Caractéristiques des études

La recherche a permis de retrouver 11 articles de pédagogie (22,5%), 3 séries de cas (6,1%), 25 études épidémiologiques (51%) dont 10 études transversales et 15 études avec comparaison de groupes, 3 études de cohorte (6,1%), 4 essais cliniques (8,2%) dont 1 randomisée et 3 revues de la littérature de faible niveau de preuve (6,1%). (Cf. tableaux 1 à 7)

La majorité des études était donc de faible niveau de preuve avec uniquement une étude randomisée de niveau 1 et 6 études de niveau 2. Environ 86 % des études sont de faible niveau de preuve.

24 articles concernent une pratique d'AP non définie (49%), 5 articles impliquent des sports variés (10%), 20 articles se concentrent sur un sport en particulier (41%) : 1 sur la gymnastique rythmique, 2 sur la danse, 1 sur le tennis, 5 sur la natation dont 2 sur la natation synchronisée, 3 sur le volley-ball, 3 sur le handball, 1 sur le wushu (art martial chinois), 1 sur le football et 3 sur le vélo.

5 thèmes principaux ressortent des études : l'évaluation des facteurs de risques de SIA (11 articles), la comparaison de prévalence de SIA dans un échantillon de sportifs versus un échantillon de non sportifs (15 articles), l'évaluation du temps d'AP chez les patients avec SIA (3 articles), l'évaluation de l'impact de l'AP (11 articles) et le délai de retour au sport après chirurgie rachidienne de la scoliose (6 articles). Les autres articles étant des articles de pédagogie abordant de manière générale la SIA.

Auteur	Année	Revue	Titre	Type de sport	Conclusion sur pratique sportive	Références citées
FAYADA ET AL. (49)	1999	Sciences & Sport	Cyphose, scoliose et sport	Non défini	Pas de contre-indication. Sport "en extension" avec retrait du corset lors de la pratique. Réticences si importantes contraintes mécaniques lors des sports compétitifs. À adapter au cas par cas	Non
BIOT ET AL (50)	2001	EMC	Scoliose idiopathique en période de croissance	Non défini	Pratique du sport non déconseillé si bonne technique et effort bien dosé. A nuancer en cas d'introduction d'un traitement orthopédique. Pas de CI du tennis ou de l'équitation. Effets bénéfiques du sport sur la fonction musculaire, la vigilance. Caractère ludique de dépassement de soi	Oui
WOOD (51)	2002	The spine and sports	Spinal deformity in the adolescent athlete	Non défini	Natation, gymnastique et danse associés SIA surtout chez les filles. Présence de modifications anthropométriques et de posture en cas de pratique intensive. Prévalence de scoliose dans les sports de 2 à 33% en fonction des études, augmenté surtout dans les sports asymétriques (contraintes musculaires sur os immatures). Pas de CI de la pratique du sport même de contact ou asymétriques. Pas d'action du sport sur l'évolution de la scoliose mais importants bénéfices psychologiques et sociaux.	Oui
VAUTRAVERS (52)	2004	Journal de traumatologie du sport	Rachis et football	Football	Contre-indication à la pratique du football si scoliose évolutive grave > 40° en période prépubère ou pubère. Sinon la pratique de l'activité physique 1 à 2h par jour avec ou sans corset n'est pas défavorable pour la stabilisation d'une AIS.	Oui
BOUSSARD (54)	2005	Résonnances européennes du Rachis	Scoliose et sports : 5 questions à se poser chez l'adolescent scoliothique	Non défini	Pas de contre-indication au sport. Pas de preuve de la survenue ou l'aggravation d'une scoliose en raison de la pratique du sport. Absence de sport à risque mais présence de périodes à risque. Nombreux bénéfices de la pratique sportive.	Oui
GIELEN et VAN DEN EEDE (55)	2008	International SportMed Journal	Scoliosis and sports participation	Non défini	Pas de restrictions si scolioses non structurales. Chez les scolioses structurales idiopathiques ou non, pas d'évidence des méfaits du sport. Pas recommandé si rachialgies et sports avec contraintes intermédiaires Après une chirurgie de scoliose, la reprise du sport pourra se faire après 1 an et à un niveau de loisir.	Oui
SCHILLER ET AL (53)	2008	Sports Med Arthroscopy Review	Spinal deformity and athletics	Non défini	SIA non opérées peuvent participer à tout type d'activités sportives. Si corset, retrait lors de l'AP et absence de restriction de pratique. Exercices de souplesse et de renforcement du dos et des quadriceps recommandés. Pas de CI de l'AP après chirurgie de SIA. Les délais de reprise et le type de sport permis dépendent du chirurgien. En général, la gym et les sports sans contact sont autorisés à 6 mois, les sports de contact à partir de 1 an. Les limites de pratiques sont dues aux rachialgies et aux limites physiques.	Oui
LECHEVALLIER ET AL (56)	2012	EMC	Scoliose idiopathique de l'enfant et de l'adolescent	Non défini	Les activités sportives quelles qu'elles soient ne sont pas contre-indiquées au contraire. Recommandées pour entretenir souplesse, renforcent la musculature et développent la capacité respiratoire. Pas de contre-indication des sports asymétriques	Oui
D'HEMECOURT ET AL (57)	2012	Clinique Sports med	Spinal deformity in young athletes	Non défini	D'après des études, l'incidence de scoliose varie en fonction de l'AP (danse, gym, natation, lanceur...), Certainement en rapport avec des contraintes asymétriques plus importantes. Existence de scolioses mineures non structurales en rapport avec l'AP : peuvent être traitées avec des exercices pour corriger l'asymétrie musculaire. Les athlètes avec déformations rachidiennes doivent être encouragés à poursuivre leur sport.	Oui
BRUNET-GUEDJ (58)	2013	EMC	Pathologies de l'appareil locomoteur chez l'enfant sportif	Non défini	Le sport ne peut ni déclencher ni aggraver une scoliose même s'il est asymétrique. Le sport peut être pratiqué même en cours de traitement par corset avec retrait de celui-ci. C'est seulement en cas de chirurgie qu'il faut arrêter le sport pendant quelques mois.	Oui
KAKAR (59)	2017	International Journal of exercise science	Review of physical activity benefits and potential Considerations for individuals with Surgical Fusion of Spine for Scoliosis	Non défini	Recommandations similaires à celles de la population générale : le niveau et le type d'AP doivent être évalués comme pour un adolescent avec trouble respiratoire et des rachialgies. Le délai de retour au sport dépend du chirurgien. La rééducation post-opératoire permettra le retour à l'AP progressivement.	Oui

Tableau 2 - Articles de pédagogie

Nom	Année	Revue	Type de Sport	Patient (N)	Groupe contrôlé	Évaluation	Objectif principal	Résultats
TANCHEV (60)	2000	SPINE	Gymnastique Rythmique	100 filles gymnastes de 10 à 16 ans (moyenne 12,44+/-1,65 ans)	Comparaison aux données épidémiologiques existantes	Clinique et radiographique	Évaluer l'incidence de scoliose dans un échantillon de gymnastes, définir ses caractéristiques et suggérer une hypothèse étiologique	Incidence de scoliose de 12% significatif par rapport aux données épidémiologiques
RUBERY (61)	2002	SPINE	Non défini	Chirurgiens membre de la Scoliosis Research Society (SRS)	Non	Questionnaire	Décrire les pratiques actuelles des chirurgiens quant au retour au sport après une chirurgie du rachis.	Retour au sport scolaire entre 6 mois et 1 ans. Retour au sport sans contact à 6 mois. Retour au sport sans contact asymétrique entre 6 mois (46%) et 1 ans (34%). Sport de contact autorisé à partir de 1 an pour 61%, non recommandé pour 11% et contre-indiqué pour 2%. Niveau de fusion important pour 31% : plus de précaution à prendre pour fusion au-delà de L4.
BERNARD (62)	2009	Résonnances européennes du rachis	Non défini	18 garçons et 82 filles avec AIS	Non	Clinique	Montrer l'influence de la pratique sportive sur l'évolutivité de la SIA à partir d'une population enfants- adolescents.	Évolutivité de la SIA plus importante (1,3° vs 1,6°) si <3h sport/semaine ou si < 15 séances de kiné. Influence des séances de kiné uniquement si < 3h sport/sem. Pas d'influence du type de courbure, de l'âge et de l'ATCD familial
VAREKOVA (63)	2011	Journal of humans kinetics	Volleyball professionnel. Pratique intensive du sport depuis min 10 ans	62 filles de l'équipe nationale de Serbie et République Tchèque (âge moyen 20,2 +/-2,03)	Non	Questionnaire Examen clinique Distance doigts-sol	Évaluer l'asymétrie posturale et l'hyperlaxité chez une population de volleyeuses d'élite.	Posture typique dans le plan frontal avec acromion, scapula et épine iliaque plus haute à gauche si droitier chez 80,6% des joueuses. Scoliose structurale découverte uniquement sur 2 sujets (Adam test +). Définition d'un trouble postural scoliose like. 66,1% ont des signes d'hyperlaxité.
STEINBERG (64)	2012	Physical therapy in sport	Différents styles de danse (classique, moderne jazz, contemporain)	1288 danseuses de 8 à 16 ans non professionnelles	Non	Interrogatoire, examen clinique, mesures anthropométriques, examen de la posture	Évaluer la prévalence de scoliose chez un groupe de danseurs et comparer les caractéristiques morphologiques et les types de blessures chez les danseurs avec SIA vs non SIA	Prévalence de scoliose de 23,8%. Pas de différence de pratique de danse entre SIA et non SIA. Risque de blessure plus important chez filles avec SIA au niveau du rachis
MILENKOVI C(65)	2012	FACTA UNIVERSITATIS : Physical Education and sports	Natation	30 nageurs de l'équipe nationale de Serbie âgés de 13 à 26 ans +/- 6 mois	Non	Clinique avec Spinal-Mouse	Déterminer la fréquence des troubles posturaux chez les nageurs, Déterminer les causes et conséquences de la relation entre le trouble postural et la nature du sport	Scoliose chez 33% des hommes et 27% des femmes
SEDREZ (66)	2014	Revista paulista de pediatria	Non défini	59 étudiants de 7 à 18 ans dans des écoles de Porto Allegre et qui ont eu un examen du rachis entre octobre et décembre 2012	Non	Questionnaire BACkPei et radiographie	Évaluer l'existence d'une association entre la présence de facteurs de risque comportementaux et la présence d'une déviation rachidienne chez de jeunes individus	Facteur de risque de scoliose : genre féminin (p 0,058), pratique d'une activité physique notamment en compétition (p 0,046), durée de sommeil >10h (p 0,004), position de sommeil en décubitus dorsal (p 0,019)
LEHMAN (67)	2015	THE SPINE JOURNAL	Non défini	23 membres de the Spinal Deformity Study Group	Non	Questionnaire	Identifier les recommandations actuelles concernant le retour au sport et à l'AP après une chirurgie de SIA	Retour à l'AP dépend du montage : plus précoce pour vis pédiculaire que pour montage hybride ou en crochet. En moyenne, retour au sport sans contact au bout de 6 mois, sport de contact de 6 mois à 9 mois, sports de collisions à 12 mois. Pas de CI au sport de contact, 20% des chirurgiens CI les sports de collisions.
WATANABE (68)	2017	Journal of bone and joint surgery	Non défini	2600 lycéennes japonaises de 10 à 14 ans sans pathologies reçues en consultation pour scoliose après dépistage par méthode Moiré	Non	Questionnaire, clinique et radiographique	Explorer les facteurs et habitudes de vie associés avec SIA	47,2% des filles ont été diagnostiquées avec SIA. Pratique de la danse classique associée avec AIS OR 1,38 ; allant jusqu'à 1,58 si Cobb > 20°. OR augmente avec durée de pratique, fréquence et intensité Facteur protecteur : pratique du basket, volleyball et badminton.
SARWAHI (69)	2017	SPINE	AP normal, physique, sportifs (contact, non contact)	95 patients avec SIA qui ont eu une arthroèse, avec suivi de 2 ans clinique et radiographique post chirurgie, Age moyen 15 ans	Non	Questionnaire SAQ, angle de Cobb, classification de Lenke, données morphologique	Déterminer le temps de retour à l'AP normale, physique et athlétique après arthroèse postérieure avec tout type de fixation de pédicule et de déterminer les facteurs retardant ce retour.	À 3 mois : 77% école, 52% port sac à dos, 43% course et 37% gym. 6 mois, 54% retour au sport sans contact, 63% sport de contact. 79 et 53% retour au niveau préop. IMC élevé facteur de retard de reprise école et gym. Fusion sous L2 et jeune âge : facteur de retard de la reprise de la course, du port de sac. Pas de caractéristiques des courbures en rapport avec le retard.

