



ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE
PHARMACIE
RABAT



Année : 2023

Thèse N° : 109

**L'APPORT DE LA CHIRURGIE MINI INVASIVE DANS LA PRISE EN
CHARGE DU SPONDYLOLISTHÉSIS LOMBAIRE : À PROPOS DE 26 CAS**

Thèse

Présentée et soutenue publiquement le: / / 2023

PAR

Madame JAAFAR Manal

Née le 31 Octobre 1996 à Rabat

Pour l'Obtention du Diplôme de

Docteur en Médecine

Mots Clés : Chirurgie mini invasive – TLIF- Spondylolisthésis lombaire - Equilibre sagittal

Membres du Jury :

Monsieur EL MAAQILI Moulay Rachid

Professeur de Neurochirurgie

Monsieur EL FATEMI Nizare

Professeur de Neurochirurgie

Monsieur EL MOSTARCHID Brahim

Professeur de Neurochirurgie

Madame FIKRI Meryem

Professeur de Radiologie

Madame KARKOURI Samia

Professeur de Médecine physique et de réadaptation

Monsieur EL MEJJATI Mohamed

Professeur de Neurochirurgie

Président du jury

Directeur de thèse

Juge

Juge

Juge

Juge

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ
وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ
وَالشَّهَادَةِ فَيُنبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969: Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974: Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981: Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989: Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997: Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003: Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 - 2013: Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI

ORGANISATION DÉCANALE :

Doyen

Professeur Mohamed ADNAOUI

Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes

Professeur Brahim LEKEHAL

Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération

Professeur Taoufiq DAKKA

Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie

Professeur Younes RAHALI

Secrétaire Général : Mr. Mohamed KARRA

SERVICES ADMINISTRATIFS :

Chef du Service des Affaires Administratives

Mr. Abdellah KHALED

Chef du Service des Affaires Étudiantes, Statistiques et Suivi des Lauréats

Mr. Azzeddine BOULAAJOU

Chef du Service de la Recherche, Coopération, Partenariat et des Stages

Mr. Najib MOUNIR

Chef du service des Finances

Mr. Rachid BENNIS

*Enseignant militaire

1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi
Pr. SETTAF Abdellatif

Médecine interne – [Clinique Royale](#)
Anesthésie -Réanimation
Pathologie Chirurgicale

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed

Médecine interne – [Doyen de la FMPR](#)

Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. TAZI Saoud Anas

Gynécologie -Obstétrique
Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENSOUDA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZAD Rachid

Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique [Méd. Chef Mat. Orangers](#)

Rabat

Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. SOULAYMANI Rachida

Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pharmacologie- [Dir. du Centre National PV Rabat](#)

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUDA Adil
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Chirurgie Générale [Doyen FMPT](#)
Anesthésie Réanimation
Neurochirurgie
Cardiologie
Anatomie
Microbiologie

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Noureddine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métaboliques [Doyen](#)

FMPA

Pr. EL AMRANI Sabah
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Gynécologie Obstétrique
Chirurgie Générale– [Dir. du CHIS Rabat](#)
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Chirurgie Générale
Gynécologie –Obstétrique
Dermatologie

*Enseignant militaire

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Urologie [Inspecteur du SSM](#)
Pédiatrie
Traumatologie – Orthopédie
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. EL MESNAOUI Abbes
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Néphrologie
Cardiologie [Dir. HMI Mohammed V Rabat](#)

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BIROUK Nazha
Pr. FELLAT Nadia
Pr. KADDOURI Noureddine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. TOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique
Ne Urologie
Cardiologie
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Psychiatrie [Dir. Hôp.Ar-razi Salé](#)
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. BENOMAR ALI
Pr. BOUGTAB Abdesslam
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. BENKIRANE Majid*

Neurologie [Doyen de la FMP Abulcassis Rabat](#)
Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Hématologie

Janvier 2000

*Enseignant militaire

Pr. ABID Ahmed*	Pneumo-phtisiologie
Pr. AIT OUAMAR Hassan	Pédiatrie
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr Sououd	Pédiatrie
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine	Pneumo-phtisiologie
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer	Chirurgie Générale
Pr. ECHARRAB El Mahjoub	Chirurgie Générale
Pr. EL FTOUH Mustapha	Pneumo-phtisiologie
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*	Neurochirurgie
Pr. TACHINANTE Rajae	Anesthésie-Réanimation
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida	Médecine interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia	Ne Urologie
Pr. AJANA Fatima Zohra	Gastro-Entérologie
Pr. BENAMR Said	Chirurgie Générale
Pr. CHERTI Mohammed	Cardiologie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL HASSANI Amine	Pédiatrie - Dir. Hôp. Cheikh Zaid Rabat
Pr. EL KHADER Khalid	Urologie
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae	Pédiatrie

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*	Anesthésie-Réanimation
Pr. BENABDELJLIL Maria	Ne Urologie
Pr. BENAMAR Loubna	Néphrologie
Pr. BENAMOR Jouda	Pneumo-phtisiologie
Pr. BENELBARHDADI Imane	Gastro-Entérologie
Pr. BENNANI Rajae	Cardiologie
Pr. BENOUACHANE Thami	Pédiatrie
Pr. BEZZA Ahmed*	Rhumatologie
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi	Anatomie
Pr. BOUMDIN El Hassane*	Radiologie
Pr. CHAT Latifa	Radiologie
Pr. EL HIJRI Ahmed	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid	Neuro-chirurgie
Pr. EL MADHI Tarik	Chirurgie-Pédiatrique Dir. Hôp. Des Enfants Rabat
Pr. EL OUNANI Mohamed	Chirurgie Générale
Pr. ETTAIR Said	Pédiatrie -
Pr. GAZZAZ Miloudi*	Neuro-chirurgie
Pr. HRORA Abdelmalek	Chirurgie Générale Dir. Hôpital Ibn Sina Rabat
Pr. KABIRI EL Hassane*	Chirurgie Thoracique
Pr. LAMRANI Moulay Omar	Traumatologie Orthopédie
Pr. LEKEHAL Brahim	Chirurgie Vasculaire Périphérique V-D. Aff Acad.
Est.	
Pr. MEDARHRI Jalil	Chirurgie Générale
Pr. MOHSINE Raouf	Chirurgie Générale
Pr. NOUINI Yassine	Urologie
Pr. SABBAH Farid	Chirurgie Générale

*Enseignant militaire

Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AMEUR Ahmed*
Pr. AMRI Rachida
Pr. AOURLARH Aziz*

Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie [Dir. HMI Moulaya Ismail-](#)

Meknès

Pr. BAMOU Youssef*
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Pr. BENZEKRI Laila
Pr. BENZZOUBEIR Nadia
Pr. BERNOUSSI Zakiya
Pr. CHOHO Abdelkrim*
Pr. CHKIRATE Bouchra
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair
Pr. FILALI ADIB Abdelhai
Pr. HAJJI Zakia
Pr. KRIOUILE Yamina
Pr. OUJILAL Abdelilah
Pr. RAISS Mohamed
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Pédiatrique
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Pédiatrie
Oto-Rhino-Laryngologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Générale [Dir. de l' ERPPLM](#)

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOULAADAS Malik
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. HACHI Hafid
Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Ne Urologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALLALI Fadoua

Chirurgie réparatrice et plastique
Chirurgie Générale
Rhumatologie

*Enseignant militaire

Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARKAT Amina
Pr. BENYASS Aatif*
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed
Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Ophtalmologie
Rhumatologie [Dir. Hôp. Al Ayachi Salé](#)
Pédiatrie
Cardiologie
Biophysique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Parasitologie
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

AVRIL 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*

Rhumatologie
Hématologie
O.R.L
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire. [Dir. Hôp. Ibn Sina](#)

Marr.

Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Médecine interne
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie – Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Pneumo – Phtisiologie
Biochimie
Pneumo – Phtisiologie

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. AMHAJJI Larbi*
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*
Pr. BOUTIMZINE Nourdine
Pr. CHERKAOUI Naoual*

Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Anesthésie réanimation
Biochimie-Chimie
Pharmacie Clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique

*Enseignant militaire

Pr. EL BEKKALI Youssef*
Pr. EL ABSI Mohamed
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMARI Fatima
Pr. GHARIB Nouredine
Pr. HADADI Khalid*
Pr. ICHOU Mohamed*
Pr. ISMAILI Nadia
Pr. KEBDANI Tayeb
Pr. LOUZI Lhoussain*
Pr. MADANI Naoufel
Pr. MARC Karima
Pr. MASRAR Azlarab
Pr. OUZZIF Ez zohra*
Pr. SEFFAR Myriame
Pr. SEKHSOKH Yessine*
Pr. SIFAT Hassan*
Pr. TACHFOUTI Samira
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
Pr. TANANE Mansour*
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUATI Zakia

Chirurgie cardio-vasculaire
Chirurgie Générale
Anesthésie réanimation
Psychiatrie
Chirurgie plastique et réparatrice
Radiothérapie
Oncologie Médicale
Dermatologie
Radiothérapie
Microbiologie
Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Hématologie biologique
Biochimie-Chimie
Microbiologie
Microbiologie
Radiothérapie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Traumatologie-Orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Mars 2009

Pr. ABOUZHAR Ali*
Pr. AGADR Aomar*
Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
Pr. AKHADDAR Ali*
Pr. ALLALI Nazik
Pr. AMINE Bouchra
Pr. ARKHA Yassir
Pr. BELYAMANI Lahcen*
Pr. BJIJOU Younes
Pr. BOUHSAIN Sanae*
Pr. BOUI Mohammed*
Pr. BOUNAIM Ahmed*
Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
Pr. CHTATA Hassan Toufik*
Pr. DOGHMI Kamal*
Pr. EL MALKI Hadj Omar
Pr. EL OUENNASS Mostapha*
Pr. ENNIBI Khalid*
Pr. FATHI Khalid
Pr. HASSIKOU Hasna*
Pr. KABBAJ Nawal
Pr. KABIRI Meryem
Pr. KARBOUBI Lamya
Pr. LAMSAOURI Jamal*
Pr. MARMADÉ Lahcen

Médecine interne
Pédiatrie
Chirurgie Générale
Neuro-chirurgie
Radiologie
Rhumatologie
Neuro-chirurgie [Dir. Hôp. Spécialités Rabat](#)
Anesthésie Réanimation
Anatomie
Biochimie-Chimie
Dermatologie
Chirurgie Générale
Traumatologie-Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Hématologie clinique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Médecine interne
Gynécologie obstétrique
Rhumatologie
Gastro-entérologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Chimie Thérapeutique
Chirurgie Cardio-vasculaire

*Enseignant militaire

Pr. MESKINI Toufik
Pr. MSSROURI Rahal
Pr. NASSAR Ittimade
Pr. OUKERRAJ Latifa
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani*

Pédiatrie
Chirurgie Générale
Radiologie
Cardiologie
Pneumo-Phtisiologie

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
Pr. AMEZIANE Taoufiq*
Pr. BELAGUID Abdelaziz
Pr. CHADLI Mariama*
Pr. CHEMSI Mohamed*
Pr. DAMI Abdellah*
Pr. DENDANE Mohammed Anouar
Pr. EL HAFIDI Naima
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
Pr. EL MAZOUZ Samir
Pr. EL SAYEGH Hachem
Pr. ERRABIH Ikram
Pr. LAMALMI Najat
Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie réanimation
Médecine interne
Physiologie
Microbiologie
Médecine Aéronautique
Biochimie- Chimie
Chirurgie Pédiatrique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Plastique et Réparatrice
Urologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique

Decembre 2010

Pr. ZNATI Kaoutar

Anatomie Pathologique

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed
Pr. ABOUELALAA Khalil*
Pr. BENCHEBBA Driss*
Pr. DRISSI Mohamed*
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna
Pr. EL OUAZZANI Hanane*
Pr. ER-RAJI Mounir Chirurgie
Pr. JAHID Ahmed

Chirurgie Pédiatrique
Anesthésie Réanimation
Traumatologie-Orthopédie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Pneumophtisiologie
Pédiatrique
Anatomie Pathologique

Février 2013

Pr. AHID Samir
Pr. AIT EL CADI Mina
Pr. AMRANI HANCHI Laila
Pr. AMOR Mourad
Pr. AWAB Almahdi
Pr. BELAYACHI Jihane
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain
Pr. BENCHEKROUN Laila
Pr. BENKIRANE Souad
Pr. BENSghir Mustapha*
Pr. BENYAHIA Mohammed*

Pharmacologie [Doyen FP de l'UM6SS](#)
Toxicologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Réanimation Médicale
Anesthésie-Réanimation
Biochimie-Chimie
Hématologie
Anesthésie Réanimation
Néphrologie

*Enseignant militaire

Pr. BOUATIA Mustapha	Chimie Analytique et Bromatologie
Pr. BOUABID Ahmed Salim*	Traumatologie orthopédie
Pr BOUTARBOUCH Mahjouba	Anatomie
Pr. CHAIB Ali*	Cardiologie
Pr. DENDANE Tarek	Réanimation Médicale
Pr. DINI Nouzha*	Pédiatrie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali	Anesthésie Réanimation
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa	Radiologie
Pr. ELFATEMI NIZARE	Neuro-chirurgie
Pr. EL GUERROUJ Hasnae	Médecine Nucléaire
Pr. EL HARTI Jaouad	Chimie Thérapeutique
Pr. EL JAOUDI Rachid*	Toxicologie
Pr. EL KABABRI Maria	Pédiatrie
Pr. EL KHANNOUSSI Basma	Anatomie Pathologique
Pr. EL KHLouFI Samir	Anatomie
Pr. EL KORAICHI Alae	Anesthésie Réanimation
Pr. EN-NOUALI Hassane*	Radiologie
Pr. ERRGUIG Laila	Physiologie
Pr. FIKRI Meryem	Radiologie
Pr. GHFIR Imade	Médecine Nucléaire
Pr. IMANE Zineb	Pédiatrie
Pr. IRAQI Hind	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. KABBAJ Hakima	Microbiologie
Pr. KADIRI Mohamed*	Psychiatrie
Pr. LATIB Rachida	Radiologie
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra	Médecine interne
Pr. MEDDAH Bouchra	Pharmacologie <u>Directrice du Méd. Phar.</u>
Pr. MELHAOUI Adyl	Neuro-chirurgie
Pr. MRABTI Hind	Oncologie Médicale
Pr. NEJJARI Rachid	Pharmacognosie
Pr. OUBEJJA Houda	Chirurgie Pédiatrique
Pr. OUKABLI Mohamed*	Anatomie Pathologique
Pr. RAHALI Younes	Pharmacie Galénique <u>Vice-Doyen à la Pharmacie</u>
Pr. RATBI Ilham	Génétique
Pr. RAHMANI Mounia	Ne Urologie
Pr. REDA Karim*	Ophtalmologie
Pr. REGRAGUI Wafa	Ne Urologie
Pr. RKAIN Hanan	Physiologie
Pr. ROSTOM Samira	Rhumatologie
Pr. ROUAS Lamiaa	Anatomie Pathologique
Pr. ROUIBAA Fedoua*	Gastro-Entérologie
Pr SALIHOUN Mouna	Gastro-Entérologie
Pr. SAYAH Rochde	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. SEDDIK Hassan*	Gastro-Entérologie
Pr. ZERHOUNI Hicham	Chirurgie Pédiatrique
Pr. ZINE Ali*	Traumatologie Orthopédie

AVRIL 2013

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

*Enseignant militaire

MAI 2013

Pr. BOUSLIMAN Yassir* Toxicologie

MARS 2014

Pr. ACHIR Abdellah	Chirurgie Thoracique
Pr. BENCHAKROUN Mohammed*	Traumatologie- Orthopédie
Pr. BOUCHIKH Mohammed	Chirurgie Thoracique
Pr. EL KABBAJ Driss*	Néphrologie
Pr. FILALI Karim*	Anesthésie-Réanimation Dir. ERSSM
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira*	Biochimie-Chimie
Pr. HARDIZI Houyam	Histologie- Embryologie-Cytogénétique
Pr. HASSANI Amale*	Pédiatrie
Pr. HERRAK Laila	Pneumologie
Pr. JEAIDI Anass*	Hématologie Biologique
Pr. KOUACH Jaouad*	Génécologie-Obstétrique
Pr. MAKRAM Sanaa*	Pharmacologie
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar	CCV
Pr. SEKKACH Youssef*	Médecine interne
Pr. TAZI MOUKHA Zakia	Génécologie-Obstétrique

DECEMBRE 2014

Pr. ABILKACEM Rachid*	Pédiatrie
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila	Médecine Légale
Pr. BEKKALI Hicham*	Anesthésie-Réanimation
Pr. BENAZZOU Salma	Chirurgie Maxillo-Faciale
Pr. BOUABDELLAH Mounya	Biochimie-Chimie
Pr. BOUCHRIK Mourad*	Parasitologie
Pr. DERRAJI Soufiane*	Pharmacie Clinique
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali	Anatomie
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim*	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL MARJANY Mohammed*	Radiothérapie
Pr. FEJJAL Nawfal	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. JAHIDI Mohamed*	O.R.L
Pr. LAKHAL Zouhair*	Cardiologie
Pr. OUDGHIRI NEZHA	Anesthésie-Réanimation
Pr. RAMI Mohamed	Chirurgie Pédiatrique
Pr. SABIR Maria	Psychiatrie
Pr. SBAI IDRISSE Karim*	Médecine préventive, santé publique et Hyg.

AOUT 2015

Pr. MEZIANE Meryem	Dermatologie
Pr. TAHIRI Latifa	Rhumatologie

JANVIER 2016

Pr. BENKABBOU Amine	Chirurgie Générale
Pr. EL ASRI Fouad*	Ophtalmologie
Pr. ERRAMI Nouredine*	O.R.L

*Enseignant militaire

JUIN 2017

Pr. ABI Rachid*	Microbiologie
Pr. ASFALOU Ilyasse*	Cardiologie
Pr. BOUAITI El Arbi*	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. BOUTAYEB Saber	Oncologie Médicale
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim	Oncologie Médicale
Pr. HAFIDI Jawad	Anatomie
Pr. MAJBAR Mohammed Anas	Chirurgie Générale
Pr. OURAINI Saloua*	O.R.L
Pr. RAZINE Rachid	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. SOUADKA Amine	Chirurgie Générale
Pr. ZRARA Abdelhamid*	Immunologie

PROFESSEURS AGREGES :

JANVIER 2005

Pr. HAJJI Leila	Cardiologie (mise en disponibilité)
-----------------	-------------------------------------

MAI 2018

Pr. AMMOURI Wafa	Médecine interne
Pr. BENTALHA Aziza	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL AHMADI Brahim	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL HARRECH Youness*	Urologie
Pr. EL KACEMI Hanan	Radiothérapie
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa	Radiothérapie
Pr. FATIHI Jamal*	Médecine interne
Pr. GHANNAM Abdel-Ilah	Anesthésie-Réanimation
Pr. JROUNDI Imane	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil	Radiologie
Pr. TADILI Sidi Jawad	Anesthésie-Réanimation
Pr. TANZ Rachid*	Oncologie Médicale

NOVEMBRE 2018

Pr. AMELLAL Mina	Anatomie
Pr. SOULY Karim	Microbiologie
Pr. TAHRI Rajae	Histologie-Embryologie--Cytogénétique

NOVEMBRE 2019

Pr. AATIF Taoufiq*	Néphrologie
Pr. ACHBOUK Abdelhafid*	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid	Radiothérapie
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah*	Génycologie-Obstétrique
Pr. BASSIR Rida Allah	Anatomie
Pr. BOUATTAR Tarik	Néphrologie
Pr. BOUFETTAL Monsef	Anatomie
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed*	Chirurgie-Générale
Pr. BOUZELMAT Hicham*	Cardiologie
Pr. BOUKHRIS Jalal*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFRY Bouchaib*	Traumatologie-Orthopédie

*Enseignant militaire

Pr. CHAHDI Hafsa*	Anatomie pathologique
Pr. CHERIF EL ASRI ABAD*	Neuro-chirurgie
Pr. DAMIRI Amal*	Anatomie Pathologique
Pr. DOGHMI Nawfal*	Anesthésie-Réanimation
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir	Pharmacie-Galénique
Pr. EL ANNAZ Hicham*	Virologie
Pr. EL HASSANI Moulay El Mehdi*	Gynécologie-Obstétrique
Pr. EL HJOUJI Abderrahman*	Chirurgie Générale
Pr. EL KAOUI Hakim*	Chirurgie Générale
Pr. EL WALI Abderrahman*	Anesthésie-Réanimation
Pr. EN-NAFAA Issam*	Radiologie
Pr. HAMAMA Jalal*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. HEMMAOUI Bouchaib*	O.R.L
Pr. HJIRA Naouafal*	Dermatologie
Pr. JIRA Mohamed*	Médecine interne
Pr. JNIENE Asmaa	Physiologie
Pr. LARAQUI Hicham*	Chirurgie-Générale
Pr. MAHFOUD Tarik*	Oncologie Médicale
Pr. MEZIANE Mohammed*	Anesthésie-Réanimation
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes*	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. MOUZARI Yassine*	Ophtalmologie
Pr. NAOUI Hafida*	Parasitologie-Mycologie
Pr. OBTEL MAJDOULINE	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. OURRAI ABDELHAKIM*	Pédiatrie
Pr. SAOUAB RACHIDA*	Radiologie
Pr. SBITTI YASSIR*	Oncologie Médicale
Pr. ZADDOUG OMAR*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. ZIDOUH SAAD*	Anesthésie-Réanimation

