



**HAL**  
open science

## Enhanced recovery after surgery (ERAS) for adolescent idiopathic scoliosis: a Before/After cohort study

Julien Pico

► **To cite this version:**

Julien Pico. Enhanced recovery after surgery (ERAS) for adolescent idiopathic scoliosis: a Before/After cohort study. Human health and pathology. 2020. dumas-03127883

**HAL Id: dumas-03127883**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03127883>**

Submitted on 1 Feb 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

UNIVERSITE DE MONTPELLIER  
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

**THESE**

Pour obtenir le titre de  
**DOCTEUR EN MEDECINE**  
Présentée et soutenue publiquement

**Julien PICO**

Le 18 Septembre 2020

TITRE :

**Enhanced recovery after surgery  
(ERAS)  
for adolescent idiopathic scoliosis:  
a Before/After cohort study**

Directeur de thèse : Docteur Chrystelle SOLA

JURY :

Président :

Pr Christophe DADURE, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation du pôle femme-mère-enfant, CHU Lapeyronie, Montpellier

Assesseurs :

Pr Xavier CAPDEVILA, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation, CHU Lapeyronie, Montpellier

Pr Pierre-François PERRIGAULT, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation, CHU Gui de Chauliac, Montpellier

Dr Chrystelle SOLA, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation du pôle femme-mère-enfant, CHU Lapeyronie, Montpellier



**THESE**

Pour obtenir le titre de

**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

**Julien PICO**

Le 18 Septembre 2020

TITRE :

**Enhanced recovery after surgery  
(ERAS)  
for adolescent idiopathic scoliosis:  
a Before/After cohort study**

Directeur de thèse : Docteur Chrystelle SOLA

JURY :

Président :

Pr Christophe DADURE, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation du pôle femme-mère-enfant, CHU Lapeyronie, Montpellier

Assesseurs :

Pr Xavier CAPDEVILA, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation, CHU Lapeyronie, Montpellier

Pr Pierre-François PERRIGAULT, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation, CHU Gui de Chauliac, Montpellier

Dr Chrystelle SOLA, Praticien Hospitalier, Département d'anesthésie-réanimation du pôle femme-mère-enfant, CHU Lapeyronie, Montpellier

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 - 2020**

**PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Professeurs Honoraires**

ALLIEU Yves	CALLIS Albert	JAFFIOL Claude	NAVRATIL Henri
ALRIC Robert	CANAUD Bernard	JANBON Charles	OTHONIEL Jacques
ARNAUD Bernard	CHAPTAL Paul-André	JANBON François	PAGES Michel
ASTRUC Jacques	CIURANA Albert-Jean	JARRY Daniel	PEGURET Claude
AUSSILLOUX Charles	CLOT Jacques	JOURDAN Jacques	PELISSIER Jacques
AVEROUS Michel	COSTA Pierre	LAFFARGUE François	POUGET Régis
AYRAL Guy	D'ATHIS Françoise	LALLEMANT Jean Gabriel	PUJOL Henri
BAILLAT Xavier	DEMAILLE Jacques	LAMARQUE Jean-Louis	RABISCHONG Pierre
BALDET Pierre	DESCOMPS Bernard	LAPEYRIE Henri	RAMUZ Michel
BALDY-MOULINIER Michel	DIMEGLIO Alain	LE QUELLEC Alain	RIEU Daniel
BALMES Jean-Louis	DUBOIS Jean Bernard	LESBROS Daniel	ROCHEFORT Henri
BALMES Pierre	DUJOLS Pierre	LOPEZ François Michel	ROUANET DE VIGNE LAVIT Jean Pierre
BANSARD Nicole	DUMAS Robert	LORiot Jean	SAINT AUBERT Bernard
BAYLET René	DUMAZER Romain	LOUBATIERES Marie Madeleine	SANCHO-GARNIER Hélène
BILLIARD Michel	ECHENNE Bernard	MAGNAN DE BORNIER Bernard	SANY Jacques
BLARD Jean-Marie	FABRE Serge	MARY Henri	SEGNARBIEUX François
BLAYAC Jean Pierre	FREREBEAU Philippe	MATHIEU-DAUDE Pierre	SENAC Jean-Paul
BLOTMAN Francis	GALIFER René Benoît	MEYNADIER Jean	SERRE Arlette
BONNEL François	GODLEWSKI Guilhem	MICHEL François-Bernard	SOLASSOL Claude
BOURGEAIS Jean-Marie	GRASSET Daniel	MION Charles	THEVENET André
BRUEL Jean Michel	GUILHOU Jean- Jacques	MION Henri	VIDAL Jacques
BUREAU Jean-Paul	HERTAULT Jean	MIRO Luis	VISIÈRE Jean Pierre
BRUNEL Michel	HUMEAU Claude	NAVARRO Maurice	

### Professeurs Emérites

ARTUS Jean-Claude	MARES Pierre
BLANC François	MAUDELONDE Thierry
BOULENGER Jean-Philippe	MAURY Michèle
BOURREL Gérard	MILLAT Bertrand
BRINGER Jacques	MONNIER Louis
CLAUSTRES Mireille	MOURAD Georges
DAURES Jean-Pierre	PREFAUT Christian
DAUZAT Michel	PUJOL Rémy
DAVY Jean-Marc	RIBSTEIN Jean
DEDET Jean-Pierre	SCHVED Jean-François
ELEDJAM Jean-Jacques	SULTAN Charles
GROLLEAU RAOUX Robert	TOUCHON Jacques
GUERRIER Bernard	UZIEL Alain
GUILLOT Bernard	VOISIN Michel
LANDAIS Paul	ZANCA Michel

**Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers**

**PU-PH de classe exceptionnelle**

ALBAT Bernard	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
ALRIC Pierre	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)
BACCINO Eric	Médecine légale et droit de la santé
BASTIEN Patrick	Parasitologie et mycologie
BLAIN Hubert	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
BONAFE Alain	Radiologie et imagerie médicale
CAPDEVILA Xavier	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CHAMMAS Michel	Chirurgie orthopédique et traumatologique
COLSON Pascal	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
COMBE Bernard	Rhumatologie
COTTALORDA Jérôme	Chirurgie infantile
COUBES Philippe	Neurochirurgie
COURTET Philippe	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
CRAMPETTE Louis	Oto-rhino-laryngologie
CRISTOL Jean Paul	Biochimie et biologie moléculaire
DE LA COUSSAYE Jean Emmanuel	Médecine d'urgence
DE WAZIERES Benoît	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
DELAPORTE Eric	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
DEMOLY Pascal	Pneumologie ; addictologie
DOMERGUE Jacques	Chirurgie viscérale et digestive
DUFFAU Hugues	Neurochirurgie
ELIAOU Jean François	Immunologie
FABRE Jean Michel	Chirurgie viscérale et digestive
FRAPIER Jean-Marc	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
HAMAMAH Samir	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale



HEDON Bernard	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
HERISSON Christian	Médecine physique et de réadaptation
JABER Samir	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
JEANDEL Claude	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
JONQUET Olivier	Médecine intensive-réanimation
JORGENSEN Christian	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
KOTZKI Pierre Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
LABAUGE Pierre	Neurologie
LARREY Dominique	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
LEFRANT Jean-Yves	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
LUMBROSO Serge	Biochimie et Biologie moléculaire
MARTY-ANE Charles	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MERCIER Jacques	Physiologie
MESSNER Patrick	Cardiologie
MONDAIN Michel	Oto-rhino-laryngologie
MORIN Denis	Pédiatrie
PAGEAUX Georges-Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PUJOL Pascal	Biologie cellulaire
QUERE Isabelle	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
RENARD Eric	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
REYNES Jacques	Maladies infectieuses, maladies tropicales
RIPART Jacques	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
ROUANET Philippe	Cancérologie ; radiothérapie
SOTTO Albert	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
TAOUREL Patrice	Radiologie et imagerie médicale
VANDE PERRE Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
YCHOU Marc	Cancérologie ; radiothérapie

**PU-PH de 1<sup>re</sup> classe**

AGUILAR MARTINEZ Patricia	Hématologie ; transfusion
ASSENAT Éric	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
AVIGNON Antoine	Nutrition
AZRIA David	Cancérologie ; radiothérapie
BAGHDADLI Amaria	Pédopsychiatrie ; addictologie
BEREGI Jean-Paul	Radiologie et imagerie médicale
BLANC Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BORIE Frédéric	Chirurgie viscérale et digestive
BOULOT Pierre	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
CAMBONIE Gilles	Pédiatrie
CAMU William	Neurologie
CANOVAS François	Anatomie
CAPTIER Guillaume	Anatomie
CARTRON Guillaume	Hématologie ; transfusion
CAYLA Guillaume	Cardiologie
CHANQUES Gérard	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CORBEAU Pierre	Immunologie
COSTES Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
COULET Bertrand	Chirurgie orthopédique et traumatologique
CYTEVAL Catherine	Radiologie et imagerie médicale
DADURE Christophe	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DAUVILLIERS Yves	Physiologie
DE TAYRAC Renaud	Gynécologie-obstétrique, gynécologie médicale
DE VOS John	Histologie, embryologie et cytogénétique
DEMARIA Roland	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire





DEREURE Olivier	Dermatologie - vénéréologie
DROUPY Stéphane	Urologie
DUCROS Anne	Neurologie
DUPEYRON Arnaud	Médecine physique et de réadaptation
FESLER Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
GARREL Renaud	Oto-rhino-laryngologie
GENEVIEVE David	Génétique
HAYOT Maurice	Physiologie
KLOUCHE Kada	Médecine intensive-réanimation
KOENIG Michel	Génétique
LAFFONT Isabelle	Médecine physique et de réadaptation
LAVABRE-BERTRAND Thierry	Histologie, embryologie et cytogénétique
LAVIGNE Jean-Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LE MOING Vincent	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
LECLERCQ Florence	Cardiologie
LEHMANN Sylvain	Biochimie et biologie moléculaire
MARIANO-GOULART Denis	Biophysique et médecine nucléaire
MATECKI Stéfan	Physiologie
MEUNIER Laurent	Dermato-vénéréologie
MOREL Jacques	Rhumatologie
NAVARRO Francis	Chirurgie viscérale et digestive
NOCCA David	Chirurgie viscérale et digestive
PETIT Pierre	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PERNEY Pascal	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
PRUDHOMME Michel	Anatomie
PUJOL Jean Louis	Pneumologie ; addictologie
PURPER-OUAKIL Diane	Pédopsychiatrie ; addictologie



TOUITOU Isabelle

Génétique

TRAN Tu-Anh

Pédiatrie

VERNHET Hélène

Radiologie et imagerie médicale

**PU-PH de 2ème classe**

BOURDIN Arnaud

Pneumologie ; addictologie

CANAUD Ludovic

Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)

CAPDEVIELLE Delphine

Psychiatrie d'Adultes ; addictologie

CLARET Pierre-Géraud

Médecine d'urgence

COLOMBO Pierre-Emmanuel

Cancérologie ; radiothérapie

COSTALAT Vincent

Radiologie et imagerie médicale

CUVILLON Philippe

Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

DAIEN Vincent

Ophthalmologie

DORANDEU Anne

Médecine légale et droit de la santé

FAILLIE Jean-Luc

Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

FUCHS Florent

Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

GABELLE DELOUSTAL Audrey

Neurologie

GAUJOUX Viala Cécile

Rhumatologie

GODREUIL Sylvain

Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

GUILLAUME Sébastien

Psychiatrie d'adultes ; addictologie

GUILPAIN Philippe

Médecine Interne, gériatrie et biologie du vieillissement; addictologie

GUIU Boris

Radiologie et imagerie médicale

HERLIN Christian

Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brulologie

HOUEDE Nadine

Cancérologie ; radiothérapie

JACOT William

Cancérologie ; Radiothérapie

JUNG Boris

Médecine intensive-réanimation

KALFA Nicolas

Chirurgie infantile



KOUYOUMDJIAN Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique
LACHAUD Laurence	Parasitologie et mycologie
LALLEMANT Benjamin	Oto-rhino-laryngologie
LE QUINTREC DONNETTE Moglie	Néphrologie
LETOUZEY Vincent	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LONJON Nicolas	Neurochirurgie
LOPEZ CASTROMAN Jorge	Psychiatrie d'Adultes ; addictologie
LUKAS Cédric	Rhumatologie
MAURY Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
MILLET Ingrid	Radiologie et imagerie médicale
MORANNE Olivier	Néphrologie
MURA Thibault	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
NAGOT Nicolas	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
PANARO Fabrizio	Chirurgie viscérale et digestive
PARIS Françoise	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PASQUIE Jean-Luc	Cardiologie
PELLESTOR Franck	Histologie, embryologie et cytogénétique
PEREZ MARTIN Antonia	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
POUDEROUX Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
RIGAU Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
RIVIER François	Pédiatrie
ROGER Pascal	Anatomie et cytologie pathologiques
ROSSI Jean François	Hématologie ; transfusion
ROUBILLE François	Cardiologie
SEBBANE Mustapha	Médecine d'urgence
SIRVENT Nicolas	Pédiatrie
SOLASSOL Jérôme	Biologie cellulaire