Tableau 3 - Études épidémiologiques descriptives

Nom	Année	Revue	Sport	Patient (N)	Groupe contrôle	Evaluation	Objectif principal	Résultats
PARSCH (70)	2002	Clinique journal of sport medicine	Multisports	59 patients avec SIA : (31 avec chirurgie et 21 sans)	33 témoins	Questionnaires spinal function et Cincinnati sport activity scale. Radio si scoliose	Évaluer l'AP au long cours de patients traités ou non par chirurgie pour SIA vs contrôle, Suivi de 5 ans	Moins d'AP dans les 2 groupes scolioses (p 0,015 et p 0,006). Pas de différences entre les 2 groupes scolioses (p 1,0).
MEYER (71)	2005	Scandinavian Journal of medicine & science in sports	Multisports	201 adolescents (174 filles, 27 garçons)	192 témoins	Questionnaire, clinique	Évaluer l'influence de l'AP chez les adolescents avec une scoliose idiopathique	Proportion similaire d'AP dans les 2 groupes, Intensité de pratique plus faible chez SIA, Pas de relation entre SIA et gym mais facteur commun = hyperlaxité
KENANIDIS (72)	2008	SPINE	Multisports	2 387 enfants (1 276 garçons et 1 111 filles) de 2 à 15 ans : 1 134 athlètes et 1 253 non-athlètes	Oui	Questionnaire, clinique et radiographique	Évaluer la prévalence de SIA chez les adolescents athlètes et non athlètes	Pas de différence significative dans la prévalence de SIA et pas de différence d'angle de courbure entre les 2 groupes
MEYER (73)	2008	Scandinavian Journal of medicine & science in sports	Multisports	169 filles (âge moyen 14,5 +/- 2,0 ans) avec SIA réparties en 2 groupes : double courbure (DMC) et simple courbure (SMC)	100 filles (âge moyen 15,2 +/- 2,1 ans)	Questionnaire, clinique et radiographie si suspicion AIS	Déterminer chez patient SIA, la relation entre le type de courbure (simple ou double) et le type d'AP pratiqué	AP statistiquement plus importante chez DMC que SMC mais pas de différence avec le groupe contrôle. Pratique de gym plus importante chez DMC. Pas de différence entre le type d'AP et type de courbure
MODI (74)	2008	Asian Spina journal	Volleyball pratique > 18 mois	116 adolescents volleyeurs	46 428 adolescents	Questionnaire et mesure de l'angle de rotation du tronc par scoliomètre	Comparaison de l'incidence, du type et de l'angle de courbure de SIA chez une population de volleyeur vs groupe contrôle.	Plus grande prévalence de SIA dans le groupe étudié 5,2% vs 1% (p 0,00007). Angle de Cobb moyen est de 12° chez les volleyeurs (de 10 à 15°) et de 24,5° chez les non-volleyeurs (de 10 à 55°). Pas de relation entre la SIA et le nombre d'heures de pratique.
LONGWORTH H (75)	2014	Archive of physical medicine and rehabilitation	Danse classique	30 danseuses	30 filles non-danseuses similaires	Clinique par scoliomètre et score de Beighton	Déterminer la prévalence de SIA chez un échantillon de danseuse et la comparer à celle de non-danseuse.	30% de scolioses dans le groupe danseuse vs 3,33% dans le groupe non-danseuse (p : 0,006)
ZAINA (76)	2014	The Journal of paediatrics	Natation	112 nageurs des clubs autour de Milan	217 élèves	Questionnaire, clinique, scoliomètre	Déterminer la prévalence de déformation rachidienne dans une population de nageur et l'incidence de lombalgie	Pas de différence d'ATR dans les 2 groupes chez les hommes. Différence chez les femmes avec risque d'asymétrie du tronc chez les nageuses OR 1,85
GRABARA (77)	2014	Journal of back et musculoskeletal rehabilitation	Handball > 2 ans	125 joueuses	135 adolescents	Clinique et méthode moiré	Évaluer et comparer la posture de jeunes handballeuse vs groupe contrôle	Meilleure du pelvis dans le plan frontal chez les joueuses et présence asymétrie du pelvis et de la scapula dans le plan transverse lié au bras dominant
GRABARA (78)	2014	biology sports	Volleyball > 2 ans	104 volleyeurs	114 témoins	Clinique et méthode moiré	Évaluer et comparer la posture de jeunes volleyeurs vs groupe contrôle	Pas de différence significative de posture entre les 2 groupes.
MCMMASTER (79)	2015	Scoliosis	Non défini	79 patients (66 filles et 13 garçons), Angle de Cobb moyen de 45°	77 patients (66 filles et 11 garçons)	Examen clinique avec ISIS scan pour le groupe scolioses, distance doigts-sol. Questionnaire : historique des AP	Déterminer les possibles facteurs de risque de SIA et évaluer si une ou plusieurs AP sont reliées à la présence ou l'absence de SIA	FDR SIA : Situation socio-économique faible (p 0,002), Pratique de la piscine en intérieur lors de la première année de vie (OR 3,08 ; p 0,001) Impossibilité de toucher ses orteils (p 0,011) La non pratique régulière de la danse, du karaté, du football ou du hockey.
JANDRIC (80)	2016	Vojnosanitetski pregljed	Handball	50 handballeuses pratiquant depuis au moins 2 ans	100 élèves filles pratiquant sport scolaire	Clinique : Adam test	Évaluer les différences de troubles posturaux chez des adolescentes entrainées ou non au handball	Pas de différence significative entre les 2 groupes pour la présence de scolioses
DIARBAKERL I (81)	2016	Scoliosis and spinal disorder	Non défini	239 adolescents avec SIA traitée ou non par corset ou par chirurgie	58 témoins	Questionnaire IPAQ-SF	Comparer la pratique de l'AP chez des adolescents avec et sans SIA. Analyse en sous-groupe : non traité, corset, post-chirurgie.	Groupe avec SIA : plus grande, plus âgée, plus de femme (p < 0,001). Pas de différence de pratique d'AP. Pas de différence significative de temps d'inactivité entre les 2 groupes. Groupe avec ATCD de port de corset et post-chirurgie pratique moins d'AP (p 0,031)
ZAINA (82)	2016	European spine journal	Tennis	102 joueurs dont 52 filles	203 dont 102 filles	Questionnaire, clinique avec scoliomètre	Comparer la prévalence des déformations rachidiennes chez les joueurs de tennis adolescents vs à un groupe contrôle	Pas de différence d'ART entre les 2 groupes
DIARBAKERL I (83)	2017	SPINE	Non défini	1 278 adultes avec SIA diagnostiquée dans l'adolescence	214 témoins de 18 à 70 ans	IPAQ-SF, mesures anthropométriques et dernières radiographies	Décrire le niveau d'AP et le taux de fractures chez des adultes avec SIA vs contrôles	Groupe scolioses : plus de femme, plus jeune et IMC plus bas (p < 0,001). Pas de différence d'AP entre les 2 groupes pour la pratique d'activité modérée (p 0,40), de niveau d'activité (p 0,26), de pratique d'une activité en compétition (p 0,94).
LEE (84)	2017	Journal of exercise rehabilitation	Non défini	147 étudiants spécialisés en sports (102 hommes, 45 filles)	54 contrôles	Examen clinique	Identifier l'incidence de chaque déformation rachidienne et des MI et d'identifier les relations entre les déformations	Incidence de scolioses significativement inférieure chez les étudiants non sportifs (P = 0,0008)

Tableau 4 - Etudes épidémiologiques comparatives

Nom	Année	Revue	Type de Sport	Patient (N)	Objectif principal	Évaluation	Résultats
MAHAUDENS (85)	1999	Annales kinésithérapie	Natation synchronisée	2 scolioses	Montrer l'amélioration de l'angle COBB par scanner optique après séances de natation synchronisée pendant 6 mois	Scanner optique ISIS	Amélioration des courbures non significatives Amélioration équilibre, proprio, schéma corporel et renforcement musculaire
POTOUPNIS (86)	2008	SPINE	Natation synchronisée	2 jumelles monozygotes	Décrire un cas discordant de présence d'une SIA chez une jumelle homozygote	Clinique et radiographique	Caractéristiques similaires morphologiques, génétiques et d'activité physique. Présence d'une scoliose simple courbure thoraco-lombaire gauche à 32° chez 1 des jumelles.
CHAN (87)	2017	SPINE	Art martial Wushu	Femme 25 ans diagnostiquée à l'âge de 12 ans d'une SIA T4-T11 de 55°	Décrire les étapes du retour au sport après chirurgie d'une SIA chez une athlète de haut niveau	Clinique et radiographique	Reprise AP à 3 mois post chirurgie, augmentation de l'intensité à 6 mois, reprise compétition 12 mois post-opératoire. A 17 mois, participation au championnat mondial et médaille d'argent gagnée. Suivi de 2 ans : pas de perte de la correction chirurgicale ou d'échec. Conclusion de retour au sport possible mais challenge devant la perte de flexibilité du rachis

Tableau 5 - Séries de cas

Nom	Année	Revue	Sport	Patient (N)	Évaluation	Objectif principal	Résultats
FABRICANT (88)	2012	Journal pediatric orthopédics	Non défini	42 adolescents athlètes avec SIA traité par arthrodèse (69% filles et 31% garçons) ; âge 15,0 +/- 1,7 ans	Questionnaire, SRS-22	Déterminer quelles variables cliniques, chirurgicales et démographiques sont associées avec un taux plus bas de retour à l'activité physique dans une série d'adolescents athlètes arthrodésés.	Durée moyenne avant retour à l'AP 7,4 +/- 3,4 mois. 40,5% des patients n'ont pas repris d'AP ou ont repris à un niveau plus bas. Raison : perte de souplesse. Retour au sport lié significativement au niveau le plus bas de l'arthrodèse
GRABARA (89)	2017	Journal of back and Musculoskeletal Rehabilitation	Handball	21 handballeurs dans un club professionnel (âge moyen 14,25 +/- 0,58 ans)	Évaluation clinique : t0, 1 an et 2 ans, Mesures anthropométriques, impédancemétrie, méthode Moiré	Évaluer et comparer la posture d'adolescents handballeurs sur 2 ans d'entraînements réguliers.	Différence significative dans l'angle de torsion latérale (p 0,091) correspondant à une amélioration de la posture dans les plans frontal et transverse.
TOBIAS (90)	2018	International Journal of epidemiology	Non défini	Suivi de 1 4541 grossesses avec 1 4062 enfants nés en Grande Bretagne. Inclusion de 4 640 enfants à l'âge de 15 ans (avec des données complètes)	Questionnaires à l'âge de 18 mois et 10 ans. Accéléromètre à l'âge 11 ans. A 10 et 15 ans, réalisation d'un scanner DEXA pour mesure masse osseuse et composition corporelle. Recueil douleurs lombaires à 18 ans	Évaluer l'association entre AP et l'apparition de scoliose.	Prévalence de scoliose de 5,8%, A 18 mois : enfants se mettant debout ont 66% de chance de ne pas avoir de SIA, 56% s'ils font au moins 5 pas. A 10 et 15 ans : ceux qui font des AP intenses ont 55% de chance de moins d'avoir une SIA. Effet dose dépendant de l'AP avec augmentation de la prévalence de scoliose avec diminution de l'AP. Mesures objectives : ceux qui font plus d'AP ont 23% de chances de moins d'avoir une SIA

