



HAL
open science

Étude de la dystrophie rachidienne de croissance en imagerie EOS et de ses facteurs associés chez 97 jeunes skieurs de haut niveau

Victor Cubillé

► **To cite this version:**

Victor Cubillé. Étude de la dystrophie rachidienne de croissance en imagerie EOS et de ses facteurs associés chez 97 jeunes skieurs de haut niveau. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-01812751

HAL Id: dumas-01812751

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01812751>

Submitted on 11 Jun 2018

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

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

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SID de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

<http://www.cfcopies.com/juridique/droit-auteur>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES
UFR DE MÉDECINE DE GRENOBLE

Année : 2018

**Etude de la dystrophie rachidienne de croissance en imagerie EOS
et de ses facteurs associés chez 97 jeunes skieurs de haut niveau.**

THÈSE
PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE
DIPLOME D'ÉTAT

Victor CUBILLÉ

[Données à caractère personnel]

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE
GRENOBLE

Le : 23/05/2018

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE

Président du jury : M. le Professeur Jérôme TONETTI

Directrice de thèse : Mme le Docteur Marie-Philippe ROUSSEAU-BLANCHI

Membres :

M. le Docteur Stéphane DOUTRELEAU

M. le Professeur Philippe GAUDIN

M. le Professeur Athan BAILLET

L'UFR de Médecine de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.

Doyen de la Faculté : Pr. Patrice MORAND

Année 2017-2018

ENSEIGNANTS A L'UFR DE MEDECINE

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie réanimation
PU-PH	APTEL Florent	Ophthalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	Chirurgie générale
PU-PH	BAILLET Athan	Rhumatologie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
PU-PH	BENHAMOU Pierre Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
MCU-PH	BOISSET Sandrine	Agents infectieux
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PU-PH	BOUGEROL Thierry	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	BOUILLET Laurence	Médecine interne
PU-PH	BOUZAT Pierre	Réanimation
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	Thérapeutique, médecine d'urgence
MCU-PH	BROUILLET Sophie	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	CAHN Jean-Yves	Hématologie
PU-PH	CARPENTIER Françoise	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PU-PH	CESBRON Jean-Yves	Immunologie
PU-PH	CHABARDES Stephan	Neurochirurgie
PU-PH	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie
PU-PH	CHARLES Julie	Dermatologie
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophthalmologie

PU-PH	CHIRICA Mircea	Chirurgie générale
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	CLAVARINO Giovanna	Immunologie
PU-PH	COHEN Olivier	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COURVOISIER Aurélien	Chirurgie infantile
PU-PH	COUTURIER Pascal	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PU-PH	CURE Hervé	Oncologie
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
PU-PH	DECAENS Thomas	Gastro-entérologie, Hépatologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Addictologie
MCU-PH	DERANSART Colin	Physiologie
PU-PH	DESCOTES Jean-Luc	Urologie
MCU-PH	DETANTE Olivier	Neurologie
MCU-PH	DIETERICH Klaus	Génétique et procréation
MCU-PH	DOUTRELEAU Stéphane	Physiologie
MCU-PH	DUMESTRE-PERARD Chantal	Immunologie
PU-PH	EPAULARD Olivier	Maladies Infectieuses et Tropicales
PU-PH	ESTEVE François	Biophysique et médecine nucléaire
MCU-PH	EYSSERIC Hélène	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	FAGRET Daniel	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	FAUCHERON Jean-Luc	Chirurgie générale
MCU-PH	FAURE Julien	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	FERRETTI Gilbert	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	FEUERSTEIN Claude	Physiologie
PU-PH	FONTAINE Éric	Nutrition
PU-PH	FRANCOIS Patrice	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-MG	GABOREAU Yoann	Médecine Générale
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie, transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
PU-PH	GAVAZZI Gaétan	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
PU-PH	GUEBRE-EGZIABHER Fitsum	Néphrologie
MCU-PH	GUZUN Rita	Endocrinologie, diabétologie, nutrition, éducation thérapeutique
PU-PH	HAINAUT Pierre	Biochimie, biologie moléculaire
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Génétique et procréation
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie obstétrique
PU-PH	HOMMEL Marc	Neurologie
PU-MG	IMBERT Patrick	Médecine Générale
PU-PH	JOUK Pierre-Simon	Génétique
PU-PH	JUVIN Robert	Rhumatologie

PU-PH	KAHANE Philippe	Physiologie
MCU-PH	KASTLER Adrian	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	KRACK Paul	Neurologie
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARERE José	Epidémiologie ; Eco. de la Santé
MCU-PH	LABLANCHE Sandrine	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
MCU-PH	LANDELLE Caroline	Bactériologie - virologie
MCU-PH	LAPORTE François	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARRAT Sylvie	Bactériologie, virologie
MCU - PH	LE PISSART Audrey	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénérologie
PU-PH	LEROUX Dominique	Génétique
PU-PH	LEROY Vincent	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	LEVY Patrick	Physiologie
PU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
PU-PH	MAGNE Jean-Luc	Chirurgie vasculaire
MCU-PH	MAIGNAN Maxime	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	MAITRE Anne	Médecine et santé au travail
MCU-PH	MALLARET Marie-Reine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-PH	MARLU Raphaël	Hématologie, transfusion
MCU-PH	MAUBON Danièle	Parasitologie et mycologie
PU-PH	MAURIN Max	Bactériologie - virologie
MCU-PH	MC LEER Anne	Cytologie et histologie
PU-PH	MERLOZ Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	MORAND Patrice	Bactériologie - virologie
PU-PH	MOREAU-GAUDRY Alexandre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	MORO Elena	Neurologie
PU-PH	MORO-SIBILOT Denis	Pneumologie
PU-PH	MOUSSEAU Mireille	Cancérologie
PU-PH	MOUTET François	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
MCU-PH	PACLET Marie-Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	PALOMBI Olivier	Anatomie
PU-PH	PARK Sophie	Hémato - transfusion
PU-PH	PASSAGGIA Jean-Guy	Anatomie
PU-PH	PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François	Anesthésiologie réanimation
MCU-PH	PAYSANT François	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	PELLETIER Laurent	Biologie cellulaire
PU-PH	PELLOUX Hervé	Parasitologie et mycologie
PU-PH	PEPIN Jean-Louis	Physiologie
PU-PH	PERENNOU Dominique	Médecine physique et de réadaptation
PU-PH	PERNOD Gilles	Médecine vasculaire
PU-PH	PIOLAT Christian	Chirurgie infantile
PU-PH	PISON Christophe	Pneumologie

PU-PH	PLANTAZ Dominique	Pédiatrie
PU-PH	POIGNARD Pascal	Virologie
PU-PH	POLACK Benoît	Hématologie
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	PONS Jean-Claude	Gynécologie obstétrique
PU-PH	RAMBEAUD Jacques	Urologie
PU-PH	RAY Pierre	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	REYT Émile	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	ROMANET Jean Paul	Ophthalmologie
PU-PH	ROSTAING Lionel	Néphrologie
MCU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale, pharmaco clinique, addictologie
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie, toxicologie et pharmacologie
MCU-PH	RUBIO Amandine	Pédiatrie
PU-PH	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
PU-PH	SAUDOU Frédéric	Biologie Cellulaire
PU-PH	SCHMERBER Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	SCHWEBEL-CANALI Carole	Réanimation médicale
PU-PH	SCOLAN Virginie	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	SEIGNEURIN Arnaud	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses, maladies tropicales
PU-PH	STANKE Françoise	Pharmacologie fondamentale
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	STURM Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	TERZI Nicolas	Réanimation
MCU-PH	TOFFART Anne-Claire	Pneumologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	VANZETTO Gérald	Cardiologie
PU-PH	VUILLEZ Jean-Philippe	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	WEIL Georges	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	ZAOUI Philippe	Néphrologie
PU-PH	ZARSKI Jean-Pierre	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie

PU-PH : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers
MCU-PH : Maître de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers
PU-MG : Professeur des Universités de Médecine Générale
MCU-MG : Maître de Conférences des Universités de Médecine Générale

Remerciements :

A mon ancienne chef de service et directrice de thèse,

Madame le Docteur Marie-Philippe ROUSSEAU-BLANCHI,

Pour m'avoir fait découvrir avec passion la médecine du sport et le monde des jeunes
skieurs de haut niveau,

Vois au travers de ce travail la marque de mon profond respect et de ma gratitude.

Au président du Jury,

Monsieur le Professeur Jérôme TONETTI,

Vous me faites l'honneur d'avoir accepté de présider ce jury et de juger ce travail,

Veillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

Aux Membres du Jury,

Monsieur le Docteur Stéphane DOUTRELEAU,

Pour ta gentillesse et cette atmosphère paisible et chaleureuse au sein du service de
médecine du sport

Monsieur le Professeur Philippe GAUDIN,

Monsieur le Professeur Athan BAILLET,

Fortement appréciés et qui m'ont été chaudement recommandés par tous les internes
qui ont travaillé avec vous

Soyez assurés de toute ma considération.

Table des matières

INTRODUCTION :	8
A. Définition de la dystrophie rachidienne de croissance :	8
B. Physiopathologie :	10
C. Histoire naturelle :	11
D. Facteurs de risques de DRC :	13
E. Etat des lieux chez le skieur :	16
F. La radiographie EOS :	17
G. Objectifs de l'étude :	19
MATERIEL ET METHODES :	20
A. Schéma d'étude/type d'étude	20
B. Recrutement des patients/population	20
C. Recueil des données	20
D. Analyses statistiques :	23
E. Analyses des critères de jugements :	23
F. Ethique :	24
RESULTATS :	25
A. Description de la population :	25
B. Etudes des facteurs associés à la DRC :	30
C. Etudes des facteurs associés à la douleur :	34
D. Etude comparative entre EOS et IRM :	36
DISCUSSION :	38
A. Analyses de nos résultats :	38
B. Les biais de notre étude :	40
C. Comparaisons de nos résultats avec la littérature :	42
D. Implications cliniques et scientifiques :	44
E. Approfondissements possibles :	46
F. Conclusion :	47
BIBLIOGRAPHIE :	48
RESUME :	52
ABSTRACT :	53

INTRODUCTION :

A. Définition de la dystrophie rachidienne de croissance :

La dystrophie rachidienne de croissance (DRC) est une pathologie de diagnostic clinique difficile (1–3). Comme son nom l'indique il s'agit d'une pathologie touchant le rachis. Les lésions peuvent s'étendre des vertèbres thoraciques à lombaires. C'est une pathologie qui se déclare pendant l'adolescence. Le tableau clinique peut associer des douleurs rachidiennes et des déformations au niveau des courbures physiologiques du rachis avec une raideur importante. Les douleurs peuvent se localiser à différentes hauteurs : lombaire, thoracique ou au niveau de la charnière thoraco-lombaire.



Les déformations peuvent être une cyphose thoracique marquée(1–3), avec une position voûtée en avant, ou, si la DRC touche le rachis lombaire, un effacement de la lordose lombaire, voire une inversion de courbure au niveau thoraco-lombaire.

La première pathologie rachidienne de croissance a été décrite par le Dr Scheuermann dans les années 1920(4).

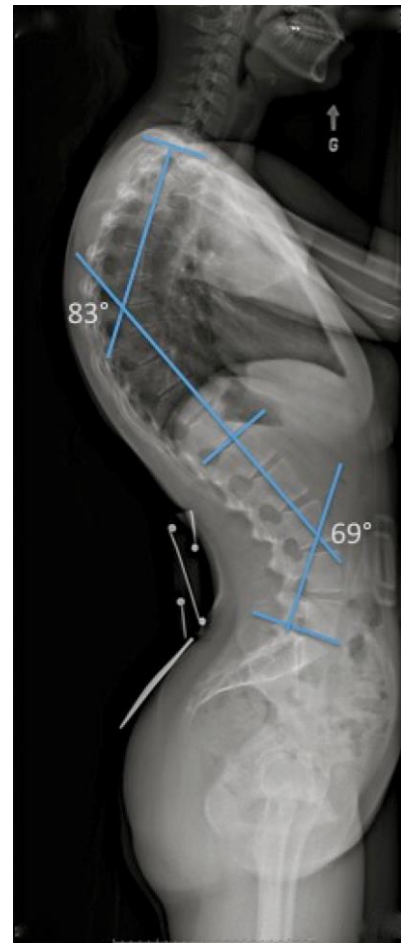
Initialement, cette maladie appelée « maladie de Scheuermann » correspondait à une DRC touchant uniquement le rachis thoracique. Elle était caractérisée par une cyphose supérieure à 45 °. Cette dernière a ensuite été reprise par le Dr Sorensen

en 1964 (5) qui en a précisé les caractéristiques radiologiques, à savoir une cunéiformisation de 3 vertèbres thoraciques adjacentes associée à un angle de cyphose entre Th5 et Th 12

supérieur à 45° . Le concept de DRC, initialement de localisation strictement thoracique, s'est ensuite étendu à d'autres formes appelées « atypiques ».

Ces dernières se distinguent soit par une localisation différente sur le rachis, à savoir thoraco-lombaire et lombaire, soit par la présence de caractéristiques radiologiques différentes.

Ainsi de nouveaux critères radiologiques ont été décrits par Cleveland en 1981 (6). Dans ces formes atypiques, la présence d'une cyphose n'est donc plus nécessaire. Actuellement, la DRC englobe ces formes typiques et atypiques. Elle est caractérisée par la présence d'au moins 2 des critères radiologiques suivants : une cunéiformisation de 3 vertèbres adjacentes de plus de 5° par vertèbre, un angle de cyphose thoracique entre Th5 et Th12 supérieur à 45° ou des anomalies des plateaux vertébraux.