STOEBNER Pierre	Dermato-vénéréologie
SULTAN Ariane	Nutrition
THOUVENOT Éric	Neurologie
THURET Rodolphe	Urologie
VENAIL Frédéric	Oto-rhino-laryngologie
VILLAIN Max	Ophthalmologie
VINCENT Denis	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
VINCENT Thierry	Immunologie
WOJTUSCISZYN Anne	Endocrinologie-diabétologie-nutrition

#### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

##### **1<sup>re</sup> classe :**

COLINGE Jacques (Cancérologie, Signalisation cellulaire et systèmes complexes)

##### **2<sup>ème</sup> classe :**

LAOUDJ CHENIVESSE Dalila (Biochimie et biologie moléculaire)

VISIER Laurent (Sociologie, démographie)

#### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES - Médecine générale**

##### **1<sup>re</sup> classe :**

LAMBERT Philippe

##### **2<sup>ème</sup> classe :**

AMOUYAL Michel

### **PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine Générale**

CLARY Bernard

DAVID Michel

GARCIA Marc

### **PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine**

BESSIS Didier (Dermato-vénéréologie)

MEUNIER Isabelle (Ophtalmologie)

MULLER Laurent (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

PERRIGAULT Pierre-François (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

QUANTIN Xavier (Pneumologie)

ROUBERTIE Agathe (Pédiatrie)

VIEL Eric (Soins palliatifs et traitement de la douleur)

### **Maîtres de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers**

#### **MCU-PH Hors classe**

BADIOU Stéphanie	Biochimie et biologie moléculaire
BOULLE Nathalie	Biologie cellulaire
CACHEUX-RATABOUL Valère	Génétique
CARRIERE Christian	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
CHARACHON Sylvie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
FABBRO-PERAY Pascale	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GIANSILY-BLAIZOT Muriel	Hématologie ; transfusion
HILLAIRES-BUYS Dominique	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PUJOL Joseph	Anatomie
RICHARD Bruno	Médecine palliative
RISPAIL Philippe	Parasitologie et mycologie
SEGONDY Michel	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

**MCU-PH de 1<sup>re</sup> classe**

BERTRAND Martin	Anatomie
BOUDOUSQ Vincent	Biophysique et médecine nucléaire
BOURGIER Céline	Cancérologie ; Radiothérapie
BRET Caroline	Hématologie biologique
COSSEE Mireille	Génétique
GIRARDET-BESSIS Anne	Biochimie et biologie moléculaire
LAVIGNE Géraldine	Hématologie ; transfusion
LESAGE François-Xavier	Médecine et Santé au Travail
MATHIEU Olivier	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MENJOT de CHAMPFLEUR Nicolas	Radiologie et imagerie médicale
MOUZAT Kévin	Biochimie et biologie moléculaire
OLIE Emilie	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
PANABIERES Catherine	Biologie cellulaire
PHILIBERT Pascal	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
RAVEL Christophe	Parasitologie et mycologie
SCHUSTER-BECK Iris	Physiologie
STERKERS Yvon	Parasitologie et mycologie
THEVENIN-RENE Céline	Immunologie
TUAILLON Edouard	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

**MCU-PH de 2<sup>ème</sup> classe**

CHIRIAC Anca	Immunologie
DE JONG Audrey	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DU THANH Aurélie	Dermato-vénérologie
GOUZI Farès	Physiologie



HERRERO Astrid

Chirurgie viscérale et digestive

JEZIORSKI Éric

Pédiatrie

KUSTER Nils

Biochimie et biologie moléculaire

MAKINSON Alain

Maladies infectieuses, Maladies tropicales

PANTEL Alix

Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

PERS Yves-Marie

Thérapeutique; addictologie

ROUBILLE Camille

Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ;  
addictologie

SZABLEWSKY

Anatomie et cytologie pathologiques

### Maîtres de Conférences des Universités - Médecine Générale

#### MCU-MG de 1<sup>re</sup> classe

COSTA David

#### MCU-MG de 2<sup>ème</sup> classe

FOLCO-LOGNOS Béatrice

OUDE ENGBERINK Agnès

### Maîtres de Conférences associés - Médecine Générale

LOPEZ Antonio

MILLION Elodie

PAVAGEAU Sylvain

REBOUL Marie-Catherine

SERAYET Philippe



### **Praticiens Hospitaliers Universitaires**

BARATEAU Lucie	Physiologie
BASTIDE Sophie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
DAIEN Claire	Rhumatologie
GATINOIS Vincent	Histologie, embryologie et cytogénétique
GOULABCHAND Radjiv	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
LATTUCA Benoit	Cardiologie
MIOT Stéphanie	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PINETON DE CHAMBRUN Guillaume	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
SOUCHE François-Régis	Chirurgie viscérale et digestive



## **REMERCIEMENTS**

*Aux membres de mon jury,*

**À Monsieur le président du jury, le Professeur Christophe DADURE,**

Vous me faites l'honneur de présider mon jury de thèse. Je vous remercie sincèrement de m'avoir accueilli et intégré au sein de l'équipe d'anesthésie pédiatrique. Merci pour votre soutien dans mes projets cliniques et expérimentaux, vous avez toujours été là pour me guider. Soyez assuré de mon admiration et de ma reconnaissance.

**À Monsieur le Professeur Xavier CAPDEVILA,**

Je vous remercie d'avoir accepté d'être membre de mon jury et de juger ce travail. Vous êtes un véritable modèle pour nous les internes d'anesthésie réanimation. Vous avez su nous accompagner tout au long de notre internat, nous défendre et être à notre écoute. Soyez assuré de mon plus profond respect.

**À Monsieur le Professeur Pierre François PERRIGAULT,**

Je vous remercie d'avoir accepté d'être membre de mon jury et de juger ce travail. Merci pour votre accueil dans votre service, en tant qu'interne et interne séniorisé. Il était important pour moi de vous avoir à mes côtés pour ce moment. Vous incarnez des valeurs humaines et professionnelles que je ne peux qu'admirer.

**À ma directrice de thèse, le Docteur Chrystelle SOLA,**

J'aurais juste envie de te dire un grand « MERCI » pour tout mais c'est trop simple. Je devrais écrire l'équivalent d'une thèse si je devais te remercier pour tout ce qu'on a partagé depuis que tu m'as pris sous ton aile en troisième semestre. J'étais jeune mais tellement motivé, tu as su me montrer la voie de la rigueur et du travail. C'est un honneur de faire ce clinat en te sachant à mes côtés. En espérant continuer de nombreuses années à partager des études cliniques, expérimentales, des présentations en congrès mais aussi des bières à tes côtés. En tout cas sache que de mon côté je serai toujours là pour te soutenir.

***À ceux qui ont participé à ce travail,***

**À Madame le Docteur Sophie BRINGUIER,** merci pour ton aide à la réalisation des statistiques et ta bonne humeur à chacune de nos réunions.

**À ma nouvelle équipe, l'anesthésie pédiatrique Montpelliéraine, Olivier, Philippe, Lucie, Laurent, Caroline, Andréa, Kevin, Gabrielle, Maud, Christine et Anne Charlotte.** Quelle chance de travailler dans cette équipe et de continuer d'apprendre à vos côtés.

**À mes co-internes,**

Tout d'abord ma promo la SFARMILLE, **Charlotte** la plus brillante, **Maxime** un vrai binôme, **Chris** celui qui m'a fait le plus galérer dans les plannings, **Kevin** premier semestre ensemble et finir dans la même équipe un réel plaisir. **Nico, Remy, Ben, Béber, Alex, Matou, Julie,** merci pour ces soirées, ces cours de DES, ces congrès et ces stages, tellement de souvenirs tous ensemble.

Aux internes qui ont partagé mes différents stages, **Kevin, Flora, Jean Marc, Manue, Hugues, Nico, Romain, Philippe, Nico, Karim, Mathieu, Jacques, Jules et les autres.**

A la team After Work, **Clément, Yassir, Severin, Geoffrey, et Benjamin,** merci pour toutes ces soirées, indispensables pour supporter notre « stress » professionnel.

***À ceux qui m'ont enseigné l'anesthésie réanimation,***

**L'équipe de la maternité de Montpellier, Jacques, Marie, Christine, Domi, et Tarik.** Merci pour votre gentillesse, ce sera toujours un plaisir pour moi de prendre des gardes dans ce service.

**L'équipe du bloc Lapeyronie,** si agréable que j'ai su dès le premier jour que j'y resterai, Merci à **Mr Choquet** un chef de bloc comme on les aime, aux MAR qui m'ont formé, **Christian, Philippe, Nathalie, Fabien, Jules, Maxime, Adrien, Jibril, Pablo, Mathieu, Caro et les autres.** Un grand Merci aux IADES aussi dont mes deux coups de cœur, **Sabine et Agnès.**

**L'équipe du bloc Gui de Chauliac, Francesca** une merveilleuse rencontre, et un magnifique français, **Mélanie et Habib** Merci pour le partage du bureau où j'ai écrit cette thèse, **Jean Clément, Jérôme, Julien, Adeline et les autres.**

**L'équipe de la réanimation du DAR B**, un de mes meilleurs stages, avec une équipe d'interne idéale et des chefs qui m'ont beaucoup appris pour la suite de ma formation.

**L'équipe de la réanimation chirurgicale de Nîmes**, tellement de souvenirs, merci à **Laurent, Claire, Jean Yves, Aurélien et Guillaume** pour ce semestre de folie, peut être le seul stage qui m'a fait douter de mon post-internat ...

**L'équipe du bloc Beusoleil**, mon premier semestre, mes débuts dans l'anesthésie tellement de bons moments, merci aux MAR et aux IADES.

*À ceux qui m'ont fait découvrir l'univers des Sapeurs-Pompiers,*

**L'école des Jeunes Sapeurs-Pompiers de Montpellier, dirigée par le Lieutenant Galibert**, merci pour toutes ces années de formation dans mon enfance qui font le médecin que je suis aujourd'hui.

**L'équipe C Montaubérou**, plus de 10ans dans votre équipe, vous avez suivi mon parcours depuis le début, je suis fier aujourd'hui d'être médecin pompier dans l'équipe.

**Au Colonel Tur**, médecin chef du SSSM34, merci pour ta confiance.

Aux différents médecins pompiers qui m'ont beaucoup appris en intervention,

**Christian, Pablo, Laurent C, Laurent S, Thierry, Stéphane, Bertrand et les autres.**

*À ceux qui m'ont fait découvrir la recherche expérimentale,*

**Vivien**, un véritable passionné, un plaisir de faire de la science à tes côtés, **Julie**, merci pour l'accueil dans ton équipe à l'IGF, **Nathalie, Yan, Enora, Sophie, Julie et les autres**, merci pour cette année de Master 2 à vos côtés, les manips, les labmeeting et les parties de badminton le midi, tellement de souvenirs.

***À mes amis d'enfance, les meilleurs !***

**Jérémy, Prissou, Kevin, Casa, Marvin, les Bourdon, les Degremont, les Petretti, Fanny et Nénette.** Merci d'être toujours là depuis toujours pour certains et tellement d'années pour d'autres, ce groupe d'amis est une véritable famille. Aujourd'hui je suis fier de conclure mes études de médecine devant vous, et j'ai hâte que nous fêtions ça tous ensemble comme nous savons si bien le faire. Je vous aime les copains.

***À mes amis de l'externat Nîmois,***

**Vincent et Alex,** nos amis, nos voisins, nos compagnons de voyage, tellement de partage tous les quatre ces dernières années que je ne savais pas où vous placer dans mes remerciements entre mes amis et ma famille.

**Annick,** merci pour cette amitié depuis tant d'années, ce partage en D4 qui nous a permis de réussir, ta rigueur n'y est pas pour rien, **Yoyo** mon dentiste gitan, même si tu as acheté une voiture de Jacky je te kiff, **Louis** normalement je ne t'aurais pas encore rencontré mais sache que tu commences mal dans la vie en empêchant ta mère de faire la fête à ma thèse ...

**Hedi,** mon témoin de mariage, mon ami, tellement de souvenirs ensemble, en espérant que ça continue toute notre vie, **Marie,** « ma biche », surveille le Tunisien stp.