Tableau 6 - Etudes de cohorte

Nom	Année	Revue	Randomisé	Sport	Patient (N)	Groupe contrôle	Évaluation	Objectif principal	Résultats
ATHANASOPOULOS (91)	1999	Scandinavian Journal of medicine & science in sports	Non	Cycloergomètre : protocole de réentraînement à l'effort	20 adolescentes avec SIA (âge 13,5+/- 0,73 ans)	20 adolescentes avec SIA (âge 13,6+/- 0,79 ans)	Spiromètre (CV, VEF), Estimation, Capacité travail physique à 170bpm	Explorer l'effet d'un entraînement aérobique chez des filles avec SIA sur les paramètres respiratoires et l'habilité à réaliser un travail aérobique	Augmentation CV de 5,3% (p < 0,01), Augmentation PC170 de 47,2% (p < 0,01)
BAS (92)	2011	European spine journal	Non	Vélo: 3x/sem pendant 1h	6 filles de 12 à 15 ans (28,1° +/- 2,1) non athlétiques	6 filles même âge sans déformation, non athlétiques	Clinique, biologique, spirométrique et radiographique	Évaluer le bénéfice d'un entraînement physique aérobic de 6 semaines chez les SIA	Augmentation significative de la VO2max dans les 2 groupes (17% et 10%), Pas de modification des courbures dans le groupe SIA
BIELEC (93)	2013	Comprehensive Pediatric nursing	Non	Natation : 45 min 1x/semaine pendant 2 ans (crawl, dos crawlé et brasse)	116 adolescents non sportifs	114 adolescents non sportifs	Clinique	Évaluer l'influence de la pratique de la natation à l'école sur la taille, l'IMC et la survenue de troubles posturaux chez des élèves	Groupe interventionnel : 25% pas de modification de posture, amélioration des scolioses chez un grand nombre de cas, mais également apparition de scoliose chez une large proportion (p < 0,05)
ALVES (94)	2013	Acta Orthopédica Brasileira	Oui	Étirements, vélo à 60-80% FC : entraînement d'1 heure 3x/semaine pendant 4 mois	45 patients avec SIA avec courbure > 45° et indication chirurgicale	45 patients similaires	Mano-vacuomètre : mesure Pi max et Pe max	Évaluer l'impact d'un protocole de travail de force respiratoire maximale inspiratoire et expiratoire appliqué aux patients avec SIA	Augmentation significative de Pi max et Pe max après le protocole (p = 0,000). Pas de différence des valeurs dans le groupe contrôle. Pas de relation entre la faiblesse des muscles respiratoires et la présence de scoliose ou hypercyphose.

Tableau 7 - Essais cliniques

Nom	Année	Revue	Base de données	Critères PRISMA	Objectif principal	Résultats	Recommandations réalisées
GREEN (95)	2008	Journal of Chiropratic Medecine	PubMed, CINAHL	Non	Evaluer par une revue de la littérature si la pratique d'AP est CI chez les adolescents avec SIA et synthétiser les résultats pour donner des recommandations	898 articles potentiels : 68 sélectionnés : 11 articles inclus. Les études sont toutes de faible niveau de preuve.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les patients traités avec corset ou post-chirurgie peuvent pratiquer AP au même niveau que les autres (GRADE C) 2. Les patients traités par corset et les patients non traités sont encouragés à pratiquer AP (grade D) 3. Les SIA non traitées chirurgicalement ne sont pas une CI à AP (grade D) ; 4. Les patients avec corset peuvent pratiquer l'AP avec ou sans corset (GRADE D) ; 5. Le sport peut être repris au cours des mois suivant une chirurgie de correction mais pas de guide de retour au sport défini. Retour au sport basé sur opinion des chirurgiens et d'expert (GRADE D) Pas de données à propos des sports de collision ou de contact 6. Une association potentielle entre la pratique d'AP à haut niveau à un âge jeune et l'augmentation de la prévalence de scoliose a été rapportée.
KENANIDIS (96)	2010	The Physician and sports medecine	MEDLINE	Non	Réaliser une revue sur les connections potentielles entre le sport et la SIA	867 articles potentiels : 40 sélectionnés : 8 articles inclus de faible niveau de preuve. Prévalence de SIA supérieure chez les athlètes mais possible facteurs de confusion comme hyperlaxité, aménorrhée et la pratique intensive	Nécessité de réaliser des études prospectives multicentriques et randomisées pour une meilleure évaluation
SELLYN (97)	2019	JNS pediatrics	Pubmed	Oui	Synthétiser la littérature et déterminer les indications d'un retour au sport après une chirurgie du rachis chez les enfants	296 articles potentiels : 33 inclus. 8 études sur la scoliose : 3 cohortes rétrospectives, 2 basées sur questionnaires, 2 séries de cas rétrospectives, 1 étude cas-témoin.	Absence de critères standardisés pour le retour au sport. La reprise est variable en fonction du chirurgien.

Tableau 8 - Revues de la littérature

DISCUSSION

À partir des principaux thèmes des études incluses, 5 questions peuvent être posées et développées :

I L'activité physique est-elle un facteur de risque (FDR) de survenue de SIA?

L'hypothèse d'une association entre sport et SIA n'est pas inédite et est débattue depuis des décennies (47). Cette revue de la littérature retrouve des articles essayant également de démontrer une certaine association. 2 types d'études sont identifiées : des études sur la prévalence de SIA dans un échantillon de sportifs et des études de recherche de FDR de SIA.

1 Études de prévalence

En premier lieu, des articles épidémiologiques évaluent la prévalence de SIA dans une population de sportifs. TANCHEV, en 2000, met alors en évidence 12% de SIA chez les jeunes gymnastes (46), MODI retrouve 5,2% de SIA dans un échantillon de volleyeurs (74) et MILENKOVIC environ 30% dans l'équipe nationale de natation de Serbie quel que soit le type de nage pratiquée (65). La danse semble également à risque avec 23,8 % de SIA dans l'étude de STEINBERG (64) et 30% dans l'étude de LONGWORTH contre 3,33% chez des adolescentes témoins non danseuses (75). Ces sports sont majoritairement asymétriques, impliquant des contraintes en rotation importantes sur le rachis et la survenue d'un déséquilibre de force musculaire lors d'une pratique régulière. Sur un rachis en développement, ces contraintes répétées ne sont pas physiologiques et pourraient aggraver les défauts de croissance des corps vertébraux selon la loi d'Hueter-Volkman. Ceci provoquerait l'apparition de la déformation scoliotique (74,98). Les auteurs énoncent alors

un diagnostic de « scoliose associée au sport » qu'il faut distinguer des autres types de scolioses (60,74).

Des études similaires retrouvent des résultats contradictoires. KENANIDIS en 2008 ne met pas en évidence de différence significative dans la prévalence de SIA d'un échantillon d'athlètes par rapport aux non athlètes (72). ZAINA réalisa 2 études, une dans une population de nageurs et l'autre chez des adolescents pratiquant le tennis, avec comparaison à un groupe contrôle. Dans les 2 cas, aucune différence de posture n'est retrouvé dans l'échantillon de sportifs par rapport aux témoins (76,82). GRABARA s'est attaché à réaliser l'étude de la posture chez les volleyeurs en 2014 et ne mettait pas en évidence de différence de symétrie dans le plan frontal entre les 2 groupes (78). Des résultats semblables sont présent dans l'étude de VAREKOVA dans un échantillon de volleyeuses professionnelles (63). Dans le handball, JANDRIC ne retrouve également pas de prévalence plus importante de SIA par rapport à un échantillon d'adolescentes témoins (80).

Comment expliquer ces résultats divergents sur des sports similaires ? Ils devraient provoquer les mêmes conséquences sur le rachis en développement des adolescents. Plusieurs hypothèses sont soulevées : la sélection des échantillons, la présence d'une hyperlaxité, la notion de surentrainement, les différentes méthodes de mesure.

1. La sélection des échantillons

Ces études sélectionnent leurs échantillons en fonction du sport qu'ils pratiquent et ceci implique des caractéristiques physiques particulières prédisposant à la performance. Les sportifs ont tendance à être plus grands et plus minces que ceux de la population générale (78). Les adolescentes atteintes de SIA ont ces mêmes caractéristiques (81,83). Serait-ce la sélection de ce type de physique qui puissent induire un biais de prévalence plus élevée de SIA dans ces études ?

L'autre question que l'on peut se poser est celle de la définition de sportif. Quels sont les critères de chaque étude pour définir ce terme : est-ce en années de pratique ? en heure passées chaque semaine ?

MODI considère les volleyeurs avec plus de 18 mois de pratique (74), VAREKOVA les volleyeurs professionnels avec plus de 10 ans de pratique (63). GRABARA, dans ces 2 études, inclus les joueurs pratiquant 90 minutes 5 fois par semaine et depuis plus de 2 ans (77,78). D'autres sont recrutés dans des clubs ou des écoles (64,75,76,82). LEE inclus des étudiants ayant comme matière principale le sport, estimant donc qu'ils pratiquent plus d'AP que le groupe contrôle ayant une autre matière principale (84). KENANIDIS ne détaille pas comment il classe les étudiants athlètes des non-athlètes. Ces différences font que les études n'ont pas la même méthodologie, que les échantillons ne sont pas comparables entre eux et que des différences de résultats peuvent apparaître (72). On ne sait pas non plus si la SIA était connue avant le début de la pratique sportive. La pratique de la natation est souvent recommandée en pratique chez les individus avec des lombalgies ou des troubles de la statique rachidienne. Ainsi on peut se poser la question si les nageurs de l'équipe de Serbie (65) ou ceux des clubs de natation italiens (76) ont débuté ce sport justement par qu'ils présentaient une SIA ce qui pourrait expliquer les prévalences importantes de troubles de la statique rachidienne dans cette population. La SIA serait-elle un facteur orientant vers cette pratique sportive ou une conséquence de celle-ci ?

2. La présence d'une hyperlaxité

TANCHEV évoque également la relation entre la survenue de la SIA et la présence d'hyperlaxité chez les gymnastes (60) provoquant une augmentation de pression au niveau du rachis et amenant à la déformation. La gymnastique rythmique étant une discipline exigeante en termes de souplesse, il semble logique que ses participantes puissent avoir été sélectionnées sur ce critère et que celles qui réussissent le mieux aient des signes d'hyperlaxité.

Cette caractéristique physique se retrouve également chez les nageurs (47) et les volleyeurs (63). Les anomalies du tissu conjonctif peuvent amener à des signes d'hyperlaxité et à l'apparition de SIA comme dans la maladie de Marfan. Ainsi, dans ces cas-là, la SIA serait-elle due à la pratique de l'AP ou à l'hyperlaxité associée ? MEYER, en 2006, ne met pas en évidence de différence de pratique d'AP entre des adolescents avec SIA et des adolescents contrôles. Il ne retrouve pas de lien avec la pratique de gymnastique mais un facteur commun est associé avec la survenue de SIA, c'est la présence d'une hyperlaxité (71). L'hyperlaxité n'est pas toujours associée à une SIA, et VAREKOVA, malgré la présence de 66% d'hyperlaxité dans son échantillon de volleyeuses, ne met en évidence que 2 scoliozes structurales (63). LONGWORTH, chez les danseuses, ne retrouve également pas de différence d'hyperlaxité entre les adolescentes avec SIA et celles sans SIA (75). Ce facteur est manifestement un facteur de confusion qu'il faut prendre en considération.

3. La notion de surentrainement

Le surentrainement, dans un contexte d'immaturité, est un autre facteur envisagé de survenue de SIA. On suppose qu'il peut provoquer un retard pubertaire qui, associé aux contraintes de l'AP, amènerait à la déformation. TANCHEV l'évoque chez ses adolescentes gymnastes (60) et LONGWORTH le retrouve chez les danseuses (75). Mais, STEINBERG ne met pas en évidence de différence de ménarche entre les groupes SIA et non SIA (64) sans qu'aucune indication sur le nombre d'heures de pratique d'AP ne soit évoqué. MODI ne retrouve, également, pas de lien entre le nombre d'heures de pratique et la survenue de SIA mais son échantillon est exclusivement masculin et l'âge moyen (15,2 ans) est plus élevé (74), il est donc difficile de comparer cette étude aux autres échantillons exclusivement féminins.

