

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2024

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE (décret du 25 novembre 2016)

Présentée et soutenue publiquement
le 5 Avril 2024 à Poitiers
par Pierre BARTHES né le 19/09/1995

**ALIF L5-S1 standalone pour discopathie dégénérative mono-niveau :
paramètres de l'implant influençant les résultats radiologiques**

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Pierre PRIES

Membres :

- Monsieur le Professeur Yan LEFEVRE
- Madame le Docteur Cécile SWENNEN
- Monsieur le Docteur Thibault MARTY-DILOY
- Monsieur le Docteur Richard LACROIX

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Tanguy VENDEUVRE

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2024

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE (décret du 25 novembre 2016)

Présentée et soutenue publiquement
le 5 Avril 2024 à Poitiers
par Pierre BARTHES né le 19/09/1995

**ALIF L5-S1 standalone pour discopathie dégénérative mono-niveau :
paramètres de l'implant influençant les résultats radiologiques**

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Pierre PRIES

Membres :

- Monsieur le Professeur Yan LEFEVRE
- Madame le Docteur Cécile SWENNEN
- Monsieur le Docteur Thibault MARTY-DILOY
- Monsieur le Docteur Richard LACROIX

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Tanguy VENDEUVRE

LISTE DES ENSEIGNANTS

Année universitaire 2023 – 2024

SECTION MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY Marion, santé publique – **Référente égalité-diversité**
- BINET Aurélien, chirurgie infantile
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biochimie et biologie moléculaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie-virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- COUDROY Rémi, médecine intensive-réanimation – **Assesseur 2nd cycle**
- DAHOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DONATINI Gianluca, chirurgie viscérale et digestive
- DROUOT Xavier, physiologie – **Assesseur recherche**
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie – **Assesseur 2nd cycle, stages hospitaliers**
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Rodrigue, cardiologie
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLIVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (*en disponibilité*)
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie – **Assesseur 1^{er} cycle**
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, médecine d'urgence
- NASR Nathalie, neurologie
- NEAU Jean-Philippe, neurologie – **Assesseur pédagogique médecine**
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie – **Doyen, Directeur de la section médecine**
- PELLERIN Luc, biologie cellulaire
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique

- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire – **Assesseur L.AS et 1^{er} cycle**
- PERRAUD CATEAU Estelle, parasitologie et mycologie
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- PUYADE Mathieu, médecine interne
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, gastro-entérologie, hépatologie – **Assesseur 3^e cycle**
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie – **Assesseur 1^e cycle**
- THILLE Arnaud, médecine intensive-réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (*en mission 1 an à/c 01/11/2022*)
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BRUNET Kevin, parasitologie et mycologie
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- CREMNITER Julie, bactériologie-virologie
- DIAZ Véronique, physiologie – **Référente relations internationales**
- EGLOFF Matthieu, histologie, embryologie et cytogénétique
- EVARD Camille, cancérologie
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique (*en dispo 2 ans à/c du 31/07/2022*)
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie (*absente jusqu'au 29/12/2023*)
- GUENEZAN Jérémy, médecine d'urgence
- HARIKA-GERMANEAU Ghina, psychiatrie d'adultes
- JAVAGUE Vincent, néphrologie
- JUTANT Etienne-Marie, pneumologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire (*en mission 1 an à/c 01/11/2022*)
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne – **Assesseur 2nd cycle**
- MASSON REGNAULT Marie, dermato-vénéréologie
- PALAZZO Paola, neurologie (*en dispo 5 ans à/c du 01/07/2020*)
- PICHON Maxime, bactériologie-virologie
- PIZZOFERRATO Anne-Cécile, gynécologie-obstétrique
- RANDRIAN Violaine, gastro-entérologie, hépatologie
- SAPANET Michel, médecine légale

- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire
- VALLEE Maxime, urologie

Maître de Conférences des universités de médecine générale

- MIGNOT Stéphanie

Professeur associé des universités des disciplines médicales

- FRAT Jean-Pierre, médecine intensive-réanimation

Professeur associé des universités des disciplines odontologiques

- FLORENTIN Franck, réhabilitation orale

Professeurs associés de médecine générale

- ARCHAMBAULT Pierrick
- AUDIER Pascal
- BIRAULT François
- BRABANT Yann
- FRECHE Bernard

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Régis
- BONNET Christophe
- DU BREUILLAC Jean
- FORGEOT Raphaële
- JEDAT Vincent

Professeurs émérites

- BINDER Philippe, médecine générale (08/2028)
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie (08/2028)
- GIL Roger, neurologie (08/2026)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023) – renouvellement 3 ans demandé – en cours
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale (08/2025)
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire (08/2028)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2024)
- ROBERT René, médecine intensive-réanimation (30/11/2024)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2026)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONToux Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CARRETIER Michel, chirurgie viscérale et digestive (ex-émérite)
- CASTEL Olivier, bactériologie-virologie ; hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice

- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GILBERT-DUSSARDIER Brigitte, génétique
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- HERPIN Daniel, cardiologie (ex-émérite)
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie viscérale et digestive
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (ex-émérite)
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

SECTION PHARMACIE

Professeurs des universités-praticiens hospitaliers

- DUPUIS Antoine, pharmacie clinique – **Assesseur pédagogique pharmacie**
- FOUCHER Yohann, biostatistiques
- GREGOIRE Nicolas, pharmacologie et pharmacométrie
- MARCHAND Sandrine, pharmacologie, pharmacocinétique
- RAGOT Stéphanie, santé publique

Professeurs des universités

- BODET Charles, microbiologie
- CARATO Pascal, chimie thérapeutique
- FAUCONNEAU Bernard, toxicologie
- FAVOT-LAFORGE Laure, biologie cellulaire et moléculaire
- GUILLARD Jérôme, pharmacochimie
- IMBERT Christine, parasitologie et mycologie médicale
- OLIVIER Jean-Christophe, pharmacie galénique, biopharmacie et pharmacie industrielle – **réfèrent relations internationales**
- PAGE Guylène, biologie cellulaire, biothérapeutiques
- RABOUAN Sylvie, chimie physique, chimie analytique (**retraite au 01/12/2023**)
- SARROUILHE Denis, physiologie humaine – **Directeur de la section pharmacie**

Maîtres de conférences des universités-praticiens hospitaliers

- BARRA Anne, immuno-hématologie
- BINSON Guillaume, pharmacie clinique
- THEVENOT Sarah, hygiène, hydrologie et environnement

Maîtres de conférences

- BARRIER Laurence, biochimie générale et clinique
- BON Delphine, biophysique
- BRILLAULT Julien, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, microbiologie (HDR)
- CHAUZY Alexia, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, chimie analytique
- DELAGE Jacques, biomathématiques, biophysique
- GIRARDOT Marion, biologie végétale et pharmacognosie
- INGRAND Sabrina, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, pharmacochimie (HDR)
- PAIN Stéphanie, toxicologie (HDR)
- PINET Caroline, physiologie, anatomie humaine
- RIOUX-BILAN Agnès, biochimie – **Référente CNAES – Responsable du dispositif COME'in – référente égalité-diversité**
- TEWES Frédéric, chimie et pharmacotechnie (HDR)
- THOREAU Vincent, biologie cellulaire et moléculaire
- WAHL Anne, phytothérapie, herborisation, aromathérapie

Maîtres de conférences associés - officine

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, pharmacien

A.T.E.R. (attaché temporaire d'enseignement et de recherche)

- ARANZANA-CLIMENT Vincent, pharmacologie
- KAOUAH Zahyra, bactériologie
- MOLINA PENA Rodolfo, pharmacie galénique

Professeur émérite

- COUET William, pharmacie clinique (08/2028)

CENTRE DE FORMATION UNIVERSITAIRE EN ORTHOPHONIE (C.F.U.O.)

- GICQUEL Ludovic, PU-PH, **directeur du C.F.U.O.**
- VERON-DELOR Lauriane, maître de conférences en psychologie

ENSEIGNEMENT DE L'ANGLAIS

- DEBAIL Didier, professeur certifié

CORRESPONDANTS HANDICAP

- Pr PERDRISOT Rémy, section médecine
- Dr RIOUX-BILAN Agnès, section pharmacie

REMERCIEMENTS

A mon président de jury, Monsieur le Professeur Pries,

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider ce jury et de juger ce travail. J'ai le privilège de bénéficier de votre enseignement, de votre expérience et de votre confiance depuis le début de mes années de formation. Votre bienveillance est pour moi un exemple à suivre. Je vous prie de trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

A mon directeur de thèse, Monsieur le Docteur Venduvre,

Je te remercie sincèrement d'avoir dirigé cette thèse et de m'avoir accompagné pendant ce travail de recherche. Ta confiance dans la réalisation de ce projet m'honore. Ton encadrement me permet d'avancer dans cette discipline exigeante qu'est la chirurgie rachidienne et de découvrir le monde de la recherche. J'espère pouvoir poursuivre avec toi dans cette voie. Avec toute ma reconnaissance.

Aux membres de mon jury

A Monsieur le Professeur Lefevre,

Je vous remercie de m'avoir accueilli dans votre service et de me faire l'honneur de juger ce travail. Vous et votre équipe m'avez fait découvrir l'Orthopédie lors de mon passage au CHU de Bordeaux. Votre expérience et votre accompagnement m'ont permis de progresser dans cette spécialité. J'en garde d'excellents souvenirs et vous prie de trouver ici l'assurance de mon profond respect.

A Madame le Docteur Swennen,

Je te remercie pour ton encadrement, ta gentillesse et ta disponibilité tout au long de ces années. Tu m'as fait confiance et tu m'as guidé depuis mon 1^{er} passage dans cette spécialité. J'espère que tu trouveras ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Marty-Diloy,

Je te remercie pour ta bienveillance et la confiance que tu m'accordes depuis le début de mon internat. Ton compagnonnage me permet de progresser sans cesse depuis notre passage à Angoulême, et ta volonté de transmettre tes connaissances est pour moi un modèle à suivre. J'espère continuer d'apprendre à tes côtés encore longtemps. Avec toute mon amitié et ma reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Lacroix,

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury. J'ai commencé mon internat lors de ton premier passage au CHU de Poitiers et tu as depuis toujours été d'un grand soutien. Je te suis reconnaissant pour le temps que tu consacres à ma formation et ta confiance sans faille. Ton dynamisme et ton implication sont pour moi une grande source d'inspiration. Avec toute mon amitié et ma gratitude.

A Monsieur Clément Giraud,

Merci pour ton aide lors de la réalisation de toutes ces analyses statistiques.

A ma famille,

A mes parents, pour votre soutien indéfectible depuis toutes ces années. Si j'en suis là aujourd'hui c'est grâce à vous, et je ne saurais jamais suffisamment vous remercier. Les moments passés avec vous sont toujours un vrai bonheur.

A ma petite sœur Lucille, merci pour tes encouragements et ta patience à mon égard. Je te souhaite un très bon internat et j'ai hâte de te voir passer ta thèse à ton tour.

A tous ceux qui ont contribué à ma formation,

Au Docteur Hamcha, je vous remercie pour tous vos enseignements et vos précieux conseils.

Au Docteur Teyssedou, merci pour ton encadrement et ta bienveillance tout au long de mon internat, et pour toutes les découvertes musicales que j'ai pu faire grâce à toi.

Au Docteur Moufid, merci pour ton enseignement, ta rigueur et tes blagues incessantes.

Au Docteur Bouget, merci pour ta bienveillance, la confiance que tu m'accordes et tous les fous-rires.

Aux chirurgiens et anciens du CHU de Poitiers, Dr Losson, Dr Pointet, Dr Labarre, Dr El Youssef, Dr Fradet, Dr Delaveau, Dr Koneazny, Dr Augereau, Dr Roth, Dr Brossard
Merci pour votre encadrement, merci pour tout ce que vous m'avez transmis et pour tout ce que vous me transmettez.

Aux chirurgiens du CHU de Bordeaux, Dr Lalioui, Dr Savidan et Dr Saliba
Merci pour votre gentillesse, votre bienveillance et tous vos enseignements. Merci de m'avoir accueilli chez vous pendant ces 6 mois et d'avoir partagé votre passion avec moi.

Aux chirurgiens du CH d'Angoulême, Dr Mahieu, Dr Muller, Dr Bahuet, Dr Le Bris, Dr Drouinaud, Dr Saint-Genez.
Merci infiniment pour votre bienveillance et toute la confiance que vous m'avez accordée lors de mon passage dans votre service. Ce semestre fut très enrichissant et j'en garde de précieux souvenirs.

Aux chirurgiens du CH de La Rochelle, Dr Dos Remedios, Dr Saget, Dr Nebout, Dr Sam Wing, Dr Benlarbi, Dr Ferchaud, Dr Vasse, Dr Fontaine.
Merci pour votre encadrement, vos enseignements et vos encouragements lors de mes débuts d'internat.

Aux équipes paramédicales du service et du bloc opératoire, et aux **équipes anesthésiques**,
Merci pour votre aide indispensable de jour comme de nuit et votre soutien tout au long de mon cursus. Avec toute ma gratitude.

A mes co-internes, Paul, Victor, Arthur, Thomas D, Alexis, Estelle, Romain, Clément, Benoit, Louis, Mélanie, André, Anatole, Thomas Bo, Benjamin, Laure, Lisa, Thomas Br, Ludmilla, Wassim, Chloé, Thomas C, Pierre W, Axel, Pauline, Stella, Nicolas, Lise, Raphaëlle, Romain Q, Valery, Gia Van, Tania, Baptiste, William et Romain H.

Merci pour tous ces semestres et ces soirées passés avec vous.

A mes amis, Antoine D, Jeremy, Maxime, Corentin, Marie Albane, Victor, Lucile, Orlando, Ryan, Pauline, Siegfried, Antoine H, Daphné Go, Daphné Ga, Julien F et Julien M.

Merci pour tous ces bons moments partagés avec vous, et tous ceux à venir.

A Monsieur le Professeur Guigui et à toute l'équipe du service de Chirurgie Orthopédique de l'Hôpital Européen Georges Pompidou, vous m'avez fait découvrir cette spécialité lors de mon passage dans votre service en tant qu'externe, et je vous en remercie sincèrement.

A tous mes enseignants de l'Université de Corse, de l'Université Paris Descartes et du lycée Jean-Paul de Rocca Serra,

Tous mes remerciements.

SOMMAIRE

I- INTRODUCTION.....	11
II- MATERIELS ET METHODES	13
A- Design de l'étude.....	13
B- Sélection des patients.....	13
C- Technique chirurgicale	14
D- Méthode de recueil des données	17
E- Analyse statistique.....	20
III- RESULTATS	21
A- Description de la population de l'étude.....	21
B- Caractéristiques des patients et du matériel.....	22
C- Résultats postopératoires.....	23
D- Valeurs théoriques.....	25
E- Corrélations entre les paramètres de l'implant, son positionnement et les résultats postopératoires	26
F- Analyse de la corrélation entre la hauteur antérieure de l'implant et les résultats en sous-groupes.....	30
1- Sous-groupes Hommes/Femmes	32
2- Sous-groupes d'incidence pelvienne	33
G- Analyse des résultats postopératoires en sous-groupes d'incidence pelvienne.....	34
IV- DISCUSSION	38
V- CONCLUSION.....	42
VI- CONFLITS D'INTERETS.....	43
VII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	44
VIII- VERSION ARTICLE	47

LISTE DES ABREVIATIONS

ADH : Anterior Disc Height – Hauteur discale antérieure

ALIF : Anterior Lumbar Interbody Fusion – Arthrodèse lombaire intersomatique par abord antérieur

CCAM : Classification commune des actes médicaux

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

IC : Intervalle de confiance à 95%

IMC : Indice de masse corporelle

IP : Incidence pelvienne

LDI : Lordosis Distribution Index – Index de distribution de la lordose

LLIF : Arthrodèse lombaire intersomatique par abord latéral

OLIF : Arthrodèse lombaire intersomatique par abord prépsoatique

PDH : Posterior Disc Height – Hauteur discale postérieure

PEEK : Polyether Ether Ketone

PLIF : Arthrodèse lombaire intersomatique par abord postérieur

PS : Pente sacrée

SVA : Sagittal Vertical Axis

TLIF : Arthrodèse lombaire intersomatique par abord transforaminal

VP : Version pelvienne

XLIF : Arthrodèse lombaire intersomatique par abord transpsoatique

I- INTRODUCTION

Les discopathies dégénératives lombaires sont une pathologie fréquente et peuvent être responsables de lombalgies chroniques et parfois de radiculalgies.¹

La prévalence des discopathies dégénératives au niveau L5-S1 est de 66,7% chez les hommes et de 70,9% chez les femmes, en deuxième position après le niveau L4-L5 (69,1% chez les hommes, 75,8% chez les femmes) et devant le niveau L3-L4 (59,3% chez les hommes, 61,9% chez les femmes) mais toutes les discopathies ne sont pas symptomatiques.²

Dans certains cas et après échec d'un traitement médical bien conduit, les patients peuvent être éligibles à un traitement chirurgical. Les options chirurgicales actuelles sont nombreuses, avec une place importante des arthrodèses intersomatiques selon différentes modalités (ALIF, XLIF, OLIF, TLIF, PLIF), et des arthroplasties.³⁻⁵

Les discopathies dégénératives lombaires mono-niveaux, et plus particulièrement à la charnière lombo-sacrée entraînent une perte de hauteur et de lordose d'origine discale, responsable d'une perte de la répartition harmonieuse elliptique de la lordose lombaire avec compensation des niveaux sus-jacents en hyperlordose.⁶ Cette compensation accélère la dégénérescence de ceux-ci devant une augmentation des contraintes mécaniques, entraînant une perte de hauteur foraminale pouvant être responsable de radiculalgies.⁷

Les objectifs d'une arthrodèse intersomatique sont multiples. Le paramètre clé le plus étudié est bien-sûr la lordose qu'il convient de rétablir tant au niveau segmentaire (L5-S1 dans notre étude) qu'au niveau global (L1-S1). La restauration de l'équilibre sagittal et la décompression restent deux autres objectifs majeurs de ce type d'intervention.⁸⁻¹⁰

Les arthrodèses intersomatiques par voie antérieure rétropéritonéale (ALIF) et latérale (LLIF) sont les plus efficaces sur le gain de lordose selon des études récentes, tout en permettant de respecter la musculature postérieure.^{11,12}

Notre étude porte sur le niveau L5-S1, pour lequel la voie rétropéritonéale présente plusieurs avantages : la résection du ligament longitudinal antérieur et la mise en place d'un implant de morphologie en coin qui semble adaptée afin de redonner une lordose segmentaire cohérente, une bonne stabilité primaire ainsi qu'une grande surface de greffe avec des résultats de fusion satisfaisants.¹³⁻¹⁵

Le choix du niveau L5-S1 pour une chirurgie par voie antérieure en standalone nous semble donc particulièrement pertinent, s'agissant du niveau présentant le plus de lordose segmentaire¹⁶⁻¹⁸ (40% de la lordose globale) et de lordose discale, permettant théoriquement d'amorcer une lordose lombaire globale harmonieuse. Il s'agit également du niveau le plus accessible par cet abord antérieur grâce à une configuration vasculaire favorable dans la majorité des cas, la bifurcation aorto-iliaque étant généralement plus haut située.¹³

Les différents laboratoires proposent maintenant de nombreux types d'implants avec des lordoses, hauteurs et profondeurs très variées.

Notre étude s'intéresse aux modifications locales et régionales après ALIF L5-S1 en standalone pour discopathie dégénérative symptomatique mono-niveau.

L'objectif de cette étude est d'examiner différents paramètres radiologiques en post-opératoire d'un ALIF L5-S1 (lordose L4-S1, lordose segmentaire, lordose régionale L1-S1, LDI, hauteur foraminale). Nous rechercherons secondairement une corrélation avec les paramètres de l'implant utilisé ainsi que son positionnement. Le but *in fine* est de guider la planification de cette intervention.

Notre hypothèse principale est que l'ALIF L5-S1 permet de redonner une lordose distale L4-S1 proche de la cible théorique, et que la hauteur antérieure de l'implant est le principal paramètre influençant les résultats.

II- MATERIELS ET METHODES

A-Design de l'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle rétrospective radiologique réalisée au CHU de Poitiers, France, dans le service Orthopédie - Colonne Vertébrale.

B-Sélection des patients

Tout patient opéré d'une arthrodèse mono-niveau L5-S1 par voie rétropéritonéale sur une discopathie dégénérative entre le 1er janvier 2017 et le 1er janvier 2023 au CHU de Poitiers.

Les critères d'inclusion sont : un âge >18 ans, une indication chirurgicale pour discopathie dégénérative, réalisée par ALIF mono-niveau L5-S1.

Les critères de non-inclusion sont : une anomalie de transition de charnière L5-S1, présence d'un spondylolisthesis, une instrumentation rachidienne préexistante, la réalisation d'ALIF multi-niveaux, une arthrodèse en double temps, ou une indication à un traitement chirurgical sur plusieurs niveaux.