**Arthur,** « un génie » d'après tes chefs mais la nuit tombée tu te transformes en virus et c'est ce personnage que je kiff, je t'aime mon ami, **Maeva,** « mon chaton », un sourire magnifique, des soirées de malade, à continuer sans modération.

**Amaury,** mon témoin de mariage, une amitié incassable malgré la distance, en espérant vous retrouver dans le Sud rapidement **Marine,** mon mini déchet de soirée médecine, alala ces manades que des bons souvenirs maintenant maman du petit **Raphael,** nous grandissons mais on aime toujours autant les moments passés tous ensemble.

**Nico et Maud,** mon couple modèle, beau, jeune, sportif, artisan, bobo, écolo bref vous avez tout pour vous, sauf peut-être l'organisation de mon petit Nico mais je n'en dirais pas plus, je vous aime, hâte de voir un mini vous.

**Anabelle, Thibault et Henri,** une jolie famille, un plaisir de passer des moments à vos côtés.

**La famille Huguet**, une amitié depuis de nombreuses années et beaucoup de moments partagés.

**Joris et Laure**, les Nîmois les vrais, un plaisir de vous avoir auprès de nous depuis tant d'année.

**Simon**, le plus beau, le plus fou, je te kiff

**La famille Talles**, une jolie famille Nîmoise

### ***À mes amis Montpelliérains***

**La famille Goury**, nos voisins, nos amis, une famille Madrilène tellement accueillante.

**La famille Castanié**, nous avons hâte de vous retrouver au retour de la Nouvelle Calédonie.

**Les Aldebert**, nous espérons rester encore voisins quelques années, et partager de nombreux voyages et randonnées avec vous.

**La famille Dagod**, nos enfants du même âge nous ont rapproché, un plaisir de partager des moments avec vous.

**Nico, Claire, Léopold et Baptiste**, un voyage à New York comme rencontre il y a pire ... Merci pour tous ces moments partagés.

**Nadine**, une si belle rencontre

**Max et Margot**, un plaisir de partager des moments avec vous

**Timothée Charlotte et Léa**, une belle famille, on se retrouvera bientôt chez la nounou.

**Chris et Marine**, merci pour les soirées ensemble, et nous avons hâte de voir votre famille s'agrandir.

**Tutu**, une amitié depuis le Lycée, même si on se voit peu tu sais que tu peux compter sur moi.

**Julien et la mère Davin**, les meilleurs, hâte de reprogrammer un festival avec vous

### ***À mes amis Parisiens***

**Alice Daoud et Lucile**, merci pour votre présence, en 2020 on retiendra le COVID, mais surtout la soirée d'anniversaire de David à Paris et notre journée Bateau ...

***Aux amis de mes parents,***

**Guy, Domi, Alain, Sophie, Cécilia, Alain, Céline, Olivier, Nathalie et Laurent.**

Merci pour votre présence dans tous les moments importants de notre vie et votre soutien dans mon parcours.

***À ma famille,***

**À mes oncles tantes, cousins et cousines,** je ne peux pas citer tout le monde tellement notre famille est grande, mais les intéressés se reconnaîtront.

**À mes grands-mères et Mamé,** je suis tellement fier de soutenir ma thèse aujourd'hui devant vous.

**À Ninou,** tu es partie trop tôt, j'aurais été tellement fier de soutenir cette thèse devant toi, tu resteras pour moi un modèle de courage, le cancer a fini par gagner mais tu l'auras embêté tellement d'années. Repose en paix ma Ninou.

**À Claire,** ma petite belle-sœur, la plus intelligente, Docteur avant moi, merci pour ton aide dans la relecture de cette thèse.

**À Clément Émilie Timothé et Camille,**

**À Sylvain, Anne Charlotte, Chloé et Lou,**

Merci pour votre soutien toutes ces années et de former de si belles familles.

**À mes beaux-parents, Alain,** pour votre générosité et votre sens de la famille,  
**Geneu,** pour votre amour et l'énergie que vous transmettez à nos enfants.

### **À ma sœur, Lucie,**

12ans nous séparent, je n'ai pas beaucoup été présent avec mes études de médecine et mon départ de la maison à 19ans. Mais aujourd'hui tu es une jeune femme épanouie, je suis fier de toi et de ton parcours, dans un rêve lointain je t'aurais imaginée dans quelques années soutenir une thèse comme moi mais ce n'était pas ta voie et tu as eu raison de ne pas te lancer. Je serai toujours là pour toi, je t'aime.

### **À mon frère, Richard,**

Des souvenirs d'enfance plein la tête, nos bagarres, ton pouce dans la porte... Quelques années plus tard nos soirées ensemble, témoin de mon mariage, un super tonton. Tu peux aussi être fier de ton parcours, aujourd'hui tu as acquis rapidement un poste à responsabilité. Je pense que ce n'est que le début, tu es pour moi quelqu'un de très intelligent qui va gravir tous les échelons. Aujourd'hui tu es en couple, j'espère que tu as trouvé la femme de ta vie, en tous cas Séverine, Victoria t'a validée !

### **À mes parents,**

Merci de m'avoir donné la chance de réussir ces études de médecine. Votre soutien a toujours été présent, je pense que ce concours de la première année de médecine vous a plus fait stresser que moi mais on l'a réussi ensemble.

Je suis fier aujourd'hui d'être le médecin que je suis, et c'est en partie grâce à vous.

Merci de vous occuper si bien de notre princesse, c'est grâce à vous que nous pouvons enchaîner les gardes en sachant que notre fille est entre de bonnes mains.

Aujourd'hui je sais que nous allons pleurer mais ce sera de la joie et de la fierté de prêter serment devant vous. Je vous aime.

### **À ma fille, Victoria,**

Ma princesse, mon rayon de soleil. Je te remercie d'être si parfaite. Aujourd'hui tu as bientôt 4ans, et j'espère que tu garderas des souvenirs de ce moment.

## **À ma femme, Marie**

Finir ces remerciements par toi était une évidence mon amour.

Ces années d'études et cette thèse, nous les avons faites ensemble, tu es mon équilibre, la personne qui arrive à me motiver et me soutenir dans toutes les situations. Si aujourd'hui j'ai réussi ce parcours c'est grâce à toi.

Ensemble depuis 12ans, cinq années de mariage, une magnifique petite fille et encore plein de projets à venir, merci pour cette vie de rêve.

Je sais que tu vas pleurer du début à la fin de cette soutenance donc je vais essayer de ne pas te regarder pour rester concentré, je suis tellement fier de soutenir cette thèse devant vous deux.

Notre histoire c'est pour la vie, rien ne pourra briser notre famille, et je sais que tu seras toujours là pour me guider et m'aider à prendre les bonnes décisions dans ma vie professionnelle.

Je t'aime



**Enhanced recovery after surgery  
(ERAS)  
for adolescent idiopathic scoliosis:  
a Before/After cohort study**

# **SOMMAIRE**

<b>Liste des Abréviations .....</b>	<b>26</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>27</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>28</b>
<b>Methods .....</b>	<b>30</b>
- Study Design	
- New Protocol (ERAS)	
- Statistical Analysis	
<b>Results .....</b>	<b>34</b>
- Demographic Data	
- Primary outcome	
- Intraoperative management	
- Postoperative pain management	
- Secondary outcomes	
- Follow up data	
<b>Discussion .....</b>	<b>43</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>
<b>Bibliography .....</b>	<b>47</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>51</b>

## Liste des Abréviations

**ERAS** Enhanced recovery after surgery  
**AIS** Adolescent idiopathic scoliosis  
**PSF** Posterior spinal fusion  
**LOS** Length of stay  
**CNIL** National Committee on Informatics and Liberty  
**PCA** Patient controlled analgesia  
**POD** Postoperative day  
**PACU** Post-anesthesia care unit  
**ICU** Intensive care unit  
**BIS** Bispectral index  
**PONV** Postoperative nausea and vomiting  
**NSAIDs** Non-steroidal anti-inflammatory drugs  
**BMI** Body mass index  
**EPO** Erythropoietin  
**Hb** Hemoglobin  
**IV** Intravenous

# **ABSTRACT**

## **INTRODUCTION**

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) surgery is a major pediatric procedure requiring multidisciplinary management. Enhanced recovery after surgery (ERAS) programs have been developed to minimize the consequences of surgical stress, to optimize pain control and to promote the early recovery of the patient's autonomy. Such programs have largely proved their benefits in adults. In pediatrics, it is still poorly developed and evaluated. The main objective of this Before/After study was to implement an ERAS program after spine surgery and to evaluate its impact on the length of hospital stay and postoperative recovery after surgery for Adolescent Idiopathic Scoliosis.

## **METHODS**

After validation by medical and paramedical teams, the ERAS protocol was applied to all adolescents undergoing a posterior spinal fusion (PSF). In association with the implementation of protocolized multimodal measures for early rehabilitation, the program included an intrathecal injection of morphine before surgical skin incision. Postoperative multimodal analgesia included two epidural catheters inserted at the end of the surgery to cover both the thoracic and lumbar areas. After approval by the local ethics committee and declaration to the CNIL, retrospective data from 73 adolescents undergoing a PSF surgery for AIS between January 2015 and January 2017 (Before ERAS) were compared with those of patients benefiting from the ERAS program since April 2018 (After ERAS). Patients undergoing a PSF surgery to correct neuromuscular scoliosis were not included in the analysis. After a descriptive analysis, two comparable populations (Before and After ERAS groups) were defined using a propensity score. The main outcome was the length of hospitalization. Time to first solid food intake, time to first ambulation, time to bowel movement and time for Foley catheter removal were also analyzed.

## **RESULTS**

Over the study period, 65 PSF surgeries benefited from the ERAS protocol, 35 of which were for AIS (30 neuromuscular scoliosis surgeries were not analyzed). After application of a propensity score, 32 patients per group were selected for the final analysis. The demographic and surgical characteristics of the Before and After ERAS groups were comparable. Implementation of the ERAS program was associated with a significant 25% reduction in the mean length of stay ( $8.97 \pm 1.38$  days before ERAS vs  $6.64 \pm 0.93$  days after ERAS;  $p < 0.01$ ). All other criteria analyzed, illustrating the early recovery of the patient's autonomy, were significantly reduced in the After ERAS group.

## **CONCLUSION**

These results confirm the expected benefits of an ERAS program in PSF surgery for AIS with a significant impact on postoperative rehabilitation and length of stay. Patient adherence and the involvement of all caregivers are essential to the success of such a program.

**KEYWORDS** Enhanced recovery after surgery, Adolescent idiopathic scoliosis, Posterior spinal fusion, Multimodal analgesia, pediatric surgery.

## INTRODUCTION

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a lateral curvature and rotational deformity of the spine, defined by a radiographic Cobb angle higher than 10° (1-2). The etiology of this disorder remains unknown. The current pathophysiology of such a disease involves a multifactorial process, including altered melatonin synthesis, connective tissue disorder, skeletal muscle abnormalities, contractile protein dysfunction or a neural mechanism problem. Curves below 10° are considered to be a variation of the norm as they have low potential for progression (3). Adolescent idiopathic scoliosis must be differentiated from "functional scoliosis" or "scoliotic attitude", which is a spinal curvature secondary to known extra-spinal causes. It is usually partially reduced or completely disappears after the underlying cause has been eliminated (4).

Scoliosis is idiopathic in about 80% of cases. The remaining 20% of cases are congenital or secondary to neuromuscular diseases (5). Current data show an overall prevalence of AIS of 0.47 to 5.2% (2,6) and an incidence of approximately 3% in France (7). Adolescent scoliosis accounts for approximately 90% of idiopathic scoliosis cases in pediatrics (2,3) and appears around the age of 10. Regular follow-up, done every six months, is recommended to assess the progress of the deformity. The severity and progression of scoliosis are usually more important in girls (2) than in boys, with a more frequent need for orthopedic management (8,9). Approximately 10% of diagnosed cases are initially controlled by orthopedic conservative treatment (corset worn 12 to 24 hours a day), an undertaken option for moderate curvatures of 15-20°. Approximately 0.1 to 0.3% of these require a surgical treatment (5) after failure of an orthopedic treatment, based on evolutionary criteria (Risser criteria) and when the curvature progresses beyond 35-45° depending on the thoracic or lumbar location of the curvature.

The main objective of the surgical treatment is to obtain a three-dimensional correction and to fuse the spinal segment with a bone graft to prevent the curve progression. The technique used in our center is a classical Posterior Spinal Fusion (PSF).