Pour ce dernier item, il est décrit plusieurs anomalies, à savoir : un aspect feuilleté irrégulier de ces plateaux vertébraux, des hernies rétro-marginales antérieures, des hernies pré-marginales postérieures, des empreintes nucléaires marquées, des hernies intra-spongieuses centrales appelées aussi hernies de Schmörl ou des épiphyses libres voire des vertèbres limbiques. Dans ce cas, 2 lésions distinctes des plateaux vertébraux sont considérées comme 2 critères radiologiques différents et suffisent à porter le diagnostic de DRC.

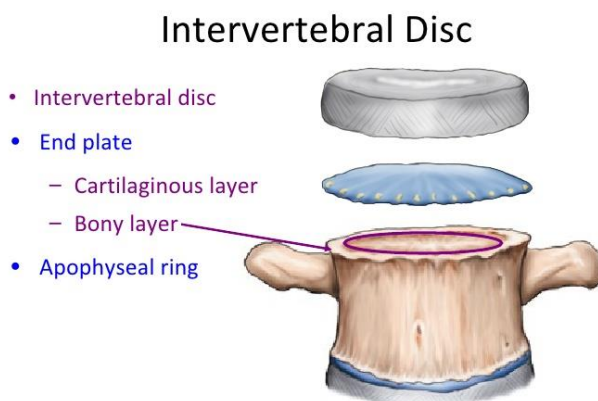
La prévalence de cette maladie en population générale diffère selon les publications entre 2 et 10 % (7). Ces chiffres sont souvent calculées pour les DRC de forme typique, ce qui les sous-estime. Certaines études montrent qu'elle est plus élevée chez les hommes que chez les

femmes (8). Il s'agit donc d'un problème de santé publique qui touche de très nombreuses personnes. Nous verrons que certaines populations spécifiques sont plus à risque de développer une DRC.

B. Physiopathologie :

Dès les premiers travaux réalisés par le Dr Scheuermann, les médecins ayant décrit la DRC ont compris qu'il s'agit d'une maladie touchant à la fois les corps vertébraux et les disques intervertébraux. Ils ont remarqué aussi qu'elle démarre durant l'adolescence (1–3,8). Ils suspectaient la DRC d'être l'équivalent des ostéochondroses de croissance, préalablement décrites par exemple au niveau des genoux ou du calcanéum, mais évoluant cette fois aux dépens des cartilages de croissance des corps vertébraux (9,10).

Il faut savoir qu'après 10 ans la puberté accélère la croissance. Cette croissance rapide commence à 11 ans d'âge osseux pour la fille et 13 ans d'âge osseux pour le garçon. A l'âge de 10 ans, les 2/3 de la croissance restante se feront sur la taille assise donc au niveau du rachis.



Chez le garçon, en moyenne, il reste 30 cm de croissance dont 20 cm sur la taille assise. De même, chez la fille, il reste 24 cm de croissance dont 16 cm sur la taille assise. Les corps vertébraux sont donc un lieu de croissance très actif. (11)

Il est actuellement démontré que les lésions de DRC sont liées à l'altération du cartilage *end-plate* des vertèbres, qui se trouve entre l'os sous-chondral rigide et le disque intervertébral (11–13). En effet ce cartilage joue un rôle important dans l'interaction entre le

disque intervertébral, composé du *nucleus pulposus* et de l'*annulus* très peu vascularisé, et l'os sous chondral appartenant au corps vertébral.

C'est ce cartilage *end-plate* qui est censé apporter oxygène et hydratation au disque. Ce dernier correspond aussi à la zone de croissance des corps vertébraux. La DRC correspond à l'altération de ce cartilage *end-plate*, par différents mécanismes, qui entraîne son retard d'ossification. De ce fait, le corps vertébral reste moins solide que le disque. Cette faiblesse du cartilage entraîne un prolapsus discal intra-osseux, créant alors les hernies intra-spongieuses et rétro-marginales antérieure ou postérieure. Cette inhibition de l'ossification endochondrale, aboutissant à un arrêt de la croissance antérieure du corps vertébral, favorise sa cunéiformisation (14).

Des études, sur cadavre notamment, ont montré qu'il existe une modification du cartilage, avec une diminution du rapport collagène/protéoglycanes, dans les cartilages *end-plate* malades (8). La première étiologie historiquement retrouvée est une cause intrinsèque. En effet ce rapport collagène/protéoglycanes peut être congénitalement faible, en raison d'un facteur héréditaire, qui entraîne un déficit en synthèse de ces protéoglycanes (15). Par la suite, des causes extrinsèques comme les traumatismes répétés ont été décrites, notamment lors de la pratique intensive de certains sports, comme le suggère l'étude de Swärd (16). En effet, plusieurs études ont prouvé que la prévalence de DRC était plus importante chez les sportifs.

Cette dualité d'étiologie dans l'apparition des lésions du cartilage *end-plate* explique qu'il existe traditionnellement deux types de DRC. La DRC typique, décrite par le Dr Scheuermann, plutôt d'origine héréditaire. De l'autre côté, les DRC atypiques, qui sont plus souvent la conséquence de microtraumatismes dus à la pratique du sport.

C. Histoire naturelle :

Comme nous l'avons vu, les premiers signes de DRC commencent pendant

l'adolescence. Le terrain peut-être très différent d'un patient à l'autre, avec soit une histoire familiale de rachialgies accompagnées d'une cyphose marquée chez les apparentés ; soit une pratique intensive d'un sport à risque. Ces deux cas sont les extrêmes d'un tableau clinique qui peut toucher n'importe quel adolescent dont la plainte principale est la douleur.

Cette douleur est d'allure mécanique et intermittente, rythmée par des efforts, ou apparaissant en fin de journée, après le port d'un cartable lourd. Elle est souvent peu prise en compte par l'entourage. Ces douleurs peuvent persister jusqu'à la fin de la maturation osseuse. La deuxième plainte qui est présente dès l'adolescence est liée aux troubles de la statique rachidienne. Dans la forme thoracique, il existe une augmentation de la cyphose thoracique d'apparition progressive qui devient un problème esthétique et le siège de raideur. Dans les formes touchant la charnière thoraco-lombaire et lombaire, cela peut créer une cyphose dorsolombaire, avec inversion de courbure ou une diminution de la lordose lombaire. Les lésions de DRC peuvent aussi, par leur caractère asymétrique, conduire à l'apparition de lésions scoliotiques qui n'ont que très rarement une angulation marquée.

Néanmoins, il ne faut pas non plus oublier que la DRC peut être asymptomatique à l'adolescence et ainsi devenir un diagnostic fortuit sur une imagerie rachidienne demandée pour tout autre chose.

Les conséquences de la DRC se poursuivent jusqu'à l'âge adulte même si son évolution est moins bien connue. A l'instar de l'adolescence, les deux principales conséquences de la DRC sont douleurs et déformations. Plusieurs études réalisées chez une population d'adultes porteurs de DRC en comparaison à une population de témoins indemnes de pathologie rachidienne a conclu que la proportion des sujets dont la douleur interférait sur la vie quotidienne n'était pas significativement différente (17,18). Encore une fois ces études ont été réalisées chez des sujets porteurs d'une forme thoracique classique de DRC. Nous suspectons que la forme thoracique, se situant sur une partie peu mobile du rachis, d'entraîner

moins de douleurs qu'une forme lombaire ou de la charnière thoraco-lombaire. A contrario, d'autres études montrent que ces DRC entraînent des rachialgies à l'âge adulte (19). De plus, certaines études ont mis en évidence un lien significatif entre DRC et les hernies discales de la charnière thoraco-lombaires symptomatiques (20,21).

D'autres travaux ont montré qu'il existe une persistance de l'aggravation de la cyphose thoracique tout au long de la vie dans la majorité des cas (22). Tout comme la cyphose thoracique, la délordose lombaire et la cyphose thoraco-lombaire peuvent elles aussi progresser. Ces modifications statiques entraînent une contrainte bien plus importante au niveau des disques intervertébraux et favorisent l'apparition de discopathies et de hernies discales. On observe également une progression des lésions scoliotiques (23).

En plus de l'évolutivité des lésions de déformation, la DRC va entraîner une dégénérescence discale précoce. Cela est dû à plusieurs facteurs : les déformations du rachis modifient la répartition des charges avec des contraintes plus importantes sur les disques intervertébraux ; les hernies rétro-marginales antérieures ou postérieures modifient la résistance des disques à ces contraintes et aggravent la position excentrée du *nucleus pulposus* ; enfin, toutes ces lésions entraînent une modification biochimique du disque avec une déshydratation qui le rend, encore une fois, moins résistant aux contraintes.

D. Facteurs de risques de DRC :

La physiopathologie de la DRC étant encore sujet à débats, les facteurs de risques sont eux aussi controversés.

Dans la DRC typique, qui est une maladie héréditaire, le principal facteur de risque est d'avoir un antécédent familial de DRC. Ainsi, de nombreuses études descriptives chez des jumeaux homozygotes ont pu attester de cette part génétique en étudiant la prévalence de la DRC chez le deuxième jumeau lorsque le premier était atteint par rapport à la prévalence en

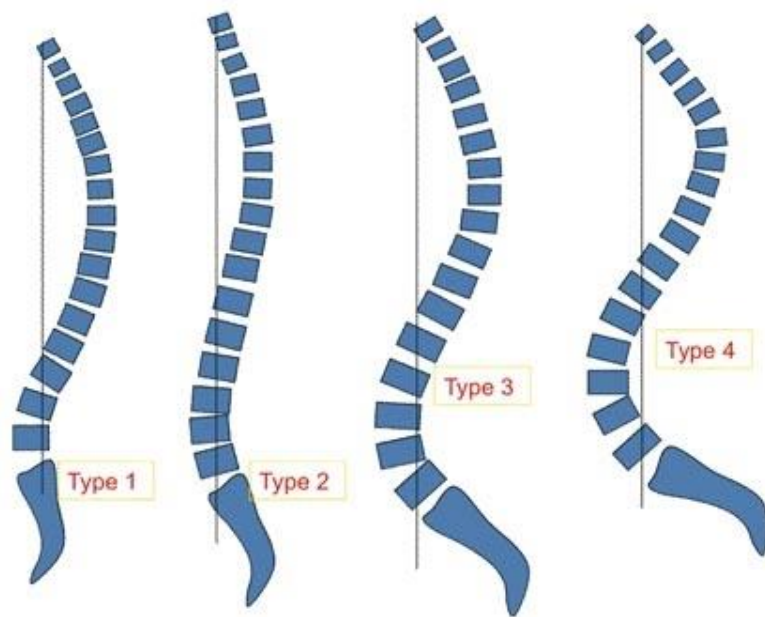
population générale de la DRC. (24,25)

Dans la DRC atypique, le principal facteur de risque identifié est la pratique intensive de certains sports à risque (26,27). Ce sont des microtraumatismes répétés et une sollicitation excessive du rachis qui vont être un facteur d'apparition des lésions. Contrairement à la maladie de Scheuermann, elle peut toucher l'ensemble du rachis. Elle se situe même de façon préférentielle au niveau de la charnière thoraco-lombaire. Cette différence de localisation est due au fait que le rachis lombaire est une partie très mobile et est donc très sollicité dans les mouvements. C'est aussi sur cette partie du rachis que s'exercent toutes les contraintes de poids.

Les rachialgies concernent de très nombreux sportifs de haut niveau. Quel que soit le sport pratiqué, lorsqu'il est pratiqué de manière intensive, le dos est une plainte majeure du sportif (16,26,28–32). Ces douleurs peuvent survenir soit pendant soit après l'effort. Bien sûr, toutes ces douleurs ne sont pas uniquement la conséquence de lésions de DRC. Cela montre l'importance du diagnostic précoce dans cette population car ces douleurs freinent les performances sportives (28). Bien entendu tous les sports ne sont pas égaux au regard du risque d'apparition d'une DRC.

De nombreux travaux récents tendent à classer les différents types de dos selon l'importance des courbures sagittales et des paramètres spino-pelviens. La principale classification de ces types de dos est la classification de Roussouly (33). Elle se base sur la pente sacrée (PS) et l'incidence pelvienne (IP) pour classer les dos en 4 morphotypes. La pente sacrée est l'angle que forme la tangente du plateau de la première vertèbre sacrée avec l'horizontale. L'incidence pelvienne est l'angle formé par la droite reliant le milieu de l'axe des articulation coxo-fémorales au centre du plateau sacré avec la perpendiculaire à ce plateau en son centre. L'avantage de l'incidence pelvienne est qu'elle reste globalement constante chez un individu donné et ne varie que très peu avec l'âge.

Un dos de type 1 est défini par une PS < 35°, l'IP est donc faible et la lordose lombaire courte et disharmonieuse. Un dos de type 2 équivaut aussi à une PS < 35° avec une IP faible, mais dans ce cas la lordose lombaire est plus longue et harmonieuse. La définition pour un dos de type 3 est une PS comprise entre 35 et 45°. Cela correspond au bon équilibre du rachis. Le dos de type 4 a quant à lui une PS > 45°, soit une IP forte, ce qui caractérise un rachis dont les courbures sont marquées.



Les conséquences de ces paramètres sur le rachis sont identiques : plus la pente sacrée ou l'incidence pelvienne sont faibles, plus la colonne est raide ou plate, car moins la lordose est marquée. Au contraire, plus ces paramètres sont élevés plus la lordose sera importante. La classification regroupe les morphotypes 1 et 2 comme étant des dos « plats » et les types 3 et 4 comme ayant des courbures plus harmonieuses.

De ces types de dos découlent des situations à risques car un dos appelé « plat » ne permet pas une bonne adaptation aux contraintes sur le rachis, notamment en compression mais aussi en hyperextension. Dans la population générale, avoir un dos de type 1 ou 2 de la classification de Roussouly, est un facteur de risque d'apparition des lésions de DRC indépendamment de la pratique du sport (34–36).