Les critères d'exclusion sont : une absence d'imagerie EOS préopératoire, postopératoire, ou dans le suivi.

Le recrutement des patients a été réalisé de manière rétrospective en utilisant les codages CCAM : LFCA005, LFFA010, LFPA001 du 1^{er} janvier 2017 au 1^{er} janvier 2023 sur Web100T®.

Code	Intitulé CCAM
LFCA005	Ostéosynthèse et/ou arthrodèse antérieure de la colonne vertébrale sans exploration du contenu canalaire, par laparotomie ou par lombotomie
LFFA010	Exérèse d'une hernie discale de la colonne vertébrale avec ostéosynthèse et/ou arthrodèse, par laparotomie ou par lombotomie
LFPA001	Ostéotomie antérieure ou discectomie totale pour déformation rigide de la colonne vertébrale, avec arthrodèse et correction instrumentale, sur 1 à 3 vertèbres, par laparotomie ou par lombotomie

Codages CCAM et leurs intitulés

C-Technique chirurgicale

Les arthrodèses intersomatiques par voie antérieure rétropéritonéale au niveau L5-S1 pour discopathie dégénérative ont toutes été réalisées par 4 chirurgiens séniors de l'Unité Rachis et du service Orthopédie - Colonne Vertébrale du CHU de Poitiers.

Les patients étaient installés en position Da Vinci (french position) sous anesthésie générale, avec positionnement du chirurgien entre les jambes.

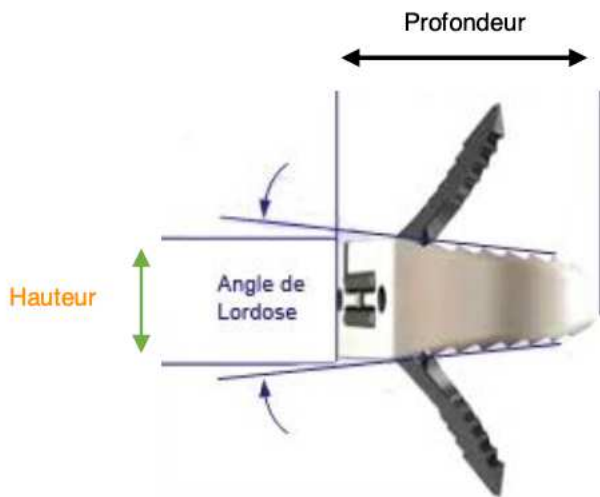
Un abord rétropéritonéal droit ou gauche était réalisé en passant par la gaine du rectus concerné en fonction des antécédents chirurgicaux du patient au niveau de l'abdomen, permettant une résection du ligament longitudinal antérieur, puis une discectomie complète.

Un distracteur intersomatique était mis en place pour ouvrir au maximum l'espace et un dilateur était inséré afin de rompre le ligament longitudinal postérieur.

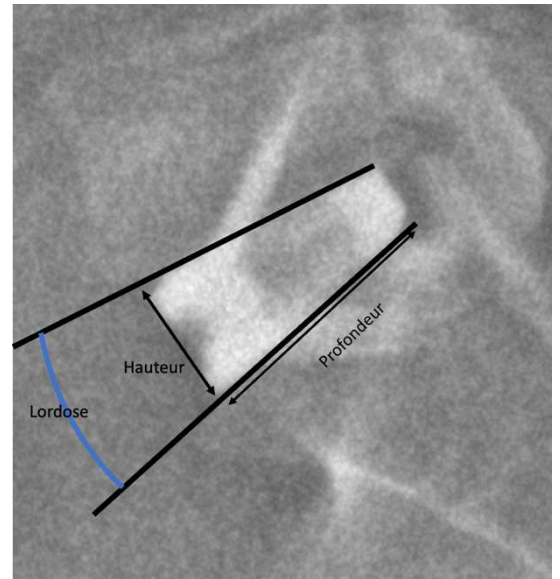
7 types d'implants ont été utilisés (tableau 1) :

- ROI-A® de la société LDR : cage en polyétheréthércétone (PEEK) avec fixation par ailettes,
- IDYS® de la société CLARIANCE : cage en PEEK avec fixation par plaque vissée antérieure
- IDYS 3DTI® de la société CLARIANCE : cage en titane avec fixation par plaque vissée antérieure
- IDYS ZP 3DTI® de la société CLARIANCE : cage en titane avec fixation par vis verrouillées dans l'implant
- STALIF M® de la société CENTINEL : cage en PEEK avec fixation par vis verrouillées dans l'implant
- IDYS TiVAC® de la société CLARIANCE : cage en PEEK avec revêtement titane et fixation par plaque vissée antérieure
- SCARLET AL-T® de la société SPINEART : cage en titane avec fixation par vis verrouillées dans l'implant.

La lordose et la hauteur de la cage étaient sélectionnées en tenant compte de la stabilité primaire de la cage en peropératoire (« press-fit »).



A



B

Iconographie 1 : **A** : paramètres de l'implant et **B** : correspondance de ces paramètres sur les clichés EOS de profil.

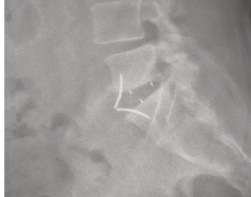
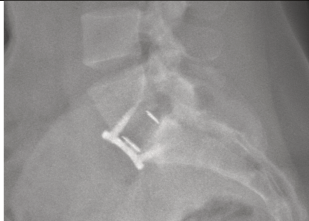
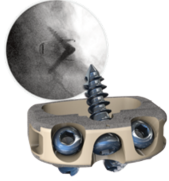
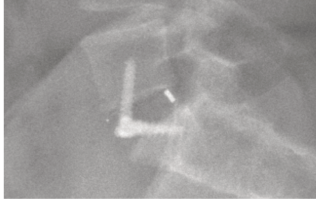
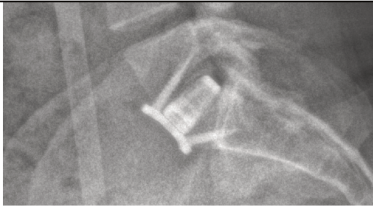
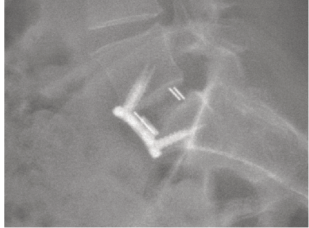
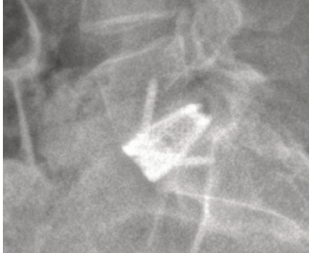
Modèle d'implant	Iconographie de l'implant	Iconographie radiographique
LDR ROI-A®		
CLARIANCE IDYS®		
CLARIANCE IDYS ZP 3DTi®		
CENTINEL STALIF M®		
CLARIANCE IDYS 3DTi®		
CLARIANCE IDYS TiVAC®		
SPINEART SCARLET AL-T®		

Tableau 1 : différents implants utilisés associés à l'iconographie fournie par le laboratoire, ainsi que le profil radiologique obtenu dans l'étude du service.

D-Méthode de recueil des données

Le recueil des données morphologiques au moment de la chirurgie (sexe, taille, poids, IMC, âge) a été réalisé dans le dossier patient sur le logiciel Télémaque®.

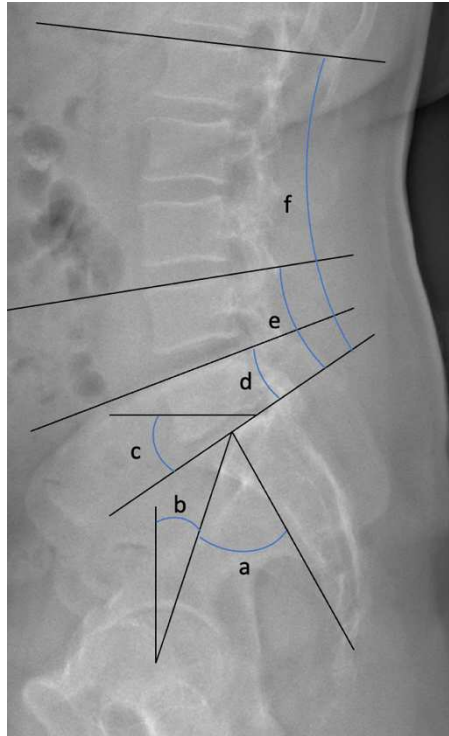
Le recueil des données des implants a été réalisé dans le dossier patient / dispositif médical implantable / compte-rendu opératoire, permettant de retrouver les données suivantes : marque, modèle, hauteur antérieure, lordose, profondeur.

Les mesures radiologiques ont été effectuées sur le logiciel sterEOS® : tous les patients ont bénéficié d'un EOS® préopératoire ainsi que d'un EOS® postopératoire entre 2 mois et 1 an après l'intervention.

- **Paramètres recueillis en préopératoire** : lordose L1-S1, lordose L4-S1, lordose L5-S1, SVA, incidence pelvienne, pente sacrée, version pelvienne, hauteur discale antérieure, hauteur discale postérieure, profondeur du plateau inférieur de L5, profondeur du plateau supérieur de S1, hauteur foraminale, lordose discale L5-S1
- **Paramètres recueillis en postopératoire** : délai de l'imagerie de contrôle par rapport à la date de la chirurgie, lordose L1-S1, lordose L4-S1, lordose L5-S1, SVA, incidence pelvienne, pente sacrée, version pelvienne, hauteur discale antérieure, hauteur discale postérieure, profondeur du plateau inférieur de L5, profondeur du plateau supérieur de S1, hauteur foraminale, distance bord antérieur plateau de L5-bord antérieur de la cage.

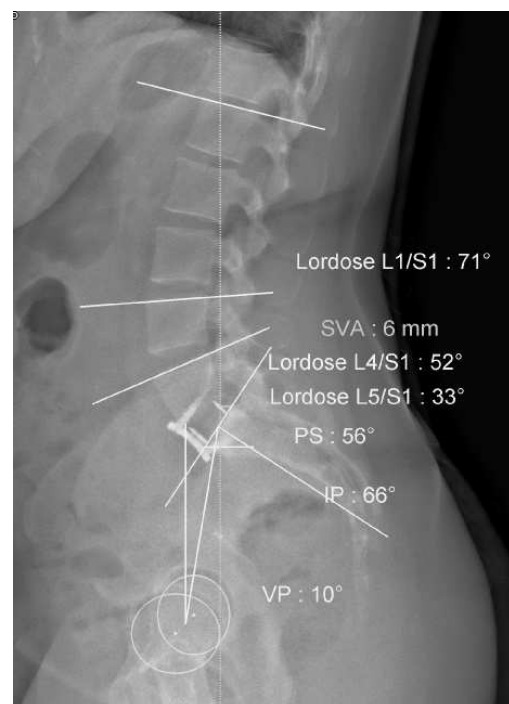
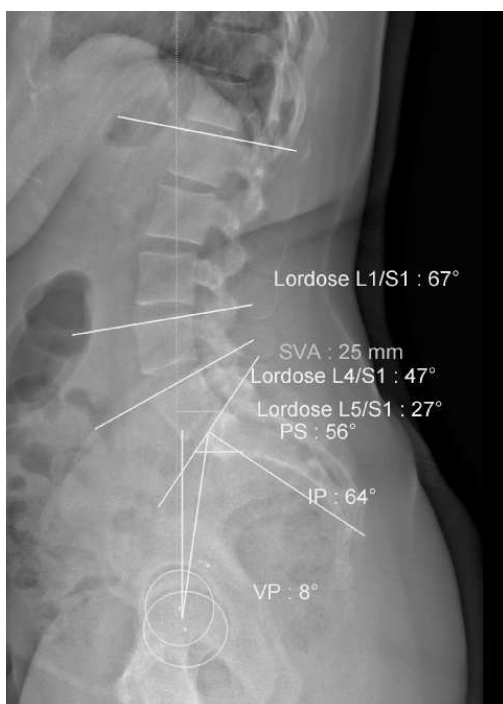
Description des mesures :

Lordose L1-S1 (en °)	Angle de Cobb entre la parallèle au plateau supérieur de la vertèbre L1 et au plateau supérieur de la vertèbre S1
Lordose L4-S1 (en °)	Angle de Cobb entre la parallèle au plateau supérieur de la vertèbre L4 et au plateau supérieur de la vertèbre S1
Lordose L5-S1 (en °)	Angle de Cobb entre la parallèle au plateau supérieur de la vertèbre L5 et au plateau supérieur de la vertèbre S1
Incidence pelvienne (IP) (en °)	Angle entre la ligne reliant le centre des têtes fémorales au milieu du plateau supérieur de la vertèbre S1 et la perpendiculaire au plateau supérieur de S1
Version pelvienne (VP) (en °)	Angle entre la verticale et la ligne reliant les têtes fémorales au milieu du plateau supérieur de la vertèbre S1.
Pente sacrée (PS) (en °)	Angle entre la parallèle au plateau supérieur de la vertèbre S1 et l'horizontale.
Hauteur discale antérieure (en mm)	Distance séparant le coin antérosupérieur du plateau de la vertèbre S1 et le coin antéroinférieur du plateau de la vertèbre L5.
Hauteur discale postérieure (en mm)	Distance séparant le coin postérosupérieur du plateau de la vertèbre S1 et le coin postéroinférieur du plateau de la vertèbre L5.
Profondeur du plateau inférieur de L5 (en mm)	Distance séparant le coin antéroinférieur du plateau de la vertèbre L5 au coin postéroinférieur
Profondeur du plateau supérieur de S1 (en mm)	Distance séparant le coin antérosupérieur du plateau de la vertèbre S1 au coin postérosupérieur.
Hauteur foraminale (en mm)	Distance entre le bord inférieur et supérieur du foramen vertébral.
Lordose discale L5-S1 (en °)	Angle de Cobb entre la parallèle au plateau inférieur de la vertèbre L5 et au plateau supérieur de la vertèbre S1
SVA (sagittal vertical axis) (en mm)	Distance entre l'axe vertical passant par le centre de la vertèbre C7 et le coin postérosupérieur du plateau de S1



Iconographie 2 : représentation des paramètres pelviens et des mesures des lordoses sur les clichés EOS® de profil

a : incidence pelvienne (IP), b : version pelvienne (VP), c : pente sacrée (PS), d : lordose L5-S1, e : lordose L4-S1, f : lordose L1-S1.



Iconographie 3 : exemple de données préopératoires et postopératoires fournies lors de l'utilisation du logiciel sterEOS®.

Les formules suivantes ont été utilisées pour déterminer les cibles théoriques de lordose pour chaque patient en se basant sur l'incidence pelvienne préopératoire.

Lordose théorique L1-S1 = $0,54 \times IP + 32,56$ (Pr Gille O, PhD Thesis, ENSAM, Paris, 2006)¹⁹

Lordose théorique L4-S1 = $0,66 \times \text{Lordose L1-S1}$ ²⁰

Lordose théorique L5-S1 = $0,4 \times \text{Lordose L1-S1}$ ¹⁶

LDI (Lordosis Distribution Index) = $\text{Lordose L4-S1} / \text{Lordose L1-S1}$ ^{21,22}

Les « taux de couverture » correspondent à l'encombrement intervertébral de l'implant dans le plan antéropostérieur et seront évalués dans les calculs de corrélation en tant que paramètres de positionnement.

Taux de couverture = $\text{profondeur de l'implant (en mm)} / \text{profondeur du plateau de L5 (en mm)}$

Taux de couverture corrigé par l'enfoncement de la cage = $(\text{profondeur cage} + \text{distance cage au mur antérieur de L5}) / \text{profondeur du plateau de L5 (en mm)}$

E- Analyse statistique

Les données ont été exprimées en moyennes $\pm$ écarts-types, ou en nombres (pourcentages).

Les analyses statistiques des comparaisons des résultats préopératoires et postopératoires ainsi que des résultats aux cibles théoriques ont été réalisées par des test de Wilcoxon appariés permettant de renforcer la sensibilité des tests.

La force de corrélation a été évaluée par des corrélations ρ de Pearson.

Les données quantitatives ont été comparées à l'aide des tests de Kruskal-Wallis, t de Student, et Fischer exact test dans les analyses en sous-groupes.

La signification statistique a été fixée à $p < 0,05$

L'étude a été réalisée en complete case analysis.

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R® version 4.3.2 pour Windows.

III- RESULTATS

A-Description de la population de l'étude

Sur 407 patients sélectionnés grâce aux critères de codage CCAM entre le 1^{er} janvier 2017 et le 1^{er} janvier 2023 au CHU de Poitiers, 137 patients avaient été opérés d'un ALIF L5-S1 correspondant aux critères d'inclusion et de non-inclusion.

Parmi ces 137 patients, 68 présentaient des données EOS® manquantes et ont donc été exclus. 69 patients ont été inclus pour analyse.

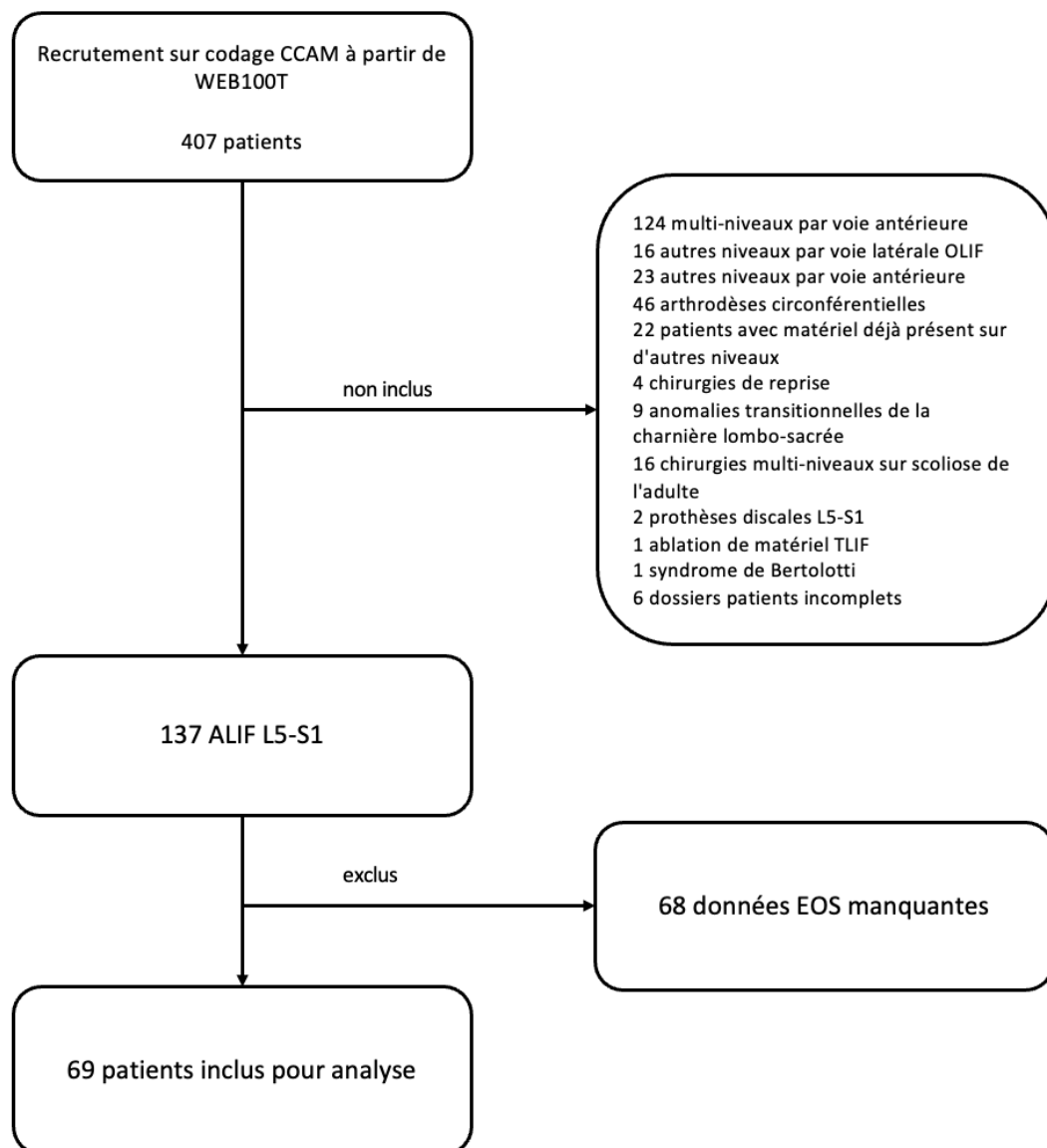


Figure 1 : Flowchart

B- Caractéristiques des patients et du matériel

Les 69 patients analysés étaient âgés en moyenne de 46,7 ans (29-75 ans), 46 femmes / 23 hommes avec un IMC moyen de 27,9 (18,8-37,8 kg/m²).