4. Les méthodes de mesure

Les différences de résultats entre les études peuvent-elles être expliquées par les méthodes de mesure et de diagnostic de la SIA ? 4 techniques différentes sont utilisées au total. Le diagnostic radiographique, gold standard, n'est effectué que dans l'étude de TANCHEV et de KENANIDIS (60,72). Les autres études utilisent un scoliomètre, la projection de la méthode Moiré ou l'examen clinique simple avec le diagnostic de SIA par l'Adam's bending test. Le scoliomètre ou inclinomètre s'utilise pour mesurer la gibbosité lors de l'Adam's bending test et permet d'évaluer quel patient bénéficiera d'une radiographie afin de ne pas surutiliser cet examen irradiant (31). Sa sensibilité et sa spécificité sont respectivement de 28% et 43% et sa reproductibilité de mesures inter examinateur est faible (99) ; il ne permet donc en rien de poser un diagnostic de SIA fiable. De même, la méthode de Moiré est connue depuis les années 70 et consiste à une évaluation de la surface corporelle permettant de réaliser une image tridimensionnelle du dos et de constater les asymétries (100). Les asymétries corporelles ne sont pas toujours synonymes de trouble de la statique rachidienne. VAREKOVA, GRABARA et JANDRIC retrouvent des asymétries chez les volleyeurs et handballeurs au niveau de la ceinture scapulaire et du bassin en rapport avec la latéralisation de ces sports sans qu'il y ait, dans ces études, de prévalence de SIA plus importante que dans les groupes contrôles (63,78,80). Ainsi ces méthodes différentes de diagnostic de la SIA peuvent constituer un biais de mesure et expliquer les différences entre les études.

2 Recherche de facteur de risque

Le 2^{ème} type d'études réalisé consiste en des études épidémiologiques descriptives cherchant à définir les facteurs de risques (FDR) de survenue de la SIA sans se concentrer uniquement sur la pratique d'AP. SEDREZ retrouve comme FDR la pratique d'une AP en

compétition (66). MCMASTER évoque la pratique de la piscine en intérieur lors de la première année de vie avec une OR de 3,08 (79). WATANABE retrouve un OR de 1,38 pour la pratique de la danse classique, augmentant avec la durée, la fréquence et l'intensité de pratique en concordance avec l'hypothèse du surentrainement chez les adolescentes avec SIA (68). Mais à contrario, le sport peut également être un facteur protecteur. Ainsi les pratiques de la danse, du football et du hockey (79) ou du basketball, du volleyball et du badminton sont retrouvées favorables (68). Ces résultats discordants ne peuvent nous permettre de conclure à la nocivité du sport et à sa causalité dans la survenue de la SIA.

Les niveaux de preuve de ces études sont faibles et elles ne permettent pas de donner des recommandations sur la pratique de l'AP. Une étude de cohorte, bien menée pendant des dizaines d'années, suivant des enfants dès la naissance serait de meilleure qualité et pourrait nous aider à évaluer les facteurs de risque de façon plus précise. Une telle étude a été réalisée, en 2018, par TOBIAS (90) en Angleterre. 14062 enfants nés entre Avril 1991 et Décembre 1992 ont été suivis avec recueil de questionnaires remplis par la mère à l'âge de 18 mois, puis par l'enfant, à l'âge de 10 ans. Une actimétrie était réalisée au moyen d'un accéléromètre à l'âge de 11 ans, ainsi qu'une imagerie par scanner DEXA à 10 ans et 15 ans permettant de mesurer la composition corporelle et d'évaluer la présence d'une SIA. La fin du suivi se faisait à 18 ans avec recueil de la présence de lombalgies. 4640 enfants ayant des données complètes ont été incluses au total et la prévalence de SIA est de 5,8%. Avec les questionnaires, les auteurs mettent en évidence que les enfants se mettant debout seul, sur les questionnaires à l'âge de 18 mois, ont un risque moindre d'avoir une SIA à l'âge de 15 ans avec un OR de 0,34. De même, les enfants réalisant des AP intenses entre 10 et 15 ans ont 53% de chance de moins d'avoir cette déformation (OR = 0,47) avec un effet protecteur dose dépendant ; la prévalence de SIA augmentant avec la diminution de l'AP. Les résultats d'accélérométrie vont dans le même sens : les enfants les plus actifs ont 23% de chance de moins d'avoir une SIA à l'âge de 15 ans. Ces résultats

suggèrent qu'une diminution de l'AP notamment au plus jeune âge est un FDR de survenue de SIA. Les auteurs évoquent une possible association entre cette réduction et le rôle du développement neurologique. Des troubles du développement et de la coordination seraient en lien avec la survenue de SIA et la diminution de l'AP, expliquant le retard à la station debout et à la marche. L'autre hypothèse évoquée est celle de la faiblesse musculaire généralisée provoquant des difficultés de tolérance de l'AP par le déconditionnement ou par les difficultés respiratoires. Ainsi, la diminution de l'AP est-elle une cause ou une conséquence de la survenue de SIA ?

D'autres études sont à mener pour répondre à cette question et pour définir le rôle de l'AP dans la SIA. L'évaluation des études incluses dans cette revue va plutôt dans le sens de l'absence de certitude sur le rôle de l'AP en tant que FDR. Cette conclusion est retrouvée avec l'étude de 2 jumelles homozygotes de 13,5 ans pratiquant de la natation synchronisée à un niveau élevé, avec les mêmes horaires de pratique depuis l'enfance (86). La logique voudrait qu'elles aient les mêmes types de courbures rachidiennes, étant donné qu'elles ont le même génome et les mêmes activités depuis la naissance. Or, l'une présente un rachis sans déformation, et la seconde à une SIA thoraco-lombaire gauche de 32° nécessitant le port d'un corset orthopédique. D'autres facteurs autres que la génétique et l'AP semblent donc intervenir.

Ainsi, on peut se poser la question si l'AP et le sport doivent être contre-indiqués ?

II Le sport doit-il être contre-indiqué ?

L'AP ne semble pas lié à la survenue de SIA. Mais quel est son impact sur son évolution lorsque la déformation est déjà existante ? Quelques études abordent ce sujet dans cette revue de littérature.

BERNARD en 2009 réalisa une étude observationnelle chez 18 garçons et 82 filles qu'il suivit en consultation pour SIA (62). Il recueillit leurs pratiques sportives, scolaire et extra-scolaire, et leur nombre de séances de kinésithérapie afin de mettre en évidence un lien entre celles-ci et l'évolutivité de la SIA. Il retrouva une évolutivité annuelle plus importante devant une pratique d'AP inférieure à 3 heures par semaine avec une augmentation de l'angle de Cobb de $1,6^\circ$ contre $1,3^\circ$ si la pratique est supérieure à 3 heures ($p < 0,005$). En revanche, si on sélectionne le sous-groupe des enfants âgés de moins de 11 ans, cette évolutivité est de $1,9^\circ$ si < 3 heures de sport par semaine et de $2,1^\circ$ si > 3 heures d'AP. Dans les 2 cas, cette différence en valeur absolue est minime et négligeable en pratique. Au vu du niveau de preuves de cette étude, elle ne permet en rien de conclure au méfait du sport sur l'évolutivité de la SIA.

BIELEC réalisa un essai clinique prospectif non randomisé sur l'effet de la pratique de la natation sur la posture d'une centaine d'adolescents pendant une période de suivi de 2 ans (93). Les adolescents réalisaient des séances de minimum 45 minutes de tout type de nage chaque semaine. Au bout de 2 ans, à l'examen clinique, il remarqua dans le groupe interventionnel, une amélioration de la posture chez 72% des adolescents. Concernant les étudiants avec SIA, plus de 66% n'ont pas eu de modification de leur posture. Néanmoins, une amélioration significative par rapport au groupe contrôle, est observée chez 15% d'entre eux allant dans le sens du bénéfice de la natation sur la posture. Dans le même temps, d'autres cas de SIA sont apparus dans le groupe interventionnel par rapport au groupe contrôle, majoritairement chez des filles. L'évaluation du bénéfice de la natation est difficile à estimer dans cette étude face à des résultats contradictoires. L'échantillon d'adolescents

choisis initialement, n'a aucune appétence pour l'AP et ne pratiquant pas en dehors des séances réalisées dans le cadre de cette étude. Le temps de nage est relativement faible par semaine, ainsi la question de sous-estimation des effets de la natation se pose, qu'ils soient positifs ou négatifs, sur la posture liée à un manque de pratique. De même, l'évaluation de la posture est uniquement clinique. On ne sait pas combien d'examineurs différents sont utilisés. Des biais de résultats peuvent ainsi exister et limiter les conclusions de cette étude.

Il n'existe que très peu d'études évaluant la pratique d'AP dans une population d'adolescents ayant une SIA, traitée orthopédiquement ou non. Aucune d'entre elles n'est de haut niveau de preuve et ne permet pas de conclure à un méfait ou un bienfait de l'AP sur l'évolution de la SIA. De plus, aucune étude n'aborde les différents types de sports existants : les sport asymétriques, les sports de contact ou de collision qui ont de plus grandes contraintes au niveau rachidien.

La décision de restriction est donc à l'appréciation du praticien en fonction du type de SIA, de son évolutivité et du type de sport, en réalisant une balance bénéfices/risques en concertation avec le patient et sa famille. Les études présentées ci-dessus vont plutôt dans le sens d'une absence de contre-indication à la pratique de l'AP et au sport chez les adolescents avec SIA devant l'absence de preuve d'aggravation de la déformation et les bénéfices importants de l'AP chez tous les individus déjà prouvés dans la littérature. La majorité des études de pédagogie incluses dans cette revue retiennent la même conclusion, et ce quel que soit le type de traitement de la SIA mis en place (49–59). Le corset doit être retiré lors de la pratique de l'AP (49,52,53,58). Concernant le type de sport, FAYADA recommande la pratique de sport en extension (49) tant que WOOD, SCHILLER et BRUNET ne contre-indiquent aucune AP qu'elle soit de contact ou asymétrique (51,53,58). VAUTRAVERS contre-indique, par contre, la pratique du football pour les SIA > 40° évolutives en période prépubère ou pubère (52). Dans sa revue de la littérature en 2008, GREEN donne des recommandations similaires sur la pratique de l'AP : les patients SIA

traités ou non peuvent pratiquer de l'AP au même niveau que les autres (GRADE C), les patients traités orthopédiquement peuvent pratiquer avec ou sans le corset (GRADE D) (95). Ces conclusions sont similaires aux nôtres, les recommandations sont de faibles grades devant le petit nombre d'études et leurs faibles niveaux de preuve.

Ainsi le sport ne doit pas être contre-indiqué chez les adolescents portant une SIA mais peut-il être utilisé à bon escient et devenir un vrai outil ludique de rééducation ?

III L'AP et le sport comme moyen thérapeutique ?

Actuellement, le traitement fonctionnel de la SIA utilise des exercices spécifiques pour la scoliose ayant pour objectif une amélioration de l'équilibre, de la proprioception, un travail du schéma corporel et une amélioration de la force et de l'endurance musculaire pour pallier le défaut de maintien actif et passif du rachis pouvant amener à la déformation. Le sport a des exigences en termes de capacités physiques, musculaire et proprioceptif. On peut ainsi se poser la question de l'utilisation de l'AP comme moyen thérapeutique en complément des autres prises en charge.

- Effets sur la proprioception

La pratique d'une AP est recommandée à chaque période de la vie, quel que soit l'âge, afin d'améliorer la proprioception ; elle permet notamment de limiter les chutes chez les personnes âgées (101). Chez les enfants, la pratique de la gymnastique permet d'améliorer l'équilibre par rapport aux non-gymnastes (102), tout comme les activités de cirque (103). D'autres sports permettent d'acquérir des capacités proprioceptives dynamiques supérieures aux non-sportifs (104). Ainsi, l'AP permettrait d'améliorer les capacités neurosensorielles et le schéma corporel des adolescents scoliotiques. MEYER réalisa une étude sur le type de courbure des adolescentes scoliotiques en fonction de leur

pratique d'AP (73). Il constata que les adolescentes présentant une scoliose à double courbure pratiquaient plus d'AP, notamment la gymnastique, que les sujets à simple courbure. La présence de cette double courbure induit une meilleure symétrie des muscles rachidiens, un meilleur équilibre et contrôle postural (105) que l'on peut rejoindre avec la pratique du sport et de la gymnastique. La pratique sportive pourrait avoir modifié la statique rachidienne pour l'adapter au mieux aux contraintes biomécaniques et serait donc un outil rééducatif intéressant.