E. Etat des lieux chez le skieur :

Tous les sports ne sollicitent pas le rachis de la même manière. Cette thèse étudie le problème posé par le ski alpin. Là aussi des études ont prouvé la corrélation significative entre pratique du ski alpin en compétition et apparition de lésions de DRC (28,37).



Lorsque l'on analyse les contraintes rachidiennes imposées par le ski, on comprend aisément l'apparition des lésions discales et du cartilage *end-plate*. En effet, le ski nécessite des mouvements de flexion antérieure, d'inclinaison latérale et de torsion (38). Ces mouvements sont simultanés et répétés en alternance à chaque virage. A cela il faut ajouter des phénomènes compressifs sur la concavité des courbures. Dans le plan sagittal, nous retrouvons une rétroversion pelvienne et une mise en cyphose lombaire avec contraintes en compression sur le corps vertébral et donc sur les cartilages de croissance. Cette position en antéflexion du buste, par effet levier, met une pression de plusieurs centaines de kilogrammes sur la région lombaire basse. De plus, même si le ski présente peu de mouvements brefs en flexion/extension sur la région lombosacrée, cela représente un travail principalement

excentrique, très puissant, à très haute cinétique, pour éviter l'effondrement et garder l'équilibre. Il faut ajouter à cela de fortes contraintes de compressions lors de la réception de saut. Spörri (38) a montré que lors d'un virage de slalom géant, les valeurs moyennes maximales retrouvent une flexion antérieure de 38.7° , une inclinaison latérale de 14.7° et une torsion à 7.7° .

Il est démontré que ces mouvements du rachis sont corrélés à une augmentation de la pression dans les disques (39,40). De plus, au moment du virage, il existe une force centrifuge liée à la vitesse du skieur, qui peut atteindre 2.89 fois le poids du corps. Tous ces mécanismes surviennent de manière concomitante pendant chaque virage de la descente du skieur. On comprend alors le risque d'apparition de lésions de surutilisation liées à ces microtraumatismes.

Les études de Federolf et Spörri montrent le rôle délétère des vibrations sur le rachis (41,42). En skiant, le dos est exposé à des vibrations dont les fréquences comprises entre 4 et 10 Hz sont les plus nocives. Ces fréquences correspondent à la fréquence de résonance du rachis et est nocif pour les disques. Il en résulte aussi une plus grande fatigue musculaire qui compense moins bien les fortes pressions vues précédemment. Ces vibrations sont augmentées sur neiges dures.

F. La radiographie EOS :

Le système d'imagerie médicale EOS permet l'acquisition simultanée de deux images radiographiques corps entier en limitant la dose de rayons X absorbée par le patient. Il utilise la haute sensibilité d'un détecteur gazeux (chambre à fils) inventé par Georges Charpak (prix Nobel de physique en 1992). Le balayage utilise un faisceau de rayons X très fin, vertical, de la tête aux pieds. Le patient se trouve dans une position fonctionnelle : debout ou assis. Le deuxième avantage d'EOS est l'acquisition simultanée de deux images radiographiques

orthogonales, une antéro-postérieure et l'autre latérale, sans agrandissement. Cette double acquisition permet une modélisation du squelette en 3D à partir des images. Ainsi, EOS s'inscrit dans le cadre des recommandations internationales en matière de radiodiagnostic qui visent à réduire l'irradiation reçue par les patients « As Low As Reasonably Achievable ». EOS dans sa fonctionnalité "basse dose" permet de réduire de 50% à 85% la dose de rayonnement par rapport à un examen conventionnel (43,44). Il existe même un mode "micro dose" qui abaisse la dose de radiation d'un examen de suivi du rachis pédiatrique à 58 μ Sv.



Cela diminue le risque de développer à distance un cancer radio-induit (45). Ce qui est particulièrement utile dans le suivi des enfants atteints de scoliose.

Malgré cette diminution de dose, la qualité d'image n'est pas altérée. Dans sa revue de littérature, Melhem retrouve qu'EOS possède de manière significative une meilleure qualité d'image par rapport à la radiographie standard, notamment au

niveau du rachis (44). Morvan montre que les deux domaines où EOS est le plus performant est l'évaluation et le suivi des scolioses et le calcul des paramètres spino-pelviens (46).

G. Objectifs de l'étude :

L'objectif principal de cette étude est d'étudier la DRC chez les jeunes skieurs de haut niveau de 11 à 19 ans en Savoie et Haute Savoie et de mettre en évidence des facteurs associés.

L'objectif secondaire est de faire un état des lieux des douleurs rachidiennes chez ces jeunes sportifs.

Nous attendons de cette étude un arbre décisionnel nous permettant de mettre en place un programme de prévention qui sera intégré dans la surveillance médicale réglementaire de la Fédération Française de Ski.

MATERIEL ET METHODES :

A. Schéma d'étude/type d'étude

Il s'agissait d'une étude descriptive observationnelle transversale.

B. Recrutement des patients/population

Tous les sujets âgés de 10 à 19 ans, faisant partie des filières du ski de haut niveau des régions de Savoie ou de Haute Savoie et du pôle France de ski alpin d'Albertville, étaient éligibles pour notre étude. Pour des questions de coût et d'organisation, seuls le lycée pôle France d'Albertville et les collèges de Beaufort et Moutiers ont été sollicités. L'inclusion était faite sur la base du volontariat. Le seul critère d'exclusion était d'avoir eu une pathologie aigue traumatique rachidienne dans les 3 mois précédant le début de l'étude. Une information a été transmise par le médecin fédéral de la FFS (Fédération Française de Ski), relayée sur le terrain par les entraîneurs et les médecins détachés auprès des sportifs.

Le médecin investigateur informait le participant et répondait à toutes ses questions concernant l'objectif, la nature des contraintes, les risques prévisibles et les bénéfices attendus de la recherche. Il précisait également les droits du participant dans le cadre d'une recherche et vérifiait les critères d'éligibilité. Si la personne était d'accord, elle, ou son représentant légal pour les patients mineurs, signait un consentement.

C. Recueil des données

Les patients passaient au cours de la même journée un examen clinique avec interrogatoire et une radiographie EOS. L'examen était mené par un médecin du sport, un médecin rééducateur et un chirurgien orthopédique tous deux spécialistes du rachis.

L'interrogatoire cherchait à déterminer les antécédents de pathologies rachidiennes familiales (DRC, discopathie avant l'âge de 40 ans), l'âge des premières règles et les caractéristiques des rachialgies éventuelles. Nous évaluions sa localisation (thoracique, lombaire, thoraco-lombaire, les douleurs cervicales étaient exclues) ; son intensité au repos, à l'effort, son intensité maximale et minimale selon une échelle visuelle analogique (EVA de 0 à 10) ; si le sport était un facteur déclenchant (pendant, après ou non). Enfin, nous recherchions l'existence d'une étiologie traumatique ancienne.

Les paramètres cliniques recherchés étaient les données anthropométriques (âge, taille, poids, IMC) et le stade pubertaire de Tanner. Nous examinions la souplesse musculaire (distance doigts-sol, talons-fesses, angle poplité et hyperlaxité) et la souplesse du rachis (recherche d'une raideur en flexion et/ou extension et sa localisation thoracique, lombaire, charnière thoraco-lombaire ou multiple).

Toutes les radiographies EOS étaient réalisées debout, en corps entier, en basse irradiation, dans un seul centre spécialisé, le centre Paul Santy à Lyon.

Les images radiographiques étaient analysées par un collègue pluridisciplinaire composé de cinq médecins : deux médecins du sport, un médecin rééducateur et deux chirurgiens orthopédiques spécialistes des pathologies du rachis.

Les paramètres spino-pelviens tels que l'IP, la PS et des caractéristiques sur les courbures sagittales du rachis (angle et nombre de vertèbres dans la lordose lombaire et la cyphose dorsale) étaient analysées grâce au logiciel KEOPS Spine. Avec ces mesures, nous classions chaque rachis selon la classification de Roussouly. Sur le rachis de face nous recherchions une scoliose et évaluions le stade pubertaire de Risser.

Nous recherchions aussi l'existence d'une DRC donc les critères diagnostics étaient l'association de 2 critères parmi : une cunéiformisation de 3 vertèbres adjacentes de plus de 5° par vertèbre, un angle de cyphose thoracique entre Th5 et Th12 supérieur à 45° et une ou

plusieurs anomalies des plateaux vertébraux. Était considérée comme anomalie un aspect feuilleté et irrégulier des plateaux vertébraux, des hernies rétro-marginales antérieures, des hernies pré-marginales postérieures, des empreintes nucléaires marquées, des hernies intra-spongieuses centrales (hernies de Schmörl), des épiphyses libres voire des vertèbres limbiques.

Malgré le fait que le Gold Standard historique soit la radiographie, les progrès de l'IRM l'ont rendu plus performante dans les formes limites, notamment les formes débutantes. Elle permet aussi une évaluation de l'état du disque et la recherche de pathologies associées (MODIC, atteintes des articulaires postérieurs, lyse isthmique...). C'est pour s'assurer de l'absence de faux positifs et de faux négatifs et pour explorer de façon plus précise le rachis de certains skieurs que nous proposons de faire passer une IRM à tous les patients qui présentaient :

- des douleurs significatives (EVA>3) associée soit à une raideur, un trouble de l'équilibre du rachis, ou à une incidence pelvienne faible (type de dos 1 ou 2 de Roussouly)
- et/ou des lésions de DRC sur les radiographies EOS.

La réalisation de l'IRM se déroulait au centre d'imagerie des Dorons à Albertville. En cas de contradictions entre la radiographie EOS et l'IRM, c'est le diagnostic porté par l'IRM qui primait. Les critères positifs de DRC en IRM étaient les mêmes qu'en radiologie EOS, les médecins qui analysaient les IRM étaient le même collègue pluridisciplinaire. En IRM, nous recherchions et caractérisions une éventuelle discopathie (nombre de disques atteints et leur localisation thoracique, lombaire ou de la charnière thoraco lombaire, présence d'une hernie discale, score de Pfirrmann), une spina bifida occulta, des signes de spondylolyse ou une anomalie transitionnelle. Nous étudions aussi une atteinte des facettes articulaires et des muscles para-vertébraux.

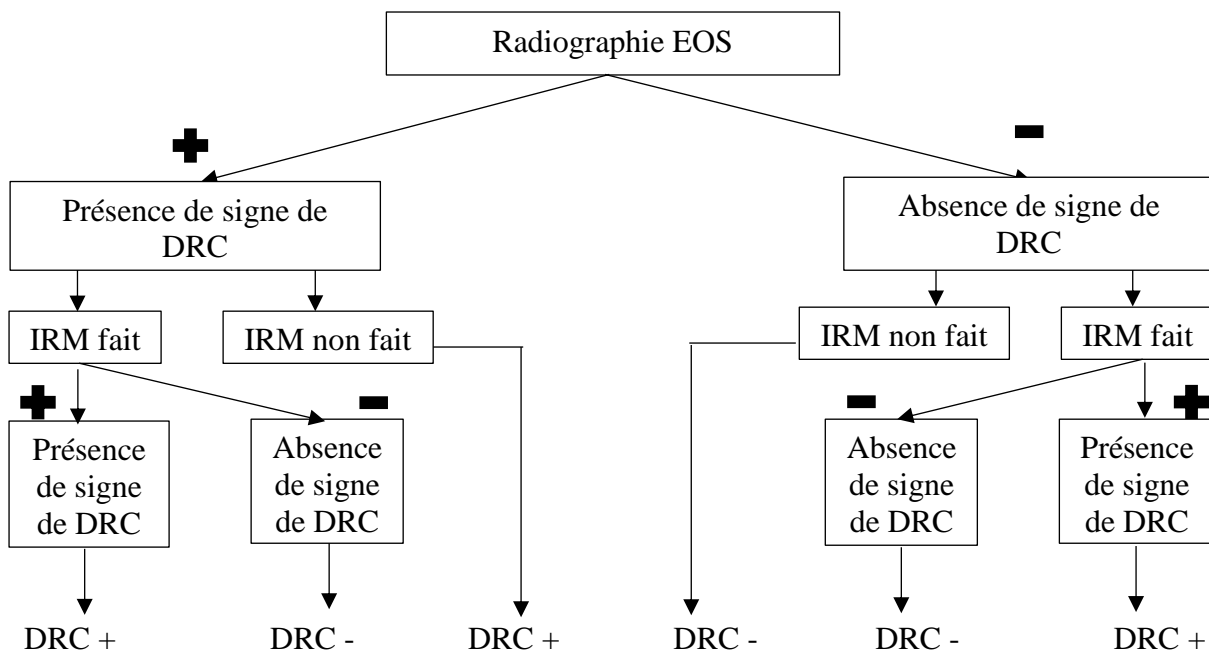
D. Analyses statistiques :

Les statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R (R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>).

Les caractéristiques des patients à l'inclusion ont été décrites. Les variables qualitatives ont été exprimées en termes d'effectif et de pourcentage ; et les variables quantitatives en termes d'effectif, moyenne et écart-type.

E. Analyses des critères de jugements :

a) *DRC*. Les skieurs étaient séparés en groupe DRC (DRC+) / non DRC (DRC-) en se basant sur la radio EOS ou l'IRM en suivant l'arbre décisionnel ci-dessous.



b) *Douleurs*. Les 97 skieurs alpins étaient répartis en groupe douloureux (D+) / non douloureux (D-) correspondant respectivement à une $EVA \geq 4$ ou $EVA < 4$ en considérant uniquement les dorsalgies et lombalgies (une cervicalgie a été exclue).

c) *Type de dos de Roussouly*. Les skieurs alpins étaient répartis en dos plat (types 1 et 2 de Roussouly, R1-2) ou harmonieux (types 3 et 4 de Roussouly, R3-4).