La hauteur antérieure des implants était en moyenne de 14,42 mm (12-18 mm), la lordose des implants était en moyenne de 14,55° (10-20°) et la profondeur était en moyenne de 28,38 mm (26-34mm).

Les implants utilisés chez les femmes étaient en moyenne de 14,52° de lordose, de 13,96 mm de hauteur et de 28,02 mm de profondeur.

Les implants utilisés chez les hommes étaient en moyenne de 14,61° de lordose, de 15,35mm de hauteur antérieure et de 29,09 mm de profondeur.

Tableau données démographiques	
Age (années)	46,7 ± 9,1
Sexe	46 F / 23 M
Taille (cm)	169,3 ± 8,6
Poids (kg)	80,2 ± 15,1
IMC (kg/m ²)	27,9 ± 4,6
Implants :	
LDR Roi A®	3
CLARIANCE IDYS®	49
CLARIANCE IDYS 3DTi®	1
CLARIANCE IDYS ZP 3DTi®	4
CLARIANCE IDYS TiVAC®	3
SPINEART SCARLET AL-T®	7
CENTINEL STALIF M®	2
Hauteur antérieure moyenne (mm)	14,42 ± 1,4
Lordose implant moyenne (°)	14,55 ± 2,2
Profondeur implant moyenne (mm)	28,38 ± 2,0

Tableau 2 : caractéristiques des patients et paramètres du matériel

Données exprimées en moyennes ± écarts-types

C-Résultats postopératoires

Il est retrouvé une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'incidence pelvienne de $3,51^\circ \pm 3,86$, de la pente sacrée de $4,06^\circ \pm 5,00$ de la hauteur discale antérieure de $8,71\text{mm} \pm 3,33$, de la hauteur discale postérieure de $4,15\text{mm} \pm 2,06$, de la hauteur foraminale de $3,25\text{mm} \pm 2,07$, de la lordose L1-S1 de $4,67^\circ \pm 6,47$, de la lordose L4-S1 de $7,10^\circ \pm 5,97$, de la lordose L5-S1 de $9,01^\circ \pm 5,58$ et du LDI de $8\% \pm 6,9$.

	Mesures préopératoires	Mesures postopératoires	p-value
Incidence pelvienne (°)	47.46 ± 9.71	50.97 ± 10.81	$<0,05$
Version pelvienne (°)	11.72 ± 6.18	11.06 ± 6.81	0,082
Pente sacrée (°)	35.72 ± 7.91	39.78 ± 8.59	$<0,05$
SVA (mm)	23.96 ± 28.06	20.61 ± 26.91	0,215
ADH (mm)	7.1 ± 2.74	15.81 ± 1.99	$<0,05$
PDH (mm)	2.61 ± 1.32	6.76 ± 1.93	$<0,05$
Hauteur foraminale (mm)	13.8 ± 2.1	17.04 ± 2.51	$<0,05$
Lordose L1-S1 (°)	50.2 ± 10.22	54.87 ± 11.11	$<0,05$
Lordose L4-S1 (°)	31.01 ± 6.71	38.12 ± 6.29	$<0,05$
Lordose L5-S1 (°)	16.93 ± 5.15	25.94 ± 5.2	$<0,05$
L5-S1/L1-S1	0.34 ± 0.12	0.49 ± 0.11	$<0,05$
LDI (%)	63 ± 12	71 ± 12	$<0,05$
Sous-groupe LDI			
<50 %	6	2	
50-80 %	56	54	
>80 %	7	13	

Tableau 3 : tableau des résultats préopératoires et postopératoires

Données exprimées en moyennes $\pm$ écarts-types ou en effectifs

Test de Wilcoxon apparié.

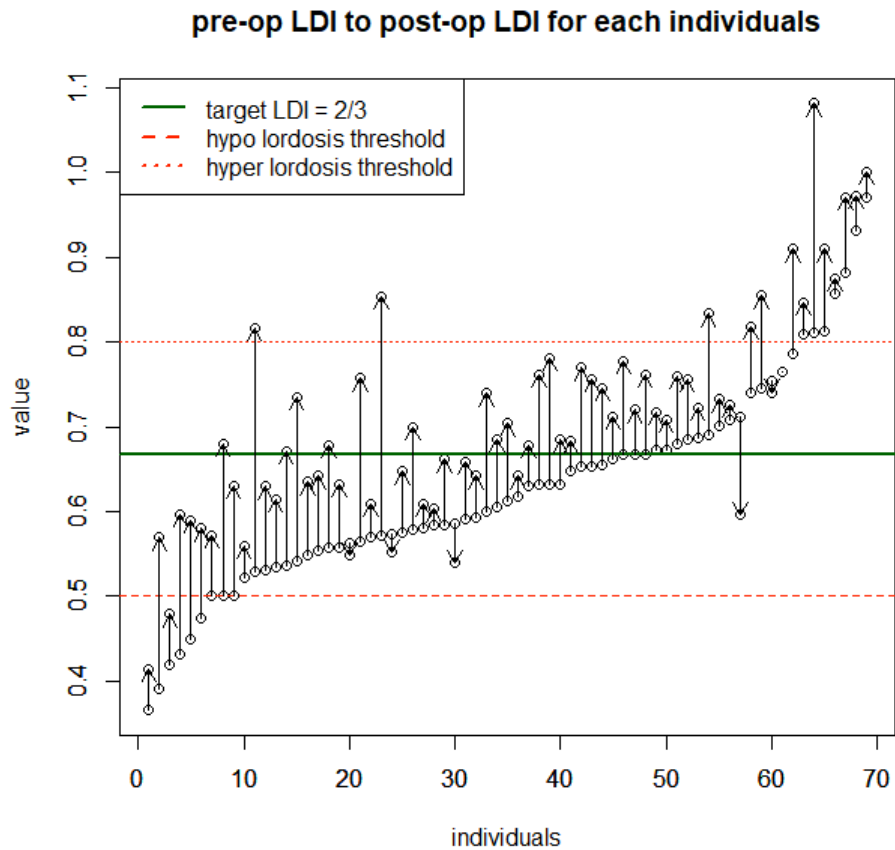


Figure 2 : modifications du LDI par patient entre le préopératoire et le postopératoire

Un LDI <50% correspond à un défaut d'alignement avec une hypo-lordose du segment caudal.

Un LDI compris entre 50 et 80% est considéré comme un alignement satisfaisant.

Un LDI >80% correspond à un défaut d'alignement avec une hyper-lordose du segment caudal.

Ces résultats montrent une augmentation du LDI en postopératoire avec une augmentation de la lordose caudale pouvant entrainer chez certains patients (+6 patients) une hyper-lordose du segment L4-S1 par rapport au segment crânial L1-L4. (tableau 3 et figure 2)

D-Valeurs théoriques

Lordose théorique L1-S1	$58,2^{\circ} \pm 5,2$
Différentiel L1-S1 préopératoire – théorique	$-8^{\circ} \pm 8,7$
Différentiel L1-S1 postopératoire – théorique	$-3,32^{\circ} \pm 9,5$

Lordose théorique L4-S1	$38,8^{\circ} \pm 3,5$
Différentiel L4-S1 préopératoire – théorique	$-7,8^{\circ} \pm 7$
Différentiel L4-S1 postopératoire – théorique	$-0,7^{\circ} \pm 6,5$

Lordose théorique L5-S1	$23,3^{\circ} \pm 2,1$
Différentiel L5-S1 préopératoire – théorique	$-6,35^{\circ} \pm 5,7$
Différentiel L5-S1 postopératoire – théorique	$2,67^{\circ} \pm 5,6$

Tableau 4 : lordoses théoriques cibles et différentiels avec le préopératoire ou le postopératoire pour L1-S1, L4-S1 et L5-S1.

Données exprimées en moyennes $\pm$ écarts-types.

L'hypothèse principale a été testée à l'aide de tests de Wilcoxon appariés et de la distribution des valeurs, ce qui permet de dire que la médiane de lordose L5-S1 postopératoire est supérieure à la lordose cible théorique ($p = 0.00027$), la médiane de lordose L4-S1 postopératoire n'est pas statistiquement différente de la lordose cible théorique ($p = 0.7378$), et la médiane de lordose L1-S1 postopératoire est inférieure à la lordose cible théorique ($p = 0.0176$).

Ces résultats permettent de confirmer l'atteinte de la cible théorique de lordose L4-S1 en postopératoire. (figure 4)

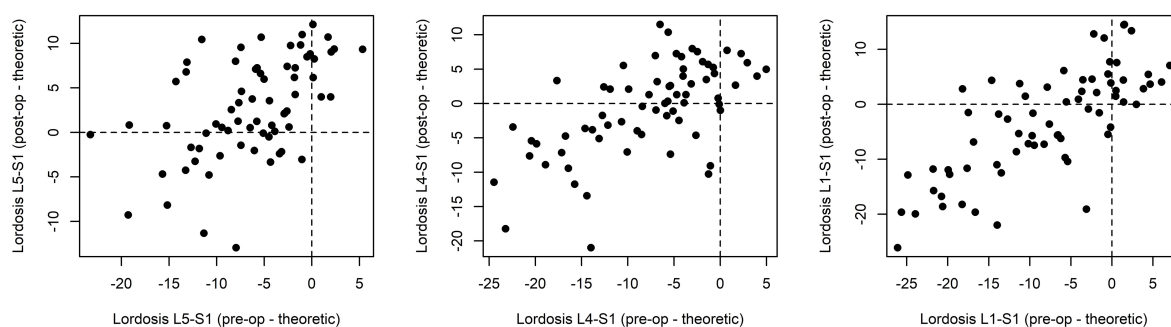


Figure 3 : nuages de points mettant en rapport pour chaque patient le différentiel de lordose préopératoire-théorique et postopératoire-théorique pour les niveaux étudiés.

La figure 3 permet de mettre en valeur la correction des différentiels avec la cible, avec une augmentation entre le préopératoire et le postopératoire.

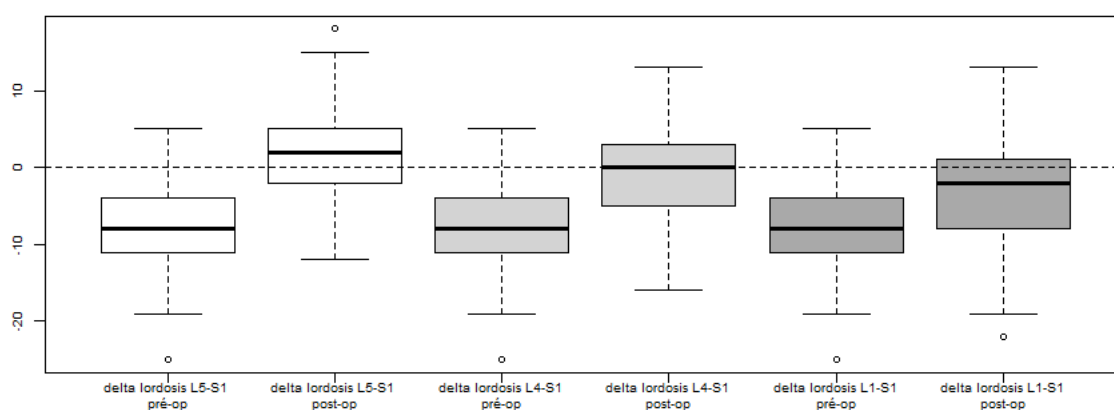


Figure 4 : box-plots des différentiels préopératoires-théoriques et postopératoires-théoriques pour les niveaux étudiés.

La figure 4 permet de mettre en valeur la correction obtenue, et la diminution de son rendement avec l'augmentation des niveaux étudiés.

E-Corrélations entre les paramètres de l'implant, son positionnement et les résultats postopératoires

Des tests de corrélation ont été effectués entre les paramètres de l'implant (hauteur antérieure, lordose et profondeur), les paramètres de positionnement (taux de couverture, taux de couverture corrigé et enfoncement par rapport au bord antérieur de L5) ; et les lordoses

postopératoires (L1-S1, L4-S1, L5-S1), le LDI postopératoire, la hauteur foraminale postopératoire, et leurs différentiels postopératoires – préopératoires.

Les tests de Pearson ont permis de mettre en évidence 4 corrélations statistiquement significatives :

- **Hauteur antérieure de l'implant et différentiel postopératoire-préopératoire de lordose L4-S1 :**

IC [0.028 ; 0.470] $p : 0.0290$. $\rho : 0.2629$.

Ce qui signifie que dans notre population plus la hauteur antérieure de l'implant augmentait, plus le différentiel postopératoire - préopératoire de la lordose L4-S1 augmentait.

- **Hauteur antérieure de l'implant et hauteur foraminale postopératoire :**

IC : [0.084 ; 0.513] $p : 0.0085$. $\rho : 0.3145$

Ce qui signifie que dans notre population plus la hauteur antérieure de l'implant augmentait, plus la hauteur foraminale postopératoire augmentait.

- **Hauteur antérieure de l'implant et différentiel postopératoire-préopératoire du LDI :**

IC : [0.09 ; 0.517] $p : 0.0074$ $\rho : 0.3198$

Ce qui signifie que dans notre population plus la hauteur antérieure de l'implant augmentait, plus le différentiel du LDI postopératoire - préopératoire augmentait.

- **Taux de couverture corrigé et différentiel postopératoire-préopératoire de hauteur foraminale :**

IC : [0.068 ; 0.501] $p : 0.0122$. $\rho : 0.3003$

Ce qui signifie que dans notre population plus l'enfoncement de la cage et la profondeur de l'implant augmentaient, plus le différentiel postopératoire - préopératoire de la hauteur foraminale augmentait.

Les autres tests de corrélation réalisés sur les paramètres décrits dans ce paragraphe n'étaient pas statistiquement significatifs.

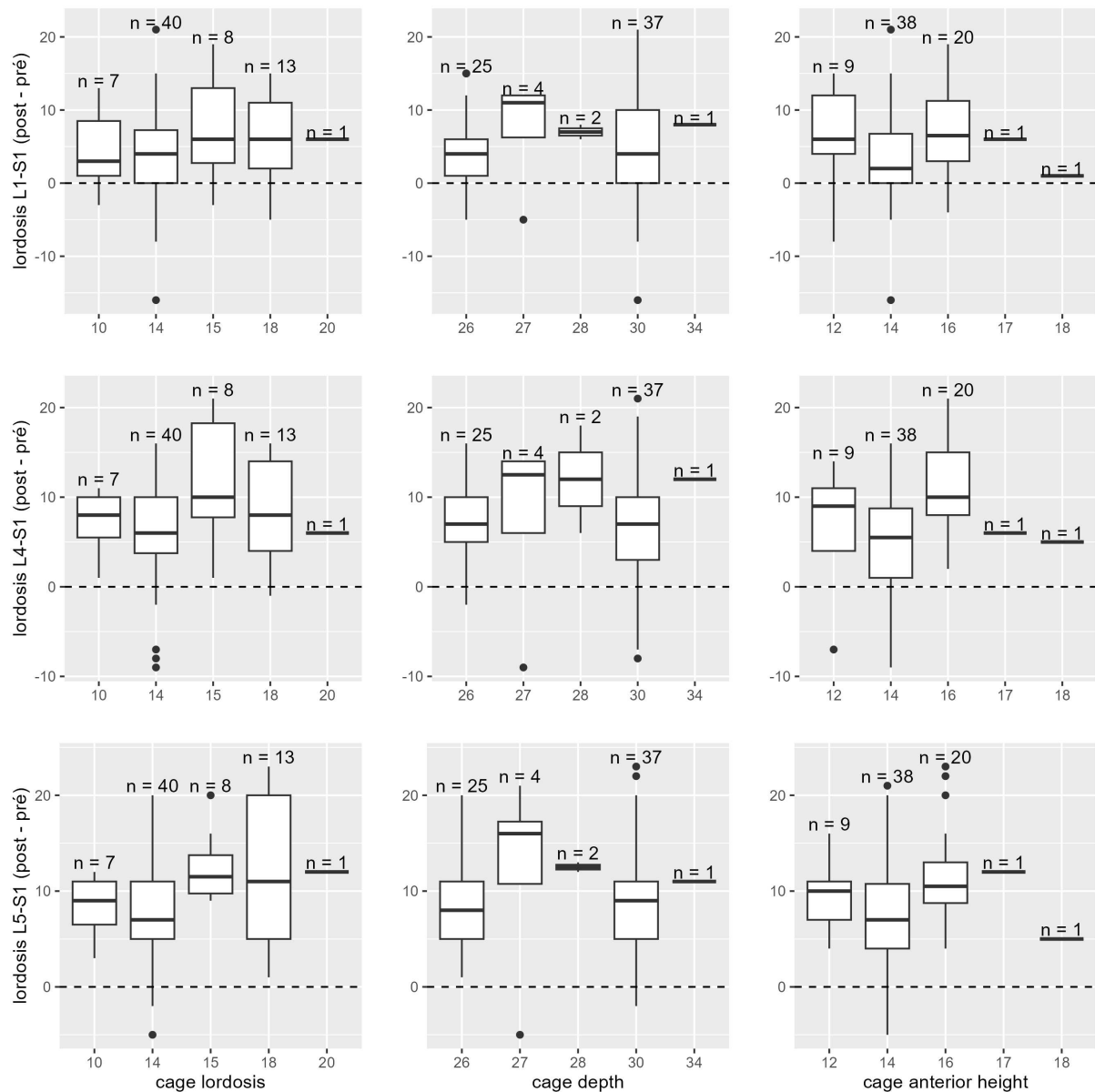


Figure 5 : box-plots des paramètres des implants mis en corrélation avec les différentiels postopératoires-préopératoires de lordose aux différents niveaux étudiés.

Sur les résultats exprimés dans cette figure, seule la hauteur antérieure de la cage est corrélée au delta L4-S1. IC : [0.028 ; 0.470] p : 0.0290. ρ : 0.2629.

Des tests de corrélation ont ensuite été effectués entre les différentiels postopératoires-théoriques de lordose L1-S1, L4-S1 et L5-S1 et les paramètres de l'implant (lordose, hauteur antérieure, profondeur), ainsi que son positionnement (taux de couverture, taux de couverture corrigé et enfoncement par rapport au bord antérieur de L5).

Aucune corrélation statistiquement significative n'a pu être mise en évidence. (figure 6)

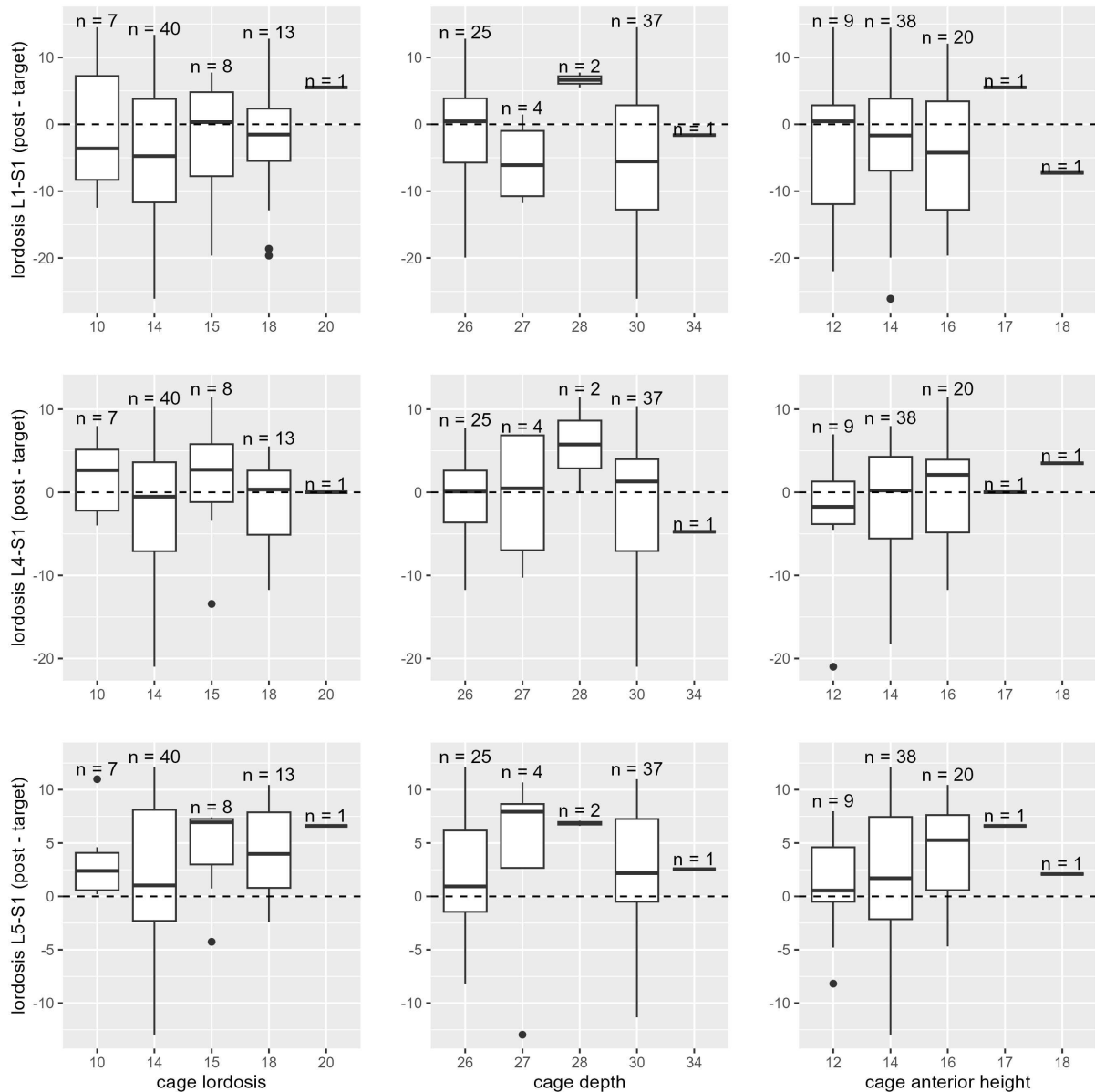


Figure 6 : box-plots paramètres des implants mis en corrélation avec les différentiels postopératoires-théoriques de lordose aux différents niveaux.