SEPTEMBRE 2021

Pr. ABABOU Karim*	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. ALAOUI SLIMANI Khaoula*	Oncologie Médicale
Pr. ATOUF OUFAA	Immunologie
Pr. BAKALI Youness	Chirurgie Générale
Pr. BAMOUS Mehdi*	CCV
Pr. BELBACHIR Siham	Psychiatrie
Pr. BELKOUCH Ahmed*	Médecine des Urgences et des Catastrophes
Pr. BENNIS Azzelarab*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFAI ELALAOUI Siham	Génétique
Pr. DOUMIRI Mouhssine	Anesthésie-Réanimation
Pr. EDDERAI Meryem*	Radiologie
Pr. EL KTAIBI Abderrahim*	Anatomie Pathologique
Pr. EL MAAROUFI Hicham*	Hématologie Clinique
Pr. EL OMRI Noual*	Médecine interne
Pr. ELQATNI Mohamed*	Médecine interne
Pr. FAHRY Aicha*	Pharmacie Galénique
Pr. IBRAHIM RAGAB MOUNTASSER Dina*	Néphrologie
Pr. IKEN Maryem	Parasitologie
Pr. JAAFARI Abdelhamid*	Anesthésie-Réanimation

*Enseignant militaire

Pr. KHALFI Lahcen*
Pr. KHEYI Jamal*
Pr. KHIBRI Hajar
Pr. LAAMRANI Fatima Zahrae
Pr. LABOUDI Fouad
Pr. LAHKIM Mohamed*
Pr. MEKAOUI Nour
Pr. MOJEMMI Brahim
Pr. OUDRHIRI Mohammed Yassaad
Pr. SATTE AMAL*
Pr. SOUHI Hicham*
Pr. TADLAOUI Yasmina*
Pr. TAGAJDID Mohamed Rida*
Pr. ZAHID Hafid*
Pr. ZAJJARI Yassir*
Pr. ZAKARYA Imane*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale
Cardiologie
Médecine interne
Radiologie
Psychiatrie
Radiologie
Pédiatrie
Chimie Analytique
Neurochirurgie
Neurologie
Pneumo-phtisiologie
Pharmacie Clinique
Virologie
Hématologie
Néphrologie
Pharmacognosie

*Enseignant militaire

2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-Chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie Vice-Doyen chargé de la Rech. et de la Coop.
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. RIDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

PROFESSEURS HABILITES :

Pr. AANNIZ Tarik	Microbiologie et Biologie moléculaire
Pr. BENZEID Hanane	Chimie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie-Chimie
Pr. CHERGUI Abdelhak	Botanique, Biologie et physiologie végétales
Pr. DOUKKALI Anass	Chimie Analytique
Pr. EL BAKKALI Mustapha	Physiologie
Pr. EL JASTIMI Jamila	Chimie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Histologie-Embryologie
Pr. LAZRAK Fatima	Chimie
Pr. LYAHYAI Jaber	Génétique
Pr. OUADGHIRI Mouna	Microbiologie et Biologie
Pr. RAMLI Youssef	Chimie Organique Pharmaco-Chimie
Pr. SERRAGUI Samira	Pharmacologie
Pr. TAZI Ahnini	Génétique
Pr. YAGOUBI Maamar	Eau, Environnement

Mise à jour le 21/02/2022
KHALED Abdellah
Chef du Service des Affaires Administratives
FMPR

*Enseignant militaire

DEDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer ma gratitude, Mon amour, mon respect, et ma reconnaissance...

« Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent du bonheur ; elles sont les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries »

Marcel Proust.

Je dédie cette thèse à...

الله

Le Tout Puissant

Qui m'a inspirée

*Et m'a guidée vers le bon chemin Je Lui dois ce que je suis devenue
Louanges et remerciements Pour Sa clémence et Sa miséricorde.*

قال تعالى : وأنفقوا في سبيل الله ولا تلقوا بأيديكم إلى التهلكة وأحسنوا إن الله يحب
المحسنين

A mon cher père Abdelkrim JAAFAR,

Tu n'as jamais cessé de croire en moi dans toutes les circonstances, et qui, sans ton affection et ton soutien, je ne serais jamais arrivé là où j'en suis maintenant.

Voilà une belle occasion pour t'en remercier, ta fierté serait aujourd'hui ma plus belle récompense.

A ma chère mère Farida JELLAB, mon amour éternel,

Pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être et le soutien que tu m'as prodigué tout au long de mon éducation. Que Dieu te préserve et te procure santé, sérénité et longue vie !

Tu as toujours su manifester ton amour inconditionnel, ton soutien sans faille dans différentes épreuves et ta joie dans les moments heureux,

Mes parents, vous êtes ceux à qui je dois tout après Allah, et pour qui aucune dédicace ne saurait exprimer mon profond amour, ma gratitude, ni mon infinie reconnaissance. Vous n'avez jamais cessé de lutter. Vous n'avez jamais cessé de prier, de me soutenir et de lutter pour notre bien-être et notre éducation.

Ce modeste travail, qui est avant tout le vôtre, n'est que la consécration de vos grands efforts et vos immenses sacrifices. J'espère rester toujours digne de votre estime. Puisse Allah Le Tout Puissant vous préserver du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous accorder longue et heureuse vie.

Je vous aime beaucoup

A ma très chères sœurs Sarahind, Dounia, Hanae

Pour votre inestimable encouragement et votre bonté, Je vous dédie ce travail en témoignage de l'amour que j'ai pour vous. Je n'oublierai jamais votre amour inconditionnel, et votre soutien. Puisse dieu vous préserver et vous procurer bonheur et réussite et de sérénité. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour

A mes anges

Houssam, Amir, Rania, Iyad, Ines, Taym,

Mes chers neveux et nièces je vous exprime mon plus grand amour.

*A l'âme de mes grands-mères Mama Ouazna, Rahma et ma tante
Rabha*

Je ne pourrais exprimer ma gratitude envers vous, je vous remercie pour tous vos efforts et votre soutien. Votre départ a laissé un vide, un grand vide, j'espérais que vous assistiez à cette soutenance, mais le seigneur en a décidé autrement, reposez en paix, je ne vous oublierai jamais. Pour l'éternité votre souvenir restera à jamais gravé dans mon cœur. Merci pour toutes les vertus que vous avez sues nous transmettre, reposez en paix au prêt du miséricordieux,

A tous les membres de la famille JAAFAR et JELLAB

Merci pour votre amour. Vos encouragements m'ont été d'un grand soutien. Que ce travail soit pour vous le témoignage de mes sentiments les plus sincères et les plus affectueux. Puisse Dieu vous procurer bonheur, prospérité et grand succès.

À Mes très chers amis :

*Particulièrement Hayat, Khaoula, Siham, Widad, Marwa, Lina,
Kawtar, Fahim, Loubna, Abdeljabbar*

*À tous les moments qu'on a passé ensemble, à tous nos souvenirs ! Merci pour
tous les moments formidables qu'on a partagés.*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de notre sincère amitié, que j'espère
durera toute la vie. Je ne saurais exprimer mes sentiments envers vous, votre
soutien continu votre aide précieuse m'a aidée à surmonter beaucoup
d'épreuves.*

A toute l'équipe d'Ophthalmologie

A Mon Maitre Professeur Moulay Omar MOUSTAINE

A Mon Maitre Professeur Shamil LOUAYA

A Dr Idrissi, Dr Tzili, Dr Houdaigui,

*Aux futurs ophtalmologistes et mes collègues ; Dr Moulahid, Dr
Frarchi, Dr Azemmour, Dr El Ghemmaz , Dr Kanazy ,Dr Manssouri,
Dr Bazhar ,*

Dr Boualane, Dr Daoui, Dr Lekhlifi, Dr Nassaf, Dr Benhar

*C'est une grande fierté pour moi de vous connaître. C'est un immense honneur
pour moi de travailler à vos côtés. Je vous souhaite une vie pleine de réussite, de
santé et de bonheur.*

A tous ceux qui me sont chers, dont l'oubli de la plume n'est pas celui du cœur!

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

A Vous tous je vous dis merci, et je vous dédie ce modeste travail.

REMERCIEMENTS

A

Notre maître et président de thèse :

Professeur EL MAAQILI Moulay Rachid,

*Professeur de Neurochirurgie et chef de service de l'hôpital IBN
SINA de Rabat.*

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant
de présider notre jury. Nous avons toujours admiré vos qualités humaines
et professionnelles ainsi que votre modestie qui restent exemplaires.*

*Permettez-moi de vous présenter à travers ce travail le témoignage de
mon grand respect et l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et nos
remerciements les plus sincères.*

Notre maitre et Directeur de thèse :
Professeur Nizare EL FATEMI, Professeur en Neurochirurgie
à l'hôpital Ibn Sina de Rabat.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant Professeur Nizar EL FATEMI, je vous remercie de m'avoir encadré et guidé par vos conseils pertinents tout au long du projet. J'ai eu l'occasion d'apprécier vos qualités humaines, professionnelles et vos qualités d'enseignant qui ont toujours suscité l'admiration.

J'ai été très touchée par votre disponibilité et par l'encouragement que vous m'avez apportée durant la réalisation de ce travail. Je suis très fière d'avoir été votre élève et j'espère être à la hauteur de vos attentes.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre fidèle attachement, de notre profonde gratitude et notre immense respect.

A notre maitre et Juge de thèse :

Pr EL MOSTARCHID Brahim

Professeur de Neurochirurgie à l'hôpital militaire d'instruction

Mohamed V de Rabat

*C'est un grand honneur que vous nous faites d'accepter aimablement de
siéger parmi notre jury de thèse.*

*Homme de grandes valeurs, vous nous avez toujours marqué par votre
compétence, votre charisme et votre humilité.*

*Veillez trouver ici, cher Maitre, le témoignage de notre haute
considération et de notre sincère respect.*

Notre Maitre et Juge de thèse :

Professeur FIKRI Meryem

Professeur de radiologie à l'hôpital des spécialités à Rabat

Nous vous remercions de nous avoir honoré par votre présence. Nous avons eu la chance de bénéficier de votre expérience, votre sympathie et votre simplicité exemplaire, des qualités qui sont pour nous un objet de profonde estime. Veuillez accepter, professeur, nos sincères remerciements et notre profond respect.

Notre Maitre et Juge de thèse :

Professeur KARKOURI Samia

Professeur de médecine physique et de réadaptation à l'hôpital

AL AYACHI à Rabat

*Vous nous avez honoré d'accepter avec grande sympathie de siéger parmi
notre jury de thèse. Nous vous sommes infiniment reconnaissants
Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et
notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et
humaines.*

Notre Maitre et Juge de thèse :

PR. EL MEJJATI Mohamed

Professeur de Neurochirurgie au CHU Souss Massa d'Agadir

Nous sommes infiniment sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant d'être parmi les membres de jury de cette thèse. Votre sympathie et votre gentillesse nous encouragent et nous incite d'avantage à vouloir puiser de votre savoir.

Veillez trouver dans ce travail, l'expression de notre gratitude et de notre estime.

LISTE DES ABREVIATIONS

CMI : chirurgie mini-invasive

IMC : Indice de masse corporelle

SPL : spondylolisthésis

MIS-TLIF : fusion intersomatique lombaire transforaminale mini invasive

PLIF : fusion intersomatique lombaire postérieure

TLIF : fusion intersomatique lombaire transforaminale

OLIF : arthrodèse intersomatique par voie oblique

LLIF : arthrodèse intersomatique par voie latérale

ALIF : arthrodèse intersomatique par voie antérieure

XLIF : arthrodèse intersomatique par voie extrême latérale

SV : vertèbre sacrale

DS : déséquilibre sagittal

AVS : axe vertical sagittal

RC : rachis cervical

RT : rachis thoracique

RL : rachis lombaire.

IP : incidence pelvienne

VP : version pelvienne

SS : pente sacrée (sacral slope)

PL : fil à plomb (plumb line)

IRM : imagerie par résonance magnétique

TDM : tomodensitométrie

HGDS : dysplasie de haut grade

LL : lordose lombaire

SDSG : groupe d'étude des déformations de la colonne vertébrale (spinal deformity study group)

CHU : centre hospitalier universitaire

Atcds : antécédents

HTA : hypertension artérielle

PM : Périmètre de Marche

AINS : anti inflammatoire non stéroïdiens

MI : membres inférieurs

oTLIF : TLIF mini-ouverte

pTLIF : TLIF percutanée

PEEK : polyétheréthercétone (polyétheréthercétone)

AP : antéropostérieure

LCR : liquide céphalo-rachidien

ATP : antérieure au psoas

CIA/V : artère/veine iliaque commune (Common iliaque artery/vein)

Ps : psoas

TVP : thrombose veineuse profonde

LCR : liquide céphalorachidien

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Images prises du Traité pour divers accouchements laborieux écrit par Herbinaux en 1782 décrivant le spondylolisthésis.....	8
Figure 2 : Les différentes courbures de la colonne vertébrale.	10
Figure 3 : Montrant les différentes régions du rachis et leur rôle.	11
Figure 4 : Schéma montrant les vertèbres correspondantes aux différentes courbures de la colonne spinale.....	12
Figure 5 : Schéma montrant l'anatomie des différents types de vertèbres.....	13
Figure 6 : Schéma montrant les composants anatomiques des vertèbres.....	15
Figure 7 : Schéma illustrant le disque intervertébral.....	16
Figure 8 : Schéma d'une vertèbre type : vue supéro-latérale.....	17
Figure 9 : Coupe axiale passant par le disque intervertébral au niveau L4/L5	19
Figure 10 : Schématisant le foramen intervertébral.	19
Figure 11 : Différents angles de vue du foramen intervertébral lombaire gauche sur le 3D-CT chez un adulte sain..	20
Figure 12 : Dessins schématiques des artères extra foraminales.	22
Figure 13 : Dessin schématique du foramen intervertébral.....	23
Figure 14 : Dessins schématiques postérieurs de l'artère lombaire et de ses branches dans la zone intraforaminale après l'ablation des facettes.	24
Figure 15 : Illustration schématique décrivant les différents types de ligaments transverses..	25
Figure 16 : Schéma montrant le ligament jaune.....	26
Figure 17 : Les périmètres anatomiques sur le triangle de Kambin.....	27
Figure 18 : Schéma montrant les muscles splénius capitis et cervicis.....	29
Figure 19 : Montrant le muscle longissimus	31
Figure 20 : Figure montrant la partie thoracique du muscle épineux, le longissimus et l'iliocostal	32
Figure 21 : Figure illustrant le muscle multifide.....	33
Figure 22 : Image montrant les muscles rotateurs.....	34
Figure 23 : Vue latérale du rachis lombaire en décubitus ventral avec une flèche représentant le	

canal vertébral.....	35
Figure 24 : Vues per opératoires du canal intra spinal dans le cadre d'une approche transforaminale endoscopique.....	36
Figure 25 : Schéma illustrant les racines de la queue de cheval	37
Figure 26 : Coupe transversale montrant les différents éléments anatomiques de la colonne vertébrale au niveau lombaire.	38
Figure 27 : Montrant l'axe de gravité.....	39
Figure 28 : Schéma montrant le glissement	40
Figure 29 : Schéma montrant l'angle de glissement	41
Figure 30 : schéma montrant les types de rachis en fonction du grade d'IP	43
Figure 31 : Les différents paramètres pelviens	44
Figure 32 : Schéma montrant l'angle de Cobb.....	45
Figure 33 : Schéma montrant l'angle de Gite	46
Figure 34 : Schéma montrant l'angle lombo-sacré	46
Figure 35 : Schéma montrant les différents paramètres pelviens (A, B, C);.....	47
Figure 36 : Figure l'AVS en situation physiologique et en cas de déséquilibre sagittal.....	47
Figure 37 : Colonne lombaire montrant les mesures lombaires pertinentes, notamment la lordose lombaire (LL), l'incidence pelvienne (PI), la version pelvienne (PT) et la pente sacrée (SS).....	48
Figure 38 : Équilibre sagittal.....	49
Figure 39 : Type de dos selon Roussouly	51
Figure 40 : Mécanismes de compensation au cours des spondylolisthésis	53
Figure 41 : Spondylolyse et spondylolisthésis par lyse isthmique.....	55
Figure 42 : Fracture de l'isthme vertébral au cours du spondylolisthésis.....	57
Figure 43 : Spondylolisthésis par lyse isthmique de la vertèbre L5.....	58
Figure 44 : Images radiologiques de spondylolisthésis dysplasique.....	59
Figure 45 : Images radiologiques d'un spondylolisthésis traumatique	60
Figure 46 : Classification de Wiltse et al.	62
Figure 47 : Grades de glissement selon Meyerding	63
Figure 48 : Figure montrant les six types selon la classification de SDSG.	69

Figure 49 : Histogramme montrant la répartition des patients en fonction de l'âge au moment de la chirurgie.....	75
Figure 50 : Répartition des patients selon le sexe	76
Figure 51 : Répartition des patients selon le sexe et les tranches d'âge.....	76
Figure 52 : Répartition des patients selon le statut matrimonial	77
Figure 53 : Répartition des patients selon l'origine géographique.....	77
Figure 54 : Répartition des antécédents personnels selon le sexe.....	79
Figure 55 : Fréquence des lombalgies chez les patients.....	80
Figure 56 : Évaluation de l'intensité des lombalgies par les patients	80
Figure 57 : Fréquence des radiculalgies chez les patients.....	81
Figure 58 : Fréquence des claudications neurogènes	81
Figure 59 : Tableau récapitulatif des différents signes cliniques au cours des spondylolisthésis selon le sexe	82
Figure 60 : Durée d'évolution de la symptomatologie.....	83
Figure 61 : Répartition des patients en fonction du glissement en préopératoire	84
Figure 62 : Répartition des cas selon le type du spondylolisthésis	85
Figure 63 : Répartition des cas selon le mécanisme du spondylolisthésis.....	86
Figure 64 : répartition des cas selon le siège du spondylolisthésis	86
Figure 65 : Type et siège de spondylolisthésis selon le sexe des patients	87
Figure 66 : Graphique montrant la répartition des patients selon l'indication chirurgicale.....	89
Figure 67 : Dessin original de Wiltse et al. décrivant l'approche paraspinale de la colonne lombaire et la mise en place des vis pédiculaire.	91
Figure 68 : Représentation schématique de la procédure opératoire par l'approche de Wiltse.	91
Figure 69 : Images radiologiques d'un spondylolisthésis (L5-S1) chez une femme de 56 ans	93
Figure 70 : Graphique montrant la durée moyenne de séjour des patients	94
Figure 71 : Graphique montrant la durée moyenne de séjour selon l'indication chirurgicale .	94
Figure 72 : Intensité de la douleur post opératoire à court terme.....	96
Figure 73 : Intensité de le selon le sexe des patients.....	96
Figure 74 : Évolution à moyen terme jugée par le patient	98

Figure 75 : Graphique montrant la répartition des patients en fonction de la restauration de la lordose lombaire	99
Figure 76 : Graphique montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction l'âge	100
Figure 77 : Graphique montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction du sexe	101
Figure 78 : Rapport entre la restauration de la lordose lombaire et la récurrence des lombalgies	102
Figure 79 : Rapport entre la restauration de la lordose lombaire et la récurrence des radiculalgies	103
Figure 80 : La restauration de la lordose lombaire en fonction du type et du siège de spondylolisthésis	105
Figure 81 : La restauration de la lordose lombaire en fonction de l'indication chirurgicale .	107
Figure 82 : Relation entre la restauration de la lordose lombaire et glissement préopératoire	108
Figure 83 : Répartition des SPL selon le grade de Meyerding en post opératoires	109
Figure 84 : Comparaison du grade de glissement en pré et en post opératoire.....	109
Figure 85 : Images radiologiques d'une patiente ayant bénéficié d'une MIS TLIF L4-L5 au sein de notre service montrant une bonne évolution : asymptomatique à 4 ans de suivi	110
Figure 86 : Radiographie de face et de profil ont permis de montrer le défaut spondylolytique et l'état des plaques terminales adjacentes : spondylolisthésis L4-L5 avec pincement discal.	113
Figure 87 : IRM lombaire en coupe axiale et en coupe transversales passant par les foramens intervertébraux ayant mis en évidence la compression foraminale et l'état du disque adjacent.	114
Figure 88 : Radiographie de face et de profil après MIS TLIF droit	118
Figure 89 : Spondylolisthésis selon l'âge.....	121
Figure 90 : Classification de MEYERDING.....	126
Figure 91 : Radiographies latérales et obliques d'un spondylolisthésis L5-S1	127
Figure 92 : Image schématisant la translation et l'angulation segmentaires.....	128
Figure 93 : : Exemple d'images radiographiques en flexion et extension chez un patient présentant un SPL stade I.....	129