Dans tous les cas, le seuil de significativité pour le risque de première espèce alpha était fixé à 0.05, ce qui équivaut à dire que nous considérons une différence comme statistiquement significative si la valeur critique « p » était inférieure à 5%.

Quel que soit le nombre de modalités, la comparaison de deux variables qualitatives était faite :

- par un test du chi² si les effectifs théoriques sont ≥ 5
- par un test exact de Fisher si les effectifs théoriques sont < 5

La comparaison de deux moyennes observées était faite :

- par un test T de Student pour données appariées si la variable quantitative étudiée a une distribution Gaussienne dans chacun des deux groupes étudiés et si la variance de la variable quantitative est considérée identique dans les deux populations dont les groupes sont extraits (condition d'homoscédasticité),
- par un test des rangs signés de Wilcoxon dans les cas contraires.

F. Ethique :

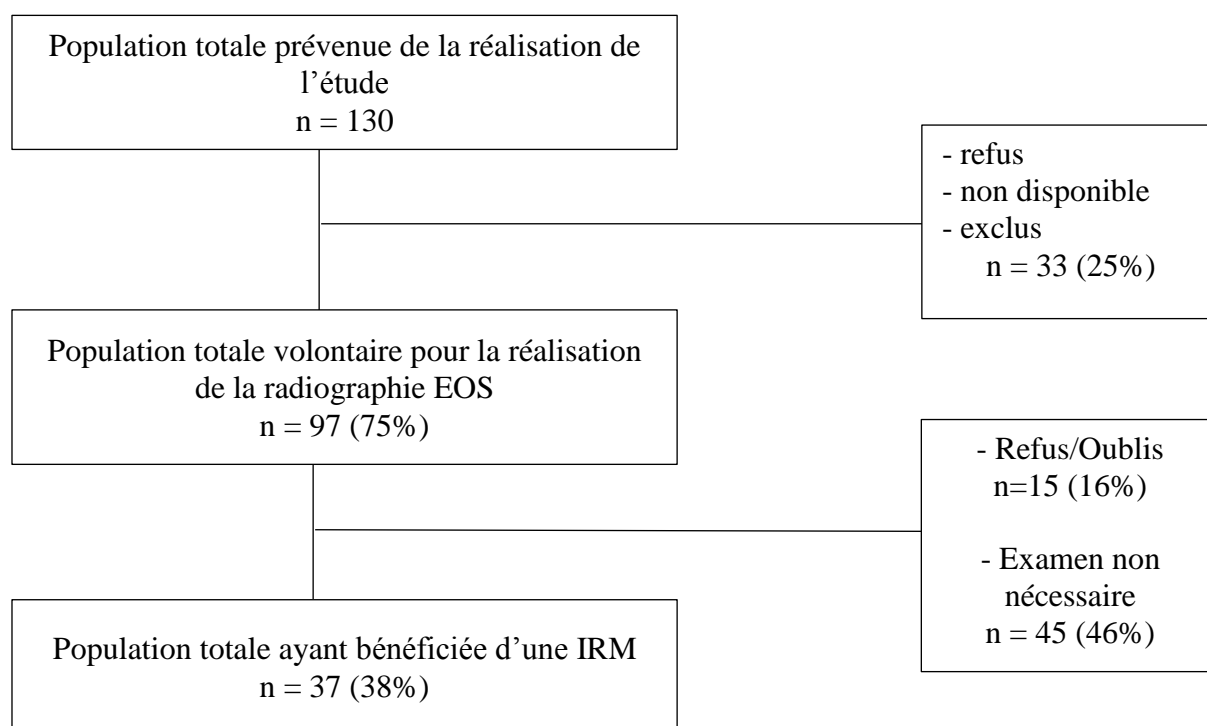
Un consentement éclairé, sur les risques des procédés d'imagerie utilisés, signé des parents pour les patients mineurs, était nécessaire pour tous les participants. Le CCPPRB avait donné son accord pour la réalisation de cette étude.

RESULTATS :

A. Description de la population :

a) *Flow chart :*

La population totale des jeunes skieurs de haut niveau en Savoie et Haute Savoie avoisinait les 1000 skieurs. Cela regroupait toutes les sections ski alpin des collèges et les filières haut niveau à partir du lycée. Pour le lycée pôle France d'Albertville et les collèges de Beaufort et Moutiers le nombre de skieurs concernés correspondait à 130 skieurs.



b) Description des résultats de l'examen clinique :

Notre population était constituée de 97 skieurs. La population était équilibrée en nombres de sujets féminins 47 (48%) et masculins 50 (52%). Parmi ces skieurs, 3 (6%) sujets féminins rapportaient des antécédents familiaux. Cela correspondait à des discopathies pour 2 (4%) d'entre elles et un antécédant de DRC pour 1 (2%) skieuse. Chez les sujets masculins on retrouvait 4 (8%) antécédents familiaux, tous des discopathies.

La comparaison de ces deux groupes hommes/femmes retrouvait une homogénéité en termes d'âge, d'IMC, d'hyperlaxité et de stade pubertaire. Ces caractéristiques cliniques sont reprises dans le tableau 1.

Tableau 1 : caractéristiques anthropométriques de la population

	Population générale. Nb = 97 (déviati on standard)	Femmes Nb = 47	Hommes Nb = 50
Age (années)	15.0 ±2.3	15.0 ±2.1	15.0 ±2.5
Poids (kg)	54.5 ±14.0	50.6 ±9.9	58.1 ±16.2
Taille (cm)	162.8 ±12.2	159.4 ±9.8	166 ±13.4
BMI (kg/m ²)	20.2 ±2.6	19.7 ±2.1	20.6 ±3.0
Stade pubertaire Tanner	2.8 ±1.3	3.0 ±1.2	2.7 ±1.4
Age des premières règles (ans)		12.6 ± 1.3	

Les résultats de l'examen clinique concernant la souplesse musculaire et rachidienne sont décrits dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques de souplesse musculaire dans notre population

	Moyennes en population générale. Nb = 97 (déviati on standard)	Femmes Nb = 47	Hommes Nb = 50	
Distance doigts sol (cm)	3 ±5	2 ±4	4 ±6	p=0.083
Distance talons-fesses (cm)	4 ±6	2 ±4	5 ±7	p=0.007
Angle poplité (°)	18 ±14	14 ±11	21 ±15	p=0.014
Hyperlaxité	0.6 ±1.0	0.8 ±1.1	0.5 ±0.9	p=0.142

Concernant le rachis, 33 (34%) skieurs étaient décrits comme présentant une raideur.

Les caractéristiques concernant le sexe et la localisation de la raideur sont rappelées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Description de la raideur du rachis

	Moyennes en population générale. Nb = 97 (déviati on standard)	Femmes Nb = 47	Hommes Nb = 50	
Raideur	33 (34%)	13 (28%)	20 (40%)	p=0.031
Localisation :				
- <i>Thoracique</i>	8 (24%)	3 (23%)	5 (25%)	
- <i>Thoraco-lombaire</i>	23 (70%)	8 (62%)	15 (75%)	
- <i>Lombaire</i>	2 (6%)	2 (15%)	0 (0%)	

Parmi notre population de skieurs, 45 (46.4%) présentaient une douleur significative (EVA >3). Le siège des douleurs était lombaire pour 29 (64%) des sujets douloureux, 10 (22%) se plaignaient de douleurs thoraciques et lombaires associées, 5 (11%) de douleurs thoraciques isolées et 1 (2%) s'est plaint d'une douleur cervicale (ce dernier n'a pas été inclus dans le groupe D+). Le sport était un facteur déclenchant de douleurs du rachis dans 42/45 cas soit 93% des athlètes appartenant au groupe D +. Toutes ces caractéristiques sont reprises dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Description des rachialgies dans la population de jeunes skieurs

	Effectifs Nb = 97	Femmes Nb = 47	Hommes Nb = 50	
Groupe D + (EVA>3)	45 (46%)	23 (49%)	22 (44%)	p=0.112
Localisation des douleurs :				
- <i>Cervicales</i>	1 (2%)	0 (0%)	1 (5%)	
- <i>Thoraciques</i>	5 (11%)	2 (9%)	3 (14%)	
- <i>Lombaires</i>	29 (65%)	17 (74%)	12 (54%)	
- <i>Diffuses</i>	10 (22%)	4 (17%)	6 (27%)	
Nombre de sujets présentant des douleurs de repos	4 (4%)	2 (4%)	2 (4%)	

c) *Description des caractéristiques EOS de notre population :*

L'ensemble des 97 skieurs ont passé une radiographie EOS dont les résultats sont repris dans le tableau 5. Les résultats en termes de Risser et d'IP étaient homogènes entre les sujets féminins et masculins. A noter cependant une pente sacrée significativement plus importante chez les femmes par rapport aux garçons.

Tableau 5 : Caractéristiques en radiologie EOS de la population de skieurs

	Moyennes (Déviation standard)	Femmes (Nb = 47)	Hommes (Nb = 50)	
IP (degrés)	48±10	50±11	47±10	p=0.158
Pente sacrée (degrés)	40±8	42±8	38±7	p =0.036
Angle de cyphose thoracique (degrés)	42±9	42±8	42±9	p=0.974
Nombres de vertèbres dans la cyphose	11.5±1.3	11.4±1.6	11.7±1.0	p=0.264
Angle de lordose lombaire (degrés)	63±11	66±11	60±10	p=0.04
Nombres de vertèbres dans la lordose	5.0±0.7	5.0±0.6	5.0±0.8	p=0.915
Stade Risser	2.9±2.3	3.2±2.1	2.6±2.4	p=0.347

Concernant le type de dos selon la classification de Roussouly, la répartition était homogène entre filles et garçons, aucune différence significative n'est retrouvée (p=0.515) (Tableau 6).

En imagerie EOS nous avons identifié 26 (27%) sujets comme étant porteurs d'une DRC.

Tableau 6 : Classification des types de dos selon Roussouly

	Population générale	Femmes Nb = 47	Hommes Nb = 50
Dos type 4 :	24 (25%)	14 (30%)	10 (20%)
Dos type 3 :	41 (42%)	18 (38%)	23 (46%)
Dos type 2 :	29 (30%)	14 (30%)	15 (30%)
Dos type 1 :	3 (3%)	1 (2%)	2 (4%)

d) *Description des caractéristiques IRM :*

Nous avons réalisé des IRM chez 37 (38%) sujets. Parmi ces sujets, 16 (16%) étaient diagnostiqués porteur d'une DRC après la radiographie EOS et 21 (21%) ne l'étaient pas. Cette analyse IRM nous a permis d'étudier le type de lésions caractéristiques et leurs fréquences parmi les porteurs de DRC (cf. tableau 7).

Tableau 7. Lésions spécifiques de DRC en IRM dans le groupe DRC+.

Types de lésions :	Effectifs (Nb = 16)
- <i>Hernies de Schmörl</i>	9 (56%)
- <i>Cunéiformisation</i>	10 (63%)
- <i>Empreintes nucléaires</i>	11 (69%)
- <i>Hernies marginales</i>	6 (38%)

Elle nous a aussi permis de mettre en évidence l'importance des lésions discales dans notre population générale. Sur ces 37 sujets ayant passés une IRM, 24 (65%) skieurs avaient des lésions discales. Le nombre moyen de disque atteints en IRM était de 2.4 (1.6) et le Pfirmann moyen était de 3 (1). Dans le Tableau 7, nous reprenons les principales caractéristiques de ces lésions.

Tableau 7. Tableau descriptif des lésions discales en IRM

	Effectif (%) Nb = 37
Présence d'une discopathie	24 (65%)
- <i>Localisation</i>	Lombaire : 13 (54%) Thoraco-lombaire : 7 (29%) Thoracique : 4 (17%)
Présence d'une hernie	3 (8%)
- <i>Localisation</i>	L5S1 : 3 (100%)
Discopathie MODIC	6 (16%)
- <i>MODIC 1</i>	6 (100%)

Enfin, la réalisation de ces deux examens d'imagerie (EOS + IRM) nous a fait trouver des anomalies de façon fortuite, elles sont décrites dans le tableau 8.