F- Analyse de la corrélation entre la hauteur antérieure de l'implant et les résultats en sous-groupes

Incidence pelvienne / hauteur cage	Hauteur 12	Hauteur 14	Hauteur 16	Hauteur 17	Hauteur 18
<45°	5	12	7	0	0
45°-60°	3	21	11	1	1
>60°	1	5	2	0	0

Sexe / hauteur cage	Hauteur 12	Hauteur 14	Hauteur 16	Hauteur 17	Hauteur 18
F	9	29	8	0	0
M	0	9	12	1	1

Tableau 5 : effectifs selon hauteur antérieure de la cage, sous-groupes selon le sexe et l'incidence pelvienne

Données exprimées en nombres

Lordose L4-S1 postopératoire-théorique	Hauteur 12	Hauteur 14	Hauteur 16	Hauteur 17	Hauteur 18	P value
Sous-groupes selon le sexe						
Homme	/	-1,82 ± 8,5	0,21 ± 6,6	0*	3,5*	0,56
Femme	-2,5 ± 8,0	-0,59 ± 6,1	0,4 ± 6,2	/	/	0,85
Sous-groupes selon l'IP						
IP <45°	-0,84 ± 4,6	4,20 ± 3,2	-0,24 ± 6,5	/	/	0,086
IP : 45-60°	0,89 ± 4,3	-3,73 ± 6,3	0,89 ± 6,7	0*	3,49*	0,13
IP > 60°	-21*	-1,15 ± 8,1	-0,89 ± 6,0	/	/	0,97

Lordose L4-S1 postopératoire-préopératoire	Hauteur 12	Hauteur 14	Hauteur 16	Hauteur 17	Hauteur 18	P value
Sous-groupes selon le sexe						
Homme	/	6,44 ± 3,0	9,83 ± 5,2	6*	5*	0,07
Femme	6,89 ± 6,2	4,79 ± 6,2	12,75 ± 5,3	/	/	0,010
Sous-groupes selon l'IP						
IP <45°	8,6 ± 4,4	6,67 ± 4,4	6,57 ± 3,7	/	/	0,66
IP : 45-60°	8,67 ± 2,5	3,76 ± 5,7	13,18 ± 3,8	6*	5*	<0,001
IP > 60°	-7*	7,6 ± 7,1	14,5 ± 9,2	/	/	0,47

Tableau 6 : résultats des analyses selon la hauteur antérieure de l'implant en sous-groupe sexe et incidence pelvienne.

*donnée unique (exclue pour test statistique).

/ : pas de données disponibles car effectif nul.

Résultats exprimés en moyennes ± écarts-types, Test de Kruskal-Wallis et t de Student.

1- Sous-groupes Hommes/Femmes

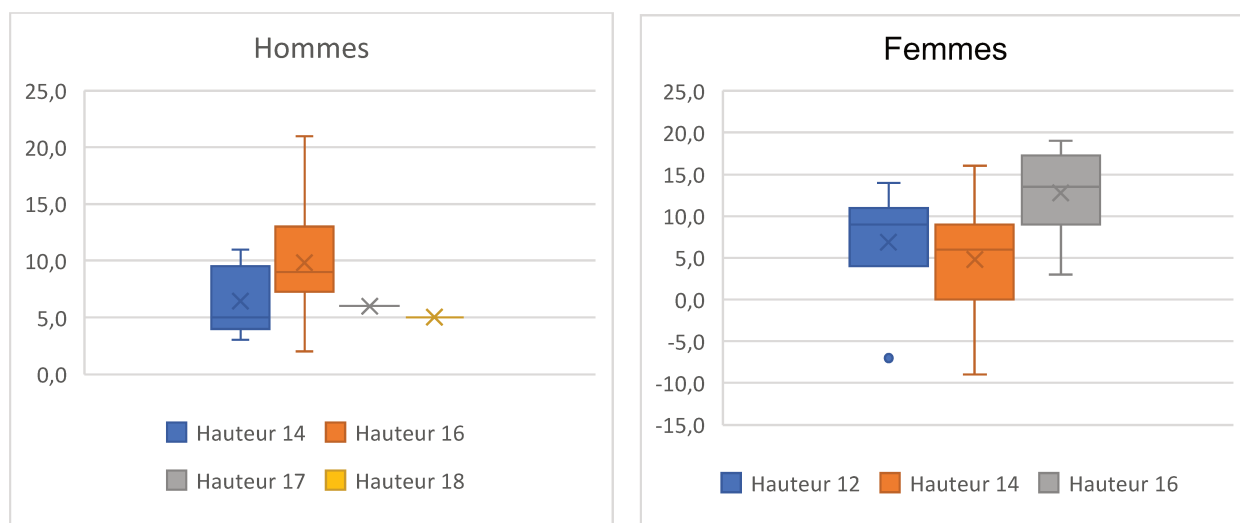


Figure 7 : différentiel de lordose L4-S1 postopératoire-préopératoire selon la hauteur antérieure de la cage, en sous-groupe Hommes/Femmes (tableau 6).

Il est retrouvé une plus grande correction obtenue chez les hommes avec une hauteur 16 mais non statistiquement significative ($p = 0,07$) et une plus grande correction obtenue avec des cages de hauteur 16 chez les femmes ($p = 0,01$)

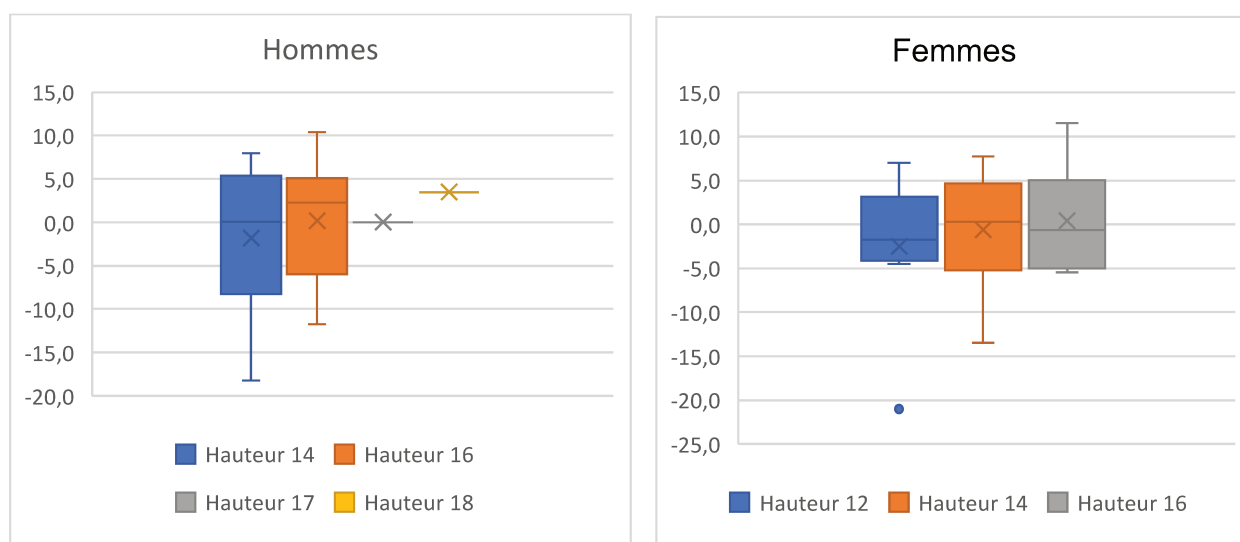


Figure 8 : différentiel de lordose L4-S1 postopératoire-théorique selon la hauteur antérieure de la cage, en sous-groupe Hommes/Femmes (tableau 6).

La cible théorique est atteinte en moyenne avec une hauteur 16 chez les hommes mais sans valeur significative ($p = 0,56$) et une hauteur 14 ou 16 chez les femmes mais sans valeur significative ($p = 0,85$)

2- Sous-groupes d'incidence pelvienne

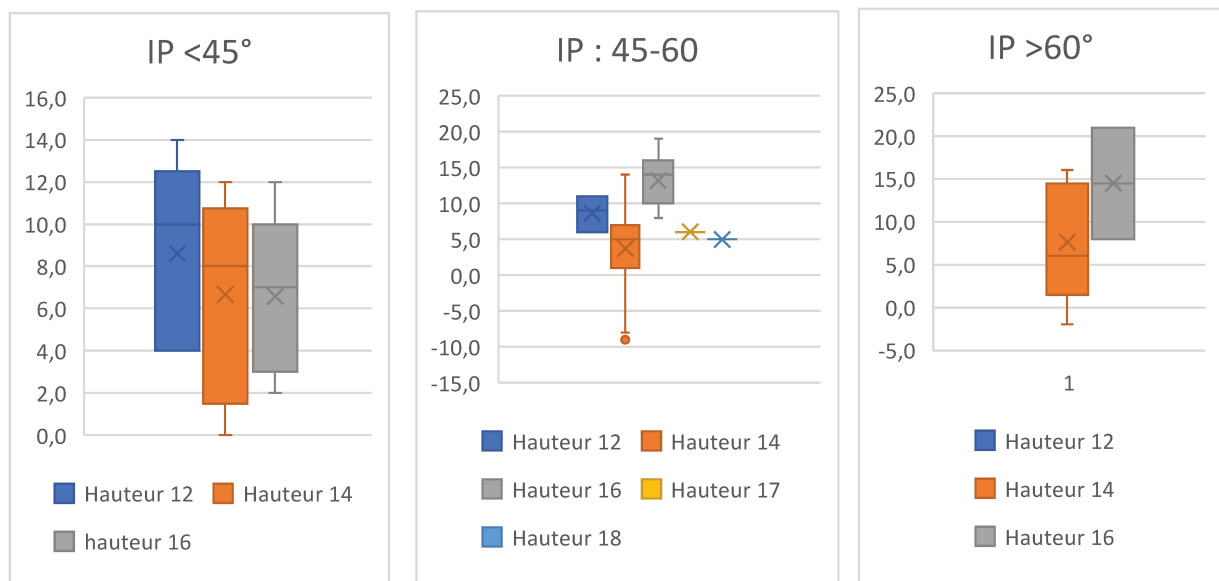


Figure 9 : Différentiel de lordose L4-S1 postopératoire-préopératoire selon la hauteur antérieure de la cage, en sous-groupe d'incidence pelvienne (tableau 6).

Dans le sous-groupe IP 45-60°, la hauteur 16mm permettait une plus grande correction de lordose L4-S1 ($p < 0,001$).

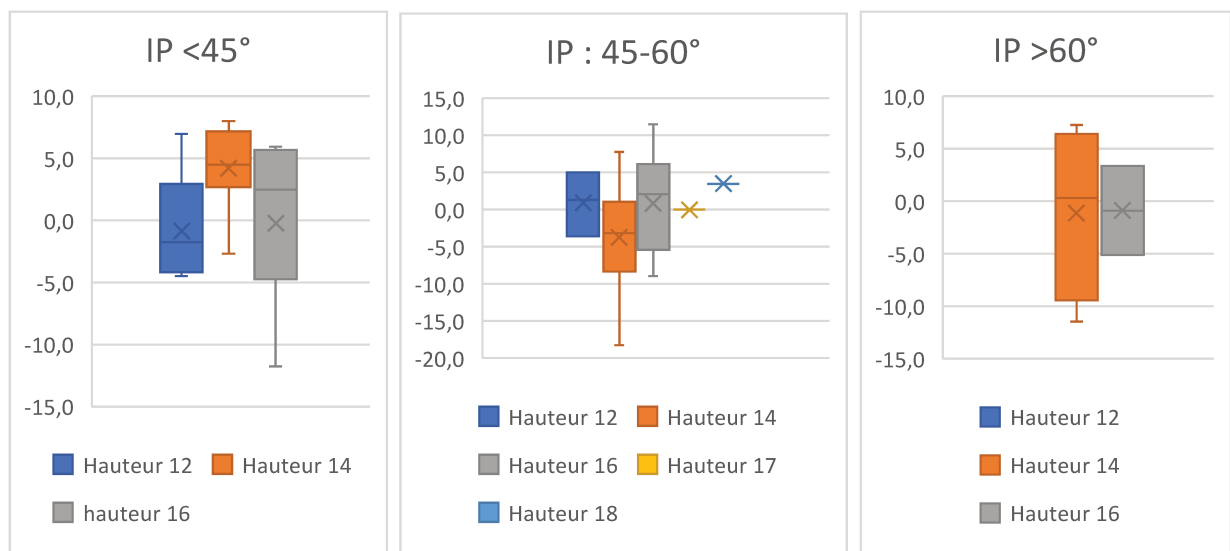


Figure 10 : Différentiel de lordose L4-S1 postopératoire-théorique selon la hauteur antérieure de la cage, en sous-groupe d'incidence pelvienne (tableau 6).

Aucune différence statistiquement significative

G-Analyse des résultats postopératoires en sous-groupes d'incidence pelvienne

L'incidence pelvienne était en moyenne de $47.46^{\circ} \pm 9.71$ en préopératoire. (tableau 3)

Les patients ont été classés en 3 catégories d'incidence pelvienne préopératoire : IP $<45^{\circ}$: 24 patients, IP : $45-60^{\circ}$: 37 patients et IP $>60^{\circ}$: 8 patients.

Les groupes sont comparables sur les caractéristiques patients et matériel (tableau 7).

Il a été retrouvé des différences significatives ($p < 0,05$) entre les sous-groupes selon les mesures préopératoires et postopératoires suivantes : lordose L1-S1, incidence pelvienne, version pelvienne, pente sacrée, LDI, ratio L5-S1/L1-S1 (tableau 8).

L'incidence pelvienne est le seul différentiel postopératoire - préopératoires statistiquement significatif montrant une différence entre les sous-groupes. (tableau 9).

Les différentiels postopératoires - théoriques suivants étaient statistiquement significatifs : L4-S1 et L5-S1 (tableau 8).

Il est retrouvé une corrélation inverse entre l'incidence pelvienne préopératoire et le LDI postopératoire (figure 11) :

$p\text{-value} < 0.001$ $\rho : -0.435$ Intervalle de confiance à 95% $[-0.609 ; -0.221]$.

Ce qui signifie que dans notre population plus l'incidence pelvienne préopératoire du patient augmente, plus le LDI postopératoire diminue.

Sous-groupes d'incidence pelvienne	<45°	45°-60°	>60°	Total	p-value
Paramètres patients					
Femmes	16 (66.67)	23 (62.16)	7 (87.5)	46 (66.67)	0.44278
Hommes	8 (33.33)	14 (37.84)	1 (12.5)	23 (33.33)	0.44278
Poids	81.62 ± 17.91	80.11 ± 14.17	76.25 ± 11.61	80.19 ± 15.2	0.74824
Taille	169.5 ± 9.33	169.38 ± 8.86	168.88 ± 6.15	169.36 ± 8.66	0.98921
IMC	28.31 ± 5.42	27.91 ± 4.39	26.64 ± 3.26	27.9 ± 4.64	0.76067
Age à la chirurgie	45.04 ± 7.94	48.57 ± 9.48	43.25 ± 10.5	46.72 ± 9.19	0.21059
Paramètres implants					
IDYS	18 (75)	26 (70.27)	5 (62.5)	49 (71.01)	0.27536
IDYS 3DTi	0 (0)	0 (0)	1 (12.5)	1 (1.45)	0.27536
IDYS TiVac	2 (8.33)	0 (0)	1 (12.5)	3 (4.35)	0.27536
IDYS ZP 3DTI	2 (8.33)	2 (5.41)	0 (0)	4 (5.8)	0.27536
ROI-A	1 (4.17)	2 (5.41)	0 (0)	3 (4.35)	0.27536
SCARLET AL-T	1 (4.17)	5 (13.51)	1 (12.5)	7 (10.14)	0.27536
STALIF M	0 (0)	2 (5.41)	0 (0)	2 (2.9)	0.27536
Profondeur de l'implant	28.92 ± 2.1	28.11 ± 1.93	28 ± 2.14	28.38 ± 2.02	0.28288
Hauteur antérieure de l'implant	14.17 ± 1.43	14.62 ± 1.36	14.25 ± 1.28	14.42 ± 1.38	0.49645
Lordose de l'implant	14.21 ± 2.5	14.54 ± 2.1	15.62 ± 2	14.55 ± 2.25	0.27707
Paramètres vertébraux					
Profondeur plateau inférieur L5	33.42 ± 2.36	33.19 ± 3.52	32 ± 3.07	33.13 ± 3.1	0.4067
Profondeur plateau supérieur S1	33.12 ± 3.66	33.59 ± 3.41	31.75 ± 2.43	33.22 ± 3.41	0.41176
Lordose discale L5 S1	6.12 ± 4.48	7.38 ± 5.41	6.38 ± 4.96	6.83 ± 5.02	0.41234
Positionnement de l'implant					
Enfoncement de l'implant au bord antérieur de L5	-4.25 ± 1.78	-3.05 ± 3.23	-4.38 ± 1.77	-3.62 ± 2.7	0.2709
Taux de couverture	0.88 ± 0.08	0.86 ± 0.07	0.88 ± 0.1	0.87 ± 0.08	0.37986
Taux de couverture corrigé	0.75 ± 0.08	0.76 ± 0.11	0.74 ± 0.1	0.76 ± 0.1	0.93831

Tableau 7 : Tableau des caractéristiques patients, matériel et positionnement du matériel pour analyse en sous-groupes d'incidence pelvienne.

Résultats exprimés en nombres (pourcentages) ou en moyennes ± écarts-types.