- *Effets sur la fonction musculaire et respiratoire*

Les adolescents scoliotiques présentent une asymétrie musculaire rachidienne et une faiblesse musculaire généralisée, limitant les capacités physiques et ventilatoires (106,107). Néanmoins, l'amélioration de la fonction musculaire est un des bénéfices de la pratique d'AP régulière et celle-ci permettrait donc d'améliorer les capacités des adolescents avec une SIA. L'AP permet également une diminution des rachialgies dans la population générale et pourrait ainsi limiter l'apparition de ces douleurs dans la population de scoliotiques notamment à l'âge adulte.

Les capacités ventilatoires des sujets avec une SIA sont limitées lors de l'AP, quel que soit l'angle de courbure de la scoliose. Il en résulte une moindre capacité à réaliser des travaux en aérobie que les adolescents non scoliotiques. Dans cette revue, ATHANASOPOULOS, BAS et ALVES ont réalisé des essais cliniques afin de prouver l'efficacité d'un entraînement aérobie par vélo sur les capacités respiratoires des patientes (91,92,94). Ils ont tous mis en évidence une amélioration significative des capacités ventilatoires des adolescentes scoliotiques sans aggravation des angles de courbures, allant dans le sens du bienfait des sports en aérobie. Ces sports n'auraient pas réellement une action sur le poumon en lui-même mais permettraient une amélioration de la fonction des muscles respiratoires qui serait principalement en cause. Le manque d'AP

et le déconditionnement musculaire qui en résulte provoqueraient la baisse des capacités ventilatoires et non la scoliose elle-même.

- Effets sur la déformation

Ainsi, la pratique d'une AP régulière afin d'augmenter les capacités musculaires, respiratoires et neurosensorielles pourraient être bénéfiques pour le traitement de la SIA. Néanmoins, aucune étude ne permet de conclure à un effet bénéfique ou négatif de l'AP sur l'évolution de la scoliose. MAHAUDENS en 1999, a essayé d'utiliser la natation synchronisée comme moyen d'améliorer la posture des jeunes adolescents scoliotiques (85). Malheureusement, sur les 7 participantes à son étude, seulement 2 ont eu des données complètes permettant de mettre en évidence une amélioration des courbures non significatives et donc non interprétable en pratique clinique. Le travail en piscine a permis un renforcement musculaire, une amélioration de la proprioception, de l'équilibre, et du schéma corporel en 6 mois et pourrait être donc un bon outil de rééducation. GRABARA a suivi 21 handballeurs professionnels d'âge moyen de 14 ans et ce pendant 2 années (89). L'évaluation répétée de leurs postures par la méthode Moiré retrouva une diminution de l'angle de torsion latérale correspondant à une amélioration de la posture dans le plan frontal et transverse. Ces études sont de faible niveau de preuves avec des biais de mesure mais ils vont dans le sens des bienfaits de la pratique d'AP. D'autres études sont nécessaires pour réellement démontrer cet effet.

On pourrait ainsi imaginer de proposer aux enfants certains sports préférentiels comme la natation synchronisée ou comme l'a fait FAYADA en 1999, en privilégiant les sports en « extension » (49) qui seraient plus susceptibles d'aider à l'auto-agrandissement et de limiter les contraintes rachidiennes. L'escalade pourrait également être un sport recommandé devant l'endurance musculaire et la proprioception importante qu'il implique. Dans tous les cas, l'enfant doit être impliqué et doit choisir le sport qu'il préfère et qu'il voudra

pratiquer au long cours, peu importe les contraintes qu'il a sur le rachis. Refuser à un enfant de pratiquer le sport qu'il aime peut avoir des répercussions sur son bien-être. Toute pratique sportive doit être encouragée.

IV Quelle pratique y a-t-il de nos jours ?

L'AP est donc recommandée chez les adolescents avec une SIA. Mais quelle pratique actuelle existe-il dans cette population ?

PARSCH en 2002, étudia l'AP de patients traités pour une SIA pendant 5 ans avec l'aide de questionnaires (70). Les patients sont répartis en 2 groupes : les patients traités par chirurgie et les patients non traités par chirurgie. Il retrouva une pratique significativement inférieure dans les 2 groupes de scolioses par rapport aux témoins. Il n'y avait pas de différence de pratique en fonction du traitement de la SIA. Les causes alléguées de cette diminution d'AP sont les difficultés fonctionnelles à pratiquer un sport en raison de la SIA et les rachialgies. DIARBAKERLI, en 2016, compara l'AP de 2 groupes : 239 adolescentes avec une SIA traitée ou non et un groupe contrôle de 58 adolescentes (81). Il ne mit pas en évidence de différence de pratique d'AP entre les 2 groupes. Peu d'adolescentes témoins ont rempli le questionnaire faisant supposer un manque de puissance et un biais dans les résultats. L'évaluation en sous-groupe permet de montrer une pratique d'AP inférieure lorsque la SIA a été traitée par corset ou par chirurgie (p 0,031). Cet auteur réitéra une étude similaire chez les adultes diagnostiqués SIA dans l'enfance (83). Il ne mit pas en évidence de différence de pratique d'AP modérée entre les 2 groupes. Les niveaux de pratique tout comme l'activité sportive en compétition sont également similaires. Néanmoins, lors de l'évaluation en sous-groupes, les individus traités par corset ou par chirurgie présentent moins d'AP modérée et de pratique en compétition que les autres.

Ces études suggèrent une pratique inférieure d'AP surtout pour les individus traités orthopédiquement ou arthrodésés par rapport à la population générale. Ceci est probablement dû aux limitations de pratique sportive qui étaient encore imposées il y a plusieurs années et qui tendent à disparaître. Les limitations fonctionnelles du rachis, soit en raison de la chirurgie soit en raison des rachialgies, semblent être la principale limitation retrouvées (81). Il convient de réaliser d'autres études afin de définir les limitations à la pratique de l'AP chez les individus scoliotiques et de déterminer si elles rejoignent celles de la population générale ou si elles sont propres à leur pathologie. Ainsi, ces limitations pourront être prise en charge. L'incitation à l'AP doit être améliorée notamment chez les adolescents.

V Quelles sont les modalités de pratique/ reprise du sport après une chirurgie de scoliose ?

L'arthrodèse implique une restriction de mobilité. Elle peut donc diminuer les capacités fonctionnelles et limiter la pratique d'une AP en post-opératoire.

La durée moyenne de retour à l'AP est en moyenne de 7,4+/- 3,4 mois après chirurgie dans l'étude de FABRICANT (88). Plus de 40% des adolescents ne reprennent pas une AP ou alors à un niveau plus bas qu'en préopératoire. Parmi les adolescents ayant repris le sport, certains ont dû changer de discipline. La raison alléguée de ce changement et de la diminution de l'AP en général, est le manque de souplesse induite par l'arthrodèse (88).

Ainsi le niveau de la vertèbre limite basse est important. Plus celui-ci est bas, moins le rachis lombaire est mobile. Les facteurs, retrouvés par SARWAHI, provoquant un retard dans le retour à l'AP, sont majoritairement un IMC élevé, une fusion sous L2 et un âge jeune (69). On peut supposer que la limitation de souplesse déstabilise les adolescents, modifie leur proprioception et leur schéma corporel, limitant leur capacité à pratiquer une AP. Ceux qui avait le plus tendance à pratiquer une AP avant la chirurgie vont passer outre et essayer

de reprendre le plus rapidement possible leurs habitudes. Cependant, les adolescents ne pratiquant que peu ou pas de sports extra-scolaires en préopératoire auront plus de difficultés et seront les plus susceptibles à ne pas reprendre d'AP. Il est important de noter que les caractéristiques des courbures de la scolioses n'impactent pas sur la reprise d'AP dans l'étude de SARWAHI (69) par contre dans l'étude de FABRICANT, les individus avec une classification de Lenke plus élevée sont ceux qui pratiquent le moins d'AP (88). On peut supposer que ceux ayant des courbures plus importantes et donc une classification de Lenke plus élevée sont ceux ayant le plus de limitations fonctionnelles et ceux les plus déconditionnés physiquement. Ils pourraient aussi avoir reçu le plus de restrictions de pratique d'AP en préopératoire en raison de l'importance de leur déformation. Après la chirurgie, la reprise d'AP n'en serait que plus difficile.

C'est au chirurgien de donner des recommandations aux familles sur les modalités de reprise de l'AP. Or, aucune recommandation collégiale n'existe. C'est à l'appréciation de chaque chirurgien de définir ses modalités de reprise en fonction du patient, du type de SIA, de l'instrumentation réalisé et du type de sport (61,67,97).

RUBERY et LEHMAN réalisèrent 2 études similaires, la première en 2002 et la seconde en 2013 (61,67). Ils interrogèrent des chirurgiens membres de sociétés savantes sur la scoliose, respectivement la Scoliosis Research Society et the Spinal Deformity Study Group, afin d'évaluer leur opinion et les recommandations qu'ils donnent en pratique. Le sport scolaire est majoritairement repris entre 6 mois et 1 an dans l'étude de RUBERY (61). Les sports sans contact et à faible impact sont repris généralement au bout de 6 mois dans les 2 études (61,67). Dans l'étude de RUBERY, 66% des chirurgiens autorisent la reprise des sports avec contact à partir de 1 an, 11% ne recommandent pas cette pratique et 2% la contre-indiquent. Ainsi certains sports comme le football, la gymnastique, le parachutisme et le trampoline sont contre-indiqués par ces chirurgiens. Près de 60% n'autorisent pas la reprise des sports de collisions (61). Pour les chirurgiens interrogés par LEHMAN, les sports de contact sont autorisés entre 6 et 9 mois et les sports de collisions à partir de 12 mois.

Aucun chirurgien ne contre-indique les sports de contact mais 20% n'autorisent pas la reprise des sports de collisions (67).

Il est intéressant de constater qu'en fonction de la spécialisation des chirurgiens, leurs avis sur les sports de collisions diffèrent : 46% des pédiatres auront plus tendance à recommander une chirurgie de SIA même si l'adolescent souhaite reprendre un sport de collision en post-opératoire contre 11% des chirurgiens spécialisés dans le rachis. Serait-ce grâce à une plus grande adaptation post-chirurgicale de l'enfant, remarquée par les pédiatres en pratique clinique, qui les rend plus susceptibles à autoriser les sports de collision ? Les chirurgiens du rachis voient-ils des cas de SIA plus sévères entraînant une plus grande restriction en post-opératoire ? De même, les chirurgiens expérimentés avec plus de 10 ans de pratique sont plus de 57% à ne pas recommander de chirurgie dans si un souhait de reprise de sport de contact ou de collision est exprimé. Serait-ce dû au fait que l'AP était peu recommandée auparavant chez les adolescents scoliotiques et qu'en raison du manque de preuve sur l'impact du sport sur la déformation, cette recommandation persiste ?

Le retour à l'AP, dans tous les cas, dépend du type de montage réalisé (61,67) : il sera plus précoce dans le cadre d'un montage avec vis pédiculaire que pour les montages hybrides ou avec crochet. Cependant, il n'y a pas de différence de reprise en fonction de la voie chirurgicale, antérieure ou postérieure. Pour 43 % des chirurgiens, le niveau de la vertèbre limite L4 détermine la reprise des sports de collision. Plus la vertèbre limite est basse, plus les chirurgiens donnent de restrictions sportives en majorité. Cependant, 35% des chirurgiens toutes spécialités confondues et 46% des pédiatres considèrent que ce niveau importe peu, démontrant encore l'impact de la spécialité, de l'expérience propre du chirurgien et des différences de points de vue sur la question de la reprise de l'AP post-arthrodèse du rachis.

Des complications post-opératoires sont-elles apparues en raison de la reprise du sport ? LEHMAN évoque un seul cas de rupture du montage sans déficit neurologique apparu chez un snowboarder qui repris son AP seulement 2 semaines après la chirurgie.