Figure 94 : Schéma montrant la méthode de mesure de hauteur discale selon Farfan.	130
Figure 95 : Méthode de mesure de hauteur discale selon Dabbs.	130
Figure 96 : Mesure de la hauteur du disque selon une méthode modifiée de Farfan.	131
Figure 97 : Image d'une IRM sagittale pondérée en T1 montrant la compression du foramen de la racine nerveuse sortante.	133
Figure 98 : Images sagittales pondérées en T1 et en T2 d'un patient atteint de spondylolisthésis révélant des anomalies claires de l'isthme	134
Figure 99 : IRM sagittale mettant en évidence des changements dégénératifs et une compression des racines nerveuses.	135
Figure 100 : Système de gradation pour l'évaluation de la dégénérescence discale lombaire.	137
Figure 101 : Classification de MODIC	138
Figure 102 : Images radiologiques mettant en évidence un déséquilibre sagittal	142
Figure 103 : Équilibre sagittal restitué après chirurgie.	143
Figure 104 : Système d'imagerie O-arm.....	145
Figure 105 : Schématisation de l'abord du disque en PLIF et en TLIF.....	148
Figure 106 : Repères anatomiques pour la MIS TLIF	150
Figure 107 : Représentation schématique de l'approche de Wiltse à travers un plan de clivage entre les parties multifidus et longissimus pour les approches mini-invasives de la colonne vertébrale.....	155
Figure 108 : Images montrant la mise en place du dilateur.....	155
Figure 109 : Image montrant l'introduction du guide pour vérification de l'accès au point d'entrée du pédicule L3 et au point d'entrée du pédicule L5 dans une TLIF mini-ouverte L3-L5.	156
Figure 110 : Image d'un écarteur tubulaire extensible.....	156
Figure 111 : Image préopératoire montrant l'écarteur tubulaire en place dans un MIS-TLIF L3-L5.	157
Figure 112 : Image montrant le passage des instruments à travers l'écarteur.....	157

Figure 113 : Image axiale schématique de la fusion transforaminale lombaire mini-invasive. Après résection de la facette articulaire ipsilatérale, l'espace discal est pénétré sans rétraction du sac thécal.	158
Figure 114 : Représentation schématique de la procédure opératoire par l'approche de Wiltse.	159
Figure 115 : Illustrations montrant la mise en place de la cage intersomatique à travers le tube extensible.....	160
Figure 116 : Image finale d'une arthrodèse mini-invasive L4-L5 avec mise en place de vis, de barres de jonction et de tiges	161
Figure 117 : Images radiologiques des étapes de la chirurgie mini-invasive du spondylolisthésis.	161
Figure 118 : Étapes de la PLIF.....	164
Figure 119 : Fusion intersomatique lombaire oblique/antérieure au psoas (OLIF/ATP).	166
Figure 120 : Fusion intersomatique lombaire antérieure L5/S1 (ALIF).	167
Figure 121 : Fusion intersomatique lombaire latérale (LLIF).....	168
Figure 122 : Les abords chirurgicaux selon les différentes techniques de fusion intersomatique	170

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau montrant les valeurs des différents paramètres pelviens selon le grade de spondylolisthésis	45
Tableau 2 : Classification de Meyerding.....	62
Tableau 3 : Classification de Marchetti et Bartolozzi	64
Tableau 4 : Classification de Mac-Thiong et al. et Labelle	66
Tableau 5 : Tableau montrant la répartition des antécédents	78
Tableau 6 : Répartition des malades selon la classification de MEYERDING	84
Tableau 7 : Tableau montrant le type de traitement médicamenteux utilisé.....	88
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des indications de la chirurgie.....	89
Tableau 9 : Tableau montrant la durée moyenne du séjour	94
Tableau 10 : Tableau montrant l'évolution de l'intensité de la douleur à moyen terme.....	98
Tableau 11 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction de la fréquence des lombalgies	102
Tableau 12 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction de la fréquence des radiculalgies	103
Tableau 13 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire, le type et le siège de spondylolisthésis	104
Tableau 14 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction de l'indication chirurgicale.....	106
Tableau 15 : Tableau montrant la relation entre la restauration de la lordose lombaire et glissement préopératoire	107
Tableau 16 : Moyenne d'âge pour différentes séries.	120
Tableau 17 : Sexe ratio selon les études.....	121
Tableau 18 : Présence de lombalgies selon les études	122
Tableau 19 : Présence de radiculalgies selon les études	123
Tableau 20 : Présence des claudications selon les études	124
Tableau 21 : Présence de déficit neurologique selon les études	124
Tableau 22 : Présence de troubles sphinctériens selon les études.....	125

Tableau 23 : Répartition des grades de SPL selon les séries	126
Tableau 24 : Type de SPL selon les séries	139
Tableau 25 : Siège du SPL selon les différentes études	140
Tableau 26 : Tableau comparatif des complications liées aux techniques chirurgicales de SPL selon les études	171
Tableau 27 : Tableau montrant l'évolution selon les études	172
Tableau 28 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire moyenne selon les études	173
Tableau 29 : Tableau montrant la restauration de la hauteur intervertébrale selon les études	174
Tableau 30 : Tableau montrant la durée moyenne de séjour selon les études	175

SOMMAIRE

Introduction	1
I. Historique :	6
1. Chirurgie mini-invasive :	6
2. Spondylolisthésis :	8
II. Rappel anatomo-physiologique :	9
1. Rappel anatomique :	9
1.1. Fonctions :	9
1.2. Considérations générales :	11
1.3. Éléments anatomiques :	13
1.3.1. Os	13
1.3.2. Vertèbre type	14
1.3.3. Le disque intervertébral :	15
1.3.4. Arc vertébral :	17
1.3.4.1 Les pédicules	17
1.3.4.2 Les lames	17
1.3.4.3 Le processus épineux	18
1.3.4.4 Les processus transverses	18
1.3.4.5 Les processus articulaires ou zygapophysies	18
1.3.4.6 Foramen intervertébral	18
1.3.4.7 Les ligaments jaunes	25
1.3.4.8 Application chirurgicale : Triangle de Kambin	26
1.3.5. Musculature du dos :	28
1.3.6. Canal vertébral	35
1.3.7. Nerfs spinaux	37
2. Rappel physiologique : Équilibre sagittal du rachis :	38
2.1. Pourcentage de glissement ou index de glissement :	40
2.2. Angle de glissement :	41

2.3. Paramètres pelviens :.....	42
2.4. Paramètres rachidiens :.....	45
2.5. Profil sagittal des patients atteints de SPL :	50
III. Épidémiologie.....	54
IV. Etiopathogénie du spondylolisthésis :.....	55
1. Le Spondylolisthésis Lombaire par Lyse Isthmique.....	56
2. Le Spondylolisthésis Lombaire Dégénératif ou Spondylolisthésis Arthrosique.	58
3. Le Spondylolisthésis Lombaire Dysplasique :.....	59
4. Le Spondylolisthésis Lombaire Traumatique :	60
5. Le Spondylolisthésis Lombaire pathologique :.....	60
V. CLASSIFICATION.....	61
1. Classification de Wiltse et al.....	61
2. Classification de Meyerding	62
3. Classification de Marchetti et Bartolozzi.....	63
4. Classification de Mac-Thiong et al. et Labelle et al	65
5. La classification CARDS de KEPLER	67
6. Classification de Gille et al.	68
7. Classification SDSG (spinal deformity study group = groupe d'étude des déformations de la colonne vertébrale) :.....	68
Matériels et Méthodes.....	70
I. Objectif de l'étude :.....	71
II. Matériels et méthodes :	71
1. Design de l'étude :	71
2. Population à l'étude :	71
2.1. Zone et population à l'étude :.....	71
2.2. Critères d'inclusion :	71
2.3. Critères d'exclusion :	72
3. Collecte et analyse des données :.....	72

3.1. Recueil des données :	72
3.2. Variables étudiées :	72
4. Outils d'investigation :	72
5. Déroulement de l'étude :	73
6. Méthodologie d'analyse	73
7. Considérations éthiques :	73
Résultats	74
1. Caractéristiques sociodémographiques :	75
1.1. : Age	75
1.2. Le sexe :	76
1.3. Statut matrimonial :	77
1.4. Origine géographique :	77
1.5. Les antécédents :	78
1.5.1. Antécédents personnels :	78
1.5.2. Antécédents familiaux :	79
2. Données cliniques :	79
2.1. Lombalgies :	79
2.2. La radiculalgie :	80
2.3. La claudication neurogène	81
2.4. Déficit neurologique :	82
2.5. Les troubles sphinctériens :	82
2.6. Durée d'évolution de la symptomatologie en préopératoire :	82
3. Données paracliniques :	83
3.1. Radiographie standard :	83
3.2. La TDM :	85
3.3. IRM	85
3.4. Type et siège de spondylolisthésis :	85
3.4.1. Type de spondylolisthésis	85
3.4.2. Siège du spondylolisthésis :	86
4. Traitement :	87

4.1. Traitement médical :	87
4.2. Traitement orthopédique :	88
4.2.1. Le lombostat :	88
4.2.2. Rééducation :	88
4.3. Traitement chirurgical : technique utilisée MIS TLIS	88
5. Évolution :	95
5.1. Évolution à court terme :	95
5.2. Évolution à moyen terme :	97
5.2.1. L'évolution clinique :	97
5.2.2. Évolution radiologique :	99
5.2.2.1 Restauration de la lordose lombaire :	99
5.2.2.1.1. Évaluation de la restauration de la lordose lombaire en fonction de l'âge :	100
5.2.2.1.2. Relation entre la restauration de la lordose lombaire et le sexe des patients :	101
5.2.2.1.3. Corrélacion entre la restauration de la lordose lombaire et la symptomatologie initiale :	102
5.2.2.1.4. Rapport entre la restauration de la lordose lombaire, le type et le siège de spondylolisthésis :	104
5.2.2.1.5. Évaluation la restauration de la lordose lombaire en fonction de l'indication chirurgicale :	106
5.2.2.1.6. Relation entre la restauration de la lordose lombaire et glissement préopératoire :	107
5.2.2.2 Glissement en post opératoire :	108
5.2.2.3 Fusion osseuse :	109
5.2.2.4 Complications ou incidents liés à la chirurgie :	110
5.2.2.5 Évolution à long terme :	110
Cas illustratif	111
DISCUSSION	119

1. Aspects épidémiologiques et spondylolisthésis :.....	120
1.1. Selon l'âge :.....	120
1.2. Selon le sexe :.....	121
2. Aspects cliniques des spondylolisthésis :	122
2.1. La lombalgie.....	122
2.2. La radiculalgie.....	123
2.3. La claudication neurogène	123
2.4. Déficit neurologique :.....	124
2.5. Les troubles sphinctériens :	125
3. Aspects paracliniques liés au spondylolisthésis :.....	125
3.1. Radiographie standard :.....	125
3.2. La TDM :.....	132
3.3. L'IRM.....	132
4. Aspects thérapeutiques des spondylolisthésis :.....	140
4.1. Traitement médical et orthopédique :.....	140
4.2. Traitement chirurgical :.....	141
4.2.1. Intervention mini-invasive (MIS TLIF) :.....	143
4.2.1.1 Objectifs de la chirurgie mini-invasive du SPL :.....	143
4.2.1.2 Les indications de l'intervention mini invasive :.....	144
4.2.1.3 Matériel technique nécessaire pour la MIS TLIF :	144
4.2.1.4 Approches de la MIS TLIF :.....	149
4.2.1.5 Étapes de l'intervention de la MIS TLIF :.....	150
4.2.1.6 Paramètres de succès de la chirurgie :	162
4.2.1.7 Complications :.....	162
4.2.1.8 Études comparatives entre la chirurgie mini-invasive (Mis TLIF) et la chirurgie conventionnelle :	163
4.2.2. Autres techniques chirurgicales :.....	163
4.2.2.1 PLIF : L'arthrodèse intersomatique par voie postérieure :.....	163
4.2.2.2 OLIF : L'arthrodèse intersomatique par voie oblique	165
4.2.2.3 ALIF : L'arthrodèse intersomatique par voie antérieure	166

4.2.2.4 LLIF/XLIF ou fusion intersomatique latérale/extrême.....	167
4.2.2.5 TLIF : la fusion intervertébrale lombaire transforaminale.	168
5. Aspects évolutifs post-opératoires du spondylolisthésis :	171
5.1. Évolution à court terme :.....	171
5.2. Évolution à moyen et à long terme :	172
5.2.1. Évolution clinique :	172
5.2.2. Évolution radiologique :	173
5.2.2.1 Restauration de la lordose lombaire.....	173
5.2.2.2 Restauration de la hauteur intervertébrale :	173
5.2.2.3 IRM post opératoire :	174
6. Durée moyenne de séjour des patients :.....	175
Conclusion.....	176
Recommandations	178
Résumés.....	180
Annexes	192
Bibliographie.....	200

INTRODUCTION

La colonne vertébrale constitue une chaîne osseuse flexible, et bien articulée avec le crâne à son extrémité supérieure, et le pelvis à son extrémité inférieure.

Elle est le mat de fixation de centaines de muscles indispensables à la posture et à la locomotion.

Elle assure la protection de la moelle spinale située dans le canal vertébral.

Son rôle est mécanique par le maintien d'une station érigée et assise, et par les mouvements du tronc. Elle a également un rôle neurologique en assurant la protection de la moelle épinière dans le canal vertébral.

Étymologiquement, spondylolisthésis signifie glissement (listhésis) de vertèbre (spondylo). Cette pathologie touche environ 6% de la population générale (peut atteindre 15% chez les japonais et esquimaux) (2) ; ce qui en fait une affection fréquente dont le diagnostic doit être suspecté devant des lombalgies ou des radiculalgies.

Ce sont les contraintes biomécaniques qui favorisent l'apparition du spondylolisthésis. Ces contraintes sont liées à la forme du bassin (os iliaque et sacrum), et à son orientation dans l'espace qui dépend aussi des muscles entre les membres inférieurs, le bassin et le rachis.

Le spondylolisthésis est une affection fréquente, potentiellement responsable d'une variété de déficiences fonctionnelles. La compréhension et la prise en charge chirurgicale ont progressé depuis le 20ème siècle. Historiquement, les premières descriptions de traitements ne concernaient que le spondylolisthésis associé à la spondylolyse, surtout chez les jeunes adultes. Plus récemment, des progrès ont été réalisés et ont contribué à la compréhension de la maladie chez les personnes âgées, avec la reconnaissance des différents types de spondylolisthésis.

Le spondylolisthésis consiste à une déstabilisation vertébrale, ou une vertèbre glisse antérieurement ou postérieurement, par rapport à une autre. Ceci peut concerner n'importe quel étage vertébral, mais le rachis lombaire reste le plus touché.

Ce glissement vertébral entraîne une sur-sollicitation des articulations postérieures à l'origine des lombalgies, ce qui augmente les contraintes sur le disque, qui est situé entre les vertèbres, ce qui est aussi à l'origine des douleurs lombaires.

Le spondylolisthesis, à cause de la perte d'alignement des vertèbres, entraîne aussi une compression des nerfs, source de douleur dans les membres inférieurs. (3)

De nombreuses études ont démontré que l'étage L5-S1 est le plus fréquent avec 85% des cas rencontrés, d'apparition jeune (15-25 ans). Les signes cliniques peuvent n'apparaître que bien plus tard. Il est souvent décrit comme spondylolisthesis lytique, c'est-à-dire avec une lyse isthmique, une fracture de la partie postérieure de la vertèbre en réponse aux contraintes majorées bio mécaniquement.

L'étage L4-L5 est le second en termes de fréquence (14 % des cas), apparaissant vers 50 ans le plus souvent. Il est décrit comme arthrosique, sans fracture mais avec arthrose en réponse à d'autres contraintes mécaniques.

Les enfants peuvent également souffrir de cette affection à la suite d'une anomalie congénitale ou d'une blessure (4). Cependant, des études ont démontré qu'il pourrait exister une prédisposition génétique pour cette maladie. Une croissance rapide pendant l'adolescence peut également être un facteur contributif. (5)

La pratique d'un sport peut à son tour entraîner un étirement excessif des muscles et soumettre le bas du dos à des contraintes.

D'autres études ont montré que certains sports comme le football, gymnastique, athlétisme, haltérophilie constituent des facteurs contributifs également. (6)

Les nouvelles technologies et techniques chirurgicales, aidées par les progrès des soins de support, offrent désormais aux chirurgiens du rachis de puissants outils de traitement. Une meilleure connaissance de l'évolution de la chirurgie à permettre de mieux comprendre les approches et les concepts actuels de traitement du spondylolisthesis.

La procédure chirurgicale standard consistait à décompresser la sténose. Au début des années 1990, deux études marquantes (7) (8) ont recommandé une chirurgie de fusion supplémentaire.

Au cours des décennies suivantes, le taux et la complexité des procédures de fusion ont augmenté de façon spectaculaire. (9)

Le taux de fusion aux États-Unis a plus que doublé entre 2005 et 2014, et le spondylolisthésis dégénératif était à l'origine de la plupart des fusions.

Le rôle de la chirurgie de fusion est controversé, et une grande variation des pratiques chirurgicales entre les hôpitaux est signalée. Entre 2011 et 2013, environ 50 % des patients atteints de spondylolisthésis dégénératif en Norvège et en Suède ont subi une procédure de fusion²², contre 90 à 95 % dans d'autres pays. (10)

Seules quelques études sur de petits échantillons (11) ont évalué les performances de méthodes moins invasives de décompression seule, préservant les structures potentiellement stabilisatrices de la colonne vertébrale.

La chirurgie mini invasive est un ensemble de techniques chirurgicales ayant pour objectif principal réduction du risque per et post opératoire de la chirurgie conventionnelle, ainsi que l'amélioration du confort du patient (durée d'hospitalisation, diminution du risque d'hémorragie et d'infection post opératoire, retour rapide à l'activité normale...).

Les exigences importantes de cette nouvelle technique consistent à assurer une efficacité chirurgicale comparable à celle de la chirurgie invasive voire meilleure ; mais avec un minimum d'impact néfaste en per et post opératoire.

En effet, la chirurgie mini invasive a permis au chirurgien d'opérer avec le minimum de risque pour le patient en utilisant une instrumentation spéciale associée à l'utilisation d'imagerie.

Actuellement, elle est utilisée dans la prise en charge chirurgicale de plusieurs pathologies, notamment gynécologiques, urologiques, digestives, cardiaques, vasculaires ...

La chirurgie du rachis n'a pas fait exception, et s'est développée grâce à la chirurgie vidéo assistée qui a permis de respecter les structures anatomiques du rachis.

L'apport de cette technique est très apprécié compte tenu des avantages nombreux aussi bien pour les opérateurs que pour les patients, telles que : la pratique d'incisions très minimales, la réduction du risque de saignement, des douleurs résiduelles et des infections post opératoires. Tous ces facteurs ont un impact bénéfique sur la durée d'hospitalisation, ainsi que la durée de traitement ; l'immobilisation réduite, avec récupération rapide et reprise des activités des quotidiennes.

Cette approche fait appel à des techniques d'écartement des muscles tout en les préservant et à des techniques percutanées sous contrôle radiologique en per opératoire ou par système 3D de neuronavigation.

La chirurgie mini-invasive du rachis a émergé depuis le début du 21e siècle, et a constitué un véritable défi pour le neurochirurgien afin d'avoir un bon résultat opératoire, en réduisant de manière significative les dommages collatéraux liés à la chirurgie conventionnelle.

I. Historique :

1. Chirurgie mini-invasive :

Au fil des années, les progrès des techniques de fusion lombaire se sont focalisés sur la diminution des lésions des tissus mous et de la rétraction neurale, tout en maintenant la capacité de réaliser une décompression neurale et une fusion intersomatique. En effet, la fusion intersomatique lombaire postérieure (PLIF) a été initiée par Cloward en 1940, et demeure à ce jour très utilisée. Ses avantages consistent essentiellement à permettre l'accès à l'espace discal et aux racines nerveuses de manière bilatérale. Toutefois, la dissection des tissus mous et la rétraction neurale requises peuvent engendrer des symptômes postopératoires et un handicap à long terme chez certains patients.