Spinal surgical procedures are associated with a high level of pain, a slow return of function and an extended hospital stay among other complications which can reach a rate up to 5%. The most common complications for posterior instrumentation and fusion included infection (1.35%), pulmonary complications excluding pulmonary embolism (0.95%) and neurological injuries (0.32%) (10). AIS surgery can also lead to perioperative complications, less described in literature, including postoperative acute pain, opioid related side effects and delay in mobilization. This can result in significant patient morbidity with a potential extended hospitalization and delayed functional recovery at home (11). Recent data suggest that the average length of stay (LOS) for a patient undergoing PSF for AIS is 5 to 6 days (12-14).

Initially described to expedite recovery and to decrease the length of stay, **Enhanced recovery after surgery (ERAS)** has since evolved to focus on optimizing the perioperative experience of surgical patients. The current definition should include a multidisciplinary and multimodal approach to improve surgical outcomes by using subspecialty and procedure-specific evidence-based protocols in the care of surgical patients. In adults, ERAS programs were introduced in 1997 by Henrik Kehlet (15,16). As the earliest discipline to implement ERAS, colorectal surgery offers a substantial

body of literature supporting its benefits. To date, ERAS has been implemented in various surgical specialties with an extensive rise in the number of publications over the last few years. A progressive increase in the level of evidence from studies on the subject reports a decrease in postoperative complications, a reduction of the LOS, an improvement of patient satisfaction and a significant cost reduction (17-19). In light of the apparent success of ERAS programs in other surgical disciplines, such programs are currently more and more implemented for spine surgery. However, it still remains poorly developed and evaluated in the pediatric population (20).

The purpose of this Before/After study was to implement an ERAS program after spine surgery and to evaluate its impact on the LOS and postoperative recovery in surgery for adolescent idiopathic scoliosis.

## **METHODS**

After a two-year period of observation and analysis of every aspect of cares delivered to patients undergoing a PSF in our pediatric center, a multidisciplinary reflection was initiated in order to develop and implement an ERAS protocol after scoliosis surgery.

### **Study Design**

#### ***Ethics***

This study received the agreement of the Institutional Review Board (2018\_IRB-MTP\_10-03) and was recorded in the ClinicalTrials.gov database (NCT04012528). Data collection was carried out in accordance to the current legal national framework of the French National Committee on Informatics and Liberty (CNIL).

#### ***Population***

The study consisted of two periods. The “Before ERAS” group was a retrospective chart review including pediatric patients who benefited from PSF between January 2015 and January 2017. The “After ERAS” group was defined after the implementation of the ERAS Protocol from April 2018. Data were then collected as part of the IRB-approved prospective study. For this second period, consents of parents and patients were collected before inclusion and after a detailed information on the new ERAS protocol. Data of all pediatric patients undergoing surgical scoliosis correction during the two periods of the study were collected.

#### ***Collected data***

Demographic data included age, sex, weight, height, degree of scoliosis and number of instrumented vertebral levels. Intraoperative data included peri operative analgesic modalities used, estimated blood loss, perioperative blood transfusion requirements and duration of surgery. Postoperative data included the total dose of intravenous (IV) morphine consumed (data available only in the “After ERAS” group), the duration of effective morphine patient controlled analgesia (PCA) placement, the resumption of feeding and transit, the first mobilization, the presence of vomiting within the first 24 hours and the length of hospital stay (LOS). Pain scores before and after the procedure were assessed using a visual analog scale (scored from 0 to 10).

The duration of surgery was defined, based on anesthesia records, from the incision to the bandage finalization. The LOS was defined from the day of the surgery (postoperative day - POD 0) until hospital discharge. Complications were determined on the basis of surgical reports and included any redo-surgery for septic or mechanical reasons or re-hospitalization directly related to the scoliosis surgery. From surgical follow-up performed at one month, three months and one year after surgery, collected data included the resumption of a physical activity, the presence of post-operative pain and the occurrence any complication.

#### ***Objectives***

The main purpose of this study was to evaluate the LOS following the implementation of an ERAS program after PSF surgery for AIS.

Secondary outcomes included postoperative pain, complications and optimal functional recovery, assessed on the return to a regular diet, the beginning of an oral analgesia regimen, the first stool passage, the first ambulation and the Foley catheter removal.

## **New Protocol (ERAS)**

### ***Preoperative management***

The patient and his family were informed of the ERAS protocol during the anesthesia consultation in the month preceding surgery.

A blood saving strategy with preoperative erythropoietin preparation, associated with oral iron supplementation, were prescribed based on the preoperative hemoglobin level.

Pharmacological premedication was prescribed at the anesthetist's discretion before the transfer to operating room, including midazolam and/or hydroxyzine and/or gabapentin.

### ***Intraoperative management***

The intraoperative anesthetic management was standardized.

After standard monitoring, intravenous induction was conducted using 2 to 3 mg/kg propofol, 1 µg/kg remifentanyl infused over 2 min and 0.15mg/kg ketamine, followed by endotracheal intubation. Intrathecal morphine injection (3 to 5 µg/kg - maximum dose 300 µg) was performed prior to incision in the absence of contraindication or patient refusal. The maintenance of anesthesia was performed intravenously and was monitored by a bispectral index (BIS). Hemodynamic stability was monitored by transesophageal doppler coupled with invasive arterial pressure measurement (CardioQ® ODM+).

Multimodal analgesia, with a morphine sparing intent, also included the use of intravenous lidocaine, ketamine, dexmedetomidine and magnesium sulfate (30-40 mg/kg)

Both cell salvage and tranexamic acid infusion were used as part of perioperative blood saving strategy.

Somatosensory and motor-evoked potentials were monitored in all patients during the surgery with a real-time assessment by a clinical neurophysiologist trained and experienced in electrophysiological changes.

The prevention of postoperative nausea and vomiting (PONV) was also standardized, including the intraoperative administration of 0.15 mg/kg IV dexamethasone (maximum 8 mg).

Before skin closure, the surgeon placed two epidural catheters in the thoracic and lumbar areas.

The patient was extubated and monitored in the post-anesthesia care unit (PACU) before transfer to the intensive care unit (ICU).

### ***Postoperative management***

The pain management protocol included a multimodal regimen associating systemic and regional analgesia:



- A systematic administration of paracetamol and non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) with the use of the oral route as soon as oral intake was tolerated
- A continuous infusion of ketamine and nefopam for 24 to 48 hours
- The use of a morphine patient-controlled analgesia (PCA) with rotation to oral opioid administration (Actiskenan®, Laboratories BRISTOL-MYERS SQUIBB) at H48
- The maintenance of double epidural catheters until the fourth post-operative day
- An anxiolytic treatment with bromazepam and/or hydroxyzine as needed

Patients were encouraged to start a regular diet as soon as they returned to their rooms after transfer from the PACU. Patients received IV ondansetron (0.1 mg/kg, maximum 4 mg, every 8 hours), regularly for the first 24 hours after surgery and then as needed if nausea and/or vomiting persisted.

The resumption of transit was stimulated by a laxative treatment combined with a high-fiber diet.

The physical therapy was started on the first post-operative day. The aim was an early verticalization at the first or second postoperative day.

The Foley catheter was removed at H48 postoperatively and the surgical drain, if present, at H72.

## **Statistical Analysis**

Patients who underwent PSF for neuromuscular scoliosis were not included in the following analysis.

The number of subjects required was calculated based on the main outcome defined by the length of stay. Prior to the implementation of the ERAS protocol, the length of hospitalization was 9 days (+/-3). We estimated that after the implementation of the new protocol, a reduction in the length of hospitalization to 7 days (+/-3) would be clinically significant.

With a risk  $\alpha$  of 5% and a power at 90%, 48 patients in each group would be needed. We chose to increase the number of subjects to 75 patients per group.

Qualitative variables were presented in numbers and percentages and quantitative variables in means (standard deviation) or medians (quartiles). The normality of the distribution was studied for each of the quantitative variables.

After a descriptive global analysis, patients were propensity matched into two equal and similar groups to reduce the potential bias of this non-randomized controlled trial. A multinomial logistic regression on the global population evaluated significant covariates that should be included in the propensity score estimation model. Finally, weight, BMI, thoracic scoliosis degree, Erythropoietin (EPO) protocol, preoperative hemoglobin, preoperative pain and preoperative gabapentine were matched in the propensity score analysis. The selection process was done without replacement, subjects were not returned to the sample after being matched. The maximum allowable difference between propensity scores, the caliper, was equal to 0.1.

After a propensity score, data of the two groups were analyzed by the paired student or Wilcoxon tests for quantitative data and the Mac Nemar test for qualitative data.

The evolution of the parameters measured over time was studied and analyzed using mixed models on repeated measures taking, as a fixed effect, the group and the reference variable. The slope and the intercept were tested, as well as the group \* time

interactions. Model selection was made to minimize the BIC. *P* values below 0.05 were considered statistically significant. The statistical analysis was carried out in collaboration with the medical information service of Montpellier using SAS software, SAS Institute.

# RESULTS

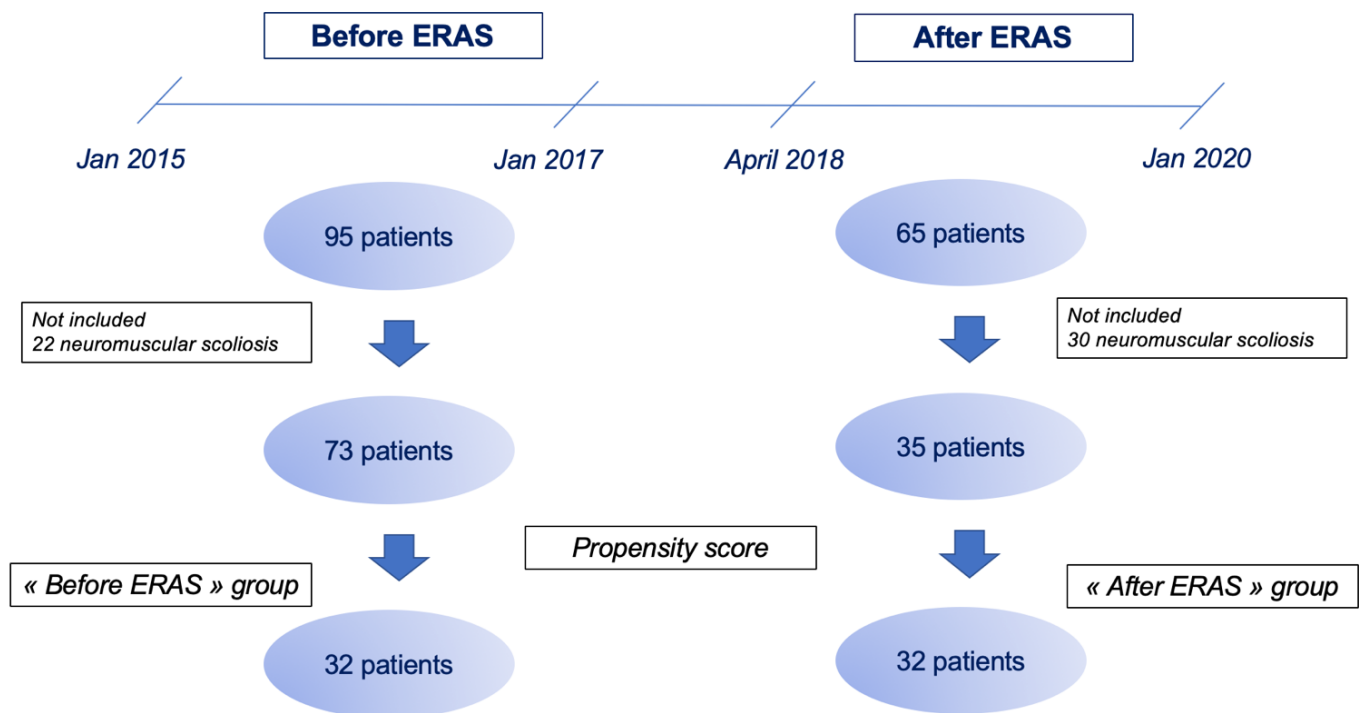
## Demographic Data

During the "Before ERAS" period (January 2015 to January 2017), 95 patients benefited from a scoliosis surgery, including 73 who underwent a PSF for idiopathic scoliosis. During the "After ERAS" period (April 2018 to January 2020), 65 patients benefited from the ERAS protocol. Patients who underwent PSF for neuromuscular scoliosis (n=30) were not included in the present analysis (Figure 1).

Demographic data were similar for the two groups, except for body mass index and preoperative gabapentin use (Table 1).

After a propensity match, 32 patients of each group were analyzed (Table 2).