Test statistique de Kruskal-Wallis et Fischer exact

Sous-groupes d'incidence pelvienne	<45°	45°-60°	>60°	Total	p-value
Mesures préopératoires					
Lordose L1 S1	44.54 ± 8.26	51.57 ± 9.63	60.88 ± 7.95	50.2 ± 10.22	0.00022*
Lordose L5 S1	17.29 ± 4.09	16.7 ± 5.71	16.88 ± 5.84	16.93 ± 5.15	0.95983
Lordose L4 S1	29.92 ± 5.55	31.08 ± 7.08	34 ± 8	31.01 ± 6.71	0.29882
SVA	18.5 ± 24.15	27.78 ± 30.1	22.62 ± 29.86	23.96 ± 28.06	0.30255
IP	37.21 ± 4.39	50.35 ± 4.1	64.88 ± 3.83	47.46 ± 9.71	<0.0001*
VP	8.17 ± 5.1	12.7 ± 5.45	17.88 ± 6.4	11.72 ± 6.18	0.00043*
PS	28.96 ± 5.17	37.65 ± 5.54	47.12 ± 6.1	35.72 ± 7.91	<0.0001*
ADH	7 ± 2.77	7.08 ± 2.99	7.5 ± 1.31	7.1 ± 2.74	0.96435
PDH	2.5 ± 1.29	2.54 ± 1.32	3.25 ± 1.39	2.61 ± 1.32	0.31362
Hauteur foraminale	13.71 ± 1.9	13.54 ± 2.18	15.25 ± 1.98	13.8 ± 2.1	0.19204
Ratio L5.S1 L1.S1	0.4 ± 0.11	0.32 ± 0.12	0.27 ± 0.08	0.34 ± 0.12	0.00636*
LDI	0.68 ± 0.14	0.61 ± 0.1	0.55 ± 0.08	0.63 ± 0.12	0.01175*
Mesures postopératoires					
Lordose L1 S1	49.12 ± 9.22	55.81 ± 10.21	67.75 ± 8.71	54.87 ± 11.11	0.00026*
Lordose L5 S1	26.42 ± 4.37	25.3 ± 5.67	27.5 ± 5.42	25.94 ± 5.2	0.50058
Lordose L4 S1	36.96 ± 5.13	38.14 ± 6.32	41.5 ± 8.67	38.12 ± 6.29	0.31752
SVA	13.88 ± 26.21	22.35 ± 26.63	32.75 ± 28.14	20.61 ± 26.91	0.30348
IP	41.25 ± 5.12	52.65 ± 5.28	72.38 ± 6.61	50.97 ± 10.81	<0.0001*
VP	7.71 ± 6.56	11.54 ± 5.14	18.88 ± 8.03	11.06 ± 6.81	0.00082*
PS	33.33 ± 5.9	41.05 ± 6.26	53.25 ± 6.52	39.78 ± 8.59	<0.0001*
ADH	15.42 ± 1.82	15.95 ± 1.86	16.38 ± 3.02	15.81 ± 1.99	0.63619
PDH	6.62 ± 1.86	6.72 ± 2.08	7.38 ± 1.51	6.76 ± 1.93	0.60422
Hauteur foraminale	16.67 ± 2.48	16.92 ± 2.63	18.75 ± 1.16	17.04 ± 2.51	0.07416
Ratio post-op L5-S1/ L1-S1	0.55 ± 0.1	0.46 ± 0.1	0.41 ± 0.08	0.49 ± 0.11	0.00238*
LDI	0.77 ± 0.13	0.69 ± 0.11	0.61 ± 0.09	0.71 ± 0.12	0.00402*
Groupes LDI postopératoire					
<0.80	16 (66.67)	32 (86.49)	8 (100)	56 (81.16)	0.06697
>0.80	8 (33.33)	5 (13.51)	0 (0)	13 (18.84)	0.06697
Valeurs cibles théoriques					
Lordose L5 S1 cible	21.06 ± 0.95	23.9 ± 0.89	27.04 ± 0.83	23.28 ± 2.1	<0.0001*
Lordose L4 S1 cible	35.1 ± 1.58	39.83 ± 1.48	45.06 ± 1.38	38.79 ± 3.5	<0.0001*
Lordose L1 S1 cible	52.65 ± 2.37	59.75 ± 2.22	67.59 ± 2.07	58.19 ± 5.24	<0.0001*
Delta L1 S1 postopératoire - théorique	-3.53 ± 8.85	-3.94 ± 10.07	0.16 ± 9.88	-3.32 ± 9.59	0.53617
Delta L4 S1 postopératoire - théorique	1.86 ± 5.03	-1.7 ± 6.42	-3.56 ± 9.6	-0.68 ± 6.61	0.0492*
Delta L5 S1 postopératoire - théorique	5.36 ± 4.48	1.4 ± 5.75	0.46 ± 5.76	2.67 ± 5.63	0.01669*

Tableau 8 : Résultats des analyses en sous-groupes d'incidence pelvienne des mesures préopératoires, postopératoires et cibles théoriques.

Résultats exprimés en nombres (pourcentages) ou en moyennes ± écarts-types.

Test statistique de Kruskal-Wallis et Fischer exact : * signifié pour p-value <0,05

Différentiels postopératoires-préopératoires / Sous-groupes d'incidence pelvienne	<45°	45°-60°	>60°	Total	p-value
L1 S1	4.58 ± 5.32	4.24 ± 6.52	6.88 ± 9.75	4.67 ± 6.52	0.79066
L4 S1	7.04 ± 4.14	7.05 ± 6.39	7.5 ± 9.21	7.1 ± 6.02	0.96975
L5 S1	9.12 ± 4.15	8.59 ± 6.37	10.62 ± 6.14	9.01 ± 5.62	0.76227
ADH	8.42 ± 3.03	8.86 ± 3.6	8.88 ± 3.44	8.71 ± 3.35	0.92293
PDH	4.12 ± 2.21	4.18 ± 2.11	4.12 ± 1.64	4.15 ± 2.07	0.98802
Hauteur foraminale	2.96 ± 2.12	3.38 ± 2.1	3.5 ± 2.07	3.25 ± 2.08	0.58317
Pente sacrée	4.38 ± 4.08	3.41 ± 4.9	6.12 ± 7.81	4.06 ± 5.04	0.60695
Versions pelvienne	-0.46 ± 3.72	-1.16 ± 3.24	1 ± 5.21	-0.67 ± 3.68	0.28392
Incidence pelvienne	4.04 ± 2.65	2.3 ± 3.71	7.5 ± 5.1	3.51 ± 3.89	0.00089*
SVA	-4.62 ± 27.92	-5.43 ± 24.35	10.12 ± 24.48	-3.35 ± 25.76	0.32006
Ratio L5-S1/L1-S1	0.15 ± 0.06	0.14 ± 0.12	0.14 ± 0.07	0.14 ± 0.1	0.21485
LDI	0.08 ± 0.07	0.09 ± 0.07	0.06 ± 0.07	0.08 ± 0.07	0.49523

Tableau 9 : Résultats des analyses en sous-groupes d'incidence pelvienne pour les différentiels postopératoires-préopératoires.

Résultats exprimés en moyennes ± écarts-types.

Test statistique de Kruskal-Wallis.

* signifié pour p-value <0,05

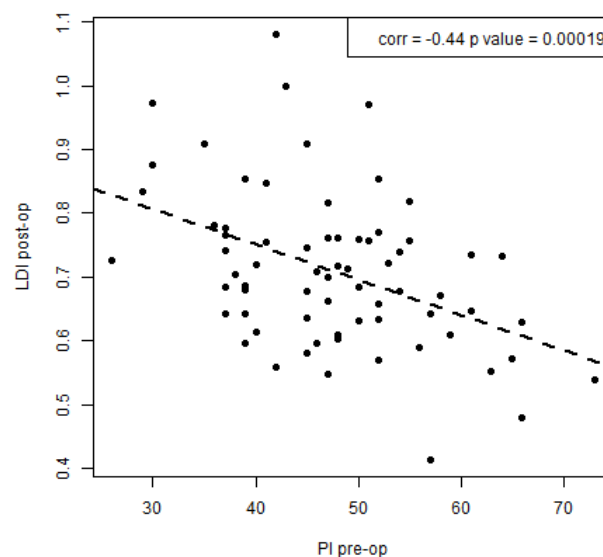


Figure 11 : Corrélation entre IP préopératoire et LDI postopératoire

p-value < 0.001 ρ : -0.435 Intervalle de confiance à 95% [-0.609 ; -0.221]

IV- DISCUSSION

Notre étude est la 1^{ère} à notre connaissance à montrer une restauration de la lordose L4-S1 à la cible théorique et à retrouver la hauteur antérieure comme paramètre principal de l'implant corrélé aux résultats radiologiques, et non la lordose de l'implant. Il s'agit d'une des plus grandes séries mono-niveau en standalone à la charnière lombo-sacrée permettant d'appréhender les compensations de la lordose lombaire postopératoire.^{25 26}

Notre étude s'est portée sur les résultats radiologiques obtenus après ALIF L5-S1 pour discopathie dégénérative mono-niveau. Nous avons mis en évidence des augmentations statistiquement significatives des objectifs radiologiques principaux de cette intervention à savoir une augmentation de la lordose segmentaire, de la lordose distale L4-S1 et de la lordose lombaire globale L1-S1, ainsi qu'une augmentation du LDI et de la hauteur foraminale.

Nous avons comparé les résultats postopératoires obtenus dans notre étude avec les données de la littérature actuelle montrant des corrections similaires au niveau segmentaire.

Formica et al ont réalisé une revue de littérature concernant l'ALIF dans la correction des défauts d'alignement de l'équilibre sagittal. Celle-ci ne concernait pas uniquement des arthrodèses mono-niveaux en standalone au niveau L5-S1, mais globalement les arthrodèses intersomatiques lombaires par voie antérieure plus ou moins associées à une fixation postérieure, et sur différents niveaux. Pour les groupes en standalone ils retrouvaient une augmentation moyenne de la lordose L1-S1 de 4.5° et de lordose segmentaire au niveau opéré de 6.7° Ils ont retrouvé de même que dans notre étude une correction de lordose inférieure à la lordose de l'implant et une décompression indirecte foraminale par augmentation de la hauteur foraminale au niveau opéré.¹⁵

Lee DY et al ont rapporté obtenir une correction moyenne de 7.8° de lordose segmentaire ($p < 0,001$) et 5,3° de lordose globale ($p = 0,028$) sur 24 patients opérés d'un ALIF double niveaux avec fixation postérieure.²³

Marouby et al ont rapporté une correction moyenne de lordose de 6,4° en segmentaire ($p < 0,001$), de 6,5° en L4-S1 ($p < 0,001$) et de 4,2° en L1-S1 ($p < 0,001$) sur une série de 25 patients opérés d'un ALIF L5-S1 en standalone.²⁴

Siepe et al ont réalisé une étude sur une série de 71 patients opérés d'un ALIF L5-S1 standalone et ont mis en évidence une correction de lordose segmentaire au niveau opéré mais pas de modification de lordose lombaire globale. Ils ont retrouvé une augmentation de lordose segmentaire L5-S1 de 10.5° ($p < 0.0001$), ainsi qu'une diminution de la lordose L1-S1 de -0.57°

mais sans significativité statistique. Ils ne retrouvaient pas de correction de hauteur foraminale statistiquement significative.²⁵

Kapustka et al ont réalisé une série de 51 patients ALIF L5-S1 standalone. Les paramètres implants étaient : hauteur antérieure de 13,5 mm en moyenne, lordose 12° en moyenne.

Ils ont étudié les variations de hauteur foraminale par mesure scanographique et ont mis en évidence une augmentation statistiquement significative de la hauteur foraminale bilatérale de 2,31mm ($p<0,05$) ; ainsi qu'une augmentation de la lordose L1-S1 de 4,8° ($p<0,05$).²⁶

Afathi et al ont réalisé une étude portant sur les ALIF et LLIF mais pas seulement au niveau L5-S1 et ont retrouvé une augmentation significative de lordose L4-S1 et de LDI mais pas de lordose L1-S1, qu'ils ont interprété comme une modification de la répartition de lordose qui était renvoyée en distalité.²⁷

Nous avons aussi pu mettre en évidence une atteinte de la cible théorique au niveau L4-S1, une sur-correction au niveau L5-S1 et une sous-correction au niveau L1-S1.

Notre étude a également permis de retrouver une corrélation entre la hauteur antérieure de la cage et la différence postopératoire-préopératoire de lordose L4-S1 et de LDI, ainsi que la hauteur foraminale postopératoire. Le taux de couverture corrigé était aussi corrélé avec le différentiel de hauteur foraminale entre le préopératoire et le postopératoire (d'autres études avaient corrélé hauteur foraminale et PDH).

Les analyses en sous-groupes n'ont pas mis en évidence de valeurs statistiquement significatives sur la hauteur antérieure de l'implant à planifier selon l'incidence pelvienne et le sexe du patient, très probablement en raison d'un manque de puissance dû à un effectif malgré tout limité pour des analyses dans des sous-catégories trop nombreuses.

Les hommes semblaient atteindre la valeur cible de lordose L4-S1 de façon plus précise avec une hauteur antérieure de 16mm, quant aux femmes il s'agissait de cages de hauteur 14 ou 16mm, mais sans différence statistiquement significative.

Les données de la littérature portant sur la corrélation entre les paramètres de l'implant, son positionnement et les résultats postopératoires dans cette indication restent peu nombreuses.

Ahlquist et al ont publié une équation prédictive de lordose segmentaire postopératoire après arthrodèse intersomatique (ALIF, LLIF et TLIF), fonction de la voie d'abord, du niveau opéré et de la lordose de l'implant.¹¹

Wu et al ne retrouvaient pas de corrélation entre les paramètres des implants de LLIF (hauteur et lordose de l'implant) et les résultats radio-cliniques. Ils ont retrouvé une augmentation de la

lordose segmentaire et de la hauteur discale en fonction du positionnement de l'implant dans le plan antéro-postérieur.²⁸

Zavras et al ont retrouvé une corrélation entre le placement antérieur de l'implant d'ALIF et le risque d'impaction de la cage.²⁹

Issa et al retrouvaient une meilleure correction de lordose segmentaire pour les cages de LLIF placées en antérieur, et une meilleure correction de hauteur discale postérieure pour les cages placées en postérieur. Ils n'ont pas retrouvé de corrélation entre les paramètres implants (lordose et hauteur) et les résultats post opératoires.³⁰

Les analyses en sous-groupes d'incidence pelvienne ont permis de mettre en évidence une différence de lordose L1-S1 postopératoire entre les sous-groupes mais pas au niveau L5-S1 et L4-S1, aussi bien en préopératoire qu'en postopératoire ce qui nous permet de dire que l'incidence pelvienne était principalement liée à la lordose crâniale L1-L4, résultat confirmé par une corrélation forte au test de Pearson et précédemment décrit dans d'autres études.^{31,32}

Cette corrélation a déjà été exposée dans d'autres études, ainsi que la corrélation inverse entre IP préopératoire et LDI postopératoire.²⁷

Ces résultats nous permettent de comprendre le risque de surcorriger le LDI des patients avec une incidence pelvienne faible (et donc une lordose crâniale faible), et la difficulté à corriger le LDI des patients avec une grande incidence pelvienne.

Dans ces conditions il nous semble judicieux de mettre en place des implants avec une hauteur antérieure moins importante chez les patients avec une faible incidence pelvienne pour éviter de sur-lordoser la partie caudale. Inversement, de mettre en place des cages avec une hauteur antérieure plus importante chez les patients avec une grande incidence pelvienne pour éviter un mauvais alignement en hypo-lordose caudale.

Nous avons notamment retrouvé une augmentation statistiquement significative de l'incidence pelvienne mettant en évidence de probables mouvements de compensation postopératoires des articulations sacro-iliaques, pouvant expliquer que certains patients décompensent des douleurs liées à cette articulation à distance d'un ALIF L5-S1.³³

Les limites de cette étude sont notamment le caractère rétrospectif, monocentrique, purement radiologique des données collectées, et le faible nombre de patients qui reste malgré tout habituel dans les séries publiées pour cette intervention, même s'il s'agit d'une des plus grandes séries en standalone mono-niveau. Des données cliniques ou de résultats de fusion intersomatique auraient permis d'augmenter la validité externe de cette étude.

Les points forts sont sa reproductibilité : tous les patients ont été opérés uniquement pour discopathie dégénérative et uniquement par voie antérieure standalone à la charnière lombosacrée, en ayant exclu les patients présentant des anomalies de transition, des spondylolisthésis, ainsi que la présence de matériel préexistant. Cela permet de limiter certains biais de confusion mais ne permet pas de comparer ou d'appliquer les résultats aux autres techniques d'arthrodèses intersomatiques, à d'autres niveaux ou à des patients présentant des pathologies rachidiennes différentes de la discopathie dégénérative mono-niveau symptomatique.

L'intérêt de cette étude s'est particulièrement porté sur la restauration d'une lordose caudale théorique en L4-S1, permettant de corriger la distribution de lordose des patients présentant des discopathies dégénératives chroniques à la charnière lombo-sacrée. Cette restauration d'une lordose harmonieuse a été retrouvée comme facteur permettant de diminuer le risque de reprise à 1 an pour complications mécaniques, et de syndrome adjacent.^{22,34} Cette correction de lordose caudale avait aussi montré un effet sur la prédiction de correction spontanée de la cyphose thoracique et de la pente sacrée, chez des patients avec des dos plats comme mécanisme de compensation sagittale thoracique.³⁵

Nous avons pu mettre en évidence le potentiel de correction de lordose lombaire globale qui reste assez incertain dans la littérature actuelle, ainsi que le potentiel de décompression indirecte qui est lui déjà bien décrit.^{15,26} Aucun autre article à notre connaissance ne s'est intéressé à l'atteinte de la valeur de lordose cible fixée sur les valeurs théoriques liées à l'incidence pelvienne pour cette intervention d'arthrodèse intersomatique lombaire par voie antérieure mono-niveau en standalone.

Les corrélations entre les paramètres implants ALIF et la correction des différents objectifs radiologiques ne sont pas clairement définies dans la littérature. Notre étude a permis de mettre en évidence une relation entre la hauteur antérieure de l'implant et les résultats radiologiques, ainsi qu'entre le taux de couverture corrigé (composite de l'enfoncement de la cage et de sa profondeur) et la décompression indirecte foraminale.

Nous espérons que les résultats de cette étude permettront de guider le choix des opérateurs quant aux paramètres de leurs implants, même si des études complémentaires sont bien entendu nécessaires afin de permettre une planification plus précise de cette intervention chirurgicale qui reste un challenge technique aussi bien dans sa réalisation que dans sa planification.

V- CONCLUSION

L'ALIF L5-S1 standalone permet d'atteindre une correction de la lordose caudale L4-S1 à la cible théorique (clé d'une distribution harmonieuse de lordose) chez les patients présentant une discopathie dégénérative mono-niveau, tout en permettant de redonner de la lordose globale ainsi que segmentaire, et en réalisant une décompression indirecte foraminale.

La hauteur antérieure de la cage est le seul paramètre implant retrouvé en corrélation avec les résultats postopératoires de lordose caudale. L'enfoncement et la profondeur de l'implant ainsi que la hauteur antérieure de l'implant étaient corrélés à la hauteur foraminale postopératoire.

VI- CONFLITS D'INTERETS

L'auteur de cette thèse ne déclare aucun conflit d'intérêt.

VII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Runge, M. Rachis lombosacré : pathologie discale.
2. Teraguchi, M. *et al.* Prevalence and distribution of intervertebral disc degeneration over the entire spine in a population-based cohort: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage* **22**, 104–110 (2014).
3. Mobbs, R. J., Phan, K., Malham, G., Seex, K. & Rao, P. J. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J. Spine Surg.* **1**, (2015).
4. Gamradt, S. C. & Wang, J. C. Lumbar disc arthroplasty. *Spine J.* **5**, 95–103 (2005).
5. Phillips, F. M., Slosar, P. J., Youssef, J. A., Andersson, G. & Papatheofanis, F. Lumbar Spine Fusion for Chronic Low Back Pain Due to Degenerative Disc Disease: A Systematic Review. *Spine* **38**, E409–E422 (2013).
6. Barrey, C., Roussouly, P., Le Huec, J.-C., D’Acunzi, G. & Perrin, G. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur. Spine J.* **22**, 834–841 (2013).
7. Petit, M. & Thompson, W. Équilibre sagittal du rachis : description et applications. 14.
8. Rao, P. J., Maharaj, M. M., Phan, K., Lakshan Abeygunasekara, M. & Mobbs, R. J. Indirect foraminal decompression after anterior lumbar interbody fusion: a prospective radiographic study using a new pedicle-to-pedicle technique. *Spine J.* **15**, 817–824 (2015).
9. Barrey, C. Current strategies for the restoration of adequate lordosis during lumbar fusion. *World J. Orthop.* **6**, 117 (2015).
10. Yilgor, C. *et al.* Global Alignment and Proportion (GAP) Score: Development and Validation of a New Method of Analyzing Spinopelvic Alignment to Predict Mechanical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery. *J. Bone Jt. Surg.* **99**, 1661–1672 (2017).
11. Ahlquist, S., Park, H. Y., Gatto, J., Shamie, A. N. & Park, D. Y. Does approach matter? A comparative radiographic analysis of spinopelvic parameters in single-level lumbar fusion. *Spine J.* **18**, 1999–2008 (2018).
12. Dimar, J. R. *et al.* Lumbar Lordosis Restoration Following Single-level Instrumented Fusion Comparing 4 Commonly Used Techniques. *Orthopedics* **34**, (2011).
13. Cottin, P., Ferrero, E. & Bégué, T. Arthrodèse intersomatique vertébrale lombaire. 22 (2020).

14. Watkins, R. G., Hanna, R., Chang, D. & Watkins, R. G. Sagittal Alignment After Lumbar Interbody Fusion: Comparing Anterior, Lateral, and Transforaminal Approaches. *J. Spinal Disord. Tech.* **27**, 253–256 (2014).
15. Formica, M. *et al.* ALIF in the correction of spinal sagittal misalignment. A systematic review of literature. *Eur. Spine J.* **30**, 50–62 (2021).
16. Janik, T. J., Harrison, D. D., Cailliet, R., Troyanovich, S. J. & Harrison, D. E. Can the sagittal lumbar curvature be closely approximated by an ellipse? *J. Orthop. Res.* **16**, 766–770 (1998).
17. BAKER, J. F. & ROBERTSON, P. A. Segmental Contributions to Lumbar Lordosis: A Computed Tomography Study. *Int. J. Spine Surg.* **14**, 949–955 (2021).
18. Bae, J. S., Jang, J.-S., Lee, S.-H. & Kim, J. U. A Comparison Study on the Change in Lumbar Lordosis When Standing, Sitting on a Chair, and Sitting on the Floor in Normal Individuals. *J. Korean Neurosurg. Soc.* **51**, 20 (2012).
19. Aurouer, N., Obeid, I., Gille, O., Pointillart, V. & Vital, J.-M. Computerized preoperative planning for correction of sagittal deformity of the spine. *Surg. Radiol. Anat.* **31**, 781–792 (2009).
20. Roussouly, P. & Pinheiro-Franco, J. L. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur. Spine J.* **20**, 578–585 (2011).
21. Yilgor, C. *et al.* Relative lumbar lordosis and lordosis distribution index: individualized pelvic incidence–based proportional parameters that quantify lumbar lordosis more precisely than the concept of pelvic incidence minus lumbar lordosis. *Neurosurg. Focus* **43**, E5 (2017).
22. Bari, T. J., Heegaard, M., Bech-Azeddine, R., Dahl, B. & Gehrchen, M. Lordosis Distribution Index in Short-Segment Lumbar Spine Fusion – Can Ideal Lordosis Reduce Revision Surgery and Iatrogenic Deformity? *Neurospine* **18**, 543–553 (2021).
23. Lee, D. Y., Lee, S.-H. & Maeng, D. H. Two-Level Anterior Lumbar Interbody Fusion With Percutaneous Pedicle Screw Fixation: A Minimum 3-Year Follow-up Study. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)* **50**, 645–650 (2010).
24. Marouby, S. *et al.* Prospective Evaluation of Spino-Pelvic Parameters with Clinical Correlation in Patients Operated with an Anterior Lumbar Interbody Fusion. *Asian Spine J.* **14**, 88–96 (2020).
25. Siepe, C. J. *et al.* Anterior stand-alone fusion revisited: a prospective clinical, X-ray and CT investigation. *Eur. Spine J.* **24**, 838–851 (2015).