Harms et Rolinger, en 1982, ont développé la fusion intersomatique lombaire transforaminale (TLIF) qui a réduit la rétraction et l'atteinte des racines nerveuses et ceci grâce à une approche latérale de l'espace discal. Compte tenu de l'approche unilatérale, la surface inter laminaire controlatérale est préservée. Néanmoins, la nécessité d'une dissection et d'une rétraction des muscles para spinaux peut être responsable d'une atrophie musculaire et d'une dénervation, et ainsi aboutir à des lombalgies persistantes. (125)

La douleur et le handicap postopératoires relatifs à l'approche ouverte ont conduit au développement du TLIF mini-invasif (MIS-TLIF).

La technique mini invasive a été développée grâce à l'avenue du microscope et de la technique microchirurgicale par YAZARGILL, permettant ainsi la réalisation de la première discectomie microchirurgicale assistée par microscope en 1967.

Cependant, le concept de chirurgie mini invasive n'est développé qu'en 1988 par GASPAR à l'occasion d'une compression du canal lombaire étroit.

FAUBERT et GASPAR ont développé comme outils d'accès chirurgical une sonde métallique en 1991.

FOLEY et SMITH en 1997, effectuent la première discectomie endoscopique.

La MIS-TLIF constitue une méthode de choix dans la prise en charge des pathologies

dégénératives de la colonne vertébrale compte tenu de ses avantages évidents comme la diminution du saignement per opératoire, la réduction de la douleur postopératoire et une plus courte durée d'hospitalisation.

Plusieurs études ont montré que cette méthode a comme résultat la décompression aussi bien des racines sortantes et des racines traversantes, avec stabilisation de la colonne vertébrale. D'autres études ont montré que cette technique permet aussi d'obtenir et de maintenir la lordose lombaire. (12)

Schwender et ses collaborateurs ont montré pour la première fois, selon une étude rétrospective, que la MIS TLIF a entraîné une nette amélioration des signes cliniques et un taux de fusion de 100% pour une période de suivi de 22.6 mois. (16)

Isaacs et al selon une approche micro endoscopique de la TLIF chez 20 patients, ont rapporté un saignement per opératoire, une faible utilisation des médicaments en post opératoire, une diminution de la durée d'hospitalisation par rapport à une autre cohorte opéré selon la technique oPLIF.

Scheufler et al ont aussi fait des comparaisons entre un groupe de patients opérés par TLIF percutanée avec un autre groupe opéré par TLIF mini-ouverte (oTLIF). Après 16 mois, ils ont noté une très nette amélioration clinique sans grande différence significative pour les deux groupes.

Schizas et al. ont confirmé les avantages suscités de la technique mini invasive par rapport à la oTLIF en comparant deux groupes composés de 18 patients chacun.

Wang et al, dans une étude prospective de 85 patients dont la moitié a bénéficié de MIS TLIF, tandis que l'autre moitié a été opérée par la technique ouverte, ont relevé des résultats similaires par rapport aux auteurs précédents concernant les pertes de sang en intra-opératoire, la réduction des signes cliniques ainsi qu'une durée d'hospitalisation plus courte. (115)

2. Spondylolisthésis :

HERBBINAUX (1782) est le premier obstétricien à avoir constaté des difficultés d'accouchement chez certaines femmes porteuses de déformations rachidiennes de la jonction lombo-sacrée, sous forme d'une proéminence osseuse en regard du sacrum. Dans son étude, il décrit un cas de "spondyloptose" (correspondant à un spondylolisthésis de grade IV de Meyerding) comme facteur d'obstruction mécanique à l'accouchement (13); bien qu'en 1741, Andry ait décrit la cause d'un dos creux comme une déformation de la colonne vertébrale vers l'intérieur.

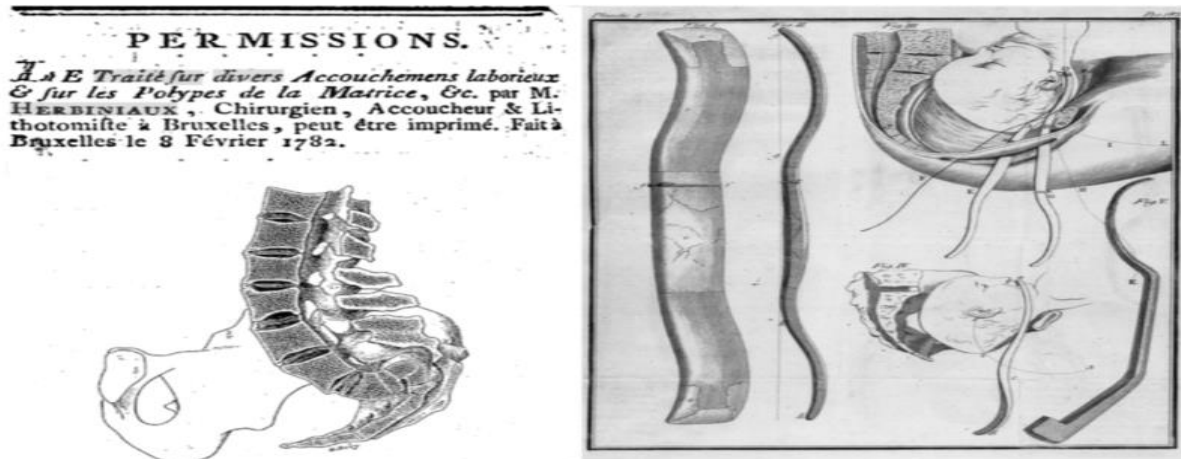


Figure 1 : Images prises du *Traité pour divers accouchements laborieux* écrit par Herbiniaux en 1782 décrivant le spondylolisthésis (12)

KILLIAN en 1854, utilise pour la première fois le terme de spondylolisthésis.

LOMEL, en 1885 fait le premier constat de lyse isthmique.

JUNGHANNS, en 1930 rapporte pour la première fois le spondylolisthésis à arc neural intact, différenciant ainsi le spondylolisthésis dégénératif du spondylolisthésis par lyse isthmique.

MEYERDING, en 1931 a décrit la première classification des spondylolisthésis en fonction du degré de glissement entre les corps vertébraux.

MAC-NAB, en 1950 a introduit le terme de pseudo-spondylolisthésis.

NEWMAN et STONE, en 1963 ont repris le terme de spondylolisthésis dégénératif. (14)

II. Rappel anatomo-physiologique :

1. Rappel anatomique :

1.1. Fonctions :

La principale fonction de la colonne vertébrale, consiste à être un véritable support mécanique du corps grâce aux os et aux muscles du dos qui supportent le poids du corps, transmettent les forces par le bassin aux membres inférieurs, positionnent et soutiennent la tête, et enfin relient les membres supérieurs.

De profil, on lui distingue plusieurs courbures de la colonne vertébrale:

- La courbure primaire de la colonne vertébrale, concave en avant, reproduit la courbure antérieure initiale de l'embryon ;
- Les courbures secondaires, concaves en arrière, se développent dans les régions cervicale et lombaire, et ramènent ainsi le centre de gravité sur une ligne verticale. Cela permet au poids du corps d'être réparti autour de la colonne vertébrale de telle sorte que les efforts musculaires permettant de maintenir l'équilibre en station verticale bipodale soient les plus économiques possibles. Les contraintes mécaniques augmentent de la région cervicale à la région lombaire, où les pathologies sont ainsi plus fréquentes.

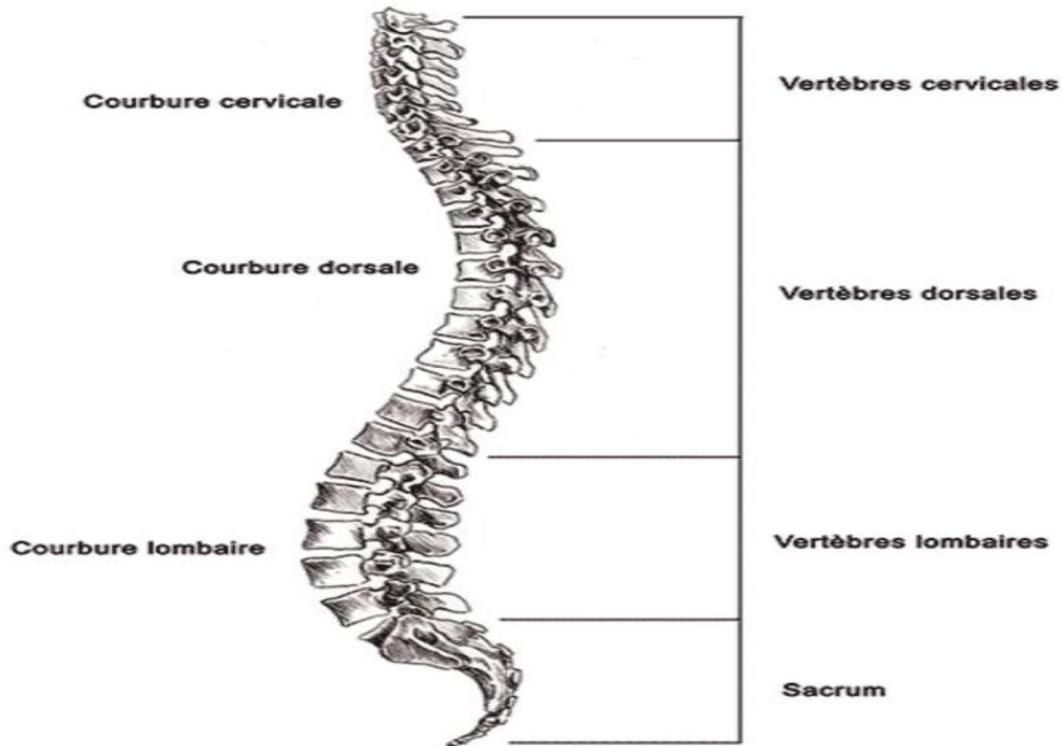


Figure 2 : Les différentes courbures de la colonne vertébrale.

Les muscles du dos sont composés de muscles extrinsèques et intrinsèques :

- Les muscles extrinsèques mobilisent les membres supérieurs et les côtes ;
- Les muscles intrinsèques maintiennent la posture et mobilisent la colonne vertébrale : mouvements de flexion extension, flexion latérale et rotation
- Les muscles antérieurs à la colonne vertébrale permettent la flexion de cette dernière. Les deux premières vertèbres de la région cervicale, ainsi que les muscles qui y sont associés, ont une organisation spécifique leur permettant de soutenir et de positionner la tête. La tête se déplace en flexion et en extension sur la vertèbre C1 alors que les mouvements de rotation de la tête se produisent dans l'articulation entre C1 et C2.
- Le dos, partie postérieure du tronc, représente l'élément fondamental assurant la posture, la locomotion, mais aussi la protection de la moelle spinale.

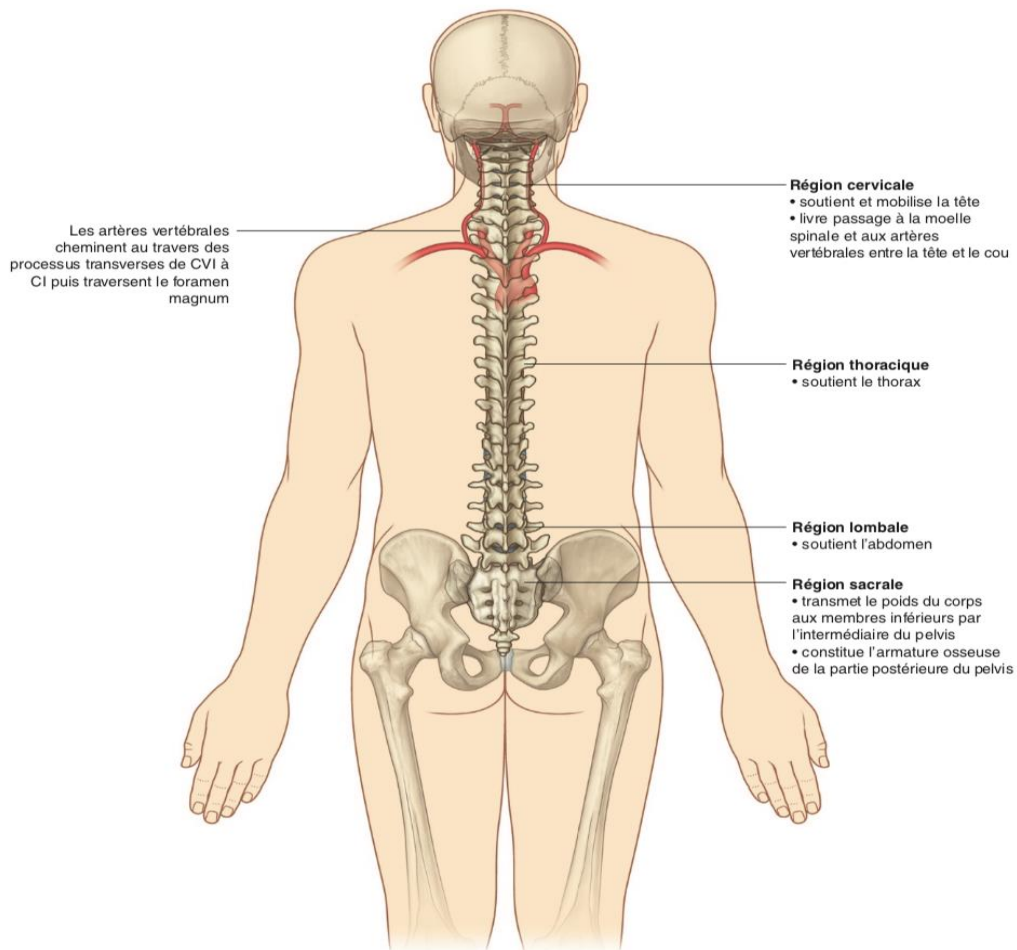


Figure 3 : Montrant les différentes régions du rachis et leur rôle.

1.2. Considérations générales :

La colonne vertébrale se divise en cinq sections ou régions :

- Sept vertèbres cervicales désignées C1 à C7. La première vertèbre cervicale (C1) s'articule vers le haut avec les condyles de l'os occipital du crâne.
- Douze vertèbres thoraciques (désignées T1 à T12) forment la région thoracique. Chaque vertèbre thoracique s'articule latéralement avec une ou deux paires de côtes. La douzième vertèbre thoracique (T12) s'articule vers le bas avec la première vertèbre lombaire (L1).
- Cinq vertèbres lombaires désignées L1 à L5 forment la région lombaire. La cinquième vertèbre lombaire (L5) s'articule vers le bas avec la première vertèbre sacrale (S1).

- Le sacrum se compose de cinq vertèbres sacrales, ou vertèbres sacrées, (désignées S1 à S5) qui se soudent vers le milieu ou la fin de la vingtaine pour former une seule structure osseuse. Le sacrum s'articule vers le haut avec la cinquième vertèbre lombaire (L5), vers le bas avec la première vertèbre coccygienne et latéralement avec les deux os coxaux (os des hanches).
- Le coccyx comprend quatre vertèbres coccygiennes qui commencent à se souder au cours de la puberté. La première vertèbre coccygienne (Co1) s'articule avec l'extrémité inférieure du sacrum. Parfois, chez les personnes âgées, le coccyx se soude au sacrum.

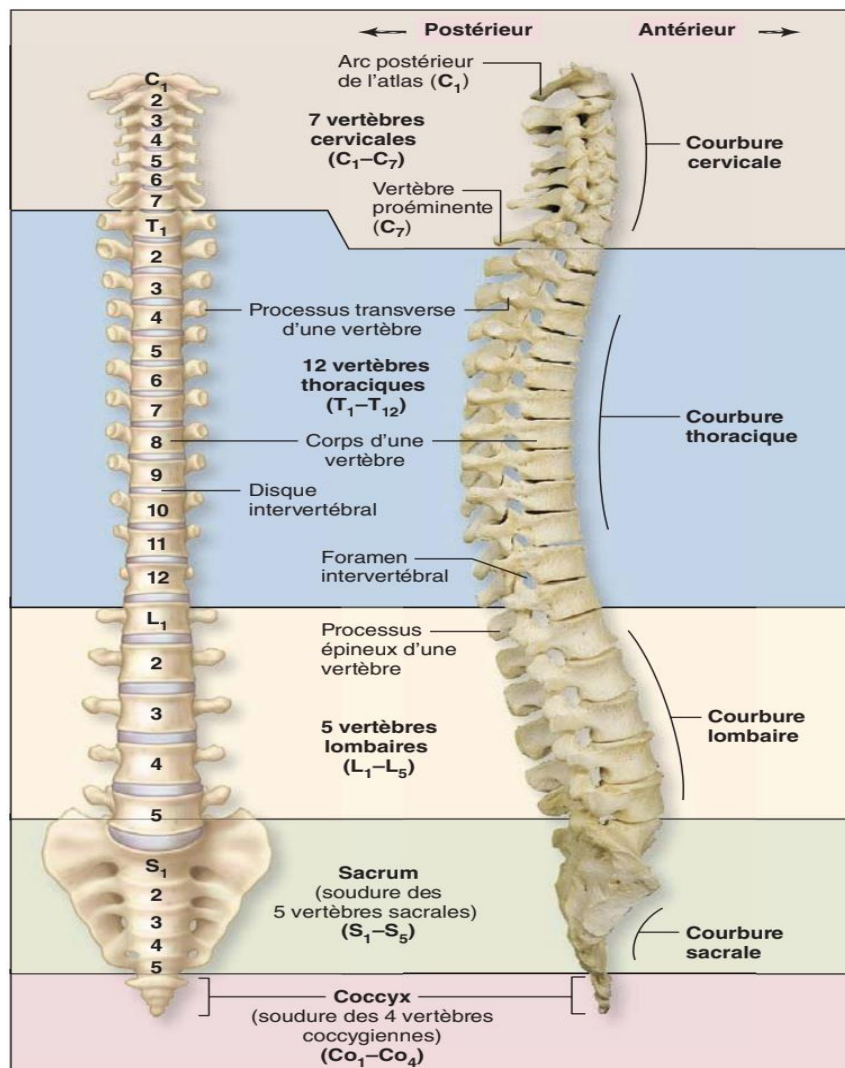


Figure 4 : Schéma montrant les vertèbres correspondantes aux différentes courbures de la colonne spinale.

1.3. Éléments anatomiques :

1.3.1. Os

Le dos comporte 33 vertèbres. Le nombre et les caractéristiques de ces vertèbres sont variables avec leur position le long de la colonne vertébrale. On compte sept vertèbres cervicales, douze vertèbres thoraciques, cinq vertèbres lombaires, cinq sacrales et trois ou quatre vertèbres coccygiennes. Les vertèbres sacrales sont fusionnées pour ne constituer qu'un seul bloc osseux, le sacrum. Les vertèbres coccygiennes sont souvent soudées constituant le coccyx.