Tableau 8. Anomalies de découverte fortuite en radiologie EOS ou en IRM

Types de lésions :	Effectifs (Nb = 97)
Anomalies transitionnelles	9 (9%)
Spondylolyse	5 (5%)
Spina bifida occulta	4 (4%)
Atteintes facettes articulaires postérieures	8 (8%)
Atteintes des muscles para vertébraux	3 (3%)

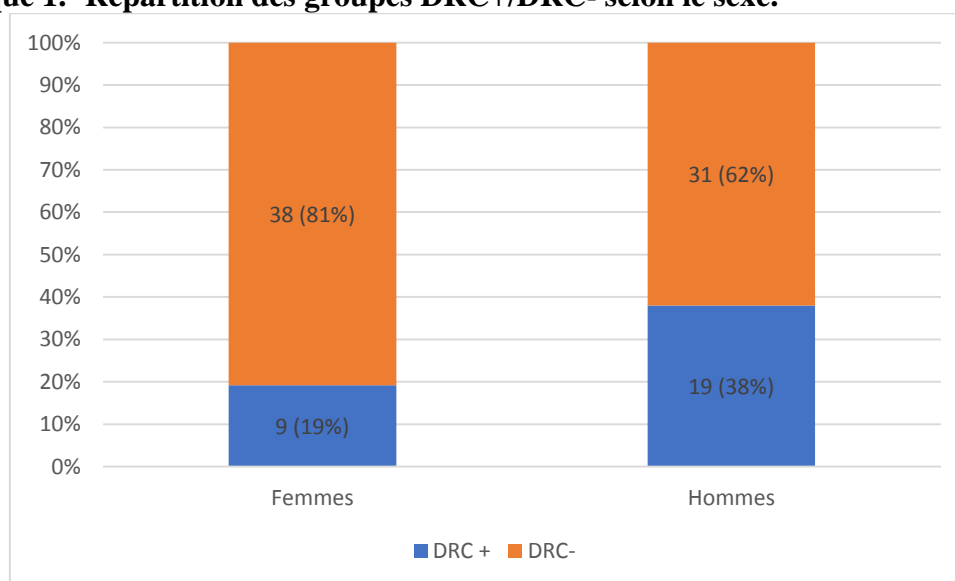
B. Etudes des facteurs associés à la DRC :

a) Etudes des caractéristiques anthropométriques :

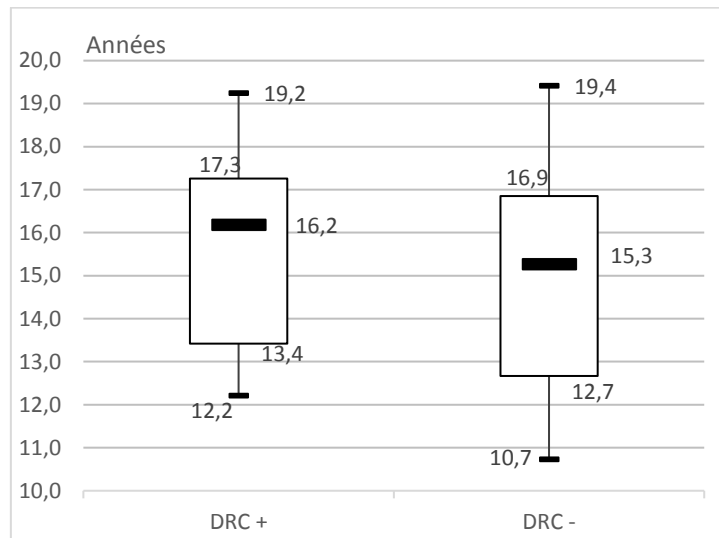
Le sexe masculin était significativement associé à un risque accru de DRC (M= 19 soit 38% vs F = 9 soit 19% p=0.041) cf. graphique 1. Dans notre étude, l'âge n'était pas lié de manière significative au risque d'avoir une DRC (âge moyen DRC + : 15.6 ans versus âge DRC - : 14.8 ; p=0.10) cf. graphique 2.

Il en est de même pour nos autres paramètres anthropométriques : ni le poids (p=0.06), la taille (p=0.1), l'IMC (p=0.16), le stade pubertaire de Tanner (p=0.38) ou l'âge des premières règles (p=0.17) n'avaient de lien significatif avec la DRC.

Graphique 1. Répartition des groupes DRC+/DRC- selon le sexe.

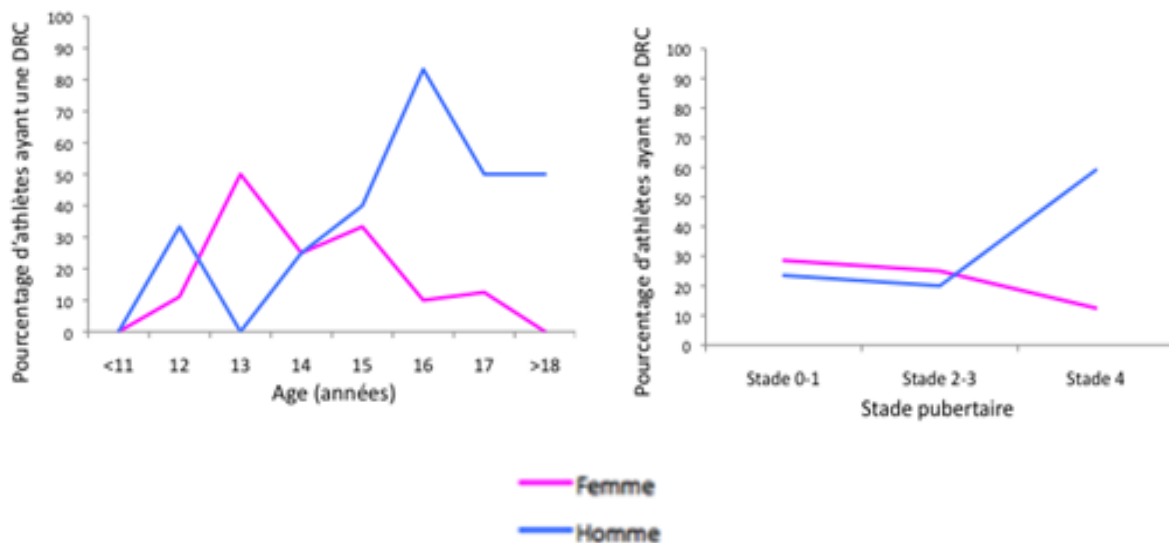


Graphique 2. Répartition par âge dans les groupes DRC+/DRC-



Une analyse séparée par genre montrait une évolution différente de la relation entre âge et DRC selon le sexe. Chez les femmes, nous trouvons un pic de DRC à 13 ans alors que ce pic se situe à 16 ans chez les hommes. La différence d'évolution entre les hommes et les femmes persistait lorsque la maturation est exprimée en stade pubertaire (cf. Graphique 3 et 4).

Graphique 3 et 4. Evolution du nombre relatif d'athlètes classés dans le groupe DRC+ en fonction de l'âge (graphique gauche) ou du stade pubertaire (graphique droit) selon le genre.



b) Etudes des caractéristiques de souplesse musculaire et de raideur du rachis :

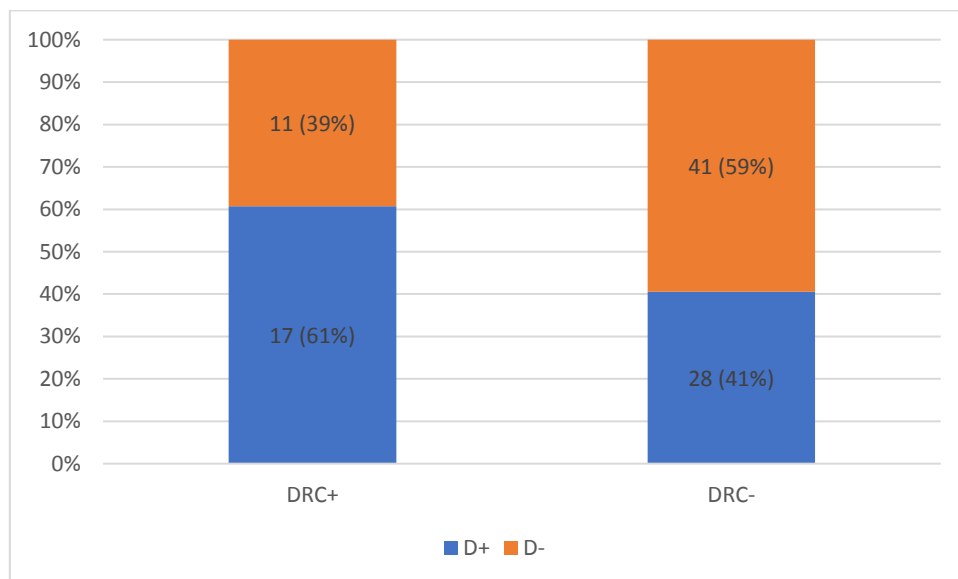
Nous n'avons pas montré de lien significatif entre le groupe DRC + et les différents paramètres de souplesse musculaire (distance talon-fesse $p=0.366$, hyperlaxité $p=0.376$, angle poplité $p=0.891$, distance doigts-sol $p=0.722$).

Il existait un lien significatif entre la raideur rachidienne clinique et la DRC : 66.7% des skieurs DRC+ ont une raideur du rachis vs 31.9% des skieurs du groupe DRC- (+34.8% de raideur dans le groupe DRC+, $p=0.011$).

c) Etudes du lien entre DRC et rachialgies :

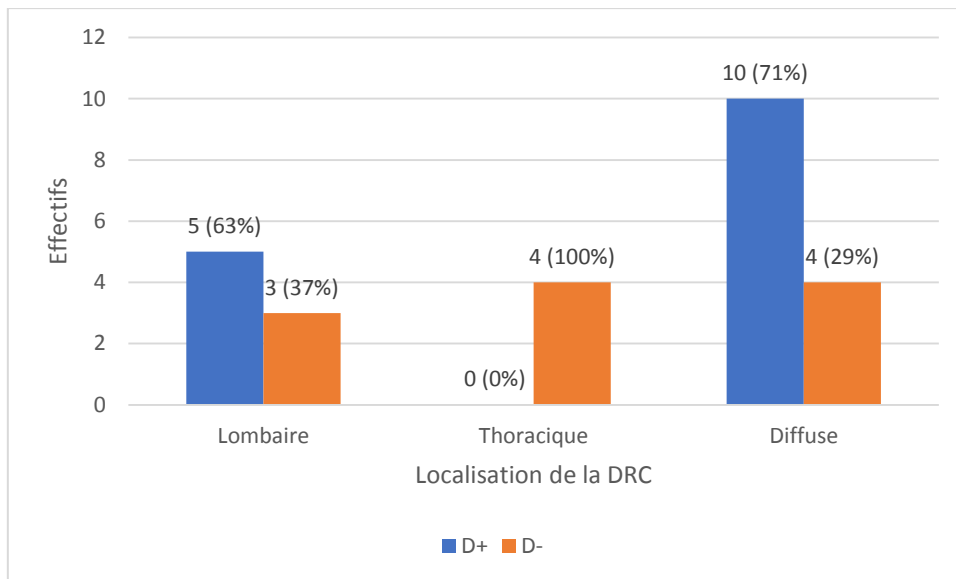
Sur le plan de la douleur, il y avait une tendance entre DRC et rachialgies mais pas de lien significatif : 17 (61%) sujets du groupe DRC + sont douloureux (groupe D+) contre 28 (41%) dans le groupe DRC- ($p=0.072$). Cf graphique 5.

Graphique 5. Répartition du groupe D+ en fonction des groupes DRC+/DRC-



L'analyse des différentes localisations de DRC nous montrait un lien significatif ($p=0.045$) entre la localisation de la DRC et le risque d'avoir des douleurs. En effet les DRC purement thoraciques n'entraînaient pas de douleurs (0 sujets douloureux sur 4 DRC) contrairement aux DRC lombaires et diffuses. Cf graphique 6.

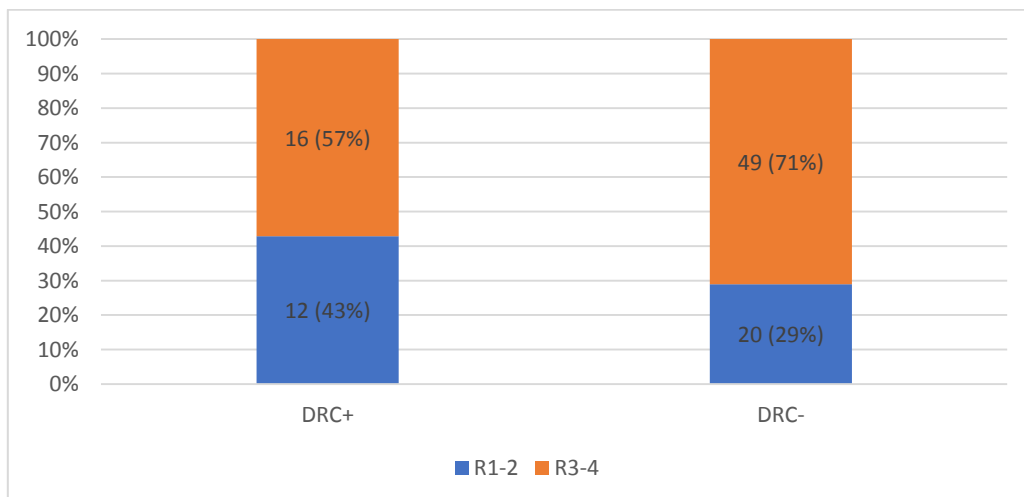
Graphique 6. Répartition D+/D- en fonction de la localisation de la DRC.



d) Etude du lien entre caractéristiques EOS et DRC :

Sur le plan radiologique, là aussi nous ne trouvons qu'une tendance entre le type de dos de Roussouly R1-2 versus R3-4 et DRC ($p=0.19$), (cf. graphique 7).

Graphique 7. Répartition R1-2 et R 3-4 en fonction des groupes DRC+/DRC-



On ne détectait aucune différence significative entre les groupes DRC+ et DRC- pour chacun des paramètres de télérachis de profil ($p>0.17$). Aucun des paramètres de télérachis de face, à savoir l'angle de la courbure principale et le déplacement latéral de la courbure principale, n'était différent selon le groupe de DRC ($p>0.11$).

Le stade pubertaire Risser n'est pas non plus un facteur associé à la DRC (le groupe DRC + est à 3.3 versus 2.7 pour le groupe DRC- ; $p=0.20$).

C. Etudes des facteurs associés à la douleur :

a) Recherche des facteurs associés cliniques :

Le sport était un facteur déclenchant de douleurs du rachis dans 42 cas soit 93% des athlètes appartenant au groupe D +.

Pour les critères anthropométriques :

- ni le sexe : 24 (42%) hommes vs 21(45%) femmes, $p=0.112$

- ni l'âge : groupe D- 14.7 ± 2.5 ans vs 15.3 ± 2.4 ans groupe D+, $p=0.172$

- ni les mensurations (taille, poids, BMI)

- ni le stade pubertaire ou la date des premières règles n'étaient liés significativement à un risque de douleurs.