26. Kapustka, B. *et al.* Anterior lumbar interbody fusion (ALIF): biometrical results and own experiences. *Neurosurg. Rev.* **43**, 687–693 (2020).
27. Afathi, M. *et al.* Anterior lumbar sagittal alignment after anterior or lateral interbody fusion. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* **103**, 1245–1250 (2017).
28. Wu, C. *et al.* Effects of the cage height and positioning on clinical and radiographic outcome of lateral lumbar interbody fusion: a retrospective study. *BMC Musculoskelet. Disord.* **23**, 1075 (2022).
29. Zavras, A. G. *et al.* Risk Factors for Subsidence Following Anterior Lumbar Interbody Fusion. *Glob. Spine J.* **14**, 257–264 (2024).
30. Issa, T. Z. *et al.* The impact of cage positioning on lumbar lordosis and disc space restoration following minimally invasive lateral lumbar interbody fusion. *Neurosurg. Focus* **54**, E7 (2023).
31. Li, Y., Sun, J. & Wang, G. Lumbar lordosis morphology correlates to pelvic incidence and erector spinae muscularity. *Sci. Rep.* **11**, 802 (2021).
32. Pesenti, S. *et al.* The Amount of Proximal Lumbar Lordosis Is Related to Pelvic Incidence. *Clin. Orthop.* **476**, 1603–1611 (2018).
33. Manzetti, M. *et al.* Sacroiliac Joint Degeneration and Pain After Spinal Arthrodesis: A Systematic Review. *Clin. Spine Surg.* **36**, 169 (2023).
34. Wang, M. *et al.* Validation of Roussouly classification in predicting the occurrence of adjacent segment disease after short-level lumbar fusion surgery. *J. Orthop. Traumatol.* **25**, 2 (2024).
35. Jang, J.-S., Lee, S.-H., Min, J.-H. & Maeng, D. H. Changes in sagittal alignment after restoration of lower lumbar lordosis in patients with degenerative flat back syndrome. *J. Neurosurg. Spine* **7**, 387–392 (2007).

VIII- VERSION ARTICLE

L5-S1 standalone ALIF for single-level degenerative disc disease: implant parameters influencing radiological results.

Pierre Barthes¹, Richard Lacroix¹, Pierre Pries¹, Cécile Swennen¹, Simon Teyssedou¹, Abdollah Yassine Moufid¹, Clément Giraud^{2,3}, Tanguy Vendevre¹

¹Department of Orthopaedic and Spine Surgery, University of Poitiers, 86000 Poitiers, France

²DACTIM-MIS Team, Laboratoire de Mathématiques Appliquées LMA, CNRS UMR 7348, 86021 Poitiers, France.

³Labcom I3M, University of Poitiers, 86000 Poitiers, France.

Abstract

Introduction

Degenerative lumbar disc disease (L5-S1) is a common pathology (67% of men and 71% of women) and can be responsible for chronic low back pain and sometimes radicular pain. The aims of anterior lumbar interbody fusion include restoration of segmental and global lumbar lordosis, sagittal balance and decompression. Our main hypothesis is that the L5-S1 standalone ALIF allows correction of L4-S1 lordosis close to the theoretical value defined by pelvic incidence, and that the anterior height of the implant is the main parameter influencing results.

Material and methods

Monocentric retrospective radiological observational study (EOS) performed at Poitiers University Hospital, France.

Inclusion of 69 adult patients operated on with a standalone L5-S1 ALIF between January 1st, 2017, and January 1st, 2023, for single-level degenerative disc disease without pre-existing deformity or instrumentation, using CCAM coding.

Results

We found a significant increase ($p < 0.05$) in L1-S1 lordosis by 4.67° , L4-S1 by 7.1° , L5-S1 by 9° , foraminal height by 3.25mm and LDI by 8%. There was no difference between postoperative L4-S1 lordosis and the theoretical target ($-0.7^\circ \pm 6.6^\circ$, $p = 0.738$), over-correction in L5-S1 ($p < 0.05$) and under-correction in L1-S1 ($p < 0.05$). Implant anterior height was correlated with correction of L4-S1 lordosis (CI [0.028; 0.470] $p = 0.0290$), LDI, and postoperative foraminal height.

Interpretation

L5-S1 standalone ALIF restores sagittal balance by increasing global and segmental lordosis and enables indirect foraminal decompression.

The main parameters influencing results are anterior height, followed by posterior cage placement and depth, with no link found with implant lordosis.

Key words: ALIF, degenerative disc disease, L5-S1, sagittal balance, anterior height, lordosis

Introduction

Degenerative lumbar disc disease is a frequent pathology that can be responsible for chronic low back pain and sometimes radicular pain, with a prevalence of 66.7% in men and 70.9% in women at L5-S1, second to L4-L5 [1].

After failure of a well-managed medical treatment, patients may be eligible for surgical treatment such as interbody arthrodesis. [2]

Single-level degenerative disc disease (DDD) in the lumbar spine leads to a loss of disc-induced height and lordosis, resulting in a loss of this harmonious elliptical distribution of lumbar lordosis (LL), with compensation of the overlying levels in hyperlordosis. This compensation accelerates the degeneration of these levels due to increased mechanical stress, resulting in a loss of foraminal height (FH) that can be responsible for radicular leg pain. [3]

The most studied aims of interbody arthrodesis lordosis, which needs to be re-established at both segmental and global levels. Restoring sagittal balance and decompression remain two major objectives of this type of intervention. [4, 5]

Our study focuses on the L5-S1 level, for which the retroperitoneal approach offers advantages: resection of the anterior longitudinal ligament, and placement of an implant with a wedge-shaped morphology that is suitable for restoring consistent segmental lordosis (SL), good primary stability and a large graft surface area, with satisfactory fusion results.[6–8]

The choice of the L5-S1 level for standalone anterior approach surgery therefore seems particularly pertinent, as this is the level with the most SL (40% of overall lordosis) and disc lordosis, theoretically enabling a harmonious overall LL to be initiated. [9, 10] This is also the most accessible level for this anterior approach, thanks to a favorable vascular configuration in the majority of cases, with the aorto-iliac bifurcation generally located higher up.

The aim of this study is to examine various radiological parameters post-operatively of an L5-S1 ALIF (L4-S1 lordosis, SL, L1-S1 LL, Lordosis Distribution Index (LDI), FH). We will also be looking for correlations with the implant parameters and its positioning. The underlying aim is to guide the planning of this procedure.

Our main hypothesis is that L5-S1 ALIF restores a distal L4-S1 lordosis close to the theoretical target lordosis (TTL), and that the implant anterior height (IAH) is the main parameter influencing results.

Material and methods

Study design

Retrospective observational radiological study at the University Hospital of Poitiers, France, in the Orthopedics-Spine Department.

Any patient operated on for L5-S1 mono-level ALIF for DDD between January 1, 2017, and January 1, 2023, at Poitiers University Hospital.

Patients' selection

Inclusion criteria are: age >18 years, surgical indication for: DDD, performed by ALIF mono-level L5-S1.

Exclusion criteria were L5-S1 hinge transition anomaly, presence of spondylolisthesis, pre-existing spinal instrumentation, double-stage arthrodesis, indication for multi-level surgical treatment, absence of preoperative, postoperative or follow-up EOS imaging.

Patients were recruited retrospectively using CCAM coding: LFCA005, LFFA010, LFPA001 from January 1st, 2017, to January 1st, 2023 on Web100T software.

Surgical technique

Retroperitoneal anterior interbody arthrodesis at L5-S1 level for DDD were all performed by 4 senior surgeons from the Orthopedic and Spine Department at Poitiers University Hospital.

A retroperitoneal approach was performed enabling resection of the anterior longitudinal ligament, followed by complete discectomy, an interbody distractor and a dilator were inserted to rupture the posterior longitudinal ligament.

7 different implants were used (table 1).

The lordosis and height of the cage were selected considering the primary intraoperative stability of the cage ("press-fit").

Data collection

Morphological data at the time of surgery (gender, height, weight, BMI, age) as well as implant characteristics were collected in the patient file using Télémaque software.

Radiological measurements were carried out using sterEOS software : all patients underwent a preoperative EOS as well as a postoperative EOS between 2 months and 1 year after surgery : L1-S1, L4-S1 and L5-S1 lordosis, SVA, pelvic incidence (PI), sacral slope (SS), pelvic tilt (PT), anterior disc height (ADH), posterior disc height (PDH), L5 lower endplate depth, S1 upper

endplate depth, foraminal height (FH), distance anterior edge of plateau of L5-anterior edge of cage.

The following formulas were used to determine TTL for each patient, based on preoperative PI. Theoretical L1-S1 lordosis = $0.54 \times \text{PI} + 32.56$ (Pr Gille O, PhD Thesis, ENSAM, Paris, 2006) [11]

Theoretical L4-S1 lordosis = $0.66 \times \text{L1-S1 lordosis}$ [12]

Theoretical L5-S1 lordosis = $0.4 \times \text{L1-S1 lordosis}$ [9]

LDI = $\text{L4-S1 lordosis} / \text{L1-S1 lordosis}$ [13, 14]

The "coverage rates" (CR) correspond to the intervertebral crowding of the implant in the antero-posterior plane, which will be evaluated in the correlation calculations as positioning parameters.

$\text{CR} = \text{Implant depth (in mm)} / \text{L5 plateau depth (in mm)}$

$\text{Corrected CR} = (\text{implant depth} + \text{cage distance from L5 anterior wall}) / \text{L5 endplate depth (in mm)}$

Statistical analysis

Data were expressed as means $\pm$ standard deviations, or as a number (percentage).

Statistical analyses of comparisons of preoperative and postoperative results, as well as of results against theoretical targets, were performed using paired Wilcoxon tests to increase the sensitivity of the tests. The strength of correlation was assessed by Pearson's ρ correlations. Quantitative data were compared using the Kruskal-Wallis test, Student's t test and Fischer exact test for subgroup analysis.

Statistical significance was set at $p < 0.05$.

The study was carried out in Complete case analysis.

All analyses were performed using R software version 4.3.2 for Windows.

Results

Patients sample

69 patients were included for analysis.

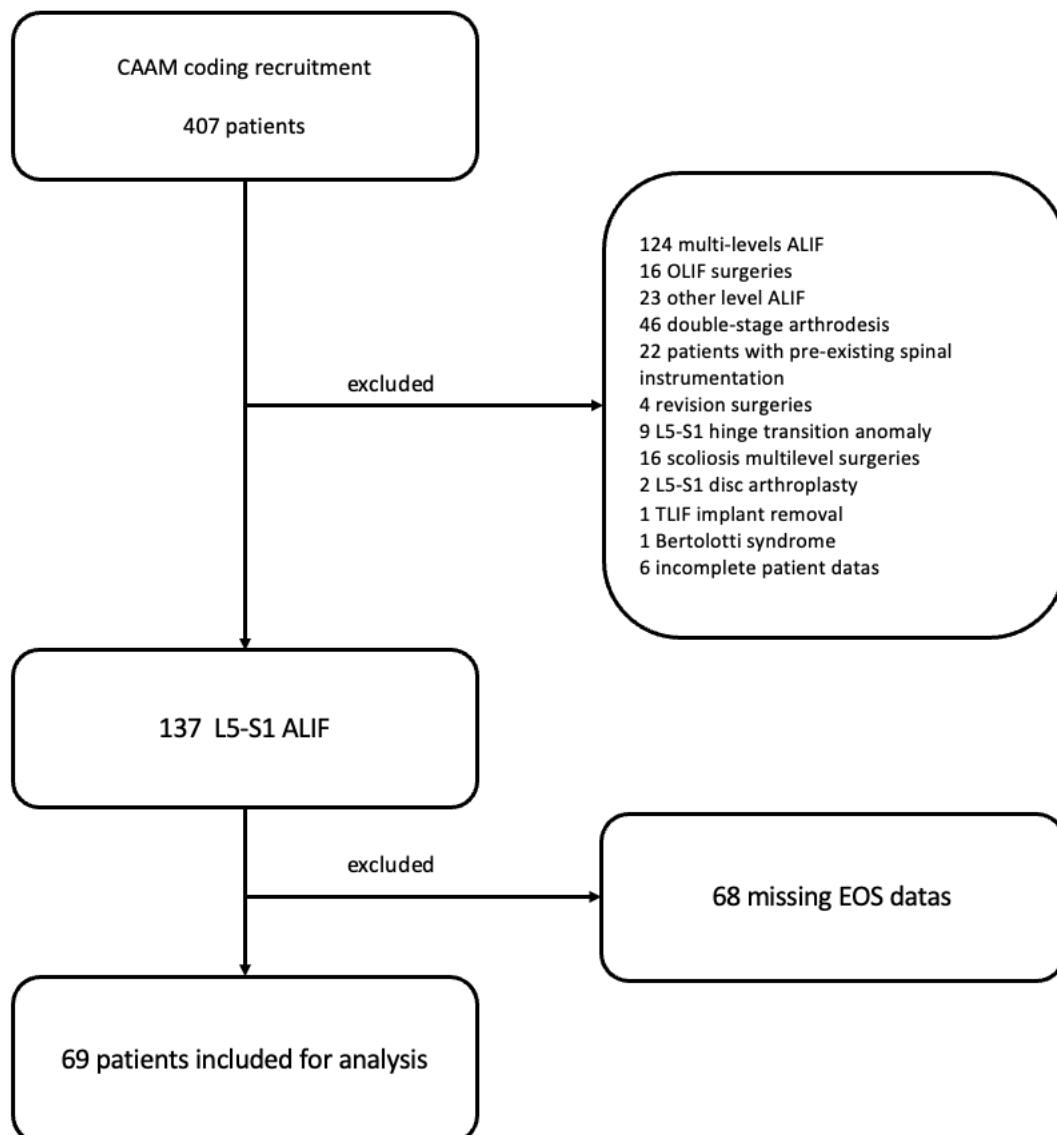


Figure 1: Flowchart

Baseline characteristics

The mean age was 46.7 years (29-75 years), sex ratio 46F/23M with a mean BMI of 27.9 (18.8-37.8 kg/m²).

IAH averaged 14.42 mm (12-18 mm), implant lordosis averaged 14.55° (10-20°) and depth averaged 28.38 mm (26-34mm).

Baseline Characteristics	
Age (years)	46,7 ± 9,1
Sex ratio	46 F / 23 M
Height (cm)	169,3 ± 8,6
Weight (kg)	80,2 ± 15,1
BMI	27,9 ± 4,6
Implants :	
LDR Roi A	3
CLARIANCE IDYS	49
CLARIANCE IDYS 3DTi	1
CLARIANCE IDYS ZP 3DTi	4
CLARIANCE IDYS TiVAC	3
SPINEART SCARLET AL-T	7
CENTINEL STALIF M	2
Implant anterior height (mm)	14,42 ± 1,4
Implant lordosis (°)	14,55 ± 2,2
Implant depth (mm)	28,38 ± 2,0

Table 1: Patients and materiel baseline characteristics

Data in mean ± standard deviation

Postoperative results

There was a significant increase ($p < 0.05$) in PI of $3.51^\circ \pm 3.86$, SS of $4.06^\circ \pm 5.00$, ADH of $8.71\text{mm} \pm 3.33$, PDH of $4, 15\text{mm} \pm 2.06$, FH $3.25\text{mm} \pm 2.07$, L1-S1 lordosis $4.67^\circ \pm 6.47$, L4-S1 lordosis $7.10^\circ \pm 5.97$, L5-S1 lordosis $9.01^\circ \pm 5.58$ and LDI $8\% \pm 6.9$.

Our hypothesis was tested using paired Wilcoxon tests and values distribution: postoperative L5-S1 lordosis was greater than TTL ($p = 0.00027$), postoperative L4-S1 lordosis was not statistically different from the TTL ($p = 0.7378$), and postoperative L1-S1 lordosis was less than the TTL ($p = 0.0176$).

	Preoperative measurements	Postoperative measurements	p-value
Pelvic Incidence (°)	47.46 ± 9.71	50.97 ± 10.81	<0,05
Pelvic tilt (°)	11.72 ± 6.18	11.06 ± 6.81	0,082
Sacral slope (°)	35.72 ± 7.91	39.78 ± 8.59	<0,05
SVA (mm)	23.96 ± 28.06	20.61 ± 26.91	0,215
ADH (mm)	7.1 ± 2.74	15.81 ± 1.99	<0,05
PDH (mm)	2.61 ± 1.32	6.76 ± 1.93	<0,05
Foraminal height (mm)	13.8 ± 2.1	17.04 ± 2.51	<0,05
L1-S1 Lordosis (°)	50.2 ± 10.22	54.87 ± 11.11	<0,05
L4-S1 Lordosis (°)	31.01 ± 6.71	38.12 ± 6.29	<0,05
L5-S1 Lordosis (°)	16.93 ± 5.15	25.94 ± 5.2	<0,05
L5-S1/L1-S1	0.34 ± 0.12	0.49 ± 0.11	<0,05
LDI (%)	63 ± 12	71 ± 12	<0,05
Sous-groupe LDI			
<50 %	6	2	
50-80 %	56	54	
>80 %	7	13	

Table 2: Preoperative and postoperative results

Data in mean ± standard deviation or number. Paired Wilcoxon tests

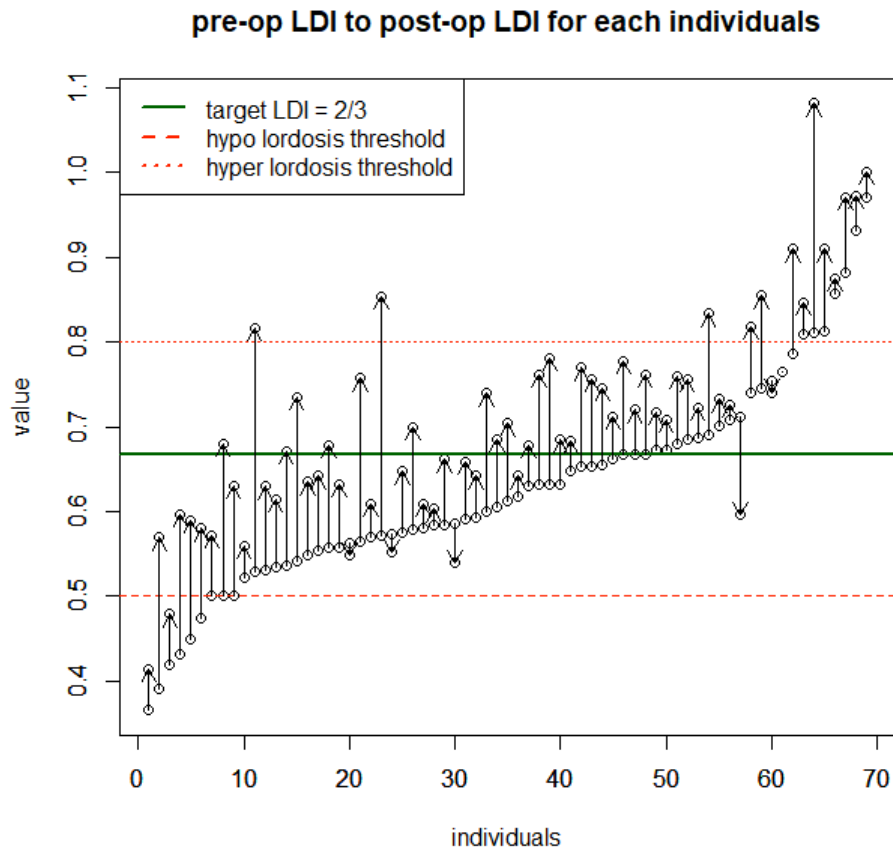


Figure 2: Changes in LDI per patient between pre- and post-op.

An LDI <50% corresponds to malalignment with hypo-lordosis of the distal segment.