**Figure 1: Flow chart**



**Table 1: Patient demographic characteristics**

<b>ERAS protocol</b>	<b>Before (n=73)</b>	<b>After (n=35)</b>	<b>pValue</b>
<b>Age (y)</b>	15.1 ± 1.9	15.1 ± 1.9	0.86
<b>Female ratio</b>	58 (79)	24 (69)	0.22
<b>BMI (kg/m2)</b>	19.7 ± 3.7	21.1 ± 3.8	0.02
<b>Nb levels fused</b>	10.5 ± 1.8	10.5 ± 3.1	0.34
<b>Thoracic curve (degrees)</b>	54.4 ± 12.3	60.6 ± 18.4	0.02
<b>Lumbar curve (degrees)</b>	43.7 ± 10.6	46.5 ± 22.6	0.59
<b>Reference hemoglobin</b>	13.7 ± 1.1	13.8 ± 1.1	0.60
<b>EPO protocol</b>	44 (60.3)	19 (54)	0.22
<b>Preoperative hemoglobin</b>	14.4 ± 1.2	14.5 ± 1.1	0.70
<b>Preoperative gabapentin</b>	63 (84)	20 (57)	0.001
<b>Preoperative pain</b>	27 (37)	14 (46)	0.36

Values are reported as mean ± SD, total number (%), ratio female (%)  
*p* values <0.05 are considered significant

**Table 2: Patient demographic characteristics after propensity score**

<b>ERAS protocol</b>	<b>Before (n=32)</b>	<b>After (n=32)</b>	<b>pValue</b>
<b>Age (y)</b>	15.1 ± 1.9	15.1 ± 1.9	0.86
<b>Female ratio</b>	26 (81)	22 (69)	0.25
<b>BMI (kg/m2)</b>	19.7 ± 3.7	21.1 ± 3.8	0.02
<b>Nb levels fused</b>	10.5 ± 1.8	10.5 ± 3.1	0.34
<b>Thoracic curve (degrees)</b>	56.9 ± 13.3	60.3 ± 18.9	0.28
<b>Lumbar curve (degrees)</b>	47.1 ± 8.1	47.7 ± 20.4	0.90
<b>Reference hemoglobin</b>	13.5 ± 1.1	13.8 ± 1.1	0.29
<b>EPO protocol</b>	20 (63)	18 (56)	0.61
<b>Preoperative hemoglobin</b>	14.3 ± 1.3	14.6 ± 1.1	0.43
<b>Preoperative gabapentin</b>	27 (84)	19 (59)	0.03
<b>Preoperative pain</b>	15 (47)	11 (41)	0.64

Values are reported as mean ± SD, total number (%), ratio female (%)  
*p* values <0.05 are considered significant

## Primary outcome

The analysis of the primary outcome showed a significant decrease in the mean length of stay in the “After ERAS” group. This decrease was of  $1.13 \pm 1.48$  days (95% CI, 0.65 – 1.35;  $p < 0.001$ ) for intensive care hospitalization and of  $2.10 \pm 1.60$  days (95% CI, 1.65 – 2.35;  $p < 0.001$ ) for total hospitalization.

## Intraoperative management

After the implementation of ERAS, 94% of patients benefited from an intrathecal morphine administration. The average dose of morphine administered was  $3.39 \pm 1.29$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ . In addition, intravenous ketamine was reported in 100% of patients and intravenous lidocaine in 63% of them (22 of 32 patients). For all patients, in both groups, a cell saver processing and a tranexamic acid infusion were used.

In comparison to the “Before ERAS” group, an average decrease in the bleeding rate of  $722 \pm 1450$  ml (95% CI, 194 – 1250) was found in the “After ERAS” group ( $p = 0.012$ ).

No patient in the “After ERAS” group was transfused compared to 28% of patients in the “before ERAS” group (9 of 32 patients) ( $p < 0.001$ ) (Table 3).

The duration of surgery was longer in the “After ERAS” group with a difference of  $+ 1.66 \pm 1.81$  hours (95% CI, 0.654 – 1.35;  $p < 0.001$ ).

**Table 3: Intraoperative data**

<b>ERAS protocol</b>	<b>Before (n=32)</b>	<b>After (n=32)</b>	<b>pValue</b>
<b>Blood loss (mL) (mean <math>\pm</math> SD)</b>	1401 $\pm$ 1367	669 $\pm$ 530	<b>0.01</b>
<b>Patients transfused</b>	9 (28)	0 (0)	<b>0.001</b>
<b>Intrathecal morphine</b>	0 (0)	30 (94)	<b>0.001</b>
<b>Fibrinogen</b>	10 (31)	3 (9)	<b>0.03</b>
<b>Number of levels fused</b>	10 $\pm$ 2	10.5 $\pm$ 3	0.26
<b>Duration of surgery (hours) (mean <math>\pm</math> SD)</b>	4.3 $\pm$ 0.9	5.9 $\pm$ 1.4	<b>0.01</b>

*Values are reported as mean  $\pm$  SD, total number (%)  
p values  $< 0.05$  are considered significant*

## Postoperative pain management

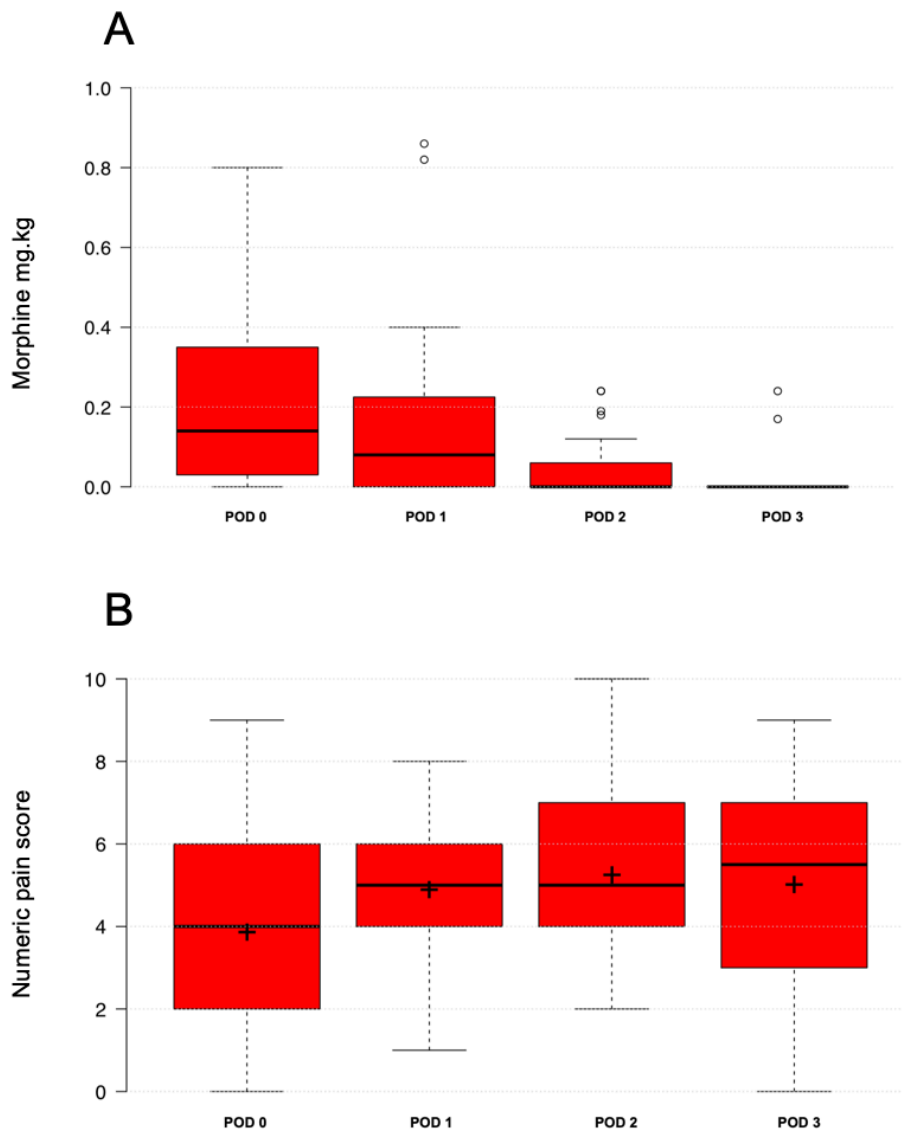
The duration of morphine PCA was significantly decreased by  $2.5 \pm 2.08$  days (95% CI, 1.28 – 2.72;  $p < 0.001$ ) in the “After ERAS” group.

After ERAS implementation, the mean total dose of IV morphine was 0.41 ( $\pm 0.44$ ) mg/kg during hospitalization. Intravenous morphine consumption and mean pain scores in the “After ERAS” group are detailed in the Figure 2.

**Figure 2: Intravenous morphine consumption and mean pain scores in the “After ERAS” group in postoperative days (POD).**

A: Intravenous morphine consumption in mg/kg

B: Mean daily pain scores on a numeric pain score



We noticed a decrease in the use of intravenous ketamine in the ICU of  $1.955 \pm 2.06$  days (95% CI, 0.164 – 1.84;  $p < 0.001$ ) after ERAS protocol implementation. There was no significant difference on the analgesics ordered at discharge from the ICU between the two groups, except for ketoprofen which was more frequently prescribed in the “After ERAS” group (Table 4).

**Table 4: Comparison of analgesics at the ICU exit between Before/After ERAS protocol.**

<b>ERAS protocol</b>	<b>Before(n=32)</b>	<b>After (n=32)</b>	<b>pValue</b>
<b>Paracetamol</b>	32 (100)	32 (100)	
<b>Ketoprofen</b>	11 (34)	26 (81)	<b>0.001</b>
<b>Morphine Oral</b>	12 (38)	19 (59)	0.08
<b>Nefopam</b>	16 (50)	10 (31)	0.13
<b>Tramadol</b>	13 (41)	12 (38)	0.79
<b>Nalbuphine</b>	1 (3)	0 (0)	1
<b>PCA Morphine</b>	3 (9)	0 (0)	0.24

*Values are reported as total number (%)  
p values <0.05 are considered significant*

There was no significant difference in the duration of epidural catheter use. Variations of  $-0.53 \pm 2.66$  days (95% CI, -0.693 – 0.693;  $p$  0.268) on the thoracic catheter use and  $-0.39 \pm 2.31$  days (95% CI, -0.704 – 0.704;  $p$  0.357) on the lumbar catheter use were observed in the “After ERAS” group compared to the “Before ERAS” group.

### **Secondary outcomes**

In the “After ERAS” group, we reported a decrease in the duration of a return to an optimal functional autonomy: the time before the first solid food intake was significantly shorter ( $-0.69 \pm 0.90$  days (95% CI, 0.378 – 0.998);  $p < 0.001$ ), as well as the time to rotation from IV to oral opioid administration ( $-2.5 \pm 2.08$  days (95% CI, 1.28 – 2.72),  $p < 0.001$ ), the time to the first ambulation ( $-1.72 \pm 1.69$  days (95% CI, 0.654 – 1.35)  $p < 0.001$ ) and the time to the Foley catheter removal ( $-2.55 \pm 1.27$  days (95% CI, 1.64 – 2.36);  $p < 0.001$ ). The time for the resumption of transit was not different between the two studied groups ( $-0.72 \pm 2.02$  days (95% CI, -0.728 – 0.728);  $p = 0.06$ ). (Table 5 et Figure 3).