Sinon, 96% des chirurgiens n'allèguent aucune complication après la reprise du sport (67). On peut donc estimer que les recommandations pratiquées actuellement sont sans risque pour le montage.

On remarque également que 78% des chirurgiens interrogés ne recommandent pas de prise en charge kinésithérapique en post-opératoire (67). La diminution de l'AP après chirurgie serait-elle ainsi dû à un défaut de proprioception, d'extensibilité et à un déconditionnement musculaire qui aurait pu être corrigé par la rééducation ? L'apprentissage des règles d'hygiène rachidienne et la reprise des activités dynamiques accompagnés d'un kinésithérapeute pourrait aider les adolescents à se réapproprier leur corps, à débiter des exercices musculaires et d'équilibre. La reprise d'AP accompagnée permettrait de diminuer l'appréhension des enfants et des parents, et ainsi favoriser un retour au sport au quotidien.

La pratique d'un sport exigeant en termes de capacité physique est possible. CHAN détaille la reprise d'AP d'une athlète de haut niveau de 25 ans pratiquant le Wushu, un art martial chinois, après arthrodèse (87). Elle présentait une SIA thoracique droite diagnostiquée à l'âge de 12 ans et qui a évolué jusqu'à un angle de Cobb de 55°. Elle décida de bénéficier d'une prise en charge chirurgicale en 2014 avec souhait de reprise de son AP en post-opératoire. Son entraînement comportant des exercices de renforcement musculaire, d'endurance, de vitesse et d'étirement, a débuté à 3 mois post-opératoire. Elle a pu reprendre les compétitions locales à 12 mois. A 17 mois de la chirurgie, elle a participé au 13ème championnat du monde de sa discipline et a remporté la médaille d'argent dans la catégorie « Duilian » (combat d'exhibition). La chirurgie donc n'est pas incompatible avec sport de haut niveau, même si celui-ci comporte des contraintes importantes, le Wushu étant un art martial alliant des mouvements de kungfu et des mouvements acrobatiques. Il faut toutefois noter que la vertèbre limite inférieure est en T12 et donc la mobilité du rachis lombaire reste totale lui permettant de garder une certaine souplesse rachidienne. Une arthrodèse prenant le rachis lombaire aurait pu fortement limiter ses possibilités de reprise

du haut niveau. La présence d'une préparation longue à partir de 3 mois post-opératoire a permis à cette athlète de récupérer des capacités importantes pour revenir au plus haut niveau allant dans le sens d'une nécessité de la prise en charge rééducative en post-opératoire pour la reprise d'AP.

PERSPECTIVES : PROTOCOLE DE RECHERCHE

Des études complémentaires sont à mener afin de mieux comprendre l'impact du sport sur l'évolution de la SIA.

L'étude idéale pour évaluer l'impact de l'AP sur les SIA serait de réaliser un essai thérapeutique prospectif avec 2 groupes d'adolescentes présentant une SIA, traitées par corset ou non, et ne pratiquant pas d'AP extra-scolaire pour limiter le risque de biais. Les adolescentes ne devraient pas avoir d'autres pathologies chroniques notamment musculaire, neurologique ou respiratoire. Le groupe interventionnel réaliserait une AP régulière 1 fois par semaine à raison d'1h30 à 2h et ce pendant 1 an. Une évaluation radiographique par EOS serait réalisée lors des consultations de suivi de scoliose à l'inclusion, à 6 mois et à 1 an. Le critère de jugement principal sera l'évolution de l'angle de Cobb. Les critères de jugement secondaires seraient l'évaluation de la fonction respiratoire par spirométrie, l'évaluation de l'endurance musculaire des muscles quadriceps, abdominaux, paravertébraux et spinaux, l'évaluation proprioceptive sur plateforme posturale et l'évaluation de la qualité de vie et de l'image corporelle par questionnaires. Les résultats seraient comparés avec le groupe contrôle tout au long du suivi avec des radiographies étant interprétées en aveugle par des radiologues, sans connaissance de la prise en charge sportive existante ou non. Concernant le type d'AP réalisée, en fonction du nombre de patients inclus, 2 sports pourraient être effectués : la natation, si souvent recommandée (à tort ou à raison), et l'escalade, sport impliquant une grande proprioception et travaillant l'endurance musculaire du rachis (108).

Des difficultés apparaissent quant à l'élaboration de telle études et de nombreux biais sont à minimiser au maximum.

Premièrement, il faut réduire le biais de sélection afin d'avoir un échantillon le plus représentatif de la population de SIA. Mais il semble difficile de réaliser des groupes homogènes devant les multitudes de type de déformation existantes, qu'elles soient évolutives ou non, et les différents traitements que peuvent avoir les adolescents.

Deuxièmement, la recherche d'un lieu adapté à la pratique du sport chaque semaine est complexe et nécessite un budget pour la structure et pour les encadrants qu'il ne faut pas négliger. L'idéal serait que l'étude soit multicentrique mais cette contrainte budgétaire pourrait limiter la possibilité de multiplier des lieux de l'étude. Dernièrement, le risque de faible observance des séances est possible et provoquerait une diminution la puissance de l'étude.

Les résultats attendus sont l'absence de différence sur l'évolution de l'angle de Cobb entre les 2 groupes allant dans le sens de l'absence de nocivité de l'AP sur les adolescents portant une SIA. En parallèle, une amélioration des capacités respiratoires, de l'endurance musculaire, de la qualité de vie et de l'image corporelle sera significativement plus importante dans le groupe interventionnel.

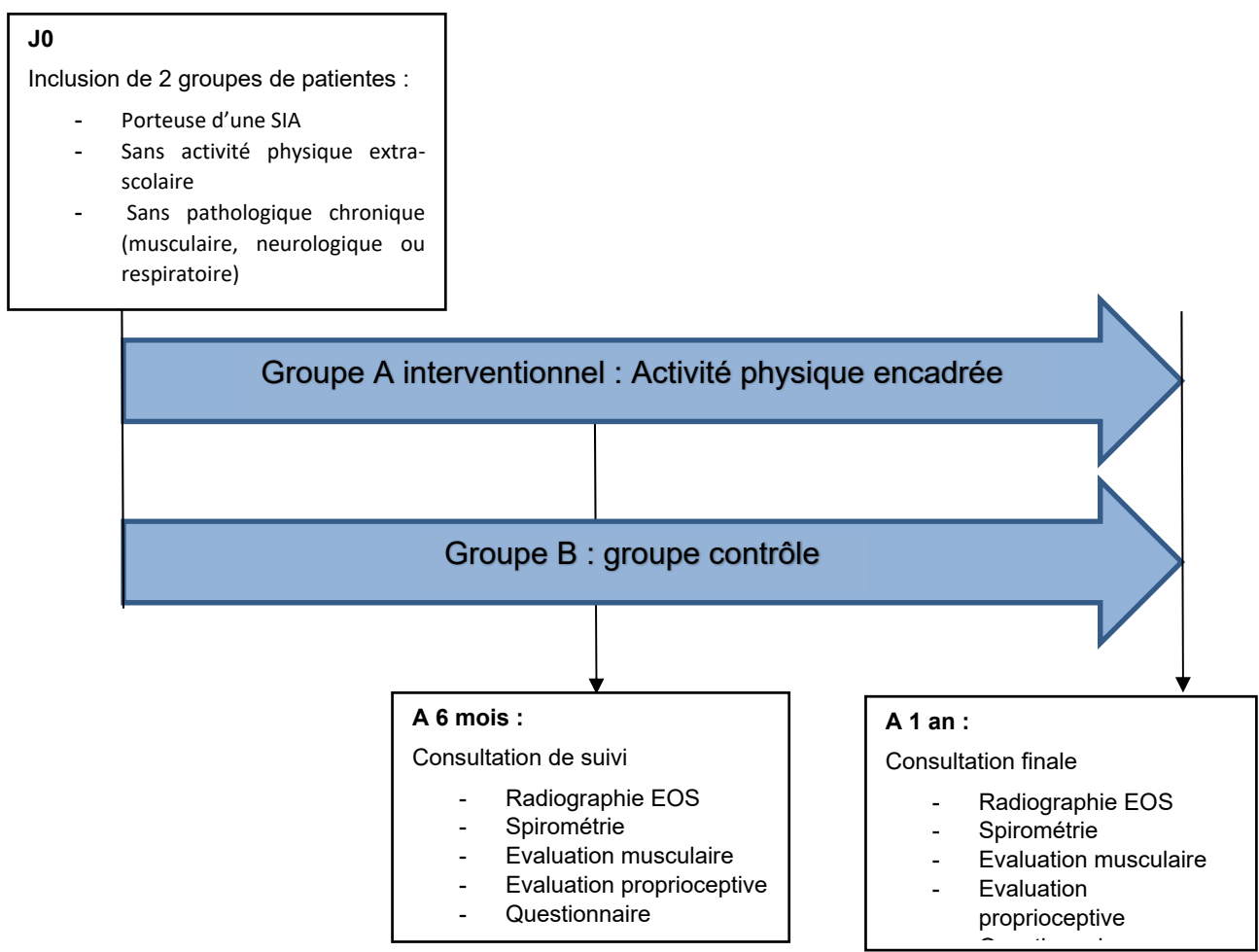


Figure 10 - Déroulement de l'étude

CONCLUSION

Cette revue a permis de constater que les études sur l'AP et la SIA sont majoritairement de faible niveau de preuve et ne permettent de conclure avec certitude sur l'impact du sport sur la SIA.

Aucune preuve n'existe sur la survenue de SIA en raison du sport. Certaines études retrouvent une prévalence plus élevée de SIA dans des population de sportifs mais elles sont de faible niveau de preuve et des biais et facteurs de confusion existent.

La pratique d'AP ne doit pas être contre-indiquée mais encouragée. Aucune preuve n'existe de l'aggravation de la déformation avec l'AP. Les bénéfices d'une pratique sont plus importants que les risques chez l'enfant devant l'amélioration des capacités musculaires, de la qualité de vie et de l'image corporelle ainsi que la diminution du surpoids et de l'anxiété.

L'AP ne peut être considérée comme un traitement à part entière de la SIA. Mais le sport comporte des exigences physiques et proprioceptives qui font défaut aux individus présentant une SIA. La pratique sportive pourrait constituer un outil rééducatif ludique qu'il convient de confirmer par des études.

L'AP est diminuée chez les adolescents scoliotiques par rapport à la population générale notamment s'ils bénéficient d'un traitement par corset ou en post-opératoire.

La reprise d'AP post-opératoire n'est pas codifiée et dépend des pratiques du chirurgien. Néanmoins, aucune complication due à l'AP n'a été retrouvée dès lors qu'un délai minimum postopératoire est respecté. En moyenne, les AP sans contact sont repris entre 3 à 6 mois, les sports de contact entre 6 et 9 mois et les sports de collision à partir d'1 an. Les principaux facteurs limitant la pratique sont le niveau de la vertèbre limite inférieure et les limitations fonctionnelles ressenties par l'adolescent. La rééducation postopératoire ne semble pas être privilégiée mais pourrait aider à une bonne reprise des AP et à une poursuite au quotidien.