An LDI of between 50% and 80% is considered satisfactory alignment.

An LDI >80% corresponds to misalignment with hyper-lordosis of the distal segment.

Theoretical L1-S1 Lordosis	$58,2^{\circ} \pm 5,2$
L1-S1 preoperative – theoretical differential	$-8^{\circ} \pm 8,7$
L1-S1 postoperative – theoretical differential	$-3,32^{\circ} \pm 9,5$

Theoretical L4-S1 Lordosis	$38,8^{\circ} \pm 3,5$
L4-S1 preoperative – theoretical differential	$-7,8^{\circ} \pm 7$
L4-S1 postoperative – theoretical differential	$-0,7^{\circ} \pm 6,5$

Theoretical L5-S1 Lordosis	$23,3^{\circ} \pm 2,1$
L5-S1 preoperative – theoretical differential	$-6,35^{\circ} \pm 5,7$
L5-S1 postoperative – theoretical differential	$2,67^{\circ} \pm 5,6$

Table 3: Theoretical target lordosis and differential with preoperative or postoperative for L1-S1, L4-S1 and L5-S1. Data expressed as means $\pm$ standard deviation.

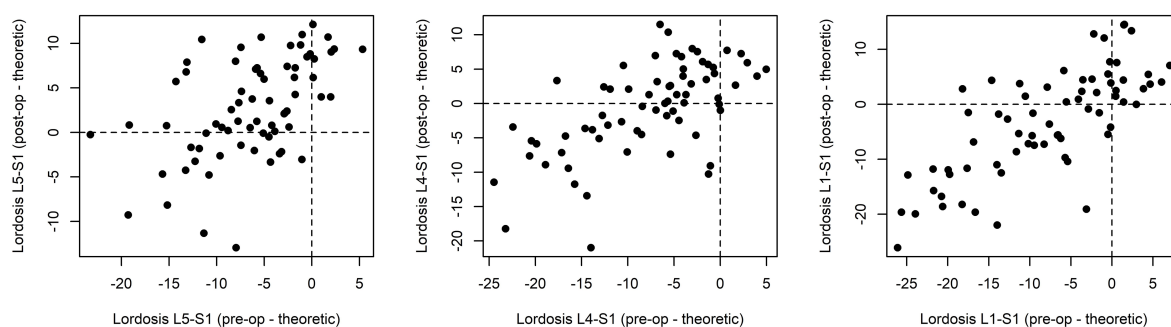


Figure 3: Scatterplots showing the preoperative-theoretical and postoperative-theoretical lordosis differential for each patient at the levels studied. This figure highlights the correction of differentials with the target, with an increase between preoperative and postoperative.

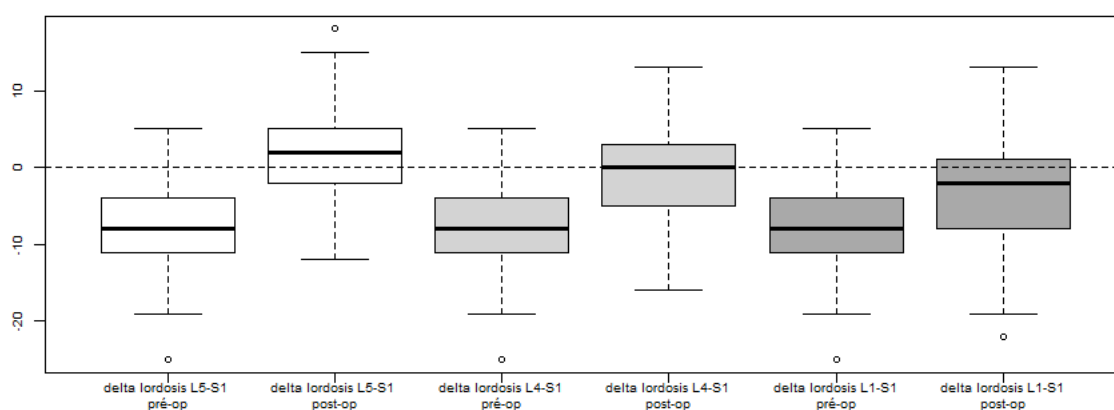


Figure 4: Box plots of preoperative-theoretical and postoperative-theoretical differentials for the levels studied. This figure highlights the correction obtained, and the decrease in its performance as the levels studied increase.

Correlation was sought between implant parameters (IAH, implant lordosis, implant depth), as well as positioning parameters (CR, corrected CR, and distance from the L5 anterior wall); with postoperative L1-S1, L4-S1 and L5-S1 lordosis, LDI and FH, as well as their postoperative - preoperative differentials. Correlations found were IAH and postoperative-preoperative differential L4-S1 (CI [0.028; 0.470] p: 0.0290. ρ : 0.2629), IAH and postoperative FH (CI: [0.084; 0.513] p: 0.0085. ρ : 0.3145), IAH and postoperative-preoperative differential LDI (CI: [0.09; 0.517] p: 0.0074 ρ : 0.3198), corrected CR and postoperative-preoperative FH differential (CI: [0.068; 0.501] p: 0.0122. ρ : 0.3003)

This means that in our population, the greater the IAH, the greater the postoperative-preoperative differential in L4-S1 lordosis, postoperative FH and postoperative-preoperative LDI differential; and the greater the depth of the cage and the more posterior the implant, the greater the postoperative-preoperative differential in FH was.

The other correlation tests performed were not statistically significant.

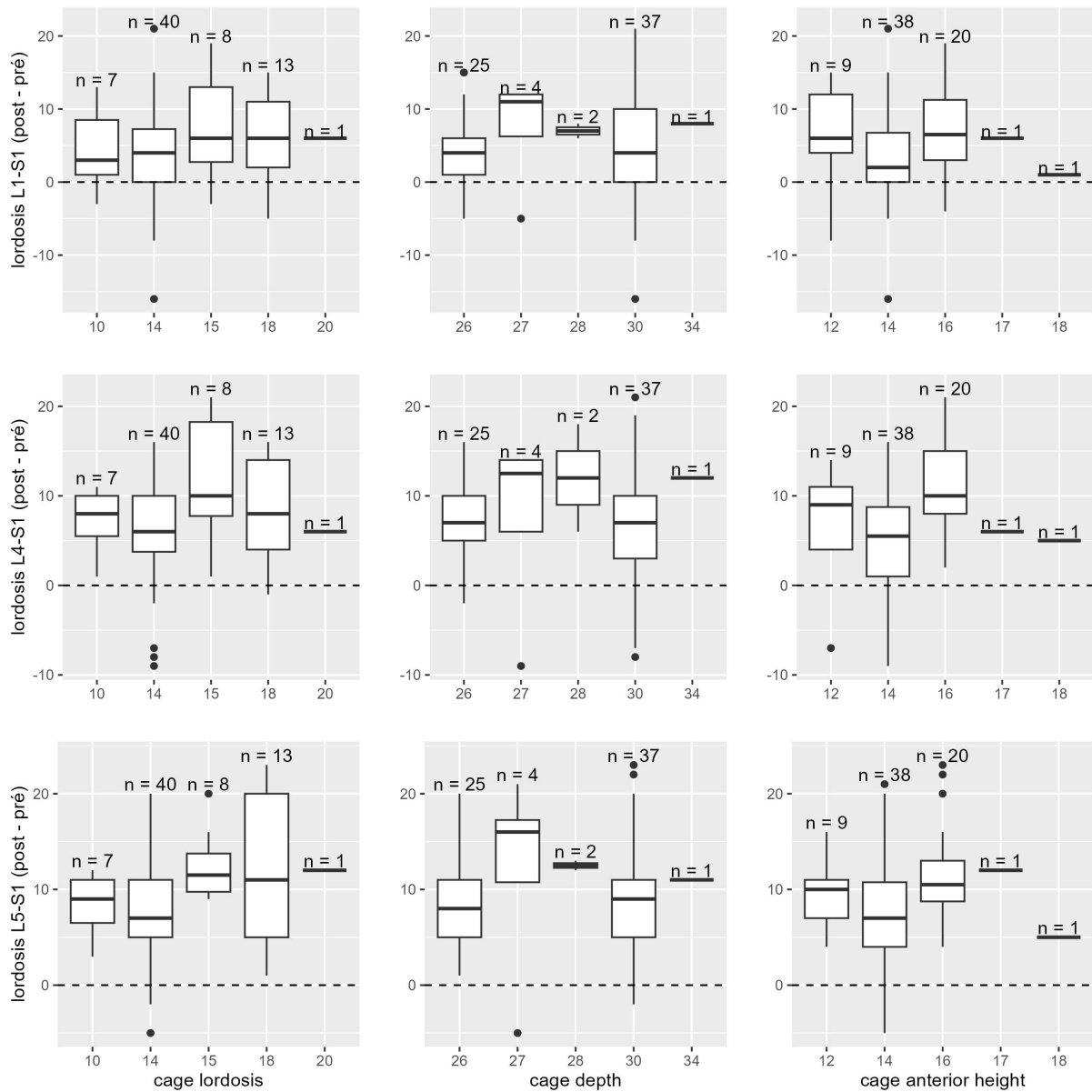


Figure 5: Box-plots of implant features correlated with postoperative-preoperative lordosis differentials at the different levels studied.

Only anterior cage height correlated with L4-S1 delta in our study.

CI [0.028; 0.470] p : 0.0290. ρ : 0.2629.

We then looked for a correlation between the postoperative-theoretical L1-S1, L4-S1 and L5-S1 lordosis differentials and the previous implant parameters and positioning.

No statistically significant correlation was found.

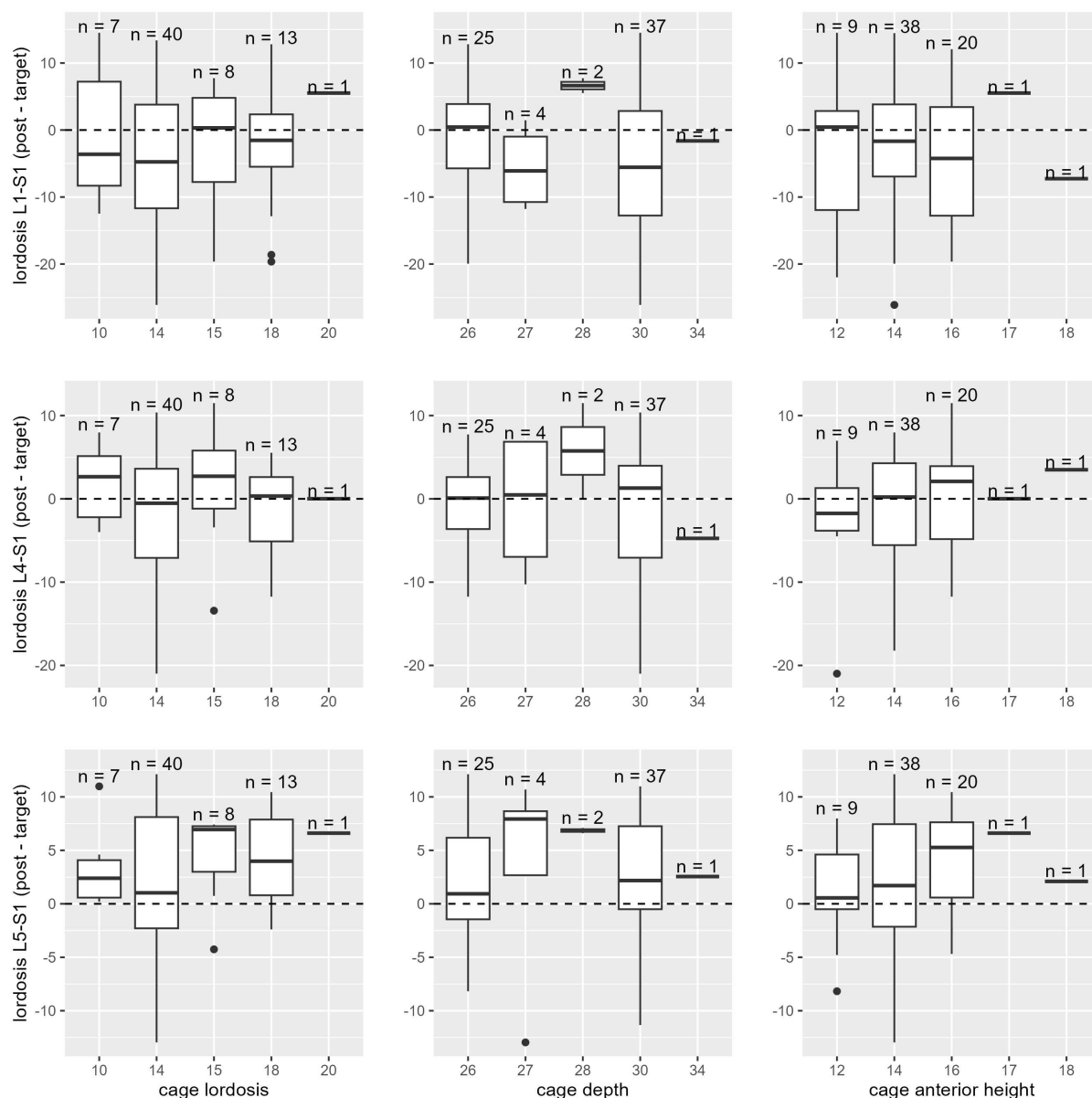


Figure 6: Box-plots of implant parameters correlated with postoperative-theoretical lordosis differentials at the different levels studied.

No statistically significant correlation.

Analysis of postoperative results by PI subgroups

The mean preoperative PI was $47.46^\circ \pm 9.71^\circ$.

The 3 subgroups of preoperative PI (PI $<45^\circ$: 24 patients, PI $45-60^\circ$: 37 patients and PI $>60^\circ$: 8 patients) were comparable in terms of patient and implant characteristics (Table 4).

We found significant differences between the subgroups according to L1-S1 lordosis, IP, VP, PS, LDI, L5-S1/L1-S1 ratio preoperative and postoperative measurements.

Only significative postoperative-preoperative differential was PI.

Postoperative - theoretical L4-S1 and L5-S1 differentials were statistically significant.

Pelvic incidence subgroups	$<45^\circ$	$45^\circ-60^\circ$	$>60^\circ$	Overall	p-value
Patient characteristics					
Sex F	16 (66.67)	23 (62.16)	7 (87.5)	46 (66.67)	0.44278
Sex M	8 (33.33)	14 (37.84)	1 (12.5)	23 (33.33)	0.44278
Weight	81.62 ± 17.91	80.11 ± 14.17	76.25 ± 11.61	80.19 ± 15.2	0.74824
height	169.5 ± 9.33	169.38 ± 8.86	168.88 ± 6.15	169.36 ± 8.66	0.98921
BMI	28.31 ± 5.42	27.91 ± 4.39	26.64 ± 3.26	27.9 ± 4.64	0.76067
Age at surgery	45.04 ± 7.94	48.57 ± 9.48	43.25 ± 10.5	46.72 ± 9.19	0.21059
Implant parameters					
IDYS	18 (75)	26 (70.27)	5 (62.5)	49 (71.01)	0.27536
IDYS 3DTi	0 (0)	0 (0)	1 (12.5)	1 (1.45)	0.27536
IDYS TiVac	2 (8.33)	0 (0)	1 (12.5)	3 (4.35)	0.27536
IDYS ZP 3DTI	2 (8.33)	2 (5.41)	0 (0)	4 (5.8)	0.27536
ROI-A	1 (4.17)	2 (5.41)	0 (0)	3 (4.35)	0.27536
SCARLET AL-T	1 (4.17)	5 (13.51)	1 (12.5)	7 (10.14)	0.27536
STALIF M	0 (0)	2 (5.41)	0 (0)	2 (2.9)	0.27536
Implant Depth	28.92 ± 2.1	28.11 ± 1.93	28 ± 2.14	28.38 ± 2.02	0.28288
Implant anterior height	14.17 ± 1.43	14.62 ± 1.36	14.25 ± 1.28	14.42 ± 1.38	0.49645
Implant lordosis	14.21 ± 2.5	14.54 ± 2.1	15.62 ± 2	14.55 ± 2.25	0.27707
Vertebra parameters					
Inferior L5 endplate depth	33.42 ± 2.36	33.19 ± 3.52	32 ± 3.07	33.13 ± 3.1	0.4067
Superior S1 endplate depth	33.12 ± 3.66	33.59 ± 3.41	31.75 ± 2.43	33.22 ± 3.41	0.41176
L5 S1 Disc lordosis	6.12 ± 4.48	7.38 ± 5.41	6.38 ± 4.96	6.83 ± 5.02	0.41234
Implant positioning					
Implant anterior wall to anterior L5 wall	-4.25 ± 1.78	-3.05 ± 3.23	-4.38 ± 1.77	-3.62 ± 2.7	0.2709
Coverage ratio	0.88 ± 0.08	0.86 ± 0.07	0.88 ± 0.1	0.87 ± 0.08	0.37986
Corrected coverage ratio	0.75 ± 0.08	0.76 ± 0.11	0.74 ± 0.1	0.76 ± 0.1	0.93831

Table 4: Patients characteristics, implants parameters and positioning for pelvic incidence subgroup analysis. Results expressed as number (percentage) or mean $\pm$ standard deviation. Kruskal-Wallis and Fischer exact statistical test

Pelvic incidence subgroups	<45°	45°-60°	>60°	overall	p-value
Preoperative measurements					
L1 S1 lordosis	44.54 ± 8.26	51.57 ± 9.63	60.88 ± 7.95	50.2 ± 10.22	0.00022*
L5 S1 lordosis	17.29 ± 4.09	16.7 ± 5.71	16.88 ± 5.84	16.93 ± 5.15	0.95983
L4 S1 lordosis	29.92 ± 5.55	31.08 ± 7.08	34 ± 8	31.01 ± 6.71	0.29882
SVA	18.5 ± 24.15	27.78 ± 30.1	22.62 ± 29.86	23.96 ± 28.06	0.30255
PI	37.21 ± 4.39	50.35 ± 4.1	64.88 ± 3.83	47.46 ± 9.71	<0.0001*
PT	8.17 ± 5.1	12.7 ± 5.45	17.88 ± 6.4	11.72 ± 6.18	0.00043*
SS	28.96 ± 5.17	37.65 ± 5.54	47.12 ± 6.1	35.72 ± 7.91	<0.0001*
ADH	7 ± 2.77	7.08 ± 2.99	7.5 ± 1.31	7.1 ± 2.74	0.96435
PDH	2.5 ± 1.29	2.54 ± 1.32	3.25 ± 1.39	2.61 ± 1.32	0.31362
FH	13.71 ± 1.9	13.54 ± 2.18	15.25 ± 1.98	13.8 ± 2.1	0.19204
L5.S1 L1.S1 Ratio	0.4 ± 0.11	0.32 ± 0.12	0.27 ± 0.08	0.34 ± 0.12	0.00636*
LDI	0.68 ± 0.14	0.61 ± 0.1	0.55 ± 0.08	0.63 ± 0.12	0.01175*
Postoperative measurements					
L1 S1 lordosis	49.12 ± 9.22	55.81 ± 10.21	67.75 ± 8.71	54.87 ± 11.11	0.00026*
L5 S1 lordosis	26.42 ± 4.37	25.3 ± 5.67	27.5 ± 5.42	25.94 ± 5.2	0.50058
L4 S1 lordosis	36.96 ± 5.13	38.14 ± 6.32	41.5 ± 8.67	38.12 ± 6.29	0.31752
SVA	13.88 ± 26.21	22.35 ± 26.63	32.75 ± 28.14	20.61 ± 26.91	0.30348
PI	41.25 ± 5.12	52.65 ± 5.28	72.38 ± 6.61	50.97 ± 10.81	<0.0001*
PT	7.71 ± 6.56	11.54 ± 5.14	18.88 ± 8.03	11.06 ± 6.81	0.00082*
SS	33.33 ± 5.9	41.05 ± 6.26	53.25 ± 6.52	39.78 ± 8.59	<0.0001*
ADH	15.42 ± 1.82	15.95 ± 1.86	16.38 ± 3.02	15.81 ± 1.99	0.63619
PDH	6.62 ± 1.86	6.72 ± 2.08	7.38 ± 1.51	6.76 ± 1.93	0.60422
FH	16.67 ± 2.48	16.92 ± 2.63	18.75 ± 1.16	17.04 ± 2.51	0.07416
L5.S1 L1.S1 ratio	0.55 ± 0.1	0.46 ± 0.1	0.41 ± 0.08	0.49 ± 0.11	0.00238*
LDI	0.77 ± 0.13	0.69 ± 0.11	0.61 ± 0.09	0.71 ± 0.12	0.00402*
Postoperative LDI sub-groups					
<0.80	16 (66.67)	32 (86.49)	8 (100)	56 (81.16)	0.06697
>0.80	8 (33.33)	5 (13.51)	0 (0)	13 (18.84)	0.06697
Theoretical values					
L5 S1 lordosis	21.06 ± 0.95	23.9 ± 0.89	27.04 ± 0.83	23.28 ± 2.1	<0.0001*
L4 S1 lordosis	35.1 ± 1.58	39.83 ± 1.48	45.06 ± 1.38	38.79 ± 3.5	<0.0001*
L1 S1 lordosis	52.65 ± 2.37	59.75 ± 2.22	67.59 ± 2.07	58.19 ± 5.24	<0.0001*
Delta L1 S1 postoperative-theoretical	-3.53 ± 8.85	-3.94 ± 10.07	0.16 ± 9.88	-3.32 ± 9.59	0.53617
Delta L4 S1 postoperative-theoretical	1.86 ± 5.03	-1.7 ± 6.42	-3.56 ± 9.6	-0.68 ± 6.61	0.0492*
Delta L5 S1 postoperative-theoretical	5.36 ± 4.48	1.4 ± 5.75	0.46 ± 5.76	2.67 ± 5.63	0.01669*

Table 5: Results of pelvic incidence subgroup analyses of preoperative, postoperative and theoretical target measurements. Results expressed as number (percentage) or mean ± standard deviation. Kruskal-Wallis and Fischer exact statistical test: * significant for p-value <0.05

postoperative-preoperative deltas / Pelvic Incidence subgroups	<45°	45°-60°	>60°	overall	p-value
L1 S1	4.58 ± 5.32	4.24 ± 6.52	6.88 ± 9.75	4.67 ± 6.52	0.79066
L4 S1	7.04 ± 4.14	7.05 ± 6.39	7.5 ± 9.21	7.1 ± 6.02	0.96975
L5 S1	9.12 ± 4.15	8.59 ± 6.37	10.62 ± 6.14	9.01 ± 5.62	0.76227
ADH	8.42 ± 3.03	8.86 ± 3.6	8.88 ± 3.44	8.71 ± 3.35	0.92293
PDH	4.12 ± 2.21	4.18 ± 2.11	4.12 ± 1.64	4.15 ± 2.07	0.98802
FH	2.96 ± 2.12	3.38 ± 2.1	3.5 ± 2.07	3.25 ± 2.08	0.58317
PS	4.38 ± 4.08	3.41 ± 4.9	6.12 ± 7.81	4.06 ± 5.04	0.60695
PT	-0.46 ± 3.72	-1.16 ± 3.24	1 ± 5.21	-0.67 ± 3.68	0.28392
IP	4.04 ± 2.65	2.3 ± 3.71	7.5 ± 5.1	3.51 ± 3.89	0.00089*
SVA	-4.62 ± 27.92	-5.43 ± 24.35	10.12 ± 24.48	-3.35 ± 25.76	0.32006
L5-S1/L1-S1 ratio	0.15 ± 0.06	0.14 ± 0.12	0.14 ± 0.07	0.14 ± 0.1	0.21485
LDI	0.08 ± 0.07	0.09 ± 0.07	0.06 ± 0.07	0.08 ± 0.07	0.49523

Table 6: Results of pelvic incidence subgroup analyses for postoperative-preoperative differentials.