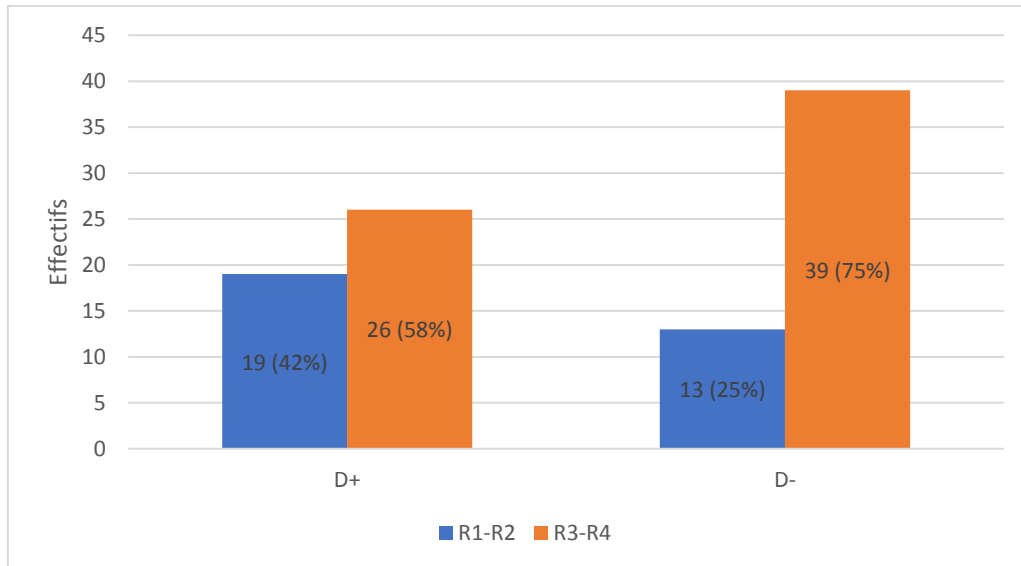
Pour les paramètres de souplesse, aucun n'était significativement lié à un risque accru de douleurs : distance talon-fesse ($p=0.41$), angle poplité ($p=0.93$), distance doigts-sol ($p=0.15$) et hyperlaxité ($p=0.97$). La raideur du rachis n'influait pas non plus sur la douleur du rachis ($p=0.12$).

b) Recherche des facteurs associés radiologiques :

Au niveau des caractéristiques radiologiques, les types de dos de Roussouly 1 et 2 n'étaient pas liés de manière significative avec le groupe D+, il existe une simple tendance

$p=0.072$ (cf. graphique 8). Aucun autre paramètre de télérachis de profil n'était significativement lié au groupe D+ ($p>0.35$).

Graphique 8. Répartition des types de dos de Roussouly selon les groupes D+/D-.

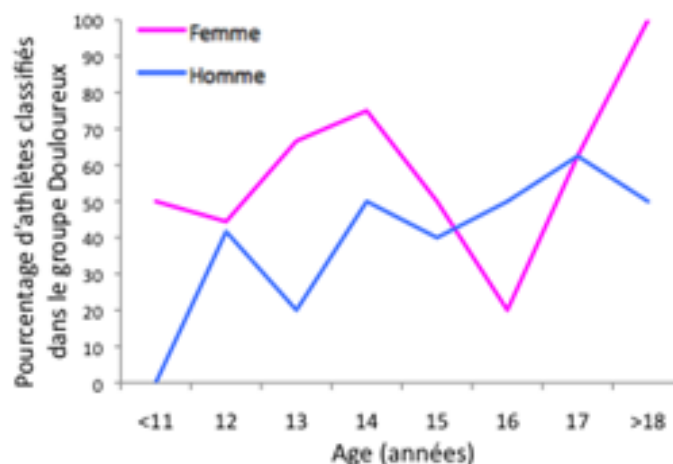


c) Analyses en sous-groupes :

Une analyse séparée par genre retrouvait deux profils de sujets douloureux. Dans le groupe des sujets de sexe féminin, les douleurs étaient déjà présentes chez les sujets les plus jeunes de l'étude. Ces douleurs faisaient ensuite un premier pic à 14 ans. Puis, après une période de diminution du nombre de sujets douloureux, on retrouvait un second pic très important à 18 ans.

Chez les sujets de sexe masculins, les douleurs semblaient démarrer plus tard, vers 12-13 ans, pour augmenter de façon progressive jusqu'à l'âge adulte (cf. Graphique 9).

Graphique 9. Evolution du nombre relatif d'athlètes classés dans le groupe D+ en fonction de l'âge et du genre.



D. Etude comparative entre EOS et IRM :

26 des 97 skieurs participants à l'étude ont été classés DRC+ d'après la radiographie EOS. 16 de ces 26 skieurs ont effectué une IRM ainsi que 21 autres skieurs ayant mal au dos, représentant un total de 37 IRM. L'IRM a infirmé le diagnostic de DRC pour 3 des 16 skieurs originellement classés avec DRC, représentant un taux de faux positifs, d'après les radiographies, de 19%. Inversement, l'IRM a montré une DRC dans 5 des 21 skieurs avec douleurs du rachis mais sans DRC confirmée d'après la radiographie, représentant un taux de faux négatifs de 24% dans une population symptomatique (cf. Figure 1).

Figure 1. Proportion de faux positifs et faux négatifs en radiographie EOS en comparaison de l'IRM.

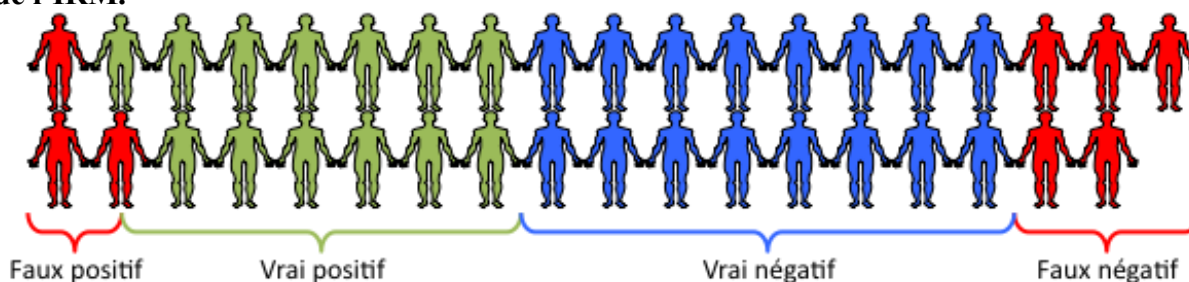


Tableau 9. Table de contingence standard

	DRC +	DRC-
Signes radiologiques présents	13	3
Signes radiologiques absents	5	16

D'après notre table de contingence (tableau 9), la sensibilité dans notre étude de la radiographie EOS serait de 72%, pour une spécificité de 84 %. La valeur prédictive positive est de 81%, la valeur prédictive négative de 76%. Ses calculs ne tenaient pas compte des personnes non vérifiées par l'IRM.

Le coefficient *Q de Youle* était de 0.87, ce qui équivaut à un lien très fort entre les signes radiologiques et la DRC. De même, le test du *Chi 2* retrouvait un $X^2 = 11.99$, ce qui équivaut à un lien statistiquement significatif entre les critères radiologiques et la DRC ($p \leq 0.001$).

En prenant statistiquement en compte les cas non vérifiés, les résultats étaient modifiés : la sensibilité tombait à 56%, avec une spécificité à 92% (cf. tableau 8).

Tableau 8. Table de contingence tenant compte des non vérifiés

	VERIFIES			NON VERIFIES
	DRC+	DRC-	Total	
Signes radiologiques présents	13	3	16	10
Signes radiologiques absents	5	16	21	50

DISCUSSION :

A. Analyses de nos résultats :

a) Résultats concernant la DRC :

L'objectif principal de cette étude était de faire un état des lieux de la DRC chez le jeune skieur de haut niveau et d'en décrire les principaux facteurs associés.

Le premier résultat marquant est la prévalence très importante des sujets porteurs d'une DRC parmi notre population.

L'analyse des facteurs associés retrouve que le sexe masculin est lié à un risque accru de développer une DRC pendant l'adolescence. C'est d'ailleurs le seul facteur associé présent de manière significatif dans cette étude.

Notre étude ne permet pas d'identifier l'âge comme facteur associé. Pourtant, la physiopathologie de la DRC implique qu'elle survienne pendant le pic de croissance ; ainsi les skieurs qui ne sont pas encore dans cette phase de croissance ne devraient pas être touchés. Une des explications semble être la différence d'âge de début de la maladie entre sujets masculins et féminins. Ces dernières présentant des DRC de façon plus précoce car leur pic de croissance survient plus tôt. Une deuxième possibilité viendrait de l'âge des participants. Nous ne disposons peut-être pas assez de jeunes sujets indemnes, notamment chez les filles. Le problème en prenant des sujets aussi jeunes serait de caractériser le « haut niveau » chez ces skieurs de primaire. La dernière explication est la diminution inattendue du nombre de femmes concernées par la DRC après 13 ans. En effet nous nous attendions à trouver un plateau de prévalence une fois la phase de croissance terminée, soit environ 14-16 ans chez les femmes. Nous n'avons pas d'autre explication que le hasard de l'échantillon pour expliquer cette anomalie.

Toujours sur le plan clinique, il est intéressant de voir que la douleur n'est pas liée de

manière significative à la DRC. Nous pouvons l'expliquer par le caractère très hétérogène des présentations cliniques de la DRC. Elle peut parfaitement rester asymptomatique pendant toute l'adolescence ou une partie de la croissance. Un deuxième élément d'explication est l'analyse de la douleur en fonction de la localisation de la DRC. Il existe un groupe de DRC non douloureuses (région thoracique) versus un groupe plus douloureux (charnière thoracolumbaire et rachis lombaire). Enfin, il faut souligner l'importante prévalence des autres lésions du rachis dans cette population de skieurs (discopathies, MODIC, atteintes des facettes postérieures, lyses isthmiques, etc...) qui sont également pourvoyeuses de douleurs.

Nous montrons que la raideur du rachis, lors de l'examen clinique, est significativement liée à la présence chez le sujet d'une DRC sous-jacente. Il s'agit d'une conséquence de la DRC et devient donc un élément majeur lors de l'examen du dos du skieur. Sur le plan physiopathologique, la DRC entraîne une raideur segmentaire, un « bloc » très peu mobile de vertèbres au sein du rachis. C'est cette « cassure » qui nous semble cliniquement caractéristique de la DRC.

Sur le plan paraclinique, l'imagerie EOS, avec l'analyse des paramètres spino-pelviens, ne retrouve aucun facteur associé à la DRC. Nous suspectons les types de dos de Roussouly 1 et 2 d'être discriminants pour former une population dite « plus à risque ». Néanmoins, les chiffres retrouvés nous font maintenant penser que les contraintes mécaniques liées au ski sont tellement marquées, qu'aucun type de dos ne protège le cartilage de croissance.

b) Analyse des résultats concernant la douleur :

L'objectif secondaire de cette étude était de réaliser le même état des lieux chez le skieur cette fois sur le plan des douleurs rachidiennes.

De nouveau, le premier fait marquant est l'importance de la prévalence de ces rachialgies. Dans notre étude près d'1 jeune sur 2 possède une EVA > 3 pendant ou après

l'effort.

A l'instar des résultats sur la DRC, aucun des critères cliniques ni radiologiques ne nous permet de mettre en évidence une population « protégée » des rachialgies. Notons tout de même la tendance protectrice des types de dos 3 et 4 de Roussouly. L'explication la plus probable est l'ubiquité de la douleur du rachis chez les skieurs.

c) Analyse des résultats comparant l'imagerie EOS à l'IRM :

Pour l'étude de la DRC typique, de siège thoracique pure, le *Gold Standard* est la radiographie. En effet la description des critères diagnostic se fait classiquement en radiographie standard. L'imagerie EOS est donc l'examen de choix lorsque l'on considère les nombreux avantages de cette technique. Néanmoins, la réalisation de nombreux IRM nous a permis de nous rendre compte de l'importance des faux négatifs dans cette population où la prévalence de DRC est très élevée et de l'importance des diagnostics associés.

Il nous paraît alors indispensable, dans cette population, de réaliser des IRM lorsqu'un diagnostic de DRC est porté par la radiographie EOS, ou lorsqu'il y a une forte suspicion clinique (raideur du rachis, douleur modérée à intense...).

La radiographie EOS se situe donc entre la radiographie standard, plus disponible et moins cher mais plus irradiante, et l'IRM, plus cher, moins disponible et plus long mais plus complet dans le diagnostic.

B. Les biais de notre étude :

a) Biais de sélection :

Notre étude présente plusieurs biais de sélection. Le premier est un biais de recrutement. Les skieurs de l'étude viennent d'un seul lycée et de deux collèges. Ce biais est tout de même limité par la standardisation des pratiques. En effet, au niveau du collège les

heures consacrées au sport et plus particulièrement au ski diffèrent peu d'un collège à l'autre dans les départements de Savoie / Haute Savoie. De même, ils se rendent sur les mêmes courses, à la même fréquence, et skient donc sur les mêmes neiges. Pour le Pôle France, les skieurs sélectionnés viennent de toute la France, ce qui limite le biais de recrutement et de représentativité. Par contre, plusieurs différences avec les autres skieurs du même âge sont à noter : ils skient tout l'hiver sans retourner en classe ce qui induit une charge de ski plus importante. Ils ont été sélectionnés pour leurs excellents résultats, ce qui peut induire qu'ils n'ont pas été gênés dans leur préparation par des blessures ou des douleurs handicapantes.

Cette idée rejoint le biais de « bonne santé des travailleurs » exporté cette fois au modèle sportif. Ainsi, au sein des jeunes skieurs de haut niveau s'opère une forme de sélection naturelle. Les plus douloureux ne performant plus et sortent de ces filières. Ce facteur aurait tendance à sous-estimer la prévalence des douleurs et de la DRC.