Il convient de réaliser d'autres études de plus haute valeur scientifique afin d'établir sur ces différents points afin de mieux comprendre l'impact du sport dans le SIA et de donner des recommandations claires acceptées au niveau international.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. KAPANDJI AI. Anatomie fonctionnelle Tome 3 Tête et Rachis. 7ème édition. MALOINE; 2019.
2. Khan MJ, Srinivasan VM, Jea AH. The History of Bracing for Scoliosis. *Clin Pediatr (Phila)*. 1 avr 2016;55(4):320-5.
3. Berre ML, Guyot M-A, Agnani O, Bourdeauducq I, Versyp M-C, Donze C, et al. Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 1 juin 2017;26(6):1638-44.
4. Bin K, Pesenti S, Peltier E, Durbec-Vinay A, Choufani E, Jouve J-L. Scoliose et attitude scoliothique.
5. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primer*. 15 oct 2015;1:15068.
6. Shakil H, Iqbal ZA, Al-Ghadir AH. Scoliosis: Review of types of curves, etiological theories and conservative treatment. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 1 janv 2014;27(2):111-5.
7. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord* [Internet]. 10 janv 2018 [cité 12 août 2018];13. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5795289/>
8. Poncet P, Dansereau J, Labelle H. Geometric Torsion in Idiopathic Scoliosis: Three-Dimensional Analysis and Proposal for a New Classification. *Spine*. 15 oct 2001;26(20):2235–2243.
9. Negrini S, Negrini A, Atanasio S, Santambrogio GC. Three-dimensional easy morphological (3-DEMO) classification of scoliosis, part I. *Scoliosis*. 5 déc 2006;1:20.
10. Weiss H-R. The method of Katharina Schroth - history, principles and current development. *Scoliosis*. 30 août 2011;6:17.
11. Rigo MD, Villagrasa M, Gallo D. A specific scoliosis classification correlating with brace treatment: description and reliability. *Scoliosis*. 27 janv 2010;5:1.
12. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. août 2001;83(8):1169-81.
13. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *The Lancet*. 3 mai 2008;371(9623):1527-37.
14. de Sèze M, Cugy E. Pathogenesis of idiopathic scoliosis: A review. *Ann Phys Rehabil Med*. 1 mars 2012;55(2):128-38.
15. Miller NH. Genetics of Familial Idiopathic Scoliosis. *Publ Assoc Bone Jt Surg CORR®*. sept 2007;462:6–10.
16. Kesling KL, Reinker KA. Scoliosis in Twins: A Meta-analysis of the Literature and Report of Six Cases. *Spine*. 1 sept 1997;22(17):2009–2014.
17. Patten SA, Margaritte-Jeannin P, Bernard J-C, Alix E, Labalme A, Besson A, et al. Functional variants of POC5 identified in patients with idiopathic scoliosis. *J Clin Invest*. 2 mars 2015;125(3):1124-8.

18. Takahashi Y, Kou I, Takahashi A, Johnson TA, Kono K, Kawakami N, et al. A genome-wide association study identifies common variants near LBX1 associated with adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Genet.* déc 2011;43(12):1237-40.
19. Baschal EE, Terhune EA, Wetthey CI, Baschal RM, Robinson KD, Cuevas MT, et al. Idiopathic Scoliosis Families Highlight Actin-Based and Microtubule-Based Cellular Projections and Extracellular Matrix in Disease Etiology. *G3 GenesGenomesGenetics.* 21 juin 2018;8(8):2663-72.
20. Grimes DT, Boswell CW, Morante NFC, Henkelman RM, Burdine RD, Ciruna B. Zebrafish model of idiopathic scoliosis link cerebrospinal fluid flow to defects in spine curvature. *Science.* 10 juin 2016;352(6291):1341-4.
21. Boswell CW, Ciruna B. Understanding Idiopathic Scoliosis: A New Zebrafish School of Thought. *Trends Genet.* 1 mars 2017;33(3):183-96.
22. Lovejoy CO. Histoire naturelle de la marche et de la posture humaine : colonne vertébrale et pelvis. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/31201/histoire-naturelle-de-la-marche-et-de-la-posture-h>
23. Chu WCW, Rasalkar DD, Cheng JCY. Asynchronous neuro-osseous growth in adolescent idiopathic scoliosis—MRI-based research. *Pediatr Radiol.* 1 sept 2011;41(9):1100-11.
24. Zhu F, Qiu Y, Yeung HY, Lee KM, Cheng JC-Y. Histomorphometric study of the spinal growth plates in idiopathic scoliosis and congenital scoliosis. *Pediatr Int.* 2006;48(6):591-8.
25. Villemure I, Aubin C-É, Dansereau J, Labelle H. Modélisation biomécanique de la croissance et de la modulation de croissance vertébrales pour l'étude des déformations scoliotiques : étude de faisabilité. *ITBM-RBM.* 1 avr 2002;23(2):109-17.
26. Cheng JCY, Qin L, Cheung CSK, Sher AHL, Lee KM, Ng SWE, et al. Generalized Low Areal and Volumetric Bone Mineral Density in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Bone Miner Res.* 2000;15(8):1587-95.
27. Clark EM, Taylor HJ, Harding I, Hutchinson J, Nelson I, Deanfield JE, et al. Association Between Components of Body Composition and Scoliosis: A Prospective Cohort Study Reporting Differences Identifiable Before the Onset of Scoliosis. *J Bone Miner Res.* 2014;29(8):1729-36.
28. Mao S, Jiang J, Sun X, Zhao Q, Qian B, Liu Z, et al. Timing of menarche in Chinese girls with and without adolescent idiopathic scoliosis: current results and review of the literature. *Eur Spine J.* févr 2011;20(2):260-5.
29. Xue C, Shi L, Hui SCN, Wang D, Lam TP, Ip C-B, et al. Altered White Matter Microstructure in the Corpus Callosum and Its Cerebral Interhemispheric Tracts in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Diffusion Tensor Imaging Analysis. *Am J Neuroradiol.* 1 juin 2018;39(6):1177-84.
30. Hitier M, Hamon M, Denise P, Lacoudre J, Thenint M-A, Mallet J-F, et al. Lateral Semicircular Canal Asymmetry in Idiopathic Scoliosis: An Early Link between Biomechanical, Hormonal and Neurosensory Theories? *PLoS ONE [Internet].* 17 juill 2015 [cité 13 avr 2020];10(7). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4506017/>
31. Horne JP, Flannery R, Usman S. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Diagnosis and Management. *2014;89(3):6.*
32. Kuznia AL, Hernandez AK, Lee LU. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Common Questions and Answers. *Am Fam Physician.* 1 janv 2020;101(1):19-23.
33. Tones M, Moss N, Polly DWJ. A Review of Quality of Life and Psychosocial Issues in Scoliosis. *Spine.* 15 déc 2006;31(26):3027.

34. Park J-H, Jeon H-S, Park H-W. Effects of the Schroth exercise on idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med* [Internet]. juin 2018 [cité 15 avr 2020];(3). Disponible sur: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R33Y2018N03A0440>
35. Romano M, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, Zaina F, Chockalingam N, Kotwicki T, et al. Exercises for adolescent idiopathic scoliosis. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2012 [cité 26 févr 2019]; Disponible sur: <https://www.readcube.com/articles/10.1002/14651858.CD007837.pub2>
36. Negrini S, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, Chockalingam N, Grivas TB, Kotwicki T, et al. Braces for idiopathic scoliosis in adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(6).
37. Activité physique [Internet]. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
38. Conseil de l'Europe. Recommandation N° R (92) 13 sur la Charte sociale européenne du Sport [Internet]. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://rm.coe.int/16804ca89a>
39. OMS | Recommandations mondiales en matière d'activité physique pour la santé [Internet]. WHO. [cité 18 mai 2019]. Disponible sur: https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/fr/
40. Activité physique : Contextes et effets sur la santé [Internet]. [cité 8 mai 2019]. Disponible sur: <http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/80>
41. Physical Activity and Mortality in Patients With Stable Coronary Heart Disease - ScienceDirect [Internet]. [cité 14 mai 2019]. Disponible sur: <https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S0735109717392665>
42. Korczak DJ, Madigan S, Colasanto M. Children's Physical Activity and Depression: A Meta-analysis. *Pediatrics* [Internet]. 1 avr 2017 [cité 21 avr 2020];139(4). Disponible sur: <https://pediatrics.aappublications.org/content/139/4/e20162266>
43. Activité physique : Prévention et traitement des maladies chroniques [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 14 mai 2019]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives/activite-physique-prevention-et-traitement-maladies-chroniques>
44. Chermann J-F. Commotions cérébrales et sport : complications à long terme. *J Réadapt Médicale Prat Form En Médecine Phys Réadapt*. 1 sept 2014;34(3):118-25.
45. Brenner JS, Fitness C on SMA. Sports Specialization and Intensive Training in Young Athletes. *Pediatrics* [Internet]. 1 sept 2016 [cité 21 avr 2020];138(3). Disponible sur: <https://pediatrics.aappublications.org/content/138/3/e20162148>
46. 190917_ONAPS_RC 2018 final.pdf [Internet]. [cité 24 avr 2020]. Disponible sur: http://www.onaps.fr/data/documents/190917_ONAPS_RC%202018%20final.pdf
47. Becker TJ. Scoliosis in swimmers. *Clin Sports Med*. janv 1986;5(1):149-58.
48. etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf [Internet]. [cité 3 mars 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf
49. Fayada P, Morin C, Plais PY, Léonard JC. Scoliose, cyphose et sport. *Sci Sports*. 1 janv 1999;14(1):28-32.
50. Biot B, Bernard J-C, Stortz M, Touzeau C. Scoliose idiopathique en période de croissance. *Wwwem-Premiumcomdatatraitateski26-28410* [Internet]. 25 févr 2019 [cité 25 févr 2019]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/10252/resultatrecherche/6>

51. Wood KB. Spinal deformity in the adolescent athlete. *Clin Sports Med.* janv 2002;21(1):77-92.
52. Vautravers P. Rachis et Football. *J Traumatol Sport.* 1 déc 2004;21(4):249-53.
53. Schiller JR, Ebersson CP. Spinal Deformity and Athletics. *Sports Med Arthrosc Rev.* mars 2008;16(1):26.
54. Boussard. Scoliose et sports : 5 questions à se poser chez l'adolescent scoliotique. *Résonances européennes du Rachis.*
55. Gielen JL, Eede EV den. Scoliosis and sports participation : FIMS position statements. *Int SportMed J.* 1 janv 2008;9(3):131-40.
56. Lechevallier J, Leroux J, Amara SA. Scoliose idiopathique de l'enfant et de l'adolescent. *Wwwem-Premiumcomdatatraitestmtm-56324* [Internet]. 10 juill 2012 [cité 25 févr 2019]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/708714/resultatrecherche/1>
57. d'Hemecourt PA, Hresko MT. Spinal deformity in young athletes. *Clin Sports Med.* juill 2012;31(3):441-51.
58. Brunet-Guedj E. Pathologies de l'appareil locomoteur chez l'enfant sportif. *Wwwem-Premiumcomdatatraitestmtm-55695* [Internet]. 11 janv 2013 [cité 25 févr 2019]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/738414/resultatrecherche/3>
59. KAKAR RS, SIMPSON KJ, DAS BM, BROWN CN. Review of Physical Activity Benefits and Potential Considerations for Individuals with Surgical Fusion of Spine for Scoliosis. *Int J Exerc Sci.* 1 mars 2017;10(2):166-77.
60. Tanchev PI, Dzherov AD, Parushev AD, Dikov DM, Todorov MB. Scoliosis in Rhythmic Gymnasts. *Spine.* 1 juin 2000;25(11):1367–1372.
61. Rubery PT, Bradford DS. Athletic Activity After Spine Surgery in Children and Adolescents: Results of a Survey. *Spine.* 15 févr 2002;27(4):423–427.
62. Bernard D, Claude J, Daami D, Deceuninck M, Céline K. L'evolutive della scoliosi idiopatica è influenzata dalla pratica sportiva ? *Résonances Eur Rachis.* 2009;16(50):2087-92.
63. Vařeková R, Vařeka I, Janura M, Svoboda Z, Elfmark M. Evaluation of postural asymmetry and gross joint mobility in elite female volleyball athletes. *J Hum Kinet.* sept 2011;29:5-13.
64. Steinberg N, Hershkovitz I, Peleg S, Dar G, Masharawi Y, Zeev A, et al. Morphological characteristics of the young scoliotic dancer. *Phys Ther Sport.* 1 nov 2013;14(4):213-20.
65. Milenković S, Živković D, Bubanj S, Bogdanovic Z, Živković M, Stosic D. Frequency of the spinal column postural disorders among elite Serbian swimmers. *Facta Univ - Ser Phys Educ Sport.* 20 sept 2012;10:203-9.
66. Sedrez JA, da Rosa MIZ, Noll M, da Silva Medeiros F, Candotti CT. Risk factors associated with structural postural changes in the spinal column of children and adolescents. *Rev Paul Pediatr Engl Ed.* 1 mars 2015;33(1):72-81.
67. Lehman RA, Kang DG, Lenke LG, Sucato DJ, Bevevino AJ, Spinal Deformity Study Group. Return to sports after surgery to correct adolescent idiopathic scoliosis: a survey of the Spinal Deformity Study Group. *Spine J Off J North Am Spine Soc.* 1 mai 2015;15(5):951-8.
68. Watanabe K, Michikawa T, Yonezawa I, Takaso M, Minami S, Soshi S, et al. Physical Activities and Lifestyle Factors Related to Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 15 févr 2017;99(4):284-94.