Results expressed as mean ± standard deviation. Kruskal-Wallis statistical test

* signified for p-value <0.05

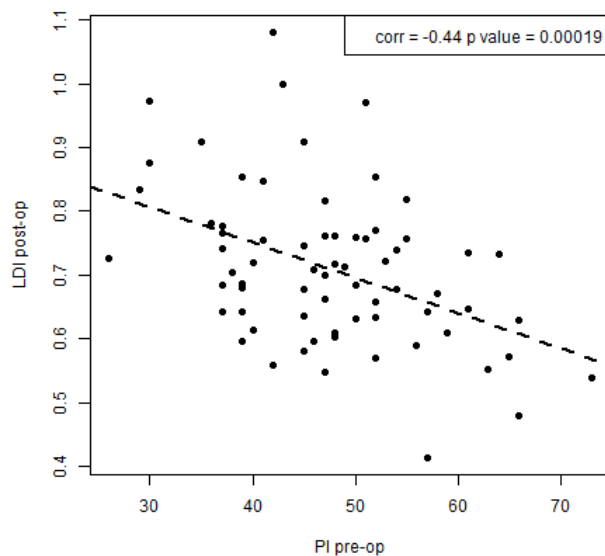


Figure 7: Correlation between preoperative PI and postoperative LDI

p-value < 0.001 ρ: -0.435 95% CI: [-0.609 ; -0.221]

This means that in our population, as the patient's preoperative pelvic incidence increases, the postoperative LDI decreases.

Discussion

Our study is the 1st to our knowledge to show a restoration of the L4-S1 lordosis to the TTL and to find the IAH as the main parameter of the implant correlated to the radiological results, and not the lordosis of the implant. This is one of the largest single-level ALIF L5-S1 for DDD series to assess postoperative LL compensation.

We found statistically significant increases in the main radiological objectives of this procedure, namely an increase in SL, L4-S1 lordosis and L1-S1 LL, as well as an increase in LDI and FH and we showed a reach of L4-S1 TTL, over-correction at L5-S1 and under-correction at L1-S1. Formica and al carried out a review concerning ALIF in the correction of sagittal malalignment, they found a mean increase in L1-S1 lordosis of 4.5° and SL at the operated level of 6.7° in the standalone group. As in our study, they found a lower correction of lordosis than the implant lordosis and an indirect foraminal decompression by increasing the foraminal height at the operated level. [8]

Lee DY and al reported 7.8° SL correction with 12° lordosis implants. [15]

Siepe and al demonstrated a correction of SL by 10.5° ($p < 0.0001$) but a decrease in overall LL (-0.57°) but no statistically significant correction in FH. [16]

Kapustka and al studied variations of FH using scans and showed an increase in bilateral FH of 2.31mm and an increase in L1-S1 LL of 4.8° with IAH of 13.5 mm and 12° lordosis. [17]

Afathi et al carried out an ALIF and LLIF study and found a significant increase in L4-S1 lordosis and LDI but not in L1-S1 LL, which they interpreted as a change in the distribution of lordosis which was returned distally. [18]

Our study also found a correlation between IAH and delta L4-S1 lordosis, delta LDI, and post-op FH. Corrected CR was also correlated with FH differential between preoperative and postoperative.

Subgroup analyses did not reveal any statistically significant values for IAH to be planned according to PI and patient's gender, most probably because the sample was spread in too many subcategories. Carrying out a study with a larger number of patients would allow sub-group analyses with greater power.

The men seemed to achieve the L4-S1 TTL more precisely with an IAH of 16mm, while the women used IAH of 14 or 16mm, but there was no statistically significant difference.

Ahlquist and al published a predictive equation for postoperative SL after interbody arthrodesis (ALIF, LLIF, TLIF), depending on the approach, operated level and lordosis of the implant. [6]

Wu and al found no correlation between LLIF implant parameters and radio-clinical results. They found an increase in segmental lordosis and disc height depending on the position of the implant in anterior-posterior plane. [19]

Zavras and al found a correlation between anterior placement of the ALIF implant and risk of cage subsidence. [20]

Issa and al found better correction of SL for anteriorly placed LLIF cages, and better correction of PDH for posteriorly placed cages. They found no correlation between implant parameters (lordosis and height) and postoperative results. [21]

Subgroup analyses of PI showed a difference in preoperative and postoperative L1-S1 lordosis between subgroups but not at L5-S1 and L4-S1, which means that PI was mainly related to L1-L4 proximal lordosis, a result previously described in other studies. [22]

The preoperative PI was inversely correlated to postoperative LDI showing the risk of overcorrecting the LDI in patients with a low PI (and therefore a low proximal lordosis), and the difficulty of correcting the LDI of patients with a high PI. We feel it would be wise to place implants with a lower IAH in patients with a low PI, to avoid hyperlordosis in the distal part. Conversely, greater IAH should be used in patients with a high PI to avoid malalignment in hypolordosis.

In particular, we found a statistically significant increase in PI, pointing to probable postoperative compensatory movements of the sacroiliac joints, which may explain why some patients decompensate for pain related to this joint at a distance from an L5-S1 ALIF. [23]

Limitations of this study include the retrospective, monocentric, purely radiological nature of the data collected, and the low number of patients, which nevertheless remains usual in published series for this procedure, despite it being one of the largest single-level standalone series. Clinical data or interbody fusion results would have enhanced the external validity of this study.

The strengths of the study are its reproducibility: all patients underwent surgery solely for DDD, and only via a standalone anterior approach to the lumbosacral hinge, having excluded patients with transitional anomalies, spondylolisthesis and pre-existing hardware, which allows to limit bias.

The restoration of a distal lordosis, and lordosis distribution in patients with chronic DDD was found to reduce the risk of 1-year revision for mechanical complications and adjacent syndrome and related to prediction of spontaneous correction of thoracic kyphosis and SS in patients with flat backs as a mechanism of thoracic sagittal compensation. [14, 24, 25]

We were able to highlight the potential for global LL correction, which remains rather uncertain in the current literature, as well as for indirect decompression which is already well described. To the best of our knowledge, no other article has focused on the achievement of the TTL related to pelvic incidence for this standalone single-level anterior approach lumbar interbody arthrodesis procedure.

The correlations between ALIF implant parameters and the correction of the various radiological objectives are not clearly defined in the literature, and our study highlighted a relationship between IAH and radiological results, as well as corrected CR (composite of cage depression and depth) and indirect foraminal decompression.

Subgroup analyses did not reveal any statistically significant values for the IAH to be planned according to PI and patient gender, most probably due to the limited number of patients for analyses in too many subcategories. These results confirm the need for a study with a larger number of patients.

We hope that the results of this study will help to guide operators in their implant parameters choice, although further studies are obviously needed to enable more precise planning of this surgical procedure, which remains a technical challenge in both execution and planning.

Conclusion

The L5-S1 standalone ALIF achieves L4-S1 distal lordosis correction at the theoretical target (key to harmonious lordosis distribution) in patients with single-level degenerative disc disease, while restoring global as well as segmental lordosis, and achieving indirect foraminal decompression.

Anterior cage height was the only implant parameter found to correlate with post-operative distal lordosis results. Implant depression and depth, as well as anterior implant height, correlated with postoperative foraminal height.

References

1. Teraguchi M, Yoshimura N, Hashizume H, et al (2014) Prevalence and distribution of intervertebral disc degeneration over the entire spine in a population-based cohort: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis and Cartilage* 22:104–110. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2013.10.019>
2. Phillips FM, Slosar PJ, Youssef JA, et al (2013) Lumbar Spine Fusion for Chronic Low Back Pain Due to Degenerative Disc Disease: A Systematic Review. *Spine* 38:E409–E422. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182877f11>
3. Barrey C, Roussouly P, Le Huec J-C, et al (2013) Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J* 22:834–841. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-3030-z>
4. Rao PJ, Maharaj MM, Phan K, et al (2015) Indirect foraminal decompression after anterior lumbar interbody fusion: a prospective radiographic study using a new pedicle-to-pedicle technique. *The Spine Journal* 15:817–824. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.12.019>
5. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, et al (2017) Global Alignment and Proportion (GAP) Score: Development and Validation of a New Method of Analyzing Spinopelvic Alignment to Predict Mechanical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 99:1661–1672. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.01594>
6. Ahlquist S, Park HY, Gatto J, et al (2018) Does approach matter? A comparative radiographic analysis of spinopelvic parameters in single-level lumbar fusion. *The Spine Journal* 18:1999–2008. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.03.014>
7. Watkins RG, Hanna R, Chang D, Watkins RG (2014) Sagittal Alignment After Lumbar Interbody Fusion: Comparing Anterior, Lateral, and Transforaminal Approaches. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 27:253–256. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e31828a8447>
8. Formica M, Quarto E, Zanirato A, et al (2021) ALIF in the correction of spinal sagittal misalignment. A systematic review of literature. *Eur Spine J* 30:50–62. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06598-y>

9. Janik TJ, Harrison DD, Cailliet R, et al (1998) Can the sagittal lumbar curvature be closely approximated by an ellipse? *Journal Orthopaedic Research* 16:766–770. <https://doi.org/10.1002/jor.1100160620>
10. BAKER JF, ROBERTSON PA (2021) Segmental Contributions to Lumbar Lordosis: A Computed Tomography Study. *Int J Spine Surg* 14:949–955. <https://doi.org/10.14444/7144>
11. Aurouer N, Obeid I, Gille O, et al (2009) Computerized preoperative planning for correction of sagittal deformity of the spine. *Surg Radiol Anat* 31:781–792. <https://doi.org/10.1007/s00276-009-0524-9>
12. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL (2011) Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur Spine J* 20:578–585. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1924-1>
13. Yilgor C, Sogunmez N, Yavuz Y, et al (2017) Relative lumbar lordosis and lordosis distribution index: individualized pelvic incidence–based proportional parameters that quantify lumbar lordosis more precisely than the concept of pelvic incidence minus lumbar lordosis. *Neurosurgical Focus* 43:E5. <https://doi.org/10.3171/2017.8.FOCUS17498>
14. Bari TJ, Heegaard M, Bech-Azeddine R, et al (2021) Lordosis Distribution Index in Short-Segment Lumbar Spine Fusion – Can Ideal Lordosis Reduce Revision Surgery and Iatrogenic Deformity? *Neurospine* 18:543–553. <https://doi.org/10.14245/ns.2040744.372>
15. Lee DY, Lee S-H, Maeng DH (2010) Two-Level Anterior Lumbar Interbody Fusion With Percutaneous Pedicle Screw Fixation: A Minimum 3-Year Follow-up Study. *Neurol Med Chir(Tokyo)* 50:645–650. <https://doi.org/10.2176/nmc.50.645>
16. Siepe CJ, Stosch-Wiechert K, Heider F, et al (2015) Anterior stand-alone fusion revisited: a prospective clinical, X-ray and CT investigation. *Eur Spine J* 24:838–851. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3642-y>
17. Kapustka B, Kiwic G, Chodakowski P, et al (2020) Anterior lumbar interbody fusion (ALIF): biometrical results and own experiences. *Neurosurg Rev* 43:687–693. <https://doi.org/10.1007/s10143-019-01108-1>
18. Afathi M, Zairi F, Devos P, et al (2017) Anterior lumbar sagittal alignment after anterior or lateral interbody fusion. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 103:1245–1250. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.09.014>

19. Wu C, Bian H, Liu J, et al (2022) Effects of the cage height and positioning on clinical and radiographic outcome of lateral lumbar interbody fusion: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord* 23:1075. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05893-7>
20. Zavras AG, Federico V, Nolte MT, et al (2024) Risk Factors for Subsidence Following Anterior Lumbar Interbody Fusion. *Global Spine Journal* 14:257–264. <https://doi.org/10.1177/21925682221103588>
21. Issa TZ, Lee Y, Lambrechts MJ, et al (2023) The impact of cage positioning on lumbar lordosis and disc space restoration following minimally invasive lateral lumbar interbody fusion. *Neurosurgical Focus* 54:E7. <https://doi.org/10.3171/2022.10.FOCUS22607>
22. Pesenti S, Lafage R, Stein D, et al (2018) The Amount of Proximal Lumbar Lordosis Is Related to Pelvic Incidence. *Clin Orthop Relat Res* 476:1603–1611. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000380>
23. Manzetti M, Ruffilli A, Barile F, et al (2023) Sacroiliac Joint Degeneration and Pain After Spinal Arthrodesis: A Systematic Review. *Clinical Spine Surgery* 36:169. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001341>
24. Wang M, Wang X, Wang H, et al (2024) Validation of Roussouly classification in predicting the occurrence of adjacent segment disease after short-level lumbar fusion surgery. *J Orthop Traumatol* 25:2. <https://doi.org/10.1186/s10195-023-00744-0>
25. Jang J-S, Lee S-H, Min J-H, Maeng DH (2007) Changes in sagittal alignment after restoration of lower lumbar lordosis in patients with degenerative flat back syndrome. *SPI* 7:387–392. <https://doi.org/10.3171/SPI-07/10/387>

SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, 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 donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis 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 et reconnaissant 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 d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !



ALIF L5-S1 standalone pour discopathie dégénérative mono-niveau : paramètres de l'implant influençant les résultats radiologiques

Introduction

Les discopathies dégénératives lombaires L5-S1 sont une pathologie fréquente (67% des hommes et 71% des femmes) et peuvent être responsables de lombalgies chroniques et parfois de radiculalgies. Les objectifs d'une arthrodèse intersomatique par voie antérieure sont notamment la restauration de l'équilibre sagittal, d'une lordose lombaire segmentaire et globale, ainsi que la décompression. Notre hypothèse principale est que l'ALIF L5-S1 standalone permet une correction de la lordose L4-S1 proche de la valeur théorique définie par l'incidence pelvienne, et que la hauteur antérieure de l'implant est le paramètre principal influençant les résultats.

Matériel et méthodes

Étude observationnelle rétrospective radiologique (EOS) monocentrique réalisée au CHU de Poitiers, France.

Inclusion de 69 patients majeurs opérés d'un ALIF L5-S1 standalone entre le 1^{er} janvier 2017 et le 1^{er} janvier 2023 pour discopathie dégénérative mono-niveau sans déformation ou instrumentation préexistante, à l'aide des codages CCAM.

Résultats

Il a été retrouvé une augmentation significative ($p < 0,05$) de la lordose L1-S1 de $4,67^\circ$, de L4-S1 de $7,1^\circ$, de L5-S1 de 9° , de la hauteur foraminale de 3,25mm et du LDI de 8%. Il n'a pas été retrouvé de différence entre la lordose L4-S1 postopératoire et la cible théorique ($-0,7^\circ \pm 6,6^\circ$, $p = 0,738$). Il a été retrouvé une sur-correction en L5-S1 ($p < 0,05$) et une sous-correction en L1-S1 ($p < 0,05$). La hauteur antérieure de l'implant est corrélée à la correction de lordose L4-S1 (IC [0.028 ; 0.470] $p = 0.0290$), de LDI, et à la hauteur foraminale postopératoire. L'enfoncement de la cage et sa profondeur sont corrélés à la correction de hauteur foraminale.

Conclusion

L'ALIF L5-S1 standalone permet une restauration de l'équilibre sagittal en redonnant de la lordose caudale, globale ainsi que segmentaire, et permet de réaliser une décompression indirecte foraminale.

Les paramètres de l'implant influençant les résultats sont principalement la hauteur antérieure, suivi de l'enfoncement et de la profondeur, sans lien retrouvé avec la lordose de l'implant.

Mots-clés : ALIF, standalone, discopathie dégénérative, L5-S1, équilibre sagittal, hauteur antérieure

ALIF L5-S1 standalone pour discopathie dégénérative mono-niveau : paramètres de l'implant influençant les résultats radiologiques

Introduction

Les discopathies dégénératives lombaires L5-S1 sont une pathologie fréquente (67% des hommes et 71% des femmes) et peuvent être responsables de lombalgies chroniques et parfois de radiculalgies. Les objectifs d'une arthrodèse intersomatique par voie antérieure sont notamment la restauration de l'équilibre sagittal, d'une lordose lombaire segmentaire et globale, ainsi que la décompression. Notre hypothèse principale est que l'ALIF L5-S1 standalone permet une correction de la lordose L4-S1 proche de la valeur théorique définie par l'incidence pelvienne, et que la hauteur antérieure de l'implant est le paramètre principal influençant les résultats.

Matériel et méthodes

Étude observationnelle rétrospective radiologique (EOS) monocentrique réalisée au CHU de Poitiers, France.

Inclusion de 69 patients majeurs opérés d'un ALIF L5-S1 standalone entre le 1^{er} janvier 2017 et le 1^{er} janvier 2023 pour discopathie dégénérative mono-niveau sans déformation ou instrumentation préexistante, à l'aide des codages CCAM.

Résultats

Il a été retrouvé une augmentation significative ($p < 0,05$) de la lordose L1-S1 de $4,67^\circ$, de L4-S1 de $7,1^\circ$, de L5-S1 de 9° , de la hauteur foraminale de 3,25mm et du LDI de 8%. Il n'a pas été retrouvé de différence entre la lordose L4-S1 postopératoire et la cible théorique ($-0,7^\circ \pm 6,6^\circ$, $p = 0,738$). Il a été retrouvé une sur-correction en L5-S1 ($p < 0,05$) et une sous-correction en L1-S1 ($p < 0,05$). La hauteur antérieure de l'implant est corrélée à la correction de lordose L4-S1 (IC [0.028 ; 0.470] $p = 0.0290$), de LDI, et à la hauteur foraminale postopératoire. L'enfoncement de la cage et sa profondeur sont corrélés à la correction de hauteur foraminale.

Conclusion

L'ALIF L5-S1 standalone permet une restauration de l'équilibre sagittal en redonnant de la lordose caudale, globale ainsi que segmentaire, et permet de réaliser une décompression indirecte foraminale.

Les paramètres de l'implant influençant les résultats sont principalement la hauteur antérieure, suivi de l'enfoncement et de la profondeur, sans lien retrouvé avec la lordose de l'implant.

Mots-clés : ALIF, standalone, discopathie dégénérative, L5-S1, équilibre sagittal, hauteur antérieure