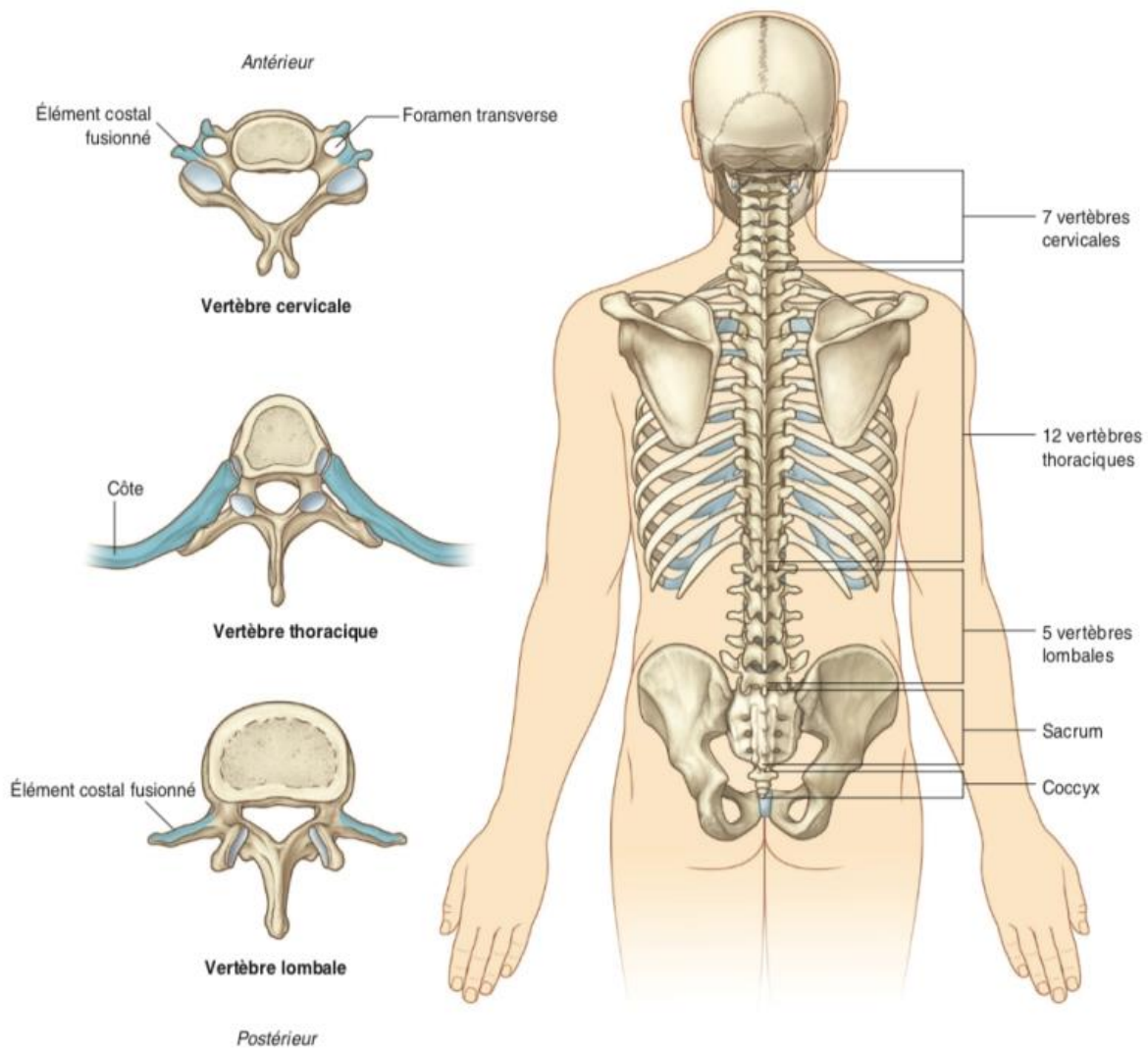


Figure 5 : Schéma montrant l'anatomie des différents types de vertèbres.

1.3.2. Vertèbre type

Une vertèbre est composée d'un corps vertébral et d'un arc vertébral. Le corps vertébral occupe la partie antérieure de la vertèbre et supporte l'essentiel des contraintes mécaniques de la vertèbre. La taille du corps vertébral augmente de C2 à L5. Les disques intervertébraux, de nature fibro-cartilagineuse, séparent les corps vertébraux des vertèbres adjacentes.

L'arc vertébral est solidement relié à la face postérieure du corps vertébral par les deux pédicules vertébraux. Les pédicules constituent les piliers latéraux de l'arc vertébral. Le toit de l'arc vertébral est formé par les deux lames (droite et gauche) qui s'unissent sur la ligne médiane. Chaque vertèbre présente des processus articulaires supérieurs et inférieurs issus de la jonction entre les pédicules et les lames. Chaque processus articulaire présente une surface lisse appelée facette articulaire. Ces facettes articulaires permettent l'articulation de deux vertèbres adjacentes. Ainsi, les processus articulaires inférieurs d'une vertèbre peuvent s'articuler avec les processus articulaires supérieurs de la vertèbre située immédiatement au-dessous.

Les arcs vertébraux des vertèbres sont empilés pour former les murs latéraux et postérieurs du canal vertébral qui s'étend de la première vertèbre cervicale (C1) à la dernière vertèbre sacrée (vertèbre sacrée S5).

L'arc vertébral d'une vertèbre présente des caractéristiques anatomiques communes à toutes les vertèbres :

- Des zones d'insertion pour les muscles et les ligaments ;
- Des leviers pour l'action des muscles ;
- Des surfaces articulaires pour s'articuler avec les vertèbres adjacentes.

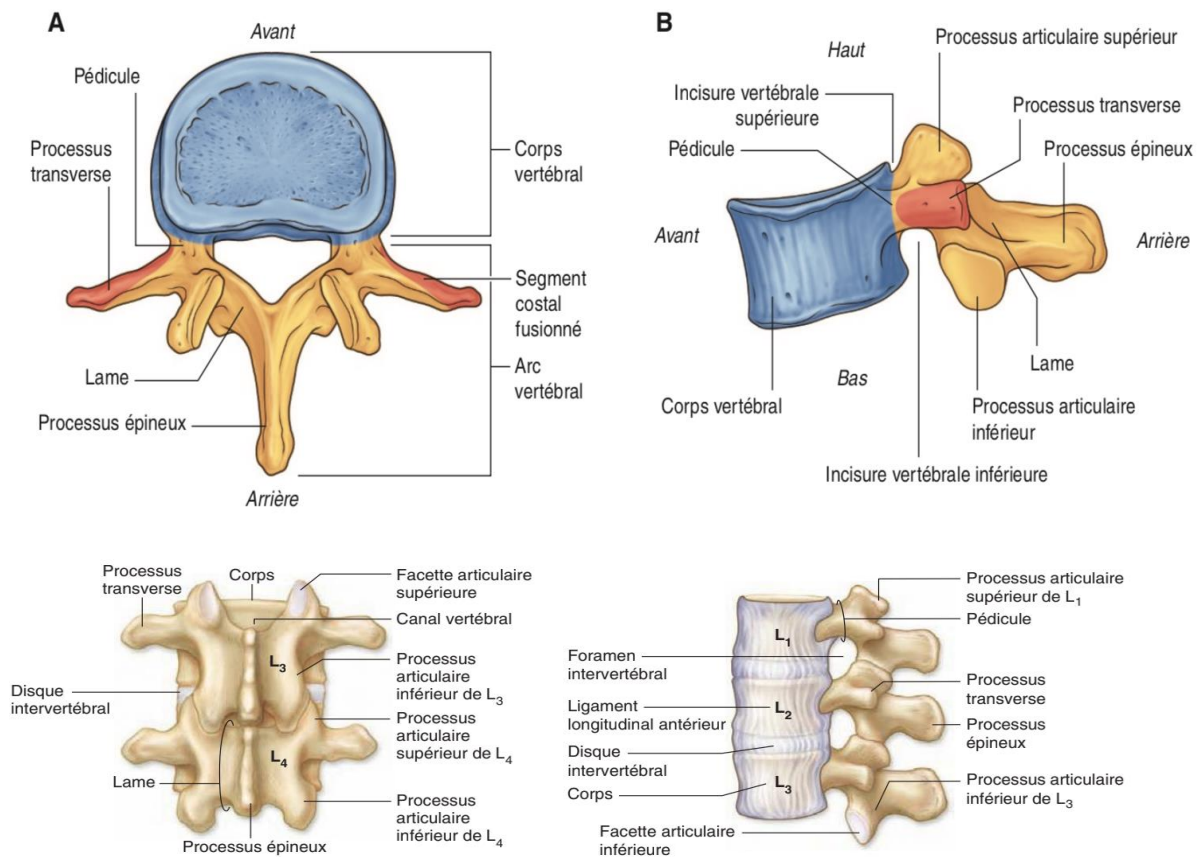


Figure 6 : Schéma montrant les composants anatomiques des vertèbres.

1.3.3. Le disque intervertébral :

Le disque intervertébral est constitué d'un annulus en périphérie (anneau fibreux), et au centre d'un nucléus ou noyau gélatineux.

Il est un élément essentiel de cette structure complexe, il assure les mouvements de notre colonne vertébrale, en flexion/extension, en torsion et en inclinaison latérale. Il joue aussi un rôle d'amortisseur en cas d'hyperpression entre deux vertèbres, ou en cas de choc.

De part toutes ces caractéristiques, on comprend alors pourquoi le disque intervertébral est aussi un élément de fragilité de la colonne vertébrale. Avec les années, il devient moins souple, se déshydrate et se fissure au niveau de son annulus. Des efforts physiques répétés, au travail ou pendant une activité sportive, peuvent accélérer son vieillissement.

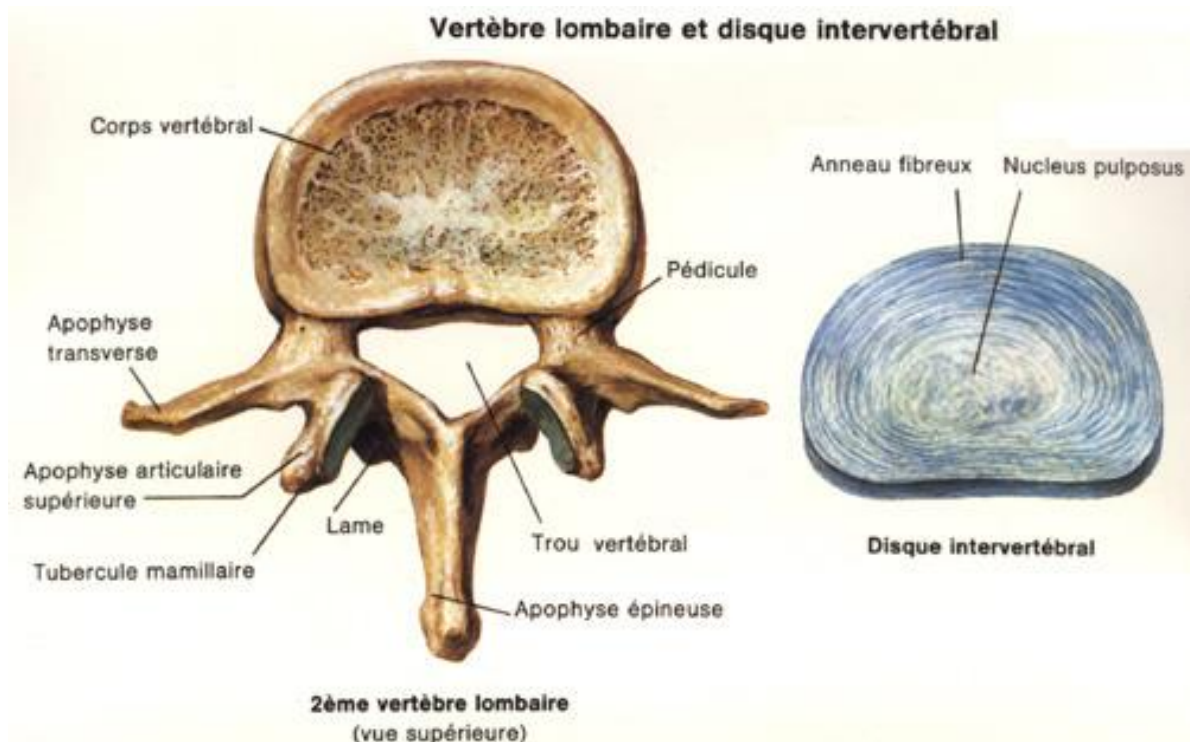
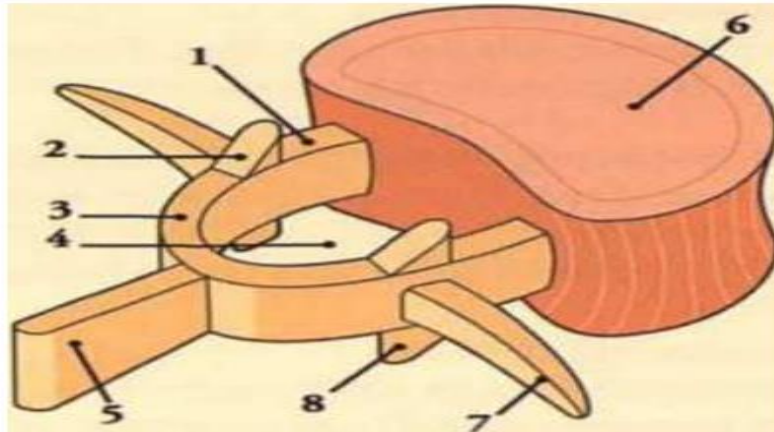


Figure 7 : Schéma illustrant le disque intervertébral.

1.3.4. Arc vertébral :

Ce dernier représente l'arc postérieur de la vertèbre, il délimite le canal vertébral. Il est formé par l'union de deux extensions, les neurapophyses, formant chez l'homme les pédicules et les lames de l'arc vertébral.



Rouge : corps vertébral

Jaune : arc vertébral

- | | |
|--|--|
| 1. pédicule | 6. surface articulaire sup. du corps |
| 2. processus articulaire sup. (zygapophyse sup.) | 7. processus transverse |
| 3. lame | 8. processus articulaire inf. (zygapophyse inf.) |
| 4. foramen vertébral | |
| 5. processus épineux | |

Figure 8 : Schéma d'une vertèbre type : vue supéro-latérale

1.3.4.1 Les pédicules

Ils correspondent aux segments où l'arc vertébral rejoint le corps vertébral. Ils sont courts, et au nombre de deux.

Chaque bord a une incisure vertébrale, qui limite un foramen intervertébral livrant passage aux vaisseaux et aux nerfs rachidiens.

1.3.4.2 Les lames

Verticales, et au nombre de deux, prolongent les pédicules et ferment le foramen vertébral du côté dorsal.

1.3.4.3 Le processus épineux

Naît de la jonction des deux lames et fait saillie vers l'arrière.

1.3.4.4 Les processus transverses

Chaque processus naît de la jonction d'un pédicule et d'une lame, ensuite se projette latéralement.

1.3.4.5 Les processus articulaires ou zygapophyses

Au nombre de quatre : deux supérieurs et deux inférieurs, qui s'articulent avec leurs homonymes adjacents.

Chaque processus prend naissance à la jonction du pédicule et de la lame.

1.3.4.6 Foramen intervertébral

Le canal vertébral contient la moelle épinière, ses méninges, les racines nerveuses spinales et les vaisseaux sanguins qui alimentent la moelle, les vertèbres, les articulations, les muscles et les ligaments. Les corps vertébraux et les disques constituent le bord antérieur, tandis que les pédicules et le ligament jaune créent le bord postérieur du canal.

De nombreux composants sont réunis dans le FIV : racines nerveuses et ganglions rachidiens, graisse foraminale, veines foraminales, artérioles radiculaires, vaisseaux lymphatiques, nerf méningé et ligaments foraminaux.

L'anatomie du foramen est complexe, cependant c'est une entité importante pour le chirurgien, car afin d'obtenir de bons résultats en chirurgie rachidienne, il est crucial de savoir l'anatomie précise de ce canal.

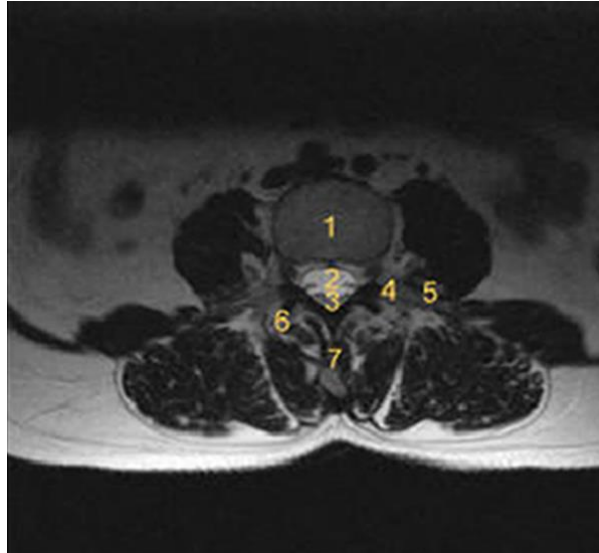


Figure 9 : Coupe axiale passant par le disque intervertébral au niveau L4/L5

(1) Disque, (2) Canal rachidien, (3) Racines nerveuses, (4) Foramen intervertébral avec ses composants, (5) Racine nerveuse sortante, (6) Articulations facettaires, (7) Apophyse épineuse.

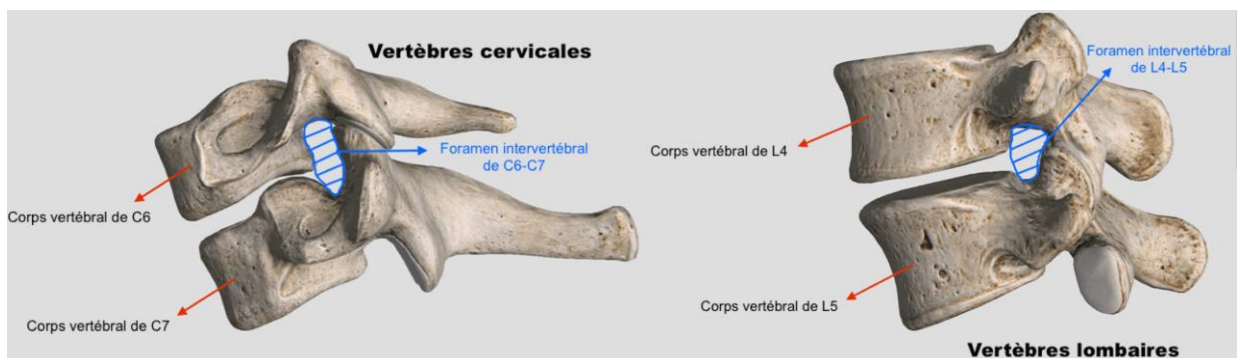


Figure 10 : Schématisant le foramen intervertébral.

La forme du foramen intervertébral lombaire diffère selon l'angle de vision. La tomographie tridimensionnelle de la colonne lombaire chez des individus sains montre que le foramen intervertébral ne peut pas être identifié du côté dorsal, mais qu'il devient progressivement visible lorsqu'il est vu latéralement à partir d'un angle de 30°. La visualisation est maximale à un angle latéral de 90° depuis la gauche.

Du niveau supérieur L1-2 au niveau inférieur L4-5, on observe un élargissement progressif du FIV.

Au niveau L5-S1, il ne peut pas être identifié s'il est vu sous un angle supérieur à 60° latéralement à cause de la crête iliaque. (116)

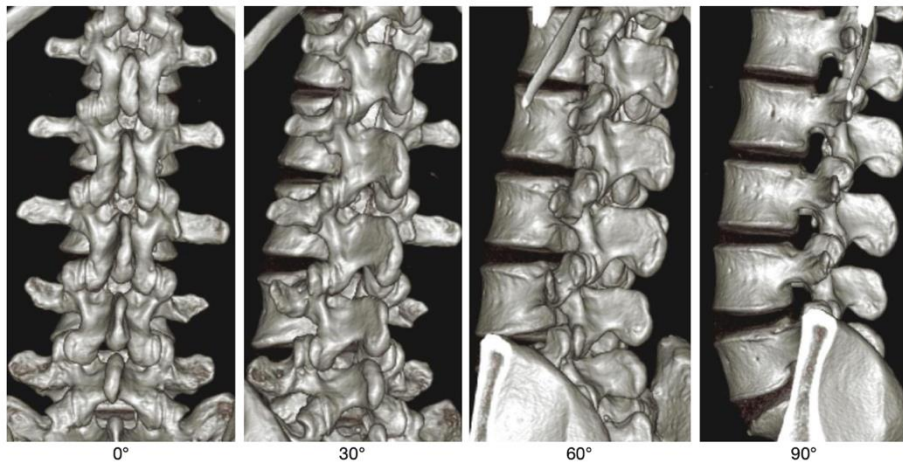


Figure 11 : Différents angles de vue du foramen intervertébral lombaire gauche sur le 3D-CT chez un adulte sain. 0° : de derrière, 90° : du côté gauche.

Le foramen intervertébral lombaire est ovale, avec une hauteur de 19,4 mm (fourchette, 15,5-24,2 mm) et une largeur de 8,8 mm (fourchette, 6,4-12,3 mm), avec un maximum au niveau du foramen L5-S1.

Il est constitué de deux parties :

- Une antéro-supérieure, formée par la partie inférieure du pédicule et de la partie postéro-inférieure du corps vertébral.
- Une partie inférieure, mobile, et formée par la plaque articulaire postérieure recouverte par le ligament jaune en arrière et la face postérolatérale du disque intervertébral en avant.

En flexion, les pédicules sont séparés les uns des autres et les diamètres du foramen sont à leur maximum. Alors qu'en extension, les diamètres sont réduits, les pédicules sont rapprochés, la hauteur du foramen est ainsi réduite d'environ 20 %.

Il est à signaler que plusieurs éléments passent par la FIV comme les racines nerveuses et ganglions rachidiens, graisse foraminale, veines foraminales, artérioles radiculaires, vaisseaux lymphatiques, nerfs méningés et ligaments foraminaux. La surface totale des faisceaux neurovasculaires est estimée à 20-50% de la surface totale des pores.