Le troisième biais de sélection est lié au volontariat de l'étude. On peut penser que les sujets ayant accepté de participer sont principalement des sujets qui étaient douloureux. Le nombre de participants est de 75% dans notre étude, soit 97 personnes sur les 130 élèves que représentent 2 sections sport au collège et 1 lycée. Sans être exhaustif, ce chiffre est tout de même satisfaisant compte tenu du temps qu'il fallait y consacrer (quasiment 1 journée).

b) Biais de classement/information :

Notre principal biais de classement vient du fait qu'il s'agisse du même collège de médecins qui a analysé les radiographies EOS et les IRM sans aveugle. Ce biais est limité par la présence de plusieurs experts dans ce collège. Nos résultats, avec un nombre important de faux positifs et de faux négatifs, attestent aussi de l'objectivité et donc de la limitation de ce biais.

Le deuxième biais de classement vient des participants. Ils pourraient avoir tendances à surestimer leurs douleurs. C'est pour limiter ce biais que nous avons pris dans le groupe D+

des sujets dont l'EVA > 3.

c) Biais de confusion :

Il y a peu de biais de confusion dans notre étude. Notre objectif n'était pas de définir des facteurs de risque mais simplement des facteurs associés. De plus, très peu de résultats ont été significatifs en analyse univariée.

Le sexe peut être concerné par ce biais de confusion. Néanmoins, il est un facteur associé dans la plupart des publications sur le sujet. De plus, il est presque le seul facteur significatif de cette étude.

La raideur du rachis est aussi susceptible d'être concernée par ce biais. Malgré tout, la physiopathologie de la DRC et ses conséquences expliquent très bien l'apparition d'une raideur segmentaire du rachis que l'on retrouve beaucoup moins classiquement dans les autres atteintes du rachis.

C. Comparaisons de nos résultats avec la littérature :

a) Concernant la DRC :

Nos résultats concernant la prévalence de la DRC et ses potentiels facteurs associés concordent parfaitement avec les résultats de l'étude de M. Rachbauer (37). Cette étude très similaire portait sur 120 jeunes skieurs de haut niveau, dont 77 skieurs alpins. L'âge moyen de ces skieurs était comparable à celui de notre étude. Il retrouvait une prévalence de la maladie de 50%. A l'instar de notre étude, ni l'âge ni l'IMC n'était un facteur de risque de DRC. Les différences avec notre étude était une proportion de sujets masculins plus importante dans l'étude de Rachbauer (2/3 d'hommes pour 1/3 de femmes) et l'étude d'autres disciplines de ski, notamment de la branche freestyle avec les skieurs de bosses. Ses résultats montraient que le sexe masculin n'était pas un facteur de risque de DRC.

b) Concernant les rachialgies :

Dans notre étude la prévalence des douleurs rachidiennes est déjà importante mais elle reste inférieure à beaucoup d'autres études qui retrouvaient des prévalences de rachialgies supérieures ou égales à 50% (47,48). Notre choix d'inclure dans les groupe D+ des sujets avec une EVA > 3 explique en partie cette différence.

c) Concernant l'analyse EOS du rachis :

Concernant la description des paramètres spino-pelviens en imagerie EOS, notre population possède des pourcentages de type dos de Roussouly comparable à la population générale (33). Les mêmes résultats avaient été retrouvés par Todd : il n'y avait pas de différence significative dans la répartition des types de dos entre un groupe de jeunes skieurs de haut niveau et un groupe de non-athlètes appariés sur l'âge (49).

d) Concernant l'analyse IRM des skieurs :

Notre étude IRM retrouve 67% de sujets porteurs d'une discopathie. Plusieurs études ciblant de jeunes skieurs alpins et freestyle (ski de bosses) retrouvaient elles aussi un nombre important de skieurs concernés. Ainsi Wiwit (48) retrouvait, parmi 75 jeunes skieurs de haut niveau, 56% porteurs d'une discopathie Pfirrmann > 2 et 82% porteurs d'une anomalie quelle qu'elle soit (hernies de Schmörl, discopathie, pincement discal et hernie). Thorenson (47) avait étudié 16 skieurs de bosses avec un âge moyen de 17 ans et retrouve que 88% d'entre eux étaient porteurs d'une discopathie dégénérative et 56 % avaient des hernies de Schmörl. Malgré l'importance des lésions, aucune relation significative n'avait été mise en évidence dans ces deux études entre les lésions à l'IRM et les douleurs lombaires. De plus, dans ces études les groupes de skieurs étaient comparés à un groupe témoin : si le nombre de lésions à l'IRM était nettement plus important et significatif dans le groupe skieurs, il n'y avait pas de différence significative sur le nombre de sujets présentant des lombalgies basses.

Une revue de la littérature sur les découvertes fortuites de lésions rachidiennes en IRM dans une population pédiatrique (âges compris entre 8 et 16 ans) retrouvait une prévalence de discopathie dégénérative de 20% avec 3% de hernie ou protrusion discale. Les pathologies du cartilage *end-plate* correspondaient à 5% de la population (50). Ces résultats montrent la grande différence de prévalence de la DRC entre ces deux populations et le rôle très délétère du ski alpin intensif sur un rachis en croissance.

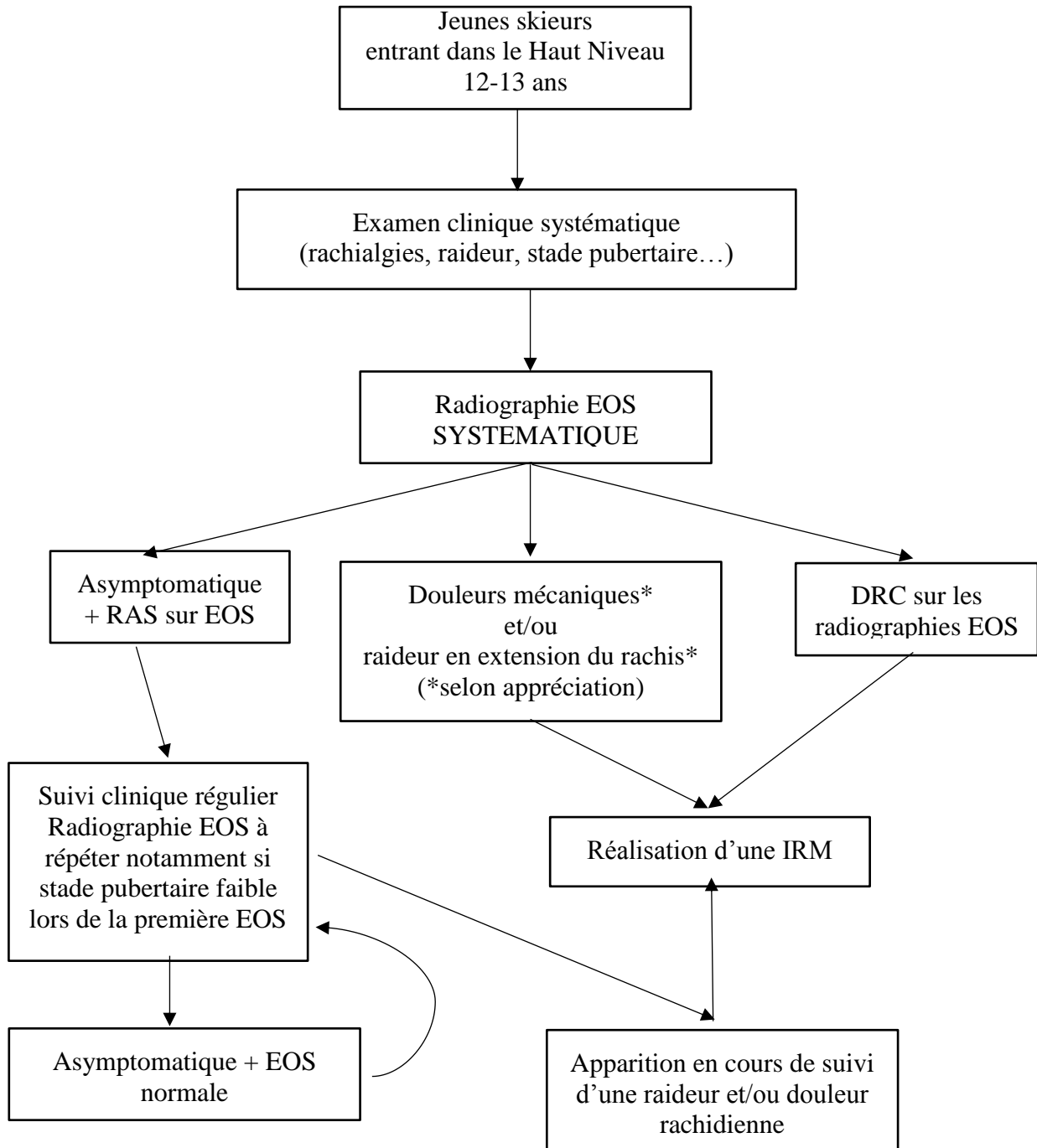
Le ski n'est pas le seul sport où l'on retrouve une prévalence très élevée de lésions rachidiennes à l'IRM. Ainsi, une étude sur des jeunes joueurs de tennis de haut niveau retrouvait que 4% d'entre eux avaient une IRM normale (51). Des résultats identiques ont été retrouvés en football américain (52) et dans de nombreux autres sports...

D. Implications cliniques et scientifiques :

Notre étude confirme que le rachis du skieur est soumis à de très fortes contraintes qui augmentent la prévalence de DRC, de discopathies et de rachialgies. Elle confirme qu'il n'y a pas (hormis le sexe féminin) de facteur protecteur contre la DRC.

Après l'analyse de la DRC, un des objectifs était la réalisation d'un arbre décisionnel pour une application pratique des enseignements tirés de cette étude. Voici la nouvelle prise en charge au pôle France d'Albertville.

ARBRE DECISIONNEL POUR LE SUIVI DES JEUNES SKIEURS DE HAUT NIVEAU ET DU POLE FRANCE



E. Approfondissements possibles :

Notre étude a été limitée quant à l'analyse de l'âge comme facteur associé de la DRC. Nous devons ainsi définir à quel âge réaliser le dépistage pour, à la fois ne pas intervenir trop tôt et risquer de « rater » les formes d'apparition tardives, tout en intervenant suffisamment précocement pour éviter les formes étendues et très douloureuses. Un des approfondissements serait donc de réaliser cette étude avec une population encore plus jeune. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la limite serait de caractériser le haut niveau ou la pratique intensive à cet âge. Une telle étude serait complémentaire et nous permettrait de mieux visualiser l'âge d'apparition des premières lésions de DRC chez les filles.

La suite logique de cette étude serait un projet visant à réduire ces lombalgies dans notre population. Plusieurs études se sont penchées sur le sujet. Ainsi, Alricsson montrait les effets bénéfiques d'un entraînement de dance avant la saison de ski de fond chez des skieurs de haut niveau (53). Il montrait, dans une deuxième étude, que la pratique d'une autre activité physique améliore les lombalgies du fondeur (54). Ces considérations s'étendent à d'autres sports. Du renforcement musculaire spécifique, ciblé sur les muscles de la région lombaire a montré son efficacité en prévention des blessures et réduction des lombalgies dans une population de footballeurs (55).

Enfin, un suivi à long terme de cette population nous permettrait d'analyser les conséquences à l'âge adulte de la pratique du ski intensif pendant l'adolescence. Lundin (27) et Baranto (26) ont montrés dans 2 études différentes que même si les anciens sportifs de haut niveau gardent des taux plus élevés de discopathies, ils ne sont pas plus douloureux comparés à des sujets témoins appariés sur l'âge. Ces résultats seraient surprenants concernant notre population dont les douleurs d'EVA>3 approche les 50% mais restent à démontrer.

F. Conclusion :

Notre étude montre la prévalence élevée des rachialgies et de la DRC chez nos jeunes skieurs de haut niveau. La pratique intensive du ski alpin en compétition semble être le principal élément responsable de l'apparition de cette pathologie. Hormis le sexe masculin, nous ne retrouvons ni facteurs protecteurs ni facteurs aggravants associés à la DRC. Nous en déduisons que les contraintes mécaniques sur le rachis sont tellement importantes que tous les skieurs sont à risque. Il est indispensable de réaliser une prévention et un dépistage précoce de la DRC afin de pouvoir mettre en place le traitement adéquat.