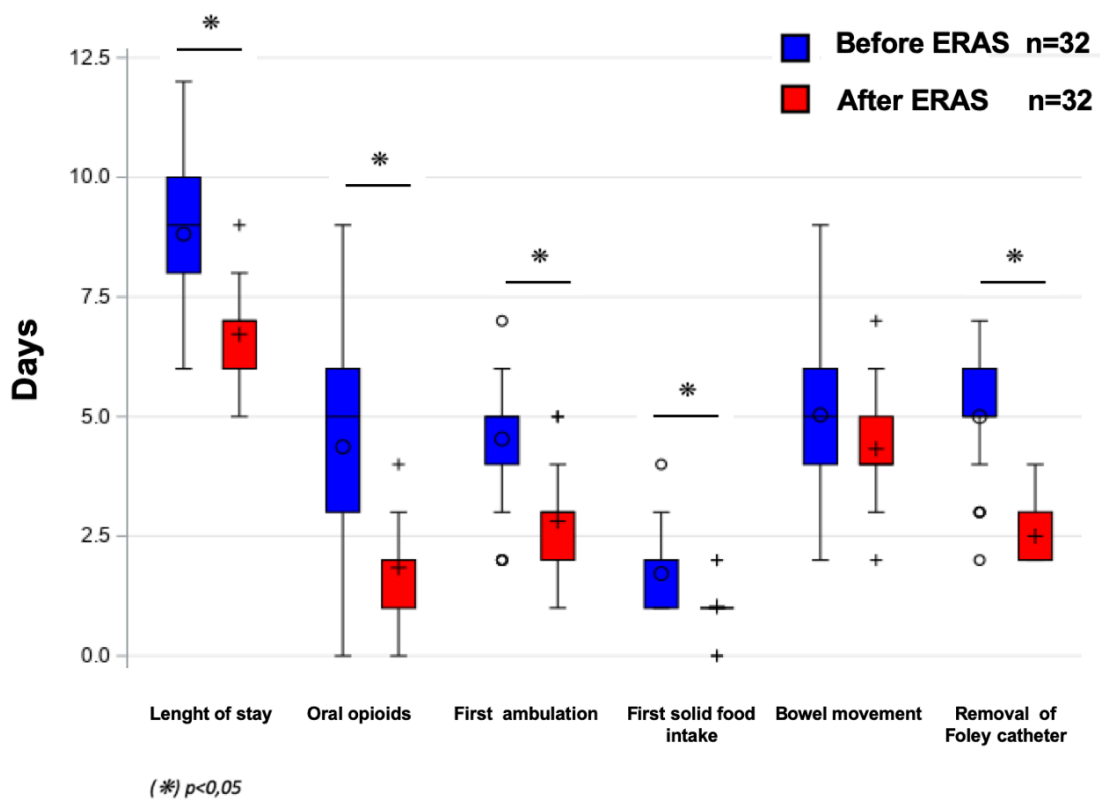
**Table 5: Postoperative data in days**

<b>ERAS protocol</b>	<b>Before(n=32)</b>	<b>After (n=32)</b>	<b>pValue</b>
<b>Length of stay</b>	8.81(±1.35)	6.72(±0.81)	<b>&lt; 0.01</b>
<b>Length of ICU stay</b>	5.91(±1.47)	4.78(±0.91)	<b>&lt; 0.01</b>
<b>PCA duration</b>	4.37(±2.01)	1.84(±0.95)	<b>&lt; 0.01</b>
<b>EA duration</b>	3.72(±1.69)	3.32(±1.11)	<b>0.04</b>
<b>Intravenous ketamine duration</b>	3.18(±2.11)	1.44(±1.01)	<b>&lt; 0.01</b>
<b>Time to first solid food intake</b>	1.72(±0.73)	1.03(±0.40)	<b>&lt; 0.01</b>
<b>Time to first ambulation</b>	4.53(±1.24)	2.81(±1.12)	<b>&lt; 0.01</b>
<b>Time to bowel movement</b>	5.03(±1.40)	4.32(±1.08)	<b>0.03</b>
<b>Time to Foley catheter removal</b>	5.00(±1.20)	2.50(±0.67)	<b>&lt; 0.01</b>

*Values are reported as mean ± SD  
p values <0.05 are considered significant*



**Figure 3: Before/After ERAS protocol comparison on main ERAS criteria**



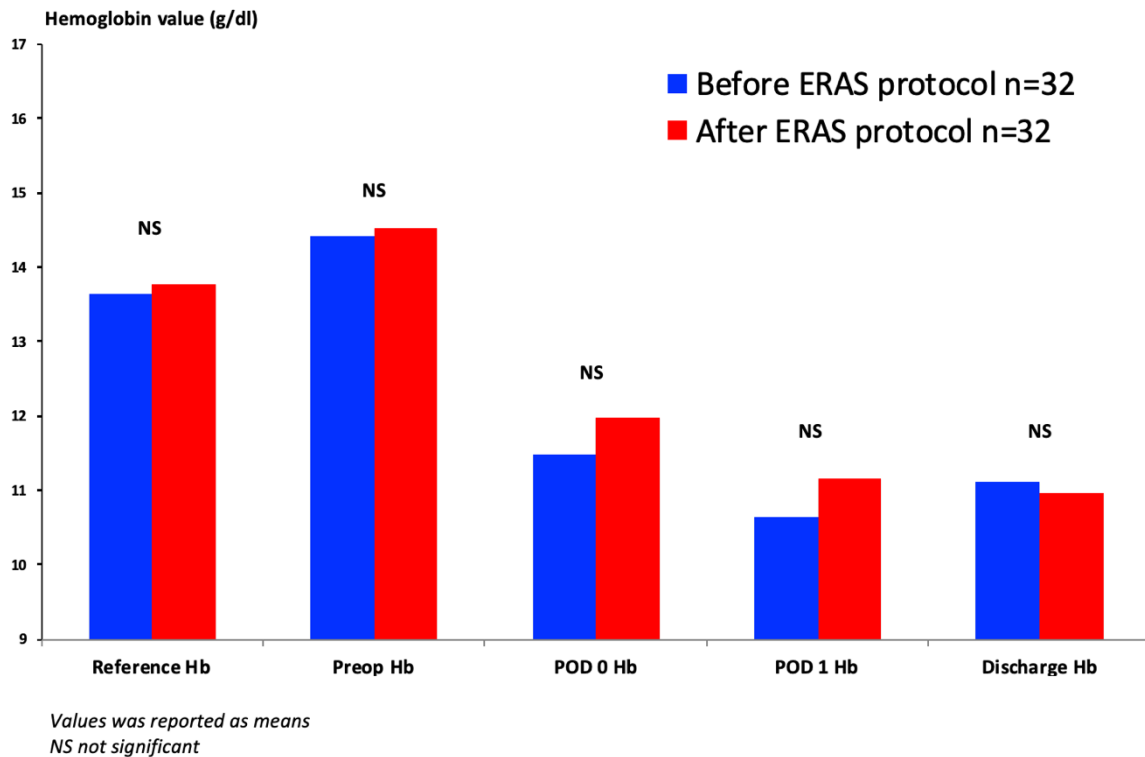
### Follow up data

In spite of the absence of transfusion in the “After ERAS” group compared to 28% of cases in the “Before ERAS” group, the analysis of hemoglobin level kinetics during management showed no difference between the two groups (Figure 4).

Repeated measurements of hemoglobin levels over time using a mixed model was similar between the two groups, ( $\beta = 0.3$  (95% CI, -0.15 0.77);  $p=0.2$ ), with a significant decrease at each postoperative time ( $p < 0.001$ ).

In the two groups, an increase in the preoperative hemoglobin values secondary to the EPO protocol was noticed ( $\beta = 0.85$  (95% CI, 0.47 1.23);  $p=0.001$ ).

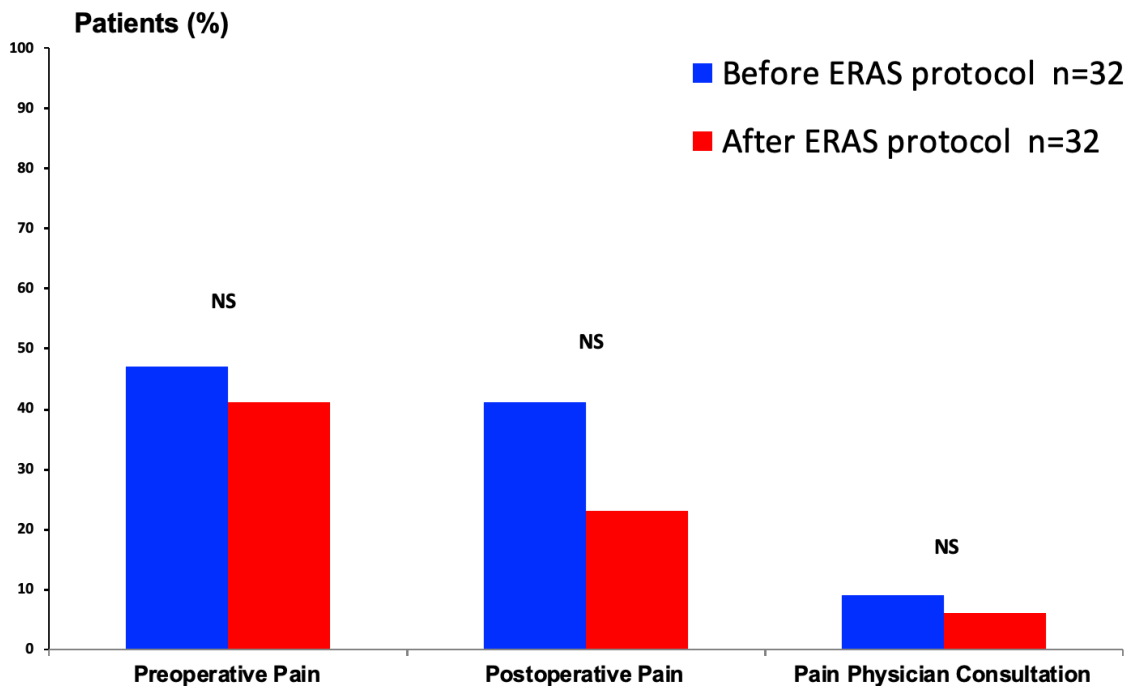
**Figure 4: Comparison of hemoglobin kinetics before and after establishment of ERAS protocol**



Reports of surgery follow-up showed no difference in postoperative pain scores between the two groups (Figure 5).

In the “After ERAS” group, we identified one postoperative complication. The patient presented an infection of the surgical site requiring a revision surgery. Comparatively, the rate of complications requiring a new hospitalization was 15.6% (5 of 32 patients) in the “Before ERAS” group. There were four surgical site infections and one neurological deficit . The comparison of the complication rate did not reach statistical significance (p 0.19).

**Figure 5: Pain comparison before and after establishment of an ERAS protocol**



*Values are reported as total number (%)  
NS not significant*

## **DISCUSSION**

This Before/After cohort study evaluated the implementation of an ERAS program after PSF surgery and the impact on the recovery of patients suffering from AIS. The results confirmed the expected benefits of such a program, with a significant reduction in the length of hospital stay of more than two days and the positive effects on postoperative recovery. More importantly, there was no increase in the number of unplanned readmissions related to LOS reduction in the post-ERAS period.

### ***Length of stay***

The main objective of this study was to optimize the return to an optimal functional autonomy and to reduce the length of hospitalization after PSF surgery for AIS without compromising the quality and other aspects of cares. Our results are consistent with studies which have demonstrated the safety and the economic impact of an accelerated discharge strategy in posterior spinal fusion surgeries for idiopathic scoliosis after the implementation of an ERAS protocol (21-24).

The mean reduction of two hospital days per operated child has conducted to a significant total number of hospital days saved over the studied period in our institution. In a similar study design, Kamerlink et al. reported the management of the same number of patients using an ERAS protocol, resulting in saving 70 days of hospital cost charges (25). These encouraging results are also consistent with those of ERAS protocols for other adult orthopedic surgeries. Likewise, postoperative pathways in adult arthroplasty succeeded in improving perioperative outcomes, reducing the length of stay and minimizing patient side effects without increasing concomitant 30-days readmissions (26-29).

The ERAS protocol described in this study was initiated and designed to address three main objectives: to improve pain control, to reduce opioid-related adverse events and side effects and to promote early postoperative mobilization. Finally, this strategy resulted in the successful achievement of these purposes, but also led to a significant improvement in various other ERAS criteria, except for the time to bowel movement, for which a lack of power could be suspected.

### ***Multimodal Analgesics***

The standardization of multimodal postoperative analgesia was an important part of the ERAS protocol (30). Indeed, posterior spinal fusion generates severe postoperative pain, with multiple and complex causes: an extensive dissection of subcutaneous tissues, bones and ligaments (innervated by posterior rummy of spinal nerves related to the sympathetic and parasympathetic nervous systems) and various noxious stimuli (mechanical, compression and inflammation). Various analgesic associations have been proposed as components of multimodal analgesia for scoliosis surgery.

In our cohort, NSAIDs were consistently used postoperatively in the “After ERAS” group and more commonly continued after discharge from the ICU, compared to the “Before ERAS” group (81% vs 34%,  $p < 0,001$ ). In pediatric orthopedic surgery, NSAIDs demonstrated a better analgesia and a decreased opioid consumption, while reducing both opioid-related gastrointestinal side effects and the length of stay (31-33).