Anatomie ligamentaire et vasculaire en dehors du foramen intervertébral lombaire

Les ligaments intertransversaires (ITL) se trouvent dans le groupe de muscles (de l'intérieur, le muscle multifidus, le muscle longissimus et le muscle iliocostale) sur la face postéro-dorsale de la colonne lombaire vers le foramen intervertébral. La partie latérale de l'articulation zygapophysaire constitue le point d'entrée de la partie latérale du foramen intervertébral.

Si l'ITL est enlevée, il y aura 2 couches de ligaments à l'extérieur du foramen intervertébral. La première couche sera constituée de 2 ligaments corporo-transverses (LCT) solides, le LCT supérieur passant du bord supérieur du corps vertébral inférieur au processus transverse supérieur et le LCT inférieur passant du bord inférieur du corps vertébral supérieur au processus transverse inférieur.

La deuxième couche est constituée des ligaments supérieur et inférieur et du ligament extra foraminaux (LFE) ancrant la racine nerveuse. Il a été démontré que l'ablation du LFE améliore la mobilité des racines nerveuses (L3-5, maximum à L5).

Caglar a signalé que les LCT étaient des ligaments en Y. Ils sont divisés en 3 compartiments sous la forme d'un Y inversé. Dans le compartiment antéro-latéral, il existe la branche antérieure des nerfs et le tronc médian de l'artériole lombaire ; dans le compartiment postérolatéral, il existe la branche dorsale du tronc médian ; et dans le compartiment médian, il existe la branche postérieure du nerf et le passage du tronc latéral.

La bifurcation artérielle est divisée de l'aorte abdominale au tronc médian, moyen et latéral de chaque artère segmentaire de L1-L4 (artère segmentaire ou lombaire). À partir du tronc médian, après la ramification du plexus lombaire et des branches musculaires, les branches spinales et ganglionnaires bifurquent dans la face ventrale de la tête du foramen intervertébral.

Les branches dorsales et anastomotiques se séparent du tronc moyen. Finalement, le tronc latéral atteint la paroi abdominale.

En ce qui concerne la branche spinale, l'artère d'Adamkiewicz qui se ramifie à partir des artères lombaires n'est pas toujours rare et se trouve dans T12-L1 (16%), L1-2 (21,4%) et L2-4 (6%). Il est nécessaire d'être attentif à l'apparition d'un infarctus de la moelle épinière au cours de la chirurgie.

L'artère lombaire L5 étant absente, l'alimentation est obtenue à partir de l'artère iliolumbale de l'artère iliaque interne ou de l'artère sacrée médiane.

Si l'alimentation provient de l'artère sacrée médiale, il n'y a pas de branche communicante car il n'y a pas de ramification vers le foramen intervertébral L5-S1. Si des branches communicantes sont notées entre L4 et L5, elles sont les plus épaisses (0,4-0,42 mm). Cette branche communicante passe par le triangle de Kambin en position ventrale par rapport au foramen L4-5. Les lésions de ces structures semblent être la cause des hématomes rétropéritonéaux. Par conséquent, chez les patients dont on soupçonne la présence de branches communicantes, il est important de confirmer et de connaître le trajet des vaisseaux sanguins lors des examens préopératoires.

Les évaluations préopératoires de l'anatomie vasculaire entourant le foramen intervertébral sont extrêmement importantes pour prévenir les complications. Au moment de la ponction, l'angle droit près du processus articulaire inférieur supérieur est plus sûr car le triangle de Kambin est utilisé.

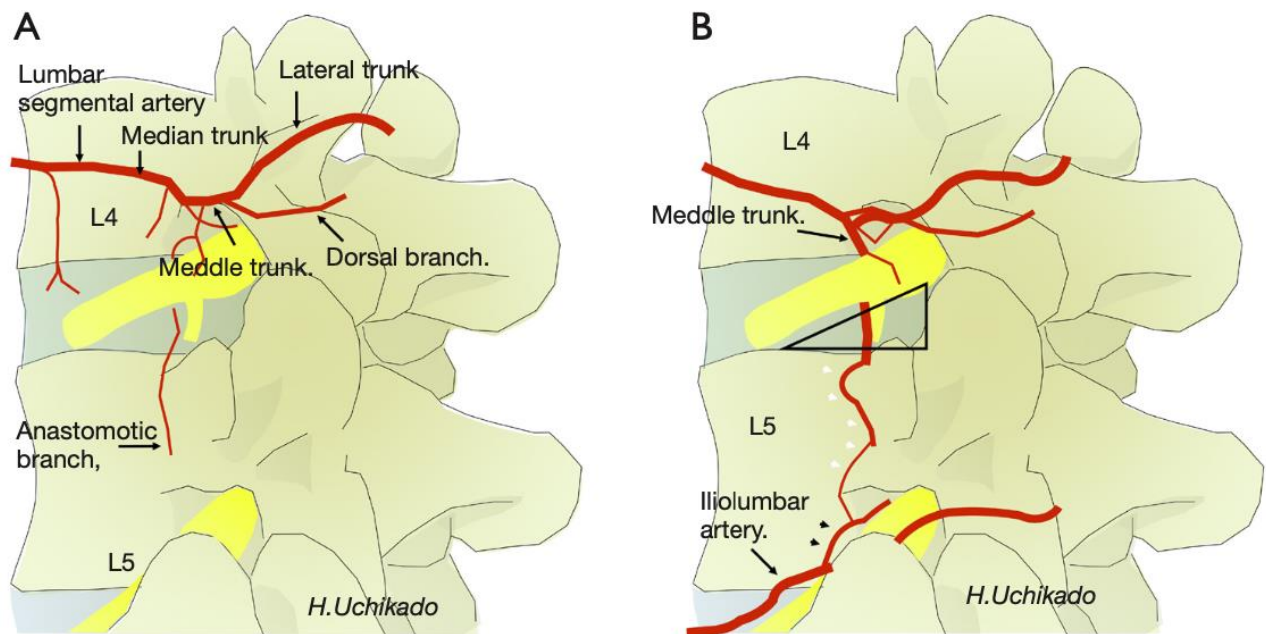


Figure 12 : Dessins schématiques des artères extra foraminales.

- (A) Dessin schématique d'une artère lombaire et de sa branche dans la région extra foraminale. L : vertèbre lombaire.
- (B) Les branches anastomotiques provenant du tronc moyen (L4) pénètrent dans le foramen intervertébral L5-S1. La branche spinale L5 (tête de flèche noire) et la branche anastomotique (tête de flèche blanche) et la branche anastomotique (tête de flèche blanche) entre L4 et L5. Le triangle de Kambin de L4-5 (triangle noir).

Anatomie ligamentaire et vasculaire au sein du foramen intervertébral lombaire

Akdemir et al. rapportent que le ligament intra foraminaux est fixé autour de la racine nerveuse dans le foramen intervertébral, ainsi que l'existence d'autres ligaments dans le foramen intervertébral : les ligaments supérieur, moyen et inférieur ; 2 ligaments corporopédiques supérieur et inférieur ; et le ligament jaune (ligamentum flavum). La preuve anatomique du test d'étirement du nerf a été rapportée par la présence du ligament intraforaminaux.

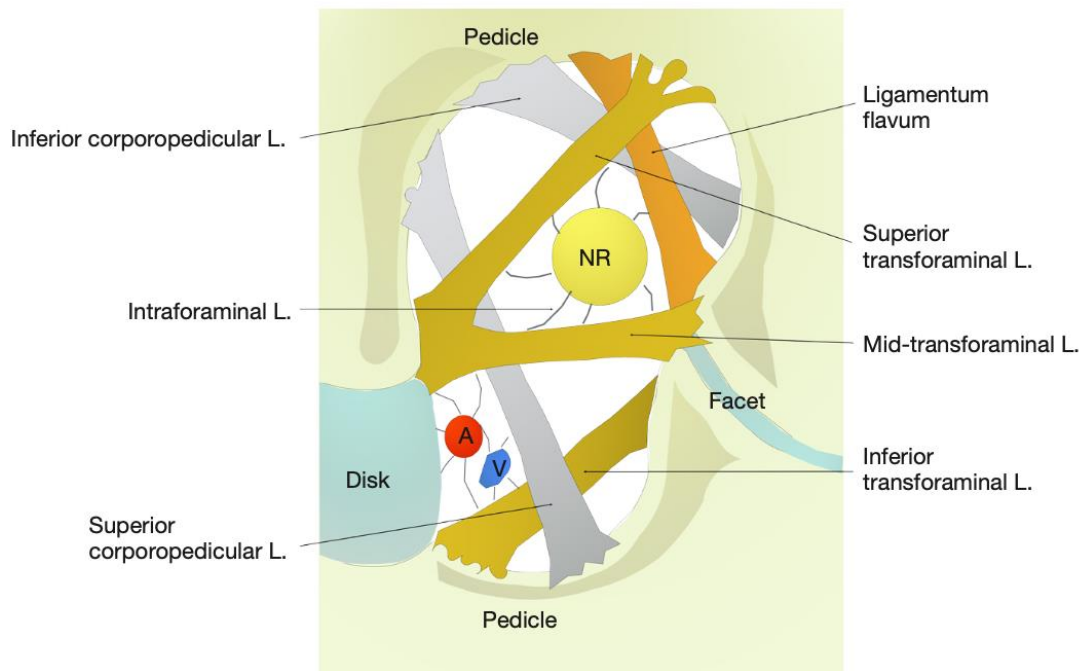


Figure 13 : Dessin schématique du foramen intervertébral.

Les différents ligaments du foramen intervertébral, les ligaments intra foraminaux, la racine nerveuse et les vaisseaux : ligament corporéo-pédiculaire supérieur et inférieur (L) ; ligamentum flavum ; ligament transforaminaux supérieur, moyen et inférieur (L) ; ligament intraforaminaux (L). NR, racine nerveuse ; A, artère ; V, veine.

Parmi les artères qui passent par le foramen intervertébral, les branches spinales et ganglionnaires sont essentielles.

Les résultats d'une étude impliquant l'utilisation de l'angiographie 3D-CT pour confirmer la présence d'artères dans le foramen intervertébral ont rapporté que des artères sont également présentes dans le triangle de Kambin (23), d'où l'intérêt de réaliser une 3D-CTA dans le cadre d'un examen préopératoire.

Parmi les artères qui passent par le foramen intervertébral, les branches spinales et ganglionnaires sont essentielles. Les résultats d'une étude impliquant l'utilisation de l'angiographie 3D-CT (3D-CTA) pour confirmer la présence d'artères dans le foramen intervertébral ont rapporté que des artères sont également présentes dans le triangle de Kambin d'où l'intérêt de réaliser une 3D-CTA dans le cadre d'un examen préopératoire important.

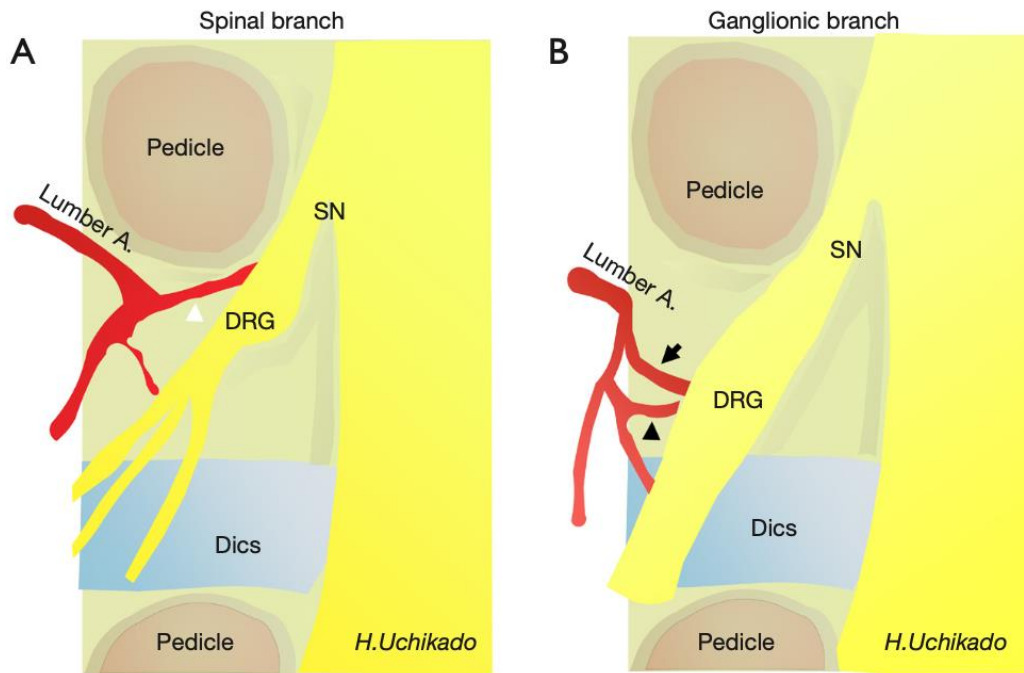


Figure 14 : Dessins schématiques postérieurs de l'artère lombaire et de ses branches dans la zone intraforaminale après l'ablation des facettes.

- (A) La branche spinale (pointe de flèche blanche) pénètre dans la gaine du nerf spinal (SN).
 - (B) Les branches ganglionnaires (pointe de flèche noire) alimentent le DRG.
- DRG, ganglion de la racine dorsale ; A lombaire, artère lombaire.

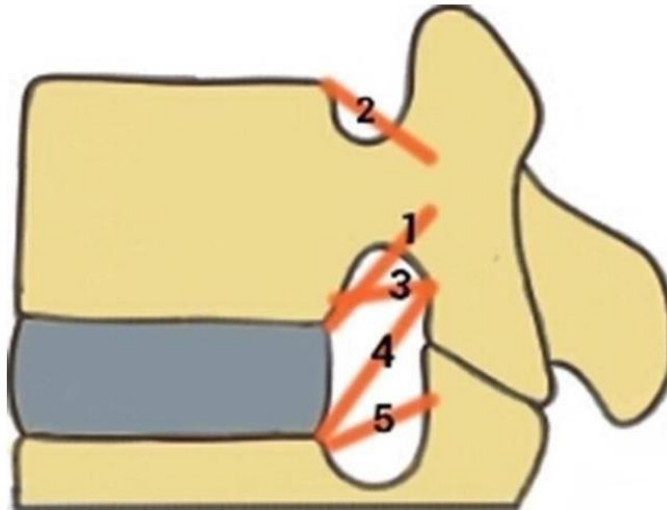


Figure 15 : Illustration schématique décrivant les différents types de ligaments transverses

Ligament corpore-transversal supérieur (1) et inférieur (2), ligament supérieur transforaminal (3), ligament médian transforaminal (4), ligament inférieur transforaminal (5).

1.3.4.7 Les ligaments jaunes

Ce sont des ligaments pairs situés entre deux vertèbres adjacentes, fixés sur la face antérieure de la lame de l'arc vertébral de la vertèbre supérieure au niveau de sa partie moyenne et se terminent sur le bord supérieur de la lame de l'arc vertébral de la vertèbre sous-jacente.

Ils sont caractérisés par leur élasticité très marquée, servant à conserver la posture droite et aidant la colonne vertébrale lors de l'extension.

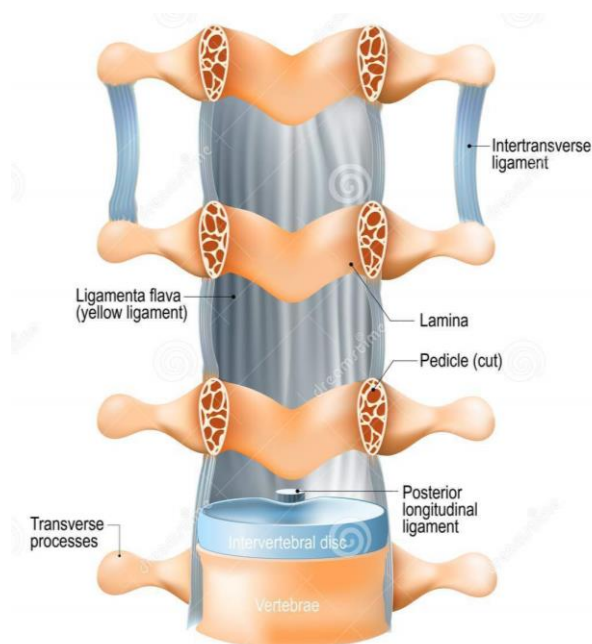


Figure 16 : Schéma montrant le ligament jaune.

1.3.4.8 Application chirurgicale : Triangle de Kambin

Le triangle de Kambin est un couloir anatomique dépourvu d'éléments vasculaires, viscéraux et nerveux, utilisé pour l'accès aux structures critiques dans une variété de procédures spinales. C'est un indicateur fluoroscopique clé pour les ponctions en discographie et les blocs de racines nerveuses.

Le triangle de Kambin est un espace sûr droit tridimensionnel situé au-dessus du disque intervertébral au niveau du rachis lombaire. Dans un plan bidimensionnel, les limites du triangle sont la plaque terminale supérieure du corps vertébral inférieur (base du triangle), la facette articulaire supérieure ou passe la racine nerveuse traversante ou descendante (hauteur du triangle) et la racine nerveuse supérieure sortante (hypoténuse du triangle). Les mesures du triangle de Kambin sur des cadavres ont révélé que la zone du triangle s'élargit à mesure que l'on se déplace vers le niveau inférieur de la colonne lombaire (L4-5). Il est très important de connaître la zone de travail sûre en ce qui concerne la TLIF lors de la réalisation de l'opération. En fonction du trajet de la racine nerveuse sortante, le triangle de Kambin devient plus étroit en L5/S1 qu'en L4-L5. La racine nerveuse intravertébrale est maximale à L4 (moyenne, 3,9 mm)

et minimale à L1 (moyenne, 3,3 mm). Chaque racine nerveuse se déplace vers le côté caudal à partir du côté crânial du foramen intervertébral et se dirige plus vers le centre à mesure que l'on se déplace vers le niveau lombaire inférieur. Ainsi, le site de ponction le plus sûr est le site le plus proche de l'angle droit du triangle de Kambin.

Le triangle de Kambin devient étroit en raison de la réduction de la hauteur du disque intervertébral avec la dégénérescence des disques intervertébraux et des articulations associées au vieillissement.

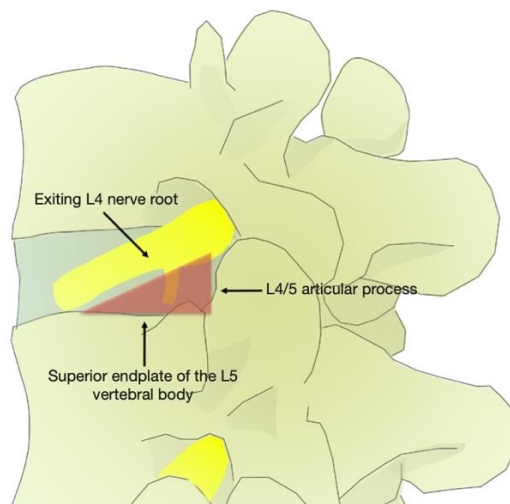


Figure 17 : Les périmètres anatomiques sur le triangle de Kambin (triangle de Kambin marqué en rouge).

Une connaissance détaillée de l'anatomie de ce triangle stratégique permet de pouvoir réaliser des discectomies précises et sûres et de placer éventuellement des fusions intersomatiques.