BIBLIOGRAPHIE :

1. Lowe TG, Line BG. Evidence based medicine: analysis of Scheuermann kyphosis. *Spine*. 1 sept 2007;32(19 Suppl):S115-119.
2. Hart ES, Merlin G, Harisiades J, Grottkau BE. Scheuermann's thoracic kyphosis in the adolescent patient. *Orthop Nurs*. déc 2010;29(6):365- 71; quiz 372- 3.
3. Tsirikos AI. Scheuermann's Kyphosis: an update. *J Surg Orthop Adv*. 2009;18(3):122- 8.
4. Scheuermann, H.W. Kyphosis dorsalisjuvenalis. *Ugeskr. Laeger*. 1920;82:385-393.
5. Sorensen KH. Scheuermann's juvenile kyphosis, clinical appearances, radiography, actiology and prognosis. Munksgaard, Copenhagen; 1964.
6. Cleveland RH, DeLong GR. The relationship of juvenile lumbar disc disease and Scheuermann's disease. *Pediatr Radiol*. févr 1981;10(3):161 - 4.
7. Armbrecht G, Felsenberg D, Ganswindt M, Lunt M, Kaptoge SK, Abendroth K, et al. Vertebral Scheuermann's disease in Europe: prevalence, geographic variation and radiological correlates in men and women aged 50 and over. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. oct 2015;26(10):2509- 19.
8. Hilton RC, Ball J, Benn RT. Vertebral end-plate lesions (Schmorl's nodes) in the dorsolumbar spine. *Ann Rheum Dis*. avr 1976;35(2):127- 32.
9. Scheuermann HW. The classic: kyphosis dorsalis juvenilis. *Clin Orthop*. oct 1977;(128):5- 7.
10. Orava S, Virtanen K. Osteochondroses in athletes. *Br J Sports Med*. sept 1982;16(3):161- 8.
11. Dommissie GF. The vulnerable, rapidly growing thoracic spine of the adolescent. *South Afr Med J Suid-Afr Tydskr Vir Geneesk*. 18 août 1990;78(4):211- 3.
12. Roberts S, Menage J, Urban JP. Biochemical and structural properties of the cartilage end-plate and its relation to the intervertebral disc. *Spine*. févr 1989;14(2):166- 74.
13. Ippolito E, Ponseti IV. Juvenile kyphosis: histological and histochemical studies. *J Bone Joint Surg Am*. févr 1981;63(2):175- 82.
14. Arkin AM, Katz JF. The effects of pressure on epiphyseal growth; the mechanism of plasticity of growing bone. *J Bone Joint Surg Am*. oct 1956;38-A(5):1056- 76.
15. Zaidman AM, Zaidman MN, Strokova EL, Korel AV, Kalashnikova EV, Rusova TV, et al. The Mode of Inheritance of Scheuermann's Disease. *BioMed Res Int [Internet]*. 2013 [cité 12 nov 2015];2013. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3786538/>
16. Swärd L. The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the

- effects of physical training. *Sports Med Auckl NZ.* mai 1992;13(5):357- 64.
17. Murray PM, Weinstein SL, Spratt KF. The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *J Bone Joint Surg Am.* févr 1993;75(2):236- 48.
 18. Damborg F, Engell V, Andersen MO, Kyvik KO, Thomsen K. There are only minor changes in quality of life in patients with Scheuermann's disease. *Dan Med J.* mars 2014;61(3):A4790.
 19. Ristolainen L, Kettunen JA, Heliövaara M, Kujala UM, Heinonen A, Schlenzka D. Untreated Scheuermann's disease: a 37-year follow-up study. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* mai 2012;21(5):819- 24.
 20. Guo X, Chen Z, Liu N, Guo Z, Qi Q, Li W, et al. Comparison between two types of « Scheuermann disease-like people »: thoracolumbar disc herniation patients and healthy volunteers with radiological signs of Scheuermann's disease. *Chin Med J (Engl).* 2014;127(22):3862- 6.
 21. Liu N, Chen Z, Qi Q, Shi Z. The relationship of symptomatic thoracolumbar disc herniation and Scheuermann's disease. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* mai 2014;23(5):1059- 66.
 22. Travaglini FH. Scoliosis: a problem of treatment. *Bull Hosp Joint Dis.* oct 1970;31(2):150- 69.
 23. Hurtado-Avilés J, Roca-González J, Santonja-Medina F. Hypothesis about an existent biomechanical cause-effect relationship between Schëuermann's kyphosis and scoliosis. *Med Hypotheses.* juill 2015;85(1):94- 8.
 24. Damborg F, Engell V, Andersen M, Kyvik KO, Thomsen K. Prevalence, concordance, and heritability of Scheuermann kyphosis based on a study of twins. *J Bone Joint Surg Am.* oct 2006;88(10):2133- 6.
 25. Damborg F, Engell V, Nielsen J, Kyvik KO, Andersen MØ, Thomsen K. Genetic epidemiology of Scheuermann's disease. *Acta Orthop.* oct 2011;82(5):602- 5.
 26. Baranto A, Hellström M, Cederlund C-G, Nyman R, Swärd L. Back pain and MRI changes in the thoraco-lumbar spine of top athletes in four different sports: a 15-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* sept 2009;17(9):1125- 34.
 27. Lundin O, Hellström M, Nilsson I, Swärd L. Back pain and radiological changes in the thoraco-lumbar spine of athletes. A long-term follow-up. *Scand J Med Sci Sports.* avr 2001;11(2):103- 9.
 28. Ogon M, Riedl-Huter C, Sterzinger W, Krismer M, Spratt KF, Wimmer C. Radiologic abnormalities and low back pain in elite skiers. *Clin Orthop.* sept 2001;(390):151- 62.
 29. Eriksson K, Németh G, Eriksson E. Low back pain in elite cross-country skiers. A retrospective epidemiological study. *Scand J Med Sci Sports.* févr 1996;6(1):31- 5.

30. Bergstrøm KA, Brandseth K, Fretheim S, Tvilde K, Ekeland A. Back injuries and pain in adolescents attending a ski high school. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. janv 2004;12(1):80- 5.
31. Harvey J, Tanner S. Low back pain in young athletes. A practical approach. *Sports Med Auckl NZ*. déc 1991;12(6):394- 406.
32. Alricsson M, Werner S. Self-reported health, physical activity and prevalence of complaints in elite cross-country skiers and matched controls. *J Sports Med Phys Fitness*. déc 2005;45(4):547- 52.
33. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*. 1 févr 2005;30(3):346- 53.
34. Tyrakowski M, Janusz P, Mardjetko S, Kotwicki T, Siemionow K. Comparison of radiographic sagittal spinopelvic alignment between skeletally immature and skeletally mature individuals with Scheuermann's disease. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. juin 2015;24(6):1237- 43.
35. Tyrakowski M, Mardjetko S, Siemionow K. Radiographic spinopelvic parameters in skeletally mature patients with Scheuermann disease. *Spine*. 15 août 2014;39(18):E1080-1085.
36. Jiang L, Qiu Y, Xu L, Liu Z, Wang Z, Sha S, et al. Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. juill 2014;23(7):1420- 6.
37. Rachbauer F, Sterzinger W, Eibl G. Radiographic abnormalities in the thoracolumbar spine of young elite skiers. *Am J Sports Med*. août 2001;29(4):446- 9.
38. Spörri J, Kröll J, Haid C, Fasel B, Müller E. Potential Mechanisms Leading to Overuse Injuries of the Back in Alpine Ski Racing: A Descriptive Biomechanical Study. *Am J Sports Med*. août 2015;43(8):2042- 8.
39. Nachemson AL. Disc pressure measurements. *Spine*. févr 1981;6(1):93- 7.
40. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*. 15 avr 1999;24(8):755- 62.
41. Müller E, Lindinger S, Stöggl T. *Science and Skiing IV*. Meyer & Meyer Verlag; 2009. 802 p.
42. Spörri J, Kröll J, Fasel B, Aminian K, Müller E. The Use of Body Worn Sensors for Detecting the Vibrations Acting on the Lower Back in Alpine Ski Racing. *Front Physiol*. 2017;8:522.
43. Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, Labelle H, Dubois J, Miron M-C, et al. Diagnostic imaging of spinal deformities: reducing patients radiation dose with a new slot-scanning X-ray imager. *Spine*. 20 avr 2010;35(9):989- 94.

44. Melhem E, Assi A, El Rachkidi R, Ghanem I. EOS® biplanar X-ray imaging: concept, developments, benefits, and limitations. *J Child Orthop*. févr 2016;10(1):1- 14.
45. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet Lond Engl*. 4 août 2012;380(9840):499- 505.
46. Morvan G, Mathieu P, Vuillemin V, Guerini H, Bossard P, Zeitoun F, et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. sept 2011;20 Suppl 5:602- 8.
47. Thoreson O, Kovac P, Swärd A, Agnvall C, Todd C, Baranto A. Back pain and MRI changes in the thoraco-lumbar spine of young elite Mogul skiers. *Scand J Med Sci Sports*. sept 2017;27(9):983- 9.
48. Witwit WA, Kovac P, Sward A, Agnvall C, Todd C, Thoreson O, et al. Disc degeneration on MRI is more prevalent in young elite skiers compared to controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 13 avr 2017;
49. Todd C, Kovac P, Swärd A, Agnvall C, Swärd L, Karlsson J, et al. Comparison of radiological spino-pelvic sagittal parameters in skiers and non-athletes. *J Orthop Surg*. 17 oct 2015;10:162.
50. Ramadorai U, Hire J, DeVine JG, Brodt ED, Dettori JR. Incidental findings on magnetic resonance imaging of the spine in the asymptomatic pediatric population: a systematic review. *Evid-Based Spine-Care J*. oct 2014;5(2):95- 100.
51. Rajeswaran G, Turner M, Gissane C, Healy JC. MRI findings in the lumbar spines of asymptomatic elite junior tennis players. *Skeletal Radiol*. juill 2014;43(7):925- 32.
52. Gerbino PG, d'Hemecourt PA. Does football cause an increase in degenerative disease of the lumbar spine? *Curr Sports Med Rep*. févr 2002;1(1):47- 51.
53. Alricsson M, Werner S. The effect of pre-season dance training on physical indices and back pain in elite cross-country skiers: a prospective controlled intervention study. *Br J Sports Med*. avr 2004;38(2):148- 53.
54. Alricsson M, Werner S. Young elite cross-country skiers and low back pain-A 5-year study. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. nov 2006;7(4):181- 4.
55. Hides JA, Walsh JC, Smith MMF, Mendis MD. Self-Managed Exercises, Fitness and Strength Training, and Multifidus Muscle Size in Elite Footballers. *J Athl Train*. juill 2017;52(7):649- 55.

RESUME :

La dystrophie rachidienne de croissance (DRC) est une ostéochondrose des cartilages end-plate des vertèbres qui entraîne des rachialgies dès l'adolescence. Certains sports pratiqués de manière intensive, dont le ski alpin, augmente la prévalence de ces lésions. Nos objectifs étaient d'étudier la DRC, les rachialgies et leurs facteurs associés dans une population de jeunes skieurs alpin de haut niveau. Les sujets inclus avaient entre 10 et 19 ans et venaient des filières de ski alpin de haut niveau de Savoie et Haute Savoie. Le seul critère d'exclusion était d'avoir eu un traumatisme rachidien dans les 3 mois précédant le début de l'étude. Tous les sujets ont bénéficié d'un interrogatoire, d'un examen clinique et d'une radiographie EOS. Les rachialgies, étaient quantifiées avec une échelle visuelle analogique, et devaient être > 3. Les sujets présentant une DRC ou des rachialgies avec raideur du rachis passaient une IRM. Le diagnostic de DRC était posé avec l'imagerie EOS et l'IRM. L'étude portait sur 97 sujets, 47 (48%) femmes et 50 (52%) hommes. L'âge moyen était de 15.0 (± 2.3) années. Parmi cette population, 45 (46.4%) skieurs présentaient des douleurs et 28 (29%) étaient porteur d'une DRC. Le sexe masculin était le seul facteur associé significativement lié à la DRC : 19 (38%) sujets masculins était porteur d'une DRC contre 9 (19%) de sujets féminins ($p=0.041$). Notre étude montrait l'importance des rachialgies et de la DRC dans cette population. L'absence de facteur protecteur tend à prouver que la pratique du ski alpin en compétition est le principal élément responsable de l'apparition de DRC du fait de contraintes mécaniques majeures sur le rachis.

ABSTRACT :

Study of spinal osteochondrosis using EOS imaging and its associated factors among 97 young elite skiers.

Spinal osteochondrosis (SO) affects cartilage end-plate of growing vertebrae, and provokes backache during adolescence. The intense practice of some sports -such as skiing- increases the prevalence of this disease. The aim of this study was to analyze SO, backache and their associated factors among a young elite skier population. Subjects were between 10 and 19 years old and came from high level class in Savoie and Haute Savoie (France). The only exclusion criteria was to have been concerned by a spinal trauma 3 months before the beginning of the study. Each subject underwent a medical examination and spinal X-ray using EOS imaging system. Backache was defined by a visual analogic scale and had to be > 3 to be considered. Patients with SO or suffering from backache with dorsal stiffness had an MRI. SO was diagnosed using both EOS and MRI. This study analysed 97 skiers, 47 (48%) females and 50 (52%) males. Average age was 15 (± 2.3) yo. Among this population, 45 (46%) suffered from backache. Male gender was the only significant risk factor associated with SO : 28 (29%) skiers were diagnosed with SO, including 19 (38%) males versus 9 (19%) females ($p=0.041$). Neither weight, body mass index nor EOS spino-pelvic parameters showed any significant link to SO. As a result, high prevalence of SO and backache among young elite skiers was confirmed by our study. The lack of protective factors tended to demonstrate that every skiers was at risk and that it is the intensive practice of skiing, inducing important mechanical forces on the spine, which is responsible for the occurrence of SO.

THÈSE SOUTENUE PAR : CUBILLE Victor

TITRE :

**Etude de la dystrophie rachidienne de croissance en imagerie EOS
et de ses facteurs associés chez 97 jeunes skieurs de haut niveau.**

CONCLUSION :

Notre étude montre la prévalence élevée des rachialgies et de la DRC chez nos jeunes skieurs de haut niveau. La pratique intensive du ski alpin en compétition semble être le principal élément responsable de l'apparition de cette pathologie. Hormis le sexe masculin, nous ne retrouvons ni facteurs protecteurs ni facteurs aggravants associés à la DRC. Nous en déduisons que les contraintes mécaniques sur le rachis sont tellement importantes que tous les skieurs sont à risque. Il est indispensable de réaliser une prévention et un dépistage précoce de la DRC afin de pouvoir mettre en place le traitement adéquat.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Grenoble, le : 07/05/2018

LE DOYEN


Le Doyen de l'UFR de Médecine
Pr. Patrice MORAND

Pr. Patrice MORAND

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE


Pr. TONETTI Jérôme

Le Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination. J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance. Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort. Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission. Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