Additionally, we noticed a high adherence of the team to the introduction of intrathecal morphine: 94% of patients in the “After ERAS” group benefited from an intrathecal

opioid administration. Previous studies have shown that intrathecal opioid administration was effective in reducing intraoperative opioid use, as well as early post-operative opioid use and pain scores (34-37). Studies also showed that intrathecal opioid administration could decrease peri operative blood loss during Idiopathic Scoliosis Surgery (38,39). In concordance with these studies, we reported a significant decrease in intraoperative blood loss in the group with more frequent intrathecal opioid administration. Earlier mobilization observed in the "After ERAS" group could also be partially due to the benefit of intrathecal opioid administration on post-operative pain management. Our results confirm the essential place of a multimodal pain management approach, especially the effectiveness of an association of intrathecal opioid and NSAIDs in scoliosis surgery (40,41).

As part of multimodal analgesia, Gabapentin has been studied for pediatric PSF, with conflicting results. Among two randomized controlled clinical trials, one reported an improvement in early pain scores and a reduced opioid consumption in the first 48 hours after surgery with pre and postoperative gabapentin administration (42), whereas the other study found no difference in pain scores after a single preoperative dose (43). As described in the Method section, Gabapentin used in the current study was left to the discretion of the anesthetist in charge of the patient. Despite a significantly lower prescription of gabapentin in the "After ERAS" group, recovery and pain management did not seem to be impacted. Further clinical trials are needed to conclude on the usefulness of gabapentinoid administration in scoliosis surgery.

We systematically used intraoperative intravenous ketamine infusion in the ERAS protocol. Intravenous ketamine was continued postoperatively for two days on average in the "After ERAS" group. Studies have shown a decrease in pain scores and opioid consumption when used in patients undergoing various types of surgeries (44-46). However, the postoperative analgesic effect of adjuvant ketamine in patients undergoing scoliosis correction surgery for AIS is controversial (47,48). In summary, there are insufficient data to support the routine use of ketamine as an adjuvant to postoperative analgesia in patients undergoing PSF surgery for AIS. Further research is needed to determine the optimal timing, dose and mode of the administration of ketamine when used for postoperative analgesia in such patients.

Double epidural analgesia has shown its effectiveness in pain management for scoliosis surgery (49-53). However, centers implementing ERAS protocols have tended to abandon epidural analgesia, using only intrathecal morphine (54). In addition, the Cochrane database published, in 2019, a meta-analysis, which concludes that there is medium and low quality evidence indicating a slight additional reduction in pain, up to 72 hours after scoliosis surgery, with epidural analgesia, in comparison to systemic analgesia (55). However, it is likely that the efficacy and safety of epidural analgesia depends on the experience of the health care team. We decided to combine intrathecal opioid administration with double epidural analgesia, historically used in our center, to optimize postoperative pain management.

### ***Pain and complications***

The results also showed a lower rate of postoperative complications and pain, reported at follow-up, in the group having benefited from the ERAS protocol but without reaching significance. We confirm that it appears safe to reduce the length of stay without compromising patient pain and readmission rates. These results were not necessarily predictable, as pain control can be particularly difficult in children, especially after major surgery, such as scoliosis surgery, known to cause severe postoperative pain (56).

It is important to recognize that the role of the ERAS protocols cannot be limited to simply reducing the overall cost of care. It should also take into consideration the experience that patients and their families go through once a decision to proceed with an operation is taken. Many indicators could be used to measure the quality of care. Postoperative pain can be a reliable indicator, as it is a major concern for patients undergoing surgery (57).

### **Limits**

Several limitations are to be discussed on the study. First, there is a potential lack of power on the primary outcome. Indeed, the constraints related to the decrease in surgical management of AIS did not allow to include the necessary number of subjects initially calculated in the final analysis. Therefore, we used a propensity score to compensate for this lack of number and to obtain two equal comparable groups. The study design is also a limitation due to the use of a Before/After study, which is both retrospective and prospective. Ideally, we should have done a prospective randomized study with two groups with or without an ERAS protocol. We had more data in the "After ERAS" group compared to the retrospective cohort, so we were not able to compare all the data. It is conceivable that the healthcare team having participated in the design of the ERAS protocol felt pressure to demonstrate the success of the new approach when managing patients in the "After ERAS" group. However, the discharge criteria did not change between the two groups and are strictly based on the patient's performance and his return to a functional autonomy.

Patients in the two groups exhibited no significant difference with demographic data, which indicates that any difference detected in postoperative outcome could probably be attributed to the implementation of the ERAS protocol. Our results are encouraging, but it is important to make no direct link with results from studies describing ERAS protocol in adults. The pediatric population has its own limitations and characteristics. Further studies need to be carried out to reinforce our findings in order to better adapt such programs to a pediatric population (58-59).

Another limitation is the lack of a validated outcome in terms of patient and family satisfaction. Specific patient satisfaction surveys with a longer follow-up may reveal areas of further improvement. Further studies should include a longer follow-up and a more detailed information on the postoperative quality of life of such patients, as well as potential interventions that may help children return to their preoperative activities in a shorter period of time. The SRS (Scoliosis Research Society) score appears to be the gold standard satisfaction score after PSF surgery for AIS (60), but other scores are developed, such as the Scoliosis Japanese Questionnaire 27 (61).

## **CONCLUSION**

This study confirms the expected benefits of an ERAS program after PSF surgery for AIS. The implementation of this program resulted in a faster mobilization and an earlier discharge. The quality of pain management also appeared to be improved. Overall, the development of such healthcare services serves as one of the most cost-effective ways to improve both the value and the quality of care delivered. In the future, it will be important to assess not only how such strategies improve immediate postoperative recovery, but also how they affect the patient's rehabilitation and the quality of life during the long term follow-up.

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Weiss H-R, Goodall D. The treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) according to present evidence. A systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med.* juin 2008;44(2):177-93.
2. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop.* févr 2013;7(1):3-9.
3. Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. *Scoliosis.* 31 mars 2006;1:2.
4. Negrini S, Aulisa AG, Aulisa L, Circo AB, de Mauroy JC, Durmala J, et al. 2011 SOSORT guidelines: Orthopedic and Rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis.* 20 janv 2012;7:3.
5. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord- Negrini et al. Scoliosis and Spinal Disorders(2018) 13:3*
6. Dunn J, Henrikson NB, Morrison CC, Blasi PR, Nguyen M, Lin JS. Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA.* 9 janv 2018;319(2):173-87.
7. Haute Autorité de Santé - Dr Catherine Marty - Scoliose évolutive - Décembre 2011
8. Reamy BV, Slakey JB. Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts. *Am Fam Physician.* 1 juill 2001;64(1):111-6.
9. Yamamoto S, Shigematsu H, Kadono F, Tanaka Y, Tatematsu M, Okuda A, et al. Adolescent Scoliosis Screening in Nara City Schools: A 23-Year Retrospective Cross- Sectional Study. *Asian Spine J.* juin 2015;9(3):407-15.
10. Coe JD, Arlet V, Donaldson W, et al. Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(3):345–349.
11. Blanco JS, Perlman SL, Cha HS, Delpizzo K. Multimodal pain management after spinal surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *Orthopedics.* 2013;36(2):33–35
12. Daffner SD, Beimesch CF, Wang JC. Geographic and demographic variability of cost and surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Spine.* 2010;35(11):1165–1169
13. Erickson MA, Morrato EH, Campagna EJ, Elise B, Miller NH, Kempe A. Variability in spinal surgery outcomes among children’s hospitals in the United States. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(1):80–90
14. Yoshihara H, Yoneoka D. National trends in spinal fusion for pediatric patients with idiopathic scoliosis: demographics, blood transfusions, and in-hospital outcomes. *Spine.* 2014;39(14):1144–1150
15. Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br J Anaesth* 1997;78:606-17.
16. Kehlet H, Dahl JB. Anaesthesia, surgery, and challenges in postoperative recovery. *Lancet* 2003;362:1921-8.
17. Enhanced Recovery Partnership Programme. 2010. Delivering enhanced recovery; Helping patients to get better sooner after surgery. Available online: [www.dh.gov.uk/publications](http://www.dh.gov.uk/publications)



18. Wainwright TW, Immins T, Middleton RG. Enhanced recovery after surgery (ERAS) and its applicability for major spine surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2016;30:91-102.
19. Ali ZS, Ma TS, Ozturk AK. Pre-optimisation of spinal surgery patients: Development of a neurosurgery Enhanced recovery after surgery (ERAS) protocol. *Clin Neurol Neurosurg* 2018;164:142-53.
20. Shinnick JK, Short HL, Heiss KF, et al. Enhancing recovery in pediatric surgery: a review of the literature. *J Surg Res* 2016;202:165–76.
21. Fletcher ND, Shourbaji N, Mitchell PM, Oswald TS, Devito DP, Bruce RW. Clinical and economic implications of early discharge following posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2014;8:257–263.
22. Shan LQ, Skaggs DL, Lee C, Kissinger C, Myung KS. Intensive care unit versus hospital floor: a comparative study of postoperative management of patients with adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95:e40.
23. Muhly WT, Sankar WN, Ryan K, et al. Rapid recovery pathway after spinal fusion for idiopathic scoliosis. *Pediatrics*. 2016;137:e20151568.
24. Fletcher ND, Andras LM, Lazarus DE, et al. Use of a novel pathway for early discharge was associated with a 48% shorter length of stay after posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2017;37:92–97.
25. Kamerlink JR, Quirno M, Auerbach JD, et al. Hospital cost analysis of adolescent idiopathic scoliosis correction surgery in 125 consecutive cases. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:1097e104.
26. Larsen K, Hansen TB, Thomsen PB, et al. Cost-effectiveness of accelerated perioperative care and rehabilitation after total hip and knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:761e72.
27. Loftus T, Agee C, Jaffe R, et al. A simplified pathway for total knee arthroplasty improves outcomes. *J Knee Surg* 2014;27:221e8.
28. Stambough JB, Nunley RM, Curry MC, et al. Rapid recovery protocols for primary total hip arthroplasty can safely reduce length of stay without increasing readmissions. *J Arthroplasty* 2015;30: 521e6.
29. Peters CL, Shirley B, Erickson J. The effect of a new multimodal perioperative anesthetic regimen on postoperative pain, side effects, rehabilitation, and length of hospital stay after total joint arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006;21(6 suppl 2):132e8.
30. Dahl JB, Nielsen RV, Wetterslev J, et al; Scandinavian Postoperative Pain Alliance (ScaPAlli). Post-operative analgesic effects of paracetamol, NSAIDs, glucocorticoids, gabapentinoids and their combinations: a topical review. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2014;58(10):1165–1181
31. Ebersson CP, Pacicca DM, Ehrlich MG. The role of ketorolac in decreasing length of stay and narcotic complications in the postoperative pediatric orthopedic patient. *J Pediatr Orthop*. 1999;19(5):688–692
32. Sutters KA, Shaw BA, Gerardi JA, Hebert D. Comparison of morphine patient-controlled analgesia with and without ketorolac for postoperative analgesia in pediatric orthopedic surgery. *Am J Orthop*. 1999;28(6):351–358
33. Munro HM, Walton SR, Malviya S, et al Low-dose ketorolac improves analgesia and reduces morphine requirements following posterior spinal fusion in adolescents. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie*. 2002;49(5):461–466
34. Goodarzi M. The advantages of intrathecal opioids for spinal fusion in children. *Paediatr Anaesth*. 1998;8:131–4