Les alternatives à l'approche postérolatérale de l'espace discal intervertébral comprennent les approches antérieures et postérieures, chacune d'entre elles comportant ses propres risques et avantages. Les approches antérieures peuvent présenter des risques de blessures viscérales au niveau de l'intestin, des uretères, du système vasculaire, des nerfs descendants et de la paroi abdominale. La préoccupation la plus courante est le risque d'éjaculation rétrograde par lésion du plexus hypogastrique supérieur, qui passe à proximité de la colonne lombaire antérieure. Les approches antérieures nécessitent une incision du ligament longitudinal antérieur pour accéder à l'espace discal lombaire, ce qui n'est pas une étape nécessaire dans la chirurgie d'accès postéro-latéral. Néanmoins, les approches postérieures de la colonne vertébrale risquent

d'engendrer des lésions du sac thécal en raison d'une rétraction latéro-médiane excessive du sac afin d'accéder à l'espace discal. Les approches postérieures nécessitent également une incision du ligament longitudinal postérieur et une dissection des muscles erector spinae. Comme les structures osseuses et musculaires postérieures doivent être disséquées pour accéder à l'espace discal, cette procédure est considérée comme une déstabilisation qui nécessite une stabilisation par une instrumentation ultérieure. Ces risques sont minimisés par l'approche postéro-latérale à travers le triangle de Kambin. Une étude a soulevé le problème de l'artère d'Adamkiewicz qui pourrait traverser cette zone de sécurité, ce qui exige la vigilance du médecin ou du chirurgien qui accède à cette zone. La connaissance du triangle de Kambin permettra aux chirurgiens du rachis de réaliser en toute confiance des discectomies et des fusions mini-invasives. (117)

1.3.5. Musculature du dos :

Les muscles du dos sont disposés en trois groupes : superficiel, intermédiaire et profond. (Annexe 1)

Les muscles des groupes superficiel et intermédiaire sont des muscles dits extrinsèques car, d'un point de vue embryologique, ils proviennent de régions n'appartenant pas au dos. Ils sont innervés par les rameaux antérieurs des nerfs spinaux :

- Les muscles du groupe superficiel participent à la mobilisation des membres supérieurs et y sont reliés ; ils comprennent le muscle trapèze, le muscle grand dorsal, le grand rhomboïde, le petit rhomboïde et l'élévateur de la scapula.
- Les muscles du groupe intermédiaire sont situés immédiatement sous les muscles du groupe superficiel. Leur disposition leur confère une fonction respiratoire et ces muscles ont longtemps été associés à des muscles respiratoires.
- Les muscles du groupe profond sont des muscles dits intrinsèques car développés dans la région du dos. Leur innervation est assurée par les rameaux postérieurs des nerfs spinaux. Ce groupe musculaire regroupe :
 - ⇒ Les extenseurs et les rotateurs de la tête et du cou : le splénius capitis (de la tête) et le splénius cervicis (du cou) ;

○ **Splénius Capitis**

Prend son origine dans la partie inférieure du ligament nuchal et dans les apophyses épineuses des vertèbres C7 - T4. Les fibres musculaires montent et s'attachent à l'apophyse mastoïde et à l'os occipital du crâne.

Son innervation est assurée par rameaux postérieurs des nerfs spinaux C3 et C4.

Sa principale action consiste à la rotation de la tête du même côté.

○ **Splénius Cervicis**

Prend son origine dans les apophyses épineuses des vertèbres T3-T6. Les fibres montent et s'attachent aux processus transversaux de C1- C4.

Des rameaux postérieurs des nerfs rachidiens cervicaux inférieurs assurent son innervation.

Sa principale action est la Rotation de la tête du même côté.

Remarque : les deux muscles splénius peuvent également agir ensemble pour étendre la tête et le cou.

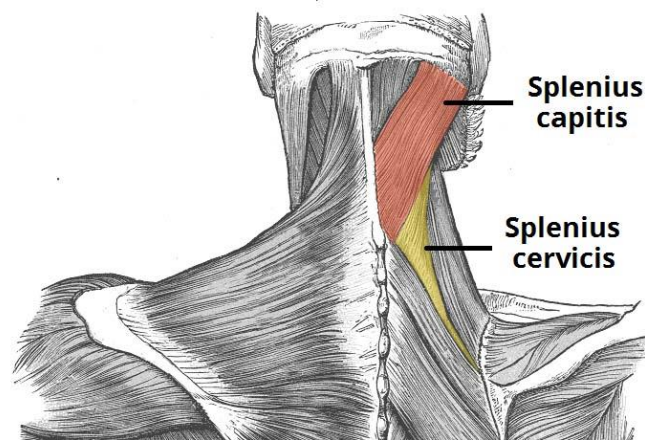


Figure 18 : Schéma montrant les muscles splénius capitis et cervicis

- ⇒ Les extenseurs et les rotateurs de la colonne vertébrale : les érecteurs du rachis et les transversaires épineux ;
- ⇒ Les érecteurs du rachis regroupent : le muscle iliocostal, le muscle longissimus et le muscle épineux.

Ces trois muscles peuvent être subdivisés en fonction de leurs origines (lombaire, thoracique, cervical et capsulaire).

- **Le muscle iliocostal**

Le muscle iliocostal peut être divisé en trois parties : lombaire, thoracique et cervical.

Naît de l'origine tendineuse commune, et s'attache à l'angle costal des côtes et aux processus transversaux cervicaux.

Son innervation est faite à travers les rameaux postérieurs des nerfs spinaux.

Il agit unilatéralement pour fléchir latéralement la colonne vertébrale. Agit bilatéralement pour étendre la colonne vertébrale et la tête.

- **Longissimus**

Le muscle longissimus est situé entre l'iliocostal et l'épineux. Il est le plus grand des trois colonnes. Il peut être divisé en trois parties : thoracique, cervicale et capsulaire.

Il naît d'une origine tendineuse commune et s'attache aux côtes inférieures, aux apophyses transverses de C2 à T12 et à l'apophyse mastoïde du crâne.

Il est innervé par des rameaux postérieurs des nerfs spinaux.

Il agit unilatéralement pour fléchir latéralement la colonne vertébrale. Agit bilatéralement pour étendre la colonne vertébrale et la tête.

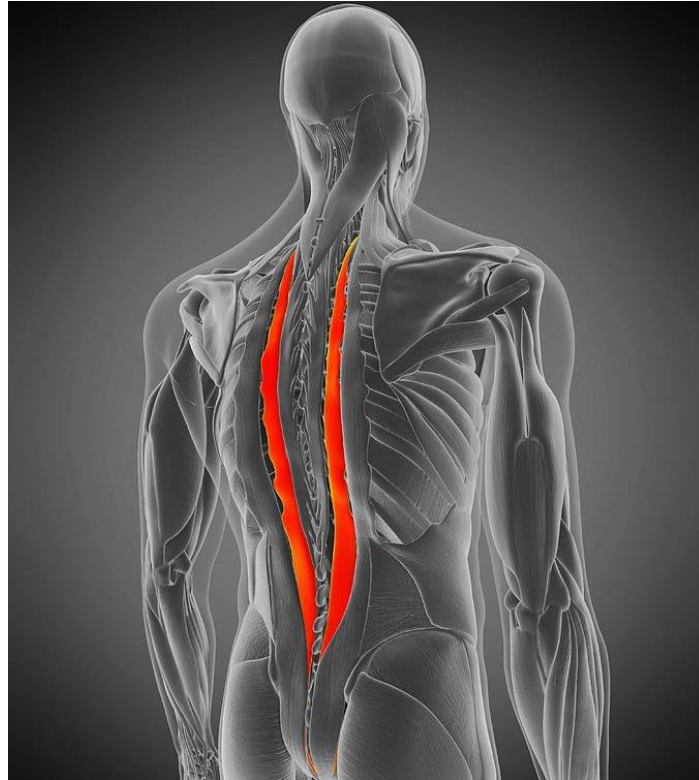


Figure 19 : Montrant le muscle longissimus

○ **Muscle épineux**

Le muscle épineux constitue la partie médiale des muscles érecteurs. Il s'agit du plus petit des trois colonnes musculaires.

Il peut être divisé en trois parties : le thoracique, le cervicis et le capitis (bien que la partie cervicis soit absente chez certains individus).

Il naît de l'origine tendineuse commune et s'attache aux apophyses épineuses de C2, T1-T8 et à l'os occipital du crâne.

Il est innervé par rameaux postérieurs des nerfs spinaux.

Il agit unilatéralement pour fléchir latéralement la colonne vertébrale. Agit bilatéralement pour étendre la colonne vertébrale et la tête.

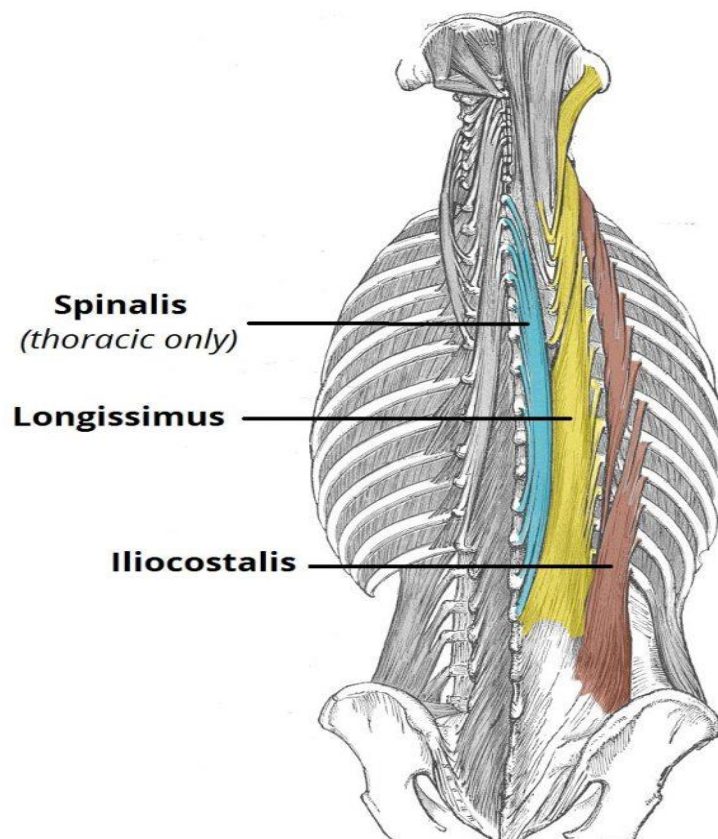


Figure 20 : Figure montrant la partie thoracique du muscle épineux, le longissimus et l'iliocostal

⇒ Les muscles intrinsèques profonds sont situés sous les érecteurs du rachis, et sont connus collectivement sous le nom de transversaires épineux. Il s'agit d'un groupe de muscles courts, qui comprend trois muscles principaux : le semi épineux, le multifide et le rotateur.

○ **Le semi épineux :**

C'est le plus superficiel des muscles intrinsèques profonds. Tout comme les muscles intermédiaires, il peut être divisé en : semi-épineux de la tête, semi-épineux du cou et semi-épineux du thorax.

Il prend son origine dans les processus transverses de C4-T10. Les fibres remontent de 4 à 6 segments vertébraux, s'attachant aux apophyses épineuses de C2-T4 et à l'os occipital du crâne.

Son innervation est assurée par des rameaux postérieurs des nerfs spinaux.

Sa principale action est l'extension et rotation controlatérale de la tête et de la colonne vertébrale.

○ **Le multifidus :**

Il est situé sous le muscle semi spinalis. Il est le mieux développé dans la région lombaire.

Dans la région sacrée il naît de l'arrière du sacrum, de l'aponévrose de l'érecteur du rachis, de la face médiale de l'épine iliaque postérieure supérieure, et des ligaments sacro-iliaques postérieurs.

- Dans la région lombaire : des processus mamillaires.
- Dans la région thoracique : des processus transverses.
- Dans la région cervicale : des processus articulaires des quatre vertèbres inférieures

Il est innervé par des rameaux postérieurs des nerfs spinaux.

Il stabilise la colonne vertébrale.



Figure 21 : Figure illustrant le muscle multifide.

○ **Muscle rotateur :**

C'est l'un des muscles constitutifs des muscles transversaires épineux, constitués des muscles rotateurs du cou, rotateurs du thorax et rotateurs des lombes.

Les rotateurs sont plus proéminents dans la région thoracique.

Il prend son origine dans les apophyses transverses des vertèbres.

Il est innervé par des rameaux postérieurs des nerfs spinaux.

Il stabilise la colonne vertébrale et a une fonction proprioceptive.

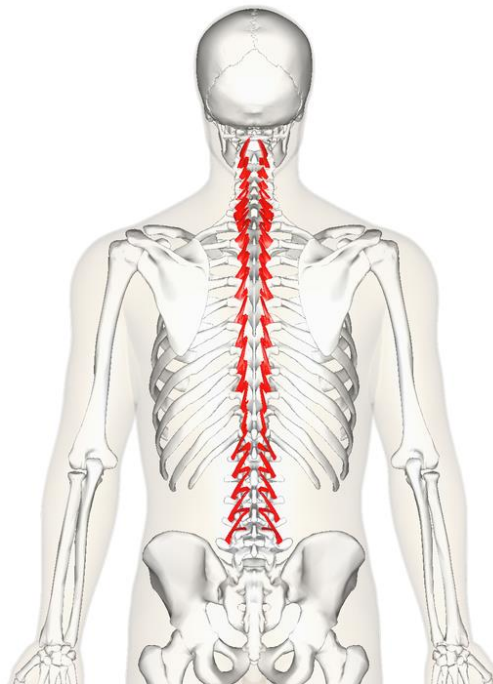


Figure 22 : Image montrant les muscles rotateurs

⇒ Muscles intrinsèques profonds mineurs :

Inter épineux : S'étend entre les apophyses épineuses adjacentes. Agit en stabilisant la colonne vertébrale.

Intertransversaires : S'étend entre les apophyses transverses adjacentes. Agit comme stabilisateur de la colonne vertébrale.

1.3.6. Canal vertébral

Dans un rachis lombaire intact, les foramens des cinq vertèbres lombaires s'alignent dans un canal continu appelé canal rachidien. La paroi antérieure de ce canal est constituée de la face postérieure du rachis lombaire, du disque inséré et du ligament longitudinal postérieur. La paroi postérieure est constituée de la lame et du ligament jaune inséré.

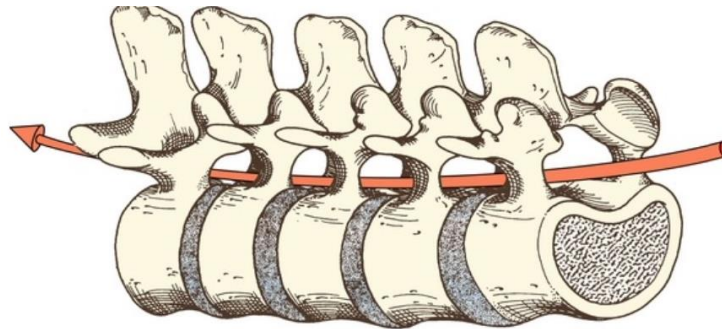


Figure 23 : Vue latérale du rachis lombaire en décubitus ventral avec une flèche représentant le canal vertébral.

Le canal rachidien comprend le disque intervertébral, le ligament jaune, le processus articulaire inférieur supérieur et les plaques vertébrales supérieure et inférieure. La dégénérescence du segment articulaire est la cause de la sténose du canal rachidien et du foramen. La région entourée par l'arc vertébral (sans le ligament jaune), les vertèbres et le pédicule est le segment osseux ; l'espace épidual sur le côté ventral dural de la surface postérieure des vertèbres devient plus large à L4 et L5 qu'à L3 (31). Le segment articulaire contient le ligament jaune (dorsal au canal rachidien) et le ligament longitudinal postérieur (ventral).

Dans le segment articulaire au niveau du disque intervertébral, la couche superficielle se déplace vers l'extérieur, devenant une membrane épidurale et formant une gaine épi radiculaire. Un abondant tissu adipeux existe dans l'aisselle de la racine nerveuse, où se développe simultanément le plexus veineux épidual (figure A) et qui est vaguement relié aux ligaments jaunes droit et gauche et au ligament longitudinal postérieur au niveau de la ligne médiane dorsale et ventrale. L'anatomie veineuse est plus importante que les artères dans le canal rachidien.

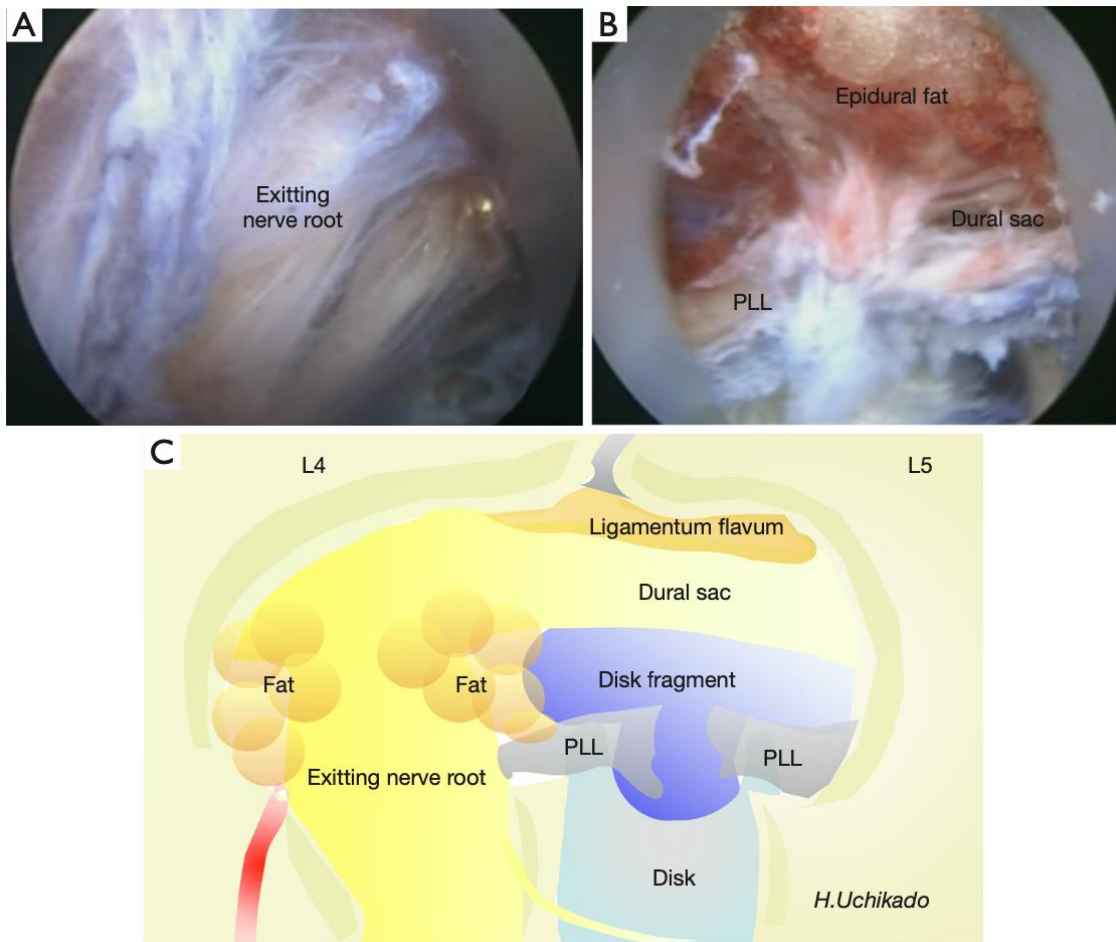


Figure 24 : Vues per opératoires du canal intra spinal dans le cadre d'une approche transforaminale endoscopique (L4-L5 gauche).

(A) Racine nerveuse sortante au niveau du L4 gauche. (B) Vue épiduroscopique des structures anatomiques ventrales de la dure-mère spinale. (C) Dessin schématique des structures du canal intra spinal vu par l'approche transforaminale endoscopique (L4-L5 gauche). PLL, ligament longitudinal postérieur.

La limite inférieure de la moelle épinière se situe au niveau du cône terminal, plus précisément au niveau du foramen des vertèbres L1/L2. Au-dessous, les racines nerveuses groupées vont sortir chacune au niveau rachidien correspondant, elles sont dites queue de cheval. Les racines de la queue de cheval sont entourées d'une gaine durale qui baigne confortablement dans le liquide céphalo-rachidien, et jouent un rôle dans la sensibilité ainsi que la motricité du périnée et des membres inférieurs.

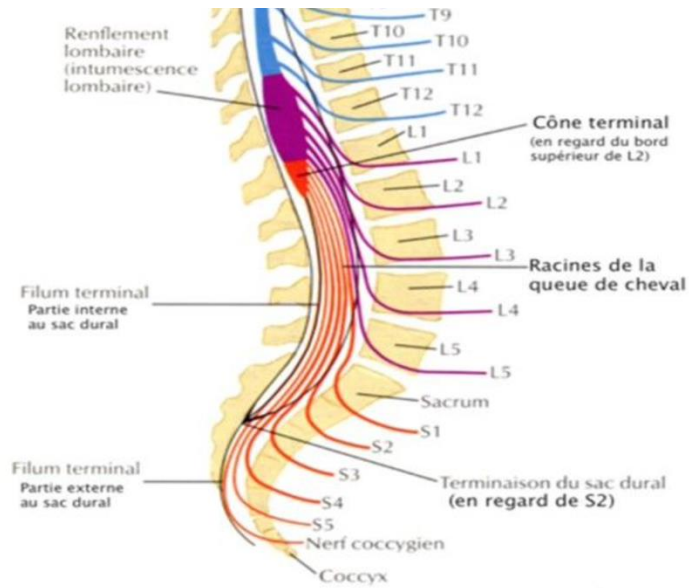


Figure 25 : Schéma illustrant les racines de la queue de cheval

1.3.7. Nerfs spinaux

Les 31 paires de nerfs spinaux (ou nerfs rachidiens) ont une distribution segmentaire. Ils ont une distribution segmentaire avec huit paires de nerfs spinaux cervicaux (C1 à C8), douze paires thoraciques (T1 à T12), cinq paires lombaires (L1 à L5), cinq paires sacrales (S1 à S5) et une paire coccygienne (Co). Chaque nerf spinal est relié à la moelle épinière par deux racines : l'une antérieure et l'autre postérieure.