69. Sarwahi V, Wendolowski S, Gecelter R, Maguire K, Gambassi M, Orlando D, et al. When Do Patients Return to Physical Activities and Athletics After Scoliosis Surgery?: A Validated Patient Questionnaire Based Study. *Spine*. 01 2018;43(3):167-71.
70. Parsch D, Gärtner V, Brocai DRC, Carstens C, Schmitt H. Sports activity of patients with idiopathic scoliosis at long-term follow-up. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. mars 2002;12(2):95-8.
71. Meyer C, Cammarata E, Haumont T, Deviterne D, Gauchard GC, Leheup B, et al. Why do idiopathic scoliosis patients participate more in gymnastics? *Scand J Med Sci Sports*. août 2006;16(4):231-6.
72. Kenanidis E, Potoupnis ME, Papavasiliou KA, Sayegh FE, Kapetanios GA. Adolescent idiopathic scoliosis and exercising: is there truly a liaison? *Spine*. 15 sept 2008;33(20):2160-5.
73. Meyer C, Haumont T, Gauchard GC, Leheup B, Lascombes P, Perrin PP. The practice of physical and sporting activity in teenagers with idiopathic scoliosis is related to the curve type. *Scand J Med Sci Sports*. déc 2008;18(6):751-5.
74. Modi H, Srinivasalu S, Smehta S, Yang J-H, Song H-R, Suh SW. Muscle imbalance in volleyball players initiates scoliosis in immature spines: a screening analysis. *Asian Spine J*. juin 2008;2(1):38-43.
75. Longworth B, Fary R, Hopper D. Prevalence and predictors of adolescent idiopathic scoliosis in adolescent ballet dancers. *Arch Phys Med Rehabil*. sept 2014;95(9):1725-30.
76. Zaina F, Donzelli S, Lusini M, Minnella S, Negrini S. Swimming and spinal deformities: a cross-sectional study. *J Pediatr*. janv 2015;166(1):163-7.
77. Grabara M. A comparison of the posture between young female handball players and non-training peers. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 1 janv 2014;27(1):85-92.
78. Grabara M. Comparison of posture among adolescent male volleyball players and non-athletes. *Biol Sport*. mars 2015;32(1):79-85.
79. McMaster ME, Lee AJ, Burwell RG. Physical activities of Patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS): preliminary longitudinal case-control study historical evaluation of possible risk factors. *Scoliosis*. 2015;10:6.
80. Jandric S. Differences in postural disturbances between female adolescents handball players and nontraining peers. *Vojnosanit Pregl*. 2016;73(4):337-42.
81. Diarbakerli E, Grauers A, Möller H, Abbott A, Gerdhem P. Adolescents with and without idiopathic scoliosis have similar self-reported level of physical activity: a cross-sectional study. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016;11:17.
82. Zaina F, Donzelli S, Lusini M, Fusco C, Minnella S, Negrini S. Tennis is not dangerous for the spine during growth: results of a cross-sectional study. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2016;25(9):2938-44.
83. Diarbakerli E, Grauers A, Danielsson A, Gerdhem P. Adults With Idiopathic Scoliosis Diagnosed at Youth Experience Similar Physical Activity and Fracture Rate as Controls. *Spine*. 1 avr 2017;42(7):E404-10.
84. Lee J. Comparisons of incidence of spinal and lower extremity deformities according to the physical characteristics between sports major and nonmajor college students. *J Exerc Rehabil*. avr 2017;13(2):240-3.
85. P M, BECQUET J, MAHAUDENS P. Rééducation des scolioses idiopathiques de l'adolescent. *Ann Kinésithérapie*. déc 1999;(vol. 26/8):p.360-368.

86. Potoupnis ME, Kenanidis E, Papavasiliou KA, Kapetanos GA. The role of exercising in a pair of female monozygotic (high-class athletes) twins discordant for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1 août 2008;33(17):E607-610.
87. Chan CYW, Aziz I, Chai FW, Kwan MK. A Silver Medal Winner at the 13th World Wu Shu Championship 2015 17 Months After Selective Thoracic Fusion for Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Case Report. *Spine*. 15 févr 2017;42(4):E248-52.
88. Fabricant PD, Admoni S, Green DW, Ipp LS, Widmann RF. Return to athletic activity after posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: analysis of independent predictors. *J Pediatr Orthop*. mai 2012;32(3):259-65.
89. Grabara M. The posture of adolescent male handball players: A two-year study. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 6 févr 2018;31(1):183-9.
90. Tobias JH, Fairbank J, Harding I, Taylor HJ, Clark EM. Association between physical activity and scoliosis: a prospective cohort study. *Int J Epidemiol*. 6 déc 2018;
91. Athanasopoulos S, Paxinos T, Tsafantakis E, Zachariou K, Chatziconstantinou S. The effect of aerobic training in girls with idiopathic scoliosis. *Scand J Med Sci Sports*. févr 1999;9(1):36-40.
92. Bas P, Romagnoli M, Gomez-Cabrera M-C, Bas JL, Aura JV, Franco N, et al. Beneficial effects of aerobic training in adolescent patients with moderate idiopathic scoliosis. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. août 2011;20 Suppl 3:415-9.
93. Bielec G, Peczak-Graczyk A, Waade B. Do swimming exercises induce anthropometric changes in adolescents? *Issues Compr Pediatr Nurs*. 1 mars 2013;36(1-2):37-47.
94. Alves VL dos S, Avanzi O. RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH IN IDIOPATHIC SCOLIOSIS AFTER TRAINING PROGRAM. *Acta Ortop Bras*. 2016;24(6):296-9.
95. Green BN, Johnson C, Moreau W. Is physical activity contraindicated for individuals with scoliosis? A systematic literature review. *J Chiropr Med*. 1 mars 2009;8(1):25-37.
96. Kenanidis EI, Potoupnis ME, Papavasiliou KA, Sayegh FE, Kapetanos GA. Adolescent Idiopathic Scoliosis in Athletes: Is There a Connection? *Phys Sportsmed*. 1 juin 2010;38(2):165-70.
97. Sellyn GE, Hale AT, Tang AR, Waters A, Shannon CN, Bonfield CM. Pediatric thoracolumbar spine surgery and return to athletics: a systematic review. *J Neurosurg Pediatr*. 27 sept 2019;24(6):702-12.
98. Harrington PR. The etiology of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop*. août 1977;(126):17-25.
99. Côté P, Kreitz BG, Cassidy JD, Dzus AK, Martel J. A Study of the Diagnostic Accuracy and Reliability of the Scoliometer and Adam's Forward Bend Test. *Spine*. 1 avr 1998;23(7):796-802.
100. Porto F, Gurgel JL, Russomano T, Farinatti PDTV. Moiré topography: Characteristics and clinical application. *Gait Posture*. 1 juill 2010;32(3):422-4.
101. Maitre J, Jully J-L, Gasnier Y, Paillard T. L'activité physique et sportive préserve l'efficience de la proprioception dans le contrôle postural quel que soit l'âge des sujets. *Wwwem-Premiumcomdaterevues09877053v42i6S0987705312003371* [Internet]. 26 nov 2012 [cité 3 mai 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/770528/resultatrecherche/1>

102. Busquets A, Aranda-Garcia S, Ferrer-Uris B, Marina M, Angulo-Barroso R. Age and gymnastic experience effects on sensory reweighting processes during quiet stand. *Gait Posture*. 1 juin 2018;63:177-83.
103. Sahli S, Ghroubi S, Rebai H, Chaâbane M, Yahia A, Pérennou D, et al. The effect of circus activity training on postural control of 5–6-year-old children. *Wwwem-Premiumcomdatarevues07651597v28i1S0765159711002012* [Internet]. 12 févr 2013 [cité 2 mai 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/786708/resultatrecherche/1/complSearch>
104. Zemková E. Sport-Specific Balance. *Sports Med*. 1 mai 2014;44(5):579-90.
105. Gauchard GC, Lascombes P, Kuhnast M, Perrin PP. Influence of Different Types of Progressive Idiopathic Scoliosis on Static and Dynamic Postural Control. *Spine*. 1 mai 2001;26(9):1052–1058.
106. Farahpour N, Younesian H, Bahrpeyma F. Electromyographic activity of erector spinae and external oblique muscles during trunk lateral bending and axial rotation in patients with adolescent idiopathic scoliosis and healthy subjects. *Clin Biomech*. 1 juin 2015;30(5):411-7.
107. Martínez-Llorens J, Ramírez M, Colomina MJ, Bagó J, Molina A, Cáceres E, et al. Muscle dysfunction and exercise limitation in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Respir J*. 1 août 2010;36(2):393-400.
108. Grzybowski C, Donath L, Wagner H. Zusammenhang zwischen Rumpfmuskelaktivität und Wandneigung bei statischen Kletterpositionen: Implikationen für die Klettertherapie. *Sportverletz · Sportschaden*. juin 2014;28(2):75-84.

AUTEUR : Nom : MARANT

Prénom : Fanny

Date de soutenance : Mardi 16 Juin 2020

Titre de la thèse :

Impact du sport chez les adolescents avec une scoliose idiopathique : revue de la littérature

Thèse - Médecine - Lille 2020

Cadre de classement : *Médecine Physique et Réadaptation*

DES + spécialité : *Médecine Physique et Réadaptation*

Mots-clés : Scoliose idiopathique de l'adolescente, déformation rachidienne, activité physique, sport, revue de la littérature

Résumé

Contexte : La pratique de l'activité physique chez les adolescents présentant une scoliose idiopathique est une question encore débattue. L'activité physique et sportive possède de nombreux bénéfices notamment sur la fonction musculaire, respiratoire et sur la thymie des adolescents. Cependant, on ne connaît que très peu son impact sur la scoliose idiopathique en tant que facteur de risque de survenue, de facteur d'aggravation ou facteur protecteur de la déformation motivant la réalisation d'une revue de la littérature.

Méthode : Nous avons réalisés une revue sur les bases de données Pubmed-NCBI, Web of science, Science direct, EMC et Wiley. Les articles ont été sélectionnés en utilisant les mots-clés : idiopathic scoliosis, physical activity, athletes et sport. Les articles étaient publiés en Janvier 1999 et Décembre 2019 et retrouvés en entier en anglais ou français. Étaient exclus les articles abordant les exercices rééducatifs spécifiques de la scoliose et les scolioses non idiopathiques. Les articles inclus ont été classés selon leur type (articles de pédagogie, études épidémiologiques, de cohorte, séries de cas, essais cliniques et revue de la littérature).

Résultats : La recherche a permis d'identifier 1124 articles potentiels. 72 articles ont été présélectionnés en fonction de leur titre et du résumé. Après lecture des textes intégraux, seuls 49 articles ont été inclus dans l'analyse finale. Environ 86 % sont de faible niveau de preuve avec uniquement une étude randomisée de niveau 1 et 6 études de niveau 2. Aucune preuve n'existe sur la survenue de scoliose en raison du sport. Aucune preuve n'existe de l'aggravation de la déformation avec le sport. La reprise en post-opératoire n'est pas codifiée et dépend des pratiques du chirurgien. Elle ne doit pas être contre-indiquée mais encouragée. La pratique sportive pourrait constituer un outil rééducatif ludique. Ces données nécessitent d'être confirmés par des études.

Conclusion : Cette revue de la littérature permet un aperçu global des études sur la SIA et le sport. Devant leurs faibles niveaux de preuve, des études bien menées et randomisées sont nécessaires pour conclure à un impact de l'activité physique.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur THEVENON

Assesseurs: Messieurs les Professeurs TIFFREAU et GIRARD
Monsieur le Docteur FRON

Directeur de thèse :
Monsieur le Professeur TIFFREAU