35. Paul A. Tripi, MD, Connie Poe-Kochert, RN, CNP, Jennifer Potzman, MD, Jochen P. Son-Hing, MD, FRCSC, and George H. Thompson, MD Intrathecal Morphine for Postoperative Analgesia in Patients With Idiopathic Scoliosis Undergoing Posterior Spinal Fusion *SPINE* 2008 Volume 33, Number 20, p 2248 –2251
36. Hong R, Gibbons K, Li G, Holman A, Lewis T. A retrospective comparison of intrathecal morphine and epidural hydromorphone for analgesia following posterior spinal fusion in adolescents with idiopathic scoliosis *Pediatric Anesthesia*. 2016;1155-5645
37. Cohen M, Zuk J, McKay N, Erickson M, Pan Z, Galinkin J. Intrathecal Morphine Versus Extended-Release Epidural Morphine for Postoperative Pain Control in Pediatric Patients Undergoing Posterior Spinal Fusion. *Anesth Analg*. 2017;124:2030–7.
38. Aleksandra B. Lesniak, Pierre Tremblay, Bernard J. Dalens, Maryse Aucoin & Pierre Mercier Intrathecal morphine reduces blood loss during idiopathic scoliosis surgery: retrospective study of 256 pediatric cases *Pediatric Anesthesia* 23 (2013) 265–270
39. Gall O, Aubineau JV, Bernière J, Desjeux L, Murat I. Analgesic Effect of Low-dose Intrathecal Morphine after Spinal Fusion in Children. *Anesthesiology* 2001; 94:447–52
40. Sheffer, Kelly, Rhodes, Sawyer, Perioperative Pain Management in Pediatric Spine Surgery. *Orthop Clin N Am*. 2017;06-004
41. Hiroyuki Seki , Satoshi Ideno , Taiga Ishihara , Kota Watanabe , Morio Matsumoto and Hiroshi Morisaki. Postoperative pain management in patients undergoing posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review. *Scoliosis and Spinal Disorders*. 2018 ;13:17
42. Rusy LM, Hainsworth KR, Nelson TJ, et al. Gabapentin use in pediatric spinal fusion patients: a randomized, double- blind, controlled trial. *Anesth Analg*. 2010;110(5):1393–1398
43. Mayell A, Srinivasan I, Campbell F, Peliowski A. Analgesic effects of gabapentin after scoliosis surgery in children: a randomized controlled trial. *Paediatr Anaesth*. 2014;24(12):1239–1244
44. Wang L, Johnston B, Kaushal A, Cheng D, Zhu F, Martin J. Ketamine added to morphine or hydromorphone patient-controlled analgesia for acute postoperative pain in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Can J Anaesth*. 2016;63:311–25.
45. Pendi A, Field R, Farhan SD, Eichler M, Bederman SS. Perioperative Ketamine for Analgesia in Spine Surgery: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;43:E299–E307.
46. Ricciardelli R, Walters N, Pomerantz M, Metcalfe B, Silverman E, Carl A. The efficacy of ketamine for postoperative pain control in adolescent patients undergoing spinal fusion surgery for idiopathic scoliosis . *Spine Deformaty*. 2020
47. Pestieau SR, Finkel JC, Junqueira MM, Cheng Y, Lovejoy JF, Wang J, et al. Prolonged perioperative infusion of low-dose ketamine does not alter opioid use after pediatric scoliosis surgery. *Paediatr Anaesth*. 2014;24:582–90.
48. Perello M, Artes D, Pascuets C, Esteban E, Ey Batlle AM. Prolonged perioperative low-dose ketamine does not improve short and long-term outcomes after pediatric idiopathic scoliosis surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:E304–E12.

49. O'Hara JF Jr, Cywinski JB, Tetzlaff JE, Xu M, Gurd AR, Andrish JT. The effect of epidural vs intravenous analgesia for posterior spinal fusion surgery. *Paediatr Anaesth.* 2004;14:1009–15.
50. Blumenthal S, Min K, Nadig M, Borgeat A. Double epidural catheter with ropivacaine versus intravenous morphine: a comparison for postoperative analgesia after scoliosis correction surgery. *Anesthesiology.* 2005;102:175–80.
51. Saudan S, Habre W, Ceroni D, Meyer PA, Greenberg RS, Kaelin A, et al. Safety and efficacy of patient controlled epidural analgesia following pediatric spinal surgery. *Paediatr Anaesth.* 2008;18:132–9.
52. Poe-Kochert, Tripi, Potzman, Son-Hing and Thompson. Continuous Intravenous Morphine Infusion for Postoperative Analgesia Following Posterior Spinal Fusion for Idiopathic Scoliosis. *SPINE 2010 Volume 35, Number 7, p 754 –757*
53. Taenzer A, Cantwell C. Efficacy of postoperative epidural analgesia in adolescent scoliosis surgery: a meta-analysis. *Paediatr Anaesth.* 2010;20:135–143
54. Rebecca A, Kathleen M, Gibbons G, Ying Li, Ashlee Holman & Terri Voepel-Lewis. A retrospective comparison of intrathecal morphine and epidural hydromorphone for analgesia following posterior spinal fusion in adolescents with idiopathic scoliosis. *Paediatr Anaesth.* 2016;1155–5645
55. Guay J, Suresh S, Kopp S, Johnson RL. Postoperative epidural analgesia versus systemic analgesia for thoraco-lumbar spine surgery in children (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews 2019*
56. Borgeat A, Blumenthal S. Postoperative pain management following scoliosis surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008;21:313e6.
57. Royston D, Cox F. Anaesthesia: the patient's point of view. *Lancet.* 2003;362:1648–1658.
58. Leeds I, Boss E, George J, Strockbine V, Wick E, Jelin E; Preparing enhanced recovery after surgery for implementation in pediatric populations. *J Pediatr Surg.* 2016; 51:2126-2129
59. Shinnick J, Short H, Heiss K, Santore M, Blakely M, Raval M; Enhancing recovery in pediatric surgery: a review of the literature. *J Surg Res.* 2016; 202:165-76
60. Bastrom T, Bartley C, Peter O. Patient-Reported SRS-24 Outcomes Scores After Surgery for Adolescent Idiopathic Scoliosis Have Improved Since the New Millennium. *Spine Deformity.* 2019;917e922
61. Doi T, Inoue H, Arai Y, Shirado O, Yamazaki K, Uno K, Yanagida H, Takeshita K. Reliability and validity of a novel quality of life questionnaire for female patients with adolescent idiopathic scoliosis: Scoliosis Japanese Questionnaire-27: a multicenter, cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2018; 19:99

## Protocole de PEC chirurgie de la scoliose idiopathique

*Pôle Femme-Mère-Enfant*

*Unité d'anesthésie et soins continus chirurgicaux pédiatriques*

### PRÉOPÉRATOIRE

- **PM** : Hypnovel 10 mg +/- Atarax +/- Gabapentine 300 à 600mg
- **Emla**<sup>®</sup>

### PER-OPÉRATOIRE

- **Agent IVSE** : Propofol + Rémifentanyl + Kétamine 0,15 mg/kg/h
- Rachianesthésie Morphine 3 à 5 µg/kg max 300µg
- ATB, Dexaméthasone, Ac Tranéxamique, Sulfate de Magnesium 30 à 40 mg/kg, Lidocaïne, AINS, Paracétamol, Néfopam, Ondansétron ...
- APD chirurgicales au mieux X 2 (Dose test + initiation Débit continue en SSPI)  
Naropéïne 0,1 – 0,2 % + Catapressan 1 µg/ml → Dose max 0,25ml/kg/h au total

### POST-OPÉRATOIRE

- Position PROCLIVE dans le lit (30/45° selon tolérance)
- Boisson/Alimentation à la demande DÈS RETOUR EN CHAMBRE (à stimuler +++ dès J1)
- **ANALGÉSIE**
  - PCA Morphine sans débit continue, relais PO J2/J3 idéalement dès que consommation morphine PCA < 20 mg (ou 20 Bolus pour les – de 50 Kg)/24h  
→ Skenan<sup>®</sup> LP 10 à 20 mg /12h + interdose Atiskenan<sup>®</sup> 5 à 10 mg / 6h
  - APD Naropeïne + Catapressan 1µg/ml (+/- Fentanyl 1µg/ml à partir de H24)  
→ Essaie arrêt APD à J3/J4: Retrait à J4 si OK
  - Paracétamol : Relais PO dès J2
  - AINS: Relais PO dès J2
  - Néfopam IVSE : Relais PO dès J2
  - +/- : Gabapentine PO (5mg/kg X 3/j), Trimébutine (sachet 74 mg dispo à partir de fin Février 2018 – 1 Sachet X 3/j – Solution injectable possible 50 mg/12h), Thiocolchicoside cp 4mg (AMM > 16 ans – 1 à 2 Cp / 12h max 7 jours)
  - Anxiolitique si besoin : Bromazepam et/ou Hydroxyzine

- Administration Fer injectable en fonction de l'Hémoglobine post opératoire
  - Antiémétiques systématiques 24h puis ALD : Ondansétron 4mg / 8h
  - IPP X 1/ j
  - Antibioprophylaxie 24h
  - Bas de contention
  - Énoxaparine (Lovenox®) 0.4 ml SC X 1 / j dès J1 après accord Anesth
  - Kinésithérapie motrice X 2/J dès J1
  - Kinésithérapie respiratoire (+ mise en place de techniques incitatives "bulles"/EzPAP®) dès J1
  - Verticalisation PRÉCOCE dès J1/J2 +++ selon tolérance
  - Laxatif + fibres + Hepar® + Chewing-gum ALD
  - Retrait de la sonde urinaire systématique à J2
- Si difficulté mictionnelle → Phloroglucinol +/- Naloxone IV \*
- \*Exemple protocole pour Naloxone en cas de rétention urinaire (1 Amp de 0.4mg à diluer à 40 cc soit 0.01mg/ml) → Rétention urinaire : 0.001 mg/kg soit 0.1 ml/Kg toutes les 5 à 20 minutes; maximum 2 bolus/h
- Drain de Redon "vide cassé" J0 et J1, remis "au vide" à J2
  - Réfection Pansement + Retrait drain de Redon à J3 après accord chirurgical

#### **Ex ORDONNANCE SORTIE USCC**

Paracétamol  
 Bi-profenid LP 50 mg X 2 par jour  
 Actiskenan 5 à 10 mg / 6h ALD  
 IPP X 1/j

#### **Ex ORDONNANCE SORTIE DOMICILE**

Paracétamol  
 Bi-profenid LP 50 mg X 2 par jour  
 Contramal 50 mg / 6 à 8h ALD  
 IPP X 1/j

#### **SUIVI**

Consultation ORTHO X 2 À M1 puis entre M3 et M6

## SERMENT

- *En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.*
- *Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.*
- *Admis (e) dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*
- *Respectueux (se) et reconnaissant (e) envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert (e) d'opprobre et méprisé (e) de mes confrères si j'y manque.*

# **RÉSUMÉ**

## **INTRODUCTION**

La chirurgie de scoliose idiopathique de l'adolescent est une intervention majeure en pédiatrie nécessitant une prise en charge pluridisciplinaire. Les programmes de réhabilitation améliorée après chirurgie (RAAC) ont pour principaux objectifs de minimiser les conséquences du stress chirurgical, optimiser le contrôle de la douleur et favoriser la reprise précoce de l'autonomie du patient. Ces programmes ont largement prouvé leurs bénéfices chez l'adulte mais restent encore peu évalués en pédiatrie. Cette étude avant/après avait pour objectif d'évaluer l'impact de la mise en place d'un programme RAAC pour la chirurgie de scoliose idiopathique de l'adolescent.

## **MATERIELS ET METHODE**

Après validation par les équipes médicales et paramédicales, le protocole RAAC a été appliqué à tous les adolescents bénéficiant d'une correction chirurgicale de scoliose. Les patients opérés d'une scoliose d'origine neuromusculaire ont été exclus de la présente analyse. Ce programme incluait la réalisation d'une rachianesthésie morphine associée à une double analgésie péridurale et la mise en place de mesures protocolisées de réhabilitations précoces multimodales. Après accord du comité d'éthique local et déclaration à la CNIL, les données rétrospectives de 73 adolescents opérés d'une chirurgie pour scoliose idiopathique entre janvier 2015 et janvier 2017 (Groupe Avant) ont été comparées avec celles des patients bénéficiant du programme RAAC depuis avril 2018 (Groupe Après).

Le critère de jugement principal a été défini par la durée d'hospitalisation. Les délais de reprise alimentaire, du premier lever, du relais per os des antalgiques et de l'ablation de la sonde urinaire ont également été analysés. Après une analyse descriptive de l'ensemble de la population initiale, deux populations comparables (groupes Avant et Après RAAC) ont été définies à l'aide d'un score de propension.

## **RESULTATS**

Sur la période étudiée, 65 chirurgies de scoliose ont bénéficié du protocole RAAC dont 35 pour scoliose idiopathique (30 chirurgies pour scoliose neuromusculaire ont été exclues). Après score de propension, 32 patients par groupe ont été sélectionnés pour l'analyse définitive. Les caractéristiques démographiques et chirurgicales des groupes Avant et Après RAAC étaient comparables.

La mise en place du programme RAAC était associée à une réduction significative de 25% de la durée moyenne de séjour [groupe avant RAAC 8,97 ( $\pm 1,38$ ) jours vs groupe après RAAC 6,64 ( $\pm 0,93$ ) jours] ( $p < 0,01$ ). L'ensemble des autres critères analysés, illustrant la reprise précoce de l'autonomie du patient étaient tous significativement diminués dans le groupe Après RAAC.

## **CONCLUSION**

Ces résultats confirment les bénéfices attendus d'un programme RAAC dans la chirurgie de scoliose idiopathique de l'adolescent avec un impact significatif sur la réhabilitation post opératoire et la durée de séjour. L'adhésion du patient et l'implication de l'ensemble des soignants s'avèrent essentielles à la réussite d'un tel programme.

**Mots clés :** Réhabilitation améliorée après chirurgie, scoliose idiopathique de l'adolescent, analgésie multimodale, chirurgie pédiatrique.