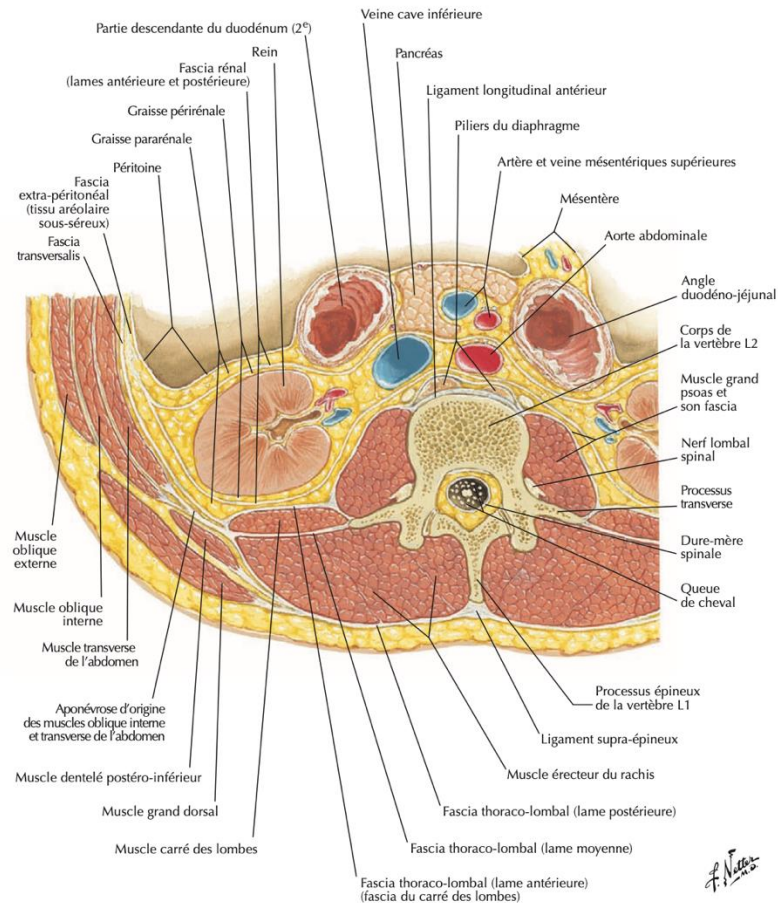


Figure 26 : Coupe transversale montrant les différents éléments anatomiques de la colonne vertébrale au niveau lombaire.

2. Rappel physiologique : Équilibre sagittal du rachis :

Le rachis est décrit comme l'organe axial central du corps, il sert de protection pour les structures neurales du corps, tout en jouant un rôle dynamique pour faciliter l'harmonie tridimensionnelle (3D) du mouvement du corps dans l'espace.

Il est important de différencier l'alignement, qui est statique, avec l'équilibre, qui est dynamique, bien qu'ils soient liés en permanence. L'objectif de cette organisation est d'obtenir la stabilité au repos et en mouvement. Pour une population normale, la chaîne d'alignement et d'équilibre de la posture humaine (debout ou assise) part de la plante des deux pieds, créant le polygone d'appui, et se poursuit par les articulations sous-taliennes puis de la cheville, le squelette tibio-

fibulaire, les articulations du genou, les fémurs, les articulations de la hanche, le pelvis travaillant comme un os intercalaire capable d'adapter la posture, l'alignement de la colonne vertébrale et le déplacement de celle-ci dans les trois dimensions. Puis la chaîne se poursuit avec les 24 vertèbres et leurs articulations intervertébrales ; en se terminant par la tête, avec son poids significatif (4,5-5 kg) qui fonctionne comme un pendule inversé, car un être humain en position érigée n'est jamais complètement immobile, mais présente une petite oscillation.

La position debout et la marche sont possibles grâce à un équilibre spino-pelvien qui répond à une cohérence entre des paramètres pelviens et rachidiens.

Le rachis se caractérise par la présence de courbures alternées, qui décupleront sa résistance à la compression en la multipliant par dix.

Ainsi, la morphologie de la courbure affecte le fonctionnement du rachis, comme le montre A. Delmas en distinguant deux types de rachis :

- dynamique, caractérisé par une faible courbure et flexibilité de la colonne vertébrale, ce qui facilite le mouvement du centre de gravité et une bonne activité motrice.
- statique avec une courbure proéminente et une plus grande stabilité.

D'autre part, les corps vertébraux s'adaptent localement à l'effort de compression en augmentant de haut en bas leur volume et leur surface, ils peuvent supporter de lourdes charges jusqu'à 600 kg, le disque intervertébral quant à lui, agit comme un amortisseur en répartissant les pressions.

En position neutre, l'axe de gravité constitue une ligne traversant les corps de C1, C6 et L3, et le centre de gravité du corps est à 3 cm en avant.

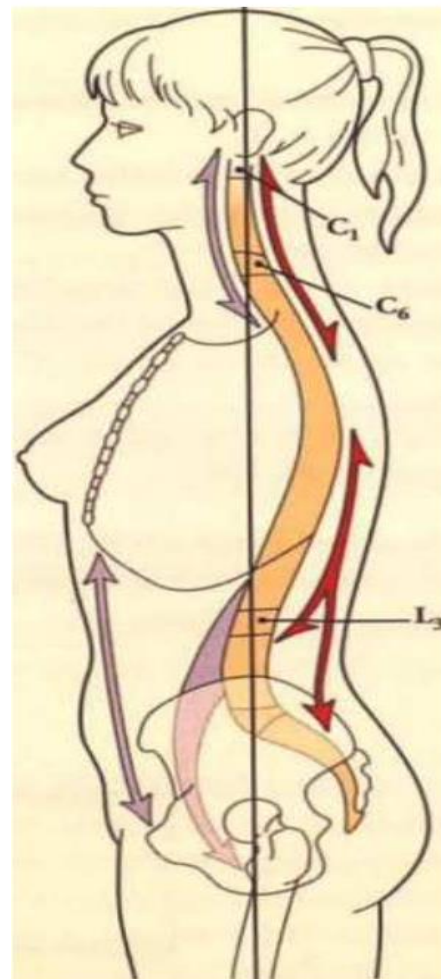


Figure 27 : Montrant l'axe de gravité

Avec l'âge, le centre de gravité du corps est dévié vers l'avant. Ceci peut engendrer une instabilité posturale, et ainsi la mise en œuvre de plus d'efforts et de compensation pour transférer le centre de gravité vers l'arrière pour ainsi permettre un équilibre sagittal vertical. On parle alors de déséquilibre sagittal (DS).

Des études tenant compte de l'équilibre sagittal ont trouvé qu'en présence d'une spondylolyse et d'une dysplasie osseuse, la contrainte mécanique appliquée à la jonction lombosacrée est augmentée en raison de l'altération de la morphologie sacro-pelvienne, ce qui conduit à un équilibre spino-pelvien anormal. En raison du remodelage osseux (loi de Hueter-Volkman), une déformation secondaire du corps de L5, du sacrum et du bassin modifie également les forces biomécaniques dans la colonne lombosacrée, ce qui contribue à la progression du spondylolisthésis. (15)

Vu que la vertèbre glisse, il est nécessaire d'avoir des mesures qui aident à apprécier le glissement et le changement de la balance sagittale et d'estimer le degré de glissement. (16)

2.1. Pourcentage de glissement ou index de glissement :

Le glissement est exprimé en pourcentage, et estimé sur une radiographie de profil par le rapport entre la distance parcourue vers l'avant (X) par le bord postérieur de la vertèbre ayant glissé et le diamètre antéro-postérieur du plateau inférieur de cette vertèbre (Y).

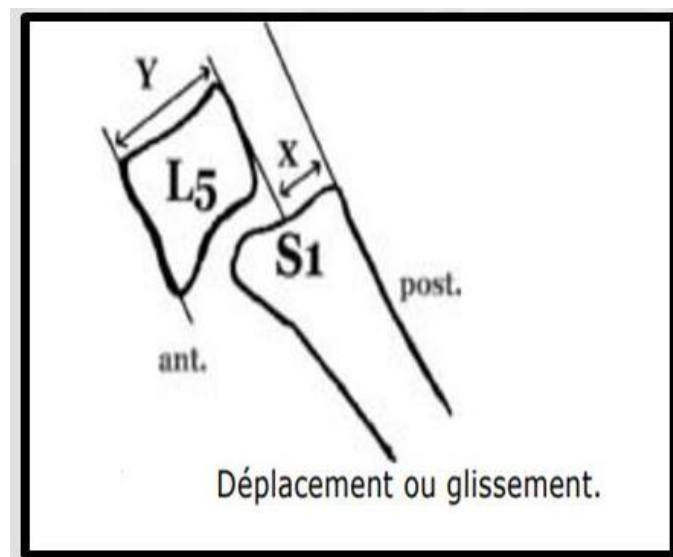


Figure 28 : Schéma montrant le glissement

2.2. Angle de glissement :

Il est formé par le croisement d'une ligne parallèle au bord inférieur de la vertèbre ayant glissé, et une autre ligne tangente au bord postérieur du plateau supérieur de la vertèbre sous-jacente. (17)

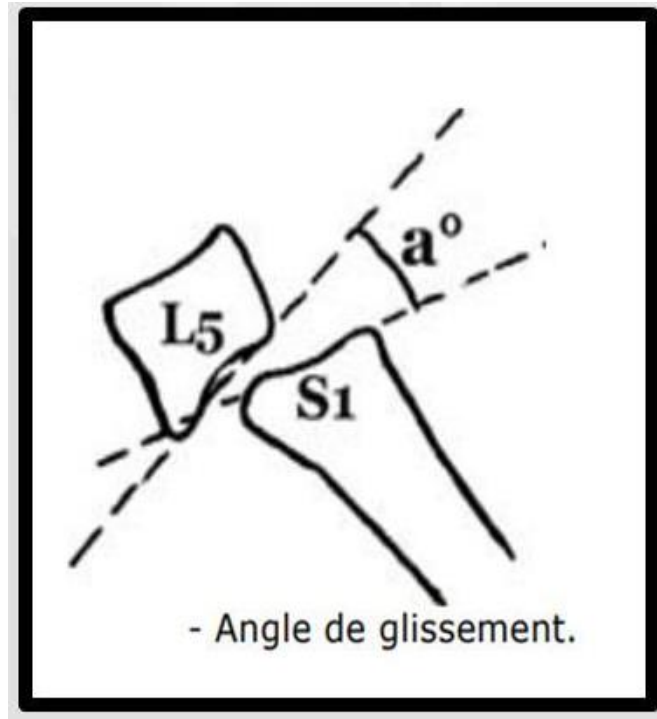


Figure 29 : Schéma montrant l'angle de glissement

Le spondylolisthésis ne peut plus être considéré à l'heure actuelle comme une lésion isolée de la vertèbre qui s'est déplacée. Il faut prendre aussi en considération la position du sacrum, ainsi de l'anneau pelvien.

Les paramètres anatomiques les plus importants sont : l'incidence pelvienne, la pente sacrée et la version pelvienne. Ils reflètent l'embase sur laquelle repose la colonne vertébrale. Avec le vieillissement physiologique de la colonne vertébrale, la lordose lombaire diminue, la cyphose thoracique augmente et l'équilibre spino-pelvien est compromis. Les possibilités de compensation d'un déséquilibre sagittal dépendent de l'amplitude de l'incidence pelvienne.

L'équilibre spino-pelvien est régi par une relation cohérente entre paramètres pelviens et rachidiens. (16)

2.3. Paramètres pelviens :

- **Incidence pelvienne IP** : mesurée à partir d'une radio de rachis de profil, elle

correspond à l'angle tracé à partir du milieu du plateau sacré entre la perpendiculaire au plateau S1 et la ligne passant par le centre des têtes fémorales. (Moyenne chez les sujets normaux : $53^\circ \pm 10^\circ$).

Ce paramètre anatomique est variable d'une personne à l'autre. Il est généralement plus bas à la naissance, il augmente progressivement au fur et à mesure que l'enfant adopte une posture droite et grandit. Il se stabilise ensuite à la fin de la croissance et reste stable tout au long de l'âge adulte. Il est important de noter que l'incidence pelvienne peut changer en réponse aux contraintes subies par l'articulation sacro-iliaque, notamment la fusion de la colonne vertébrale, la cyphose lombaire due au vieillissement ...

La variation de l'incidence pelvienne d'une personne à l'autre est importante, allant de moins de 30 degrés à plus de 80 degrés. La valeur de l'IP est plus élevée dans le cas du spondylolisthésis et augmente de façon linéaire, en fonction de la gravité du glissement. (17)

L'incidence lombo-pelvienne a l'avantage d'être un facteur constitutionnel qui ne varie pas entre 7 et 45 ans.

Il a été possible de mettre en évidence l'existence de 4 grands groupes de courbures rachidiennes, selon l'importance de l'incidence pelvienne.

Le type I est caractérisé par une IP basse ($< 45^\circ$), une lordose lombaire très courte, concentrée en L4-S1, et une cyphose thoraco-lombaire longue.

Le type 2 a également une IP faible, mais la lordose lombaire et la cyphose thoracique sont de longueur similaire et de faible amplitude.

Le type 3 a une base plus large ($IP > 45^\circ$), avec une lordose lombaire et une cyphose thoracique adéquates et équilibrées. C'est le type le plus courant dans la population asymptomatique normale.

Le type 4 a également une IP parfois très élevée, caractérisé par une lordose lombaire très adéquate, ainsi qu'une cyphose thoracique. En raison de sa configuration biomécanique, chaque type est affecté par des maladies dégénératives différentes des autres.

Cela montre une vraie corrélation entre la forme du bassin et la forme de la colonne vertébrale.

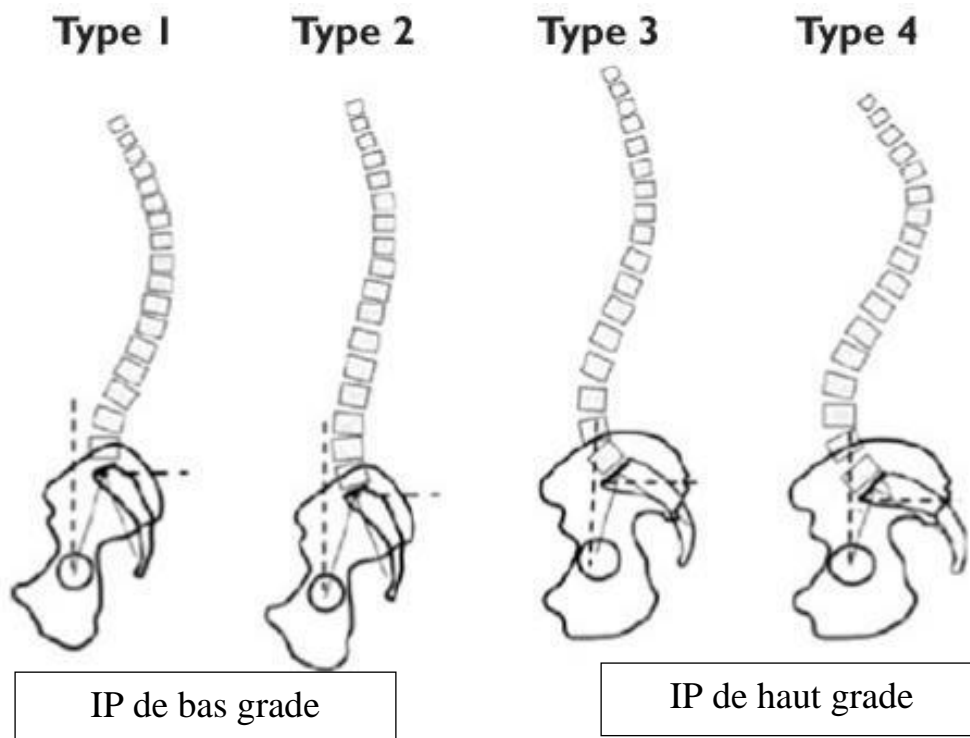


Figure 30 : schéma montrant les types de rachis en fonction du grade d'IP

- **Version pelvienne PT (Pelvic Tilt) :**

est l'angle formé par une verticale passant par le centre de la tête fémorale et la ligne joignant le centre de la tête fémorale au centre du plateau sacré. Cet angle mesure en général $26^{\circ} \pm 10^{\circ}$. La version pelvienne augmente quand le bassin est en rétroversion et diminue en antéversion.

- **Pente sacrée SS (Sacral Slope) :**

définit l'angle du plateau sacré avec l'horizontale. Cet angle mesure en général $37^{\circ} \pm 9^{\circ}$. (18)

La pente sacrée est le reflet de la rétroversion du bassin et de l'antéprojection des têtes pelviennes.

$$\mathbf{IP = VP + PS}$$

Il est à noter que PI est une mesure constante. La PT et le SS, en revanche, sont variables, car ils dépendent de la position du sacrum/bassin par rapport à la tête fémorale, qui change entre la position orthostatique et assise.

Bien que la corrélation entre l'incidence pelvienne (IP) et le spondylolisthésis soit évidente, il n'existe pas de données publiées dans la littérature qui puissent confirmer la relation de cause à effet entre ces deux éléments. Cependant, comme l'incidence pelvienne (IP) est un paramètre morphologique qui décrit la forme du bassin, une augmentation de l'IP est associée à une augmentation de la lordose lombaire, ce qui prédispose à des changements mécaniques de la colonne lombaire et de la jonction lombosacrée augmentant ainsi le risque de survenue d'un spondylolisthésis. (17)

Cependant, tous les patients atteints de spondylolisthésis à ne présentent pas un IP supérieur à la normale.

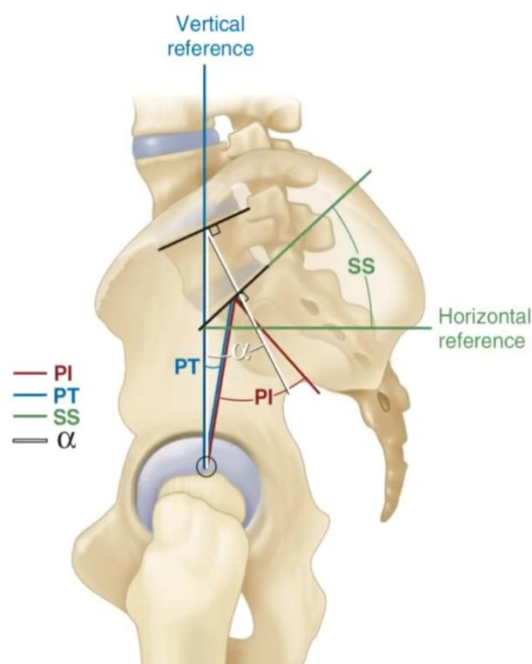


Figure 31 : Les différents paramètres pelviens

PI est la somme de SS et PT ; alors PI est un fort déterminant de l'orientation spatiale du pelvis dans l'orthostatisme, c'est-à-dire que plus PI est élevé, plus PT ou SS, ou les deux, seront grands.

Les valeurs normales de PI, SS et PT chez les enfants sont respectivement de 49,1°, 41,4° et 7,7°.(13)

Chez les adultes, les valeurs normales sont de 51,8°, 39,7° et 12,1°.

Les valeurs dans le cas du spondylolisthésis sont indiquées dans le tableau suivant. (18)

Tableau 1 : Tableau montrant les valeurs des différents paramètres pelviens selon le grade de spondylolisthésis

	Grade I	Grade II	Grade III	Grade IV	Grade V
PI	57.7°	66°	78.8°	82.3°	79.4°
SS	43.9°	49.8°	51.2°	48.5°	45.9°
PT	13.8°	16.2°	27.6°	33.9°	33.5°

Dans l'étude de Roussouly et al (17), les patients ayant une IP et une SS élevées entraînent une augmentation de la force de cisaillement incidente sur la jonction lombosacrée, ce qui crée plus de stress sur l'isthme interarticulaire de L5. Mais chez les patients ayant un IP faible et un SS mineur, il peut y avoir un impact entre les éléments postérieurs de L5 et ceux de L4 et S1 pendant l'extension, provoquant ainsi un effet de " casse-noix " dans l'isthme interarticulaire de la 5e vertèbre lombaire.

2.4. Paramètres rachidiens :

- **Angle de Cobb** : mesure la lordose lombaire, il est défini comme étant l'angle formé par la ligne passant par les plateaux supérieurs de L1 et L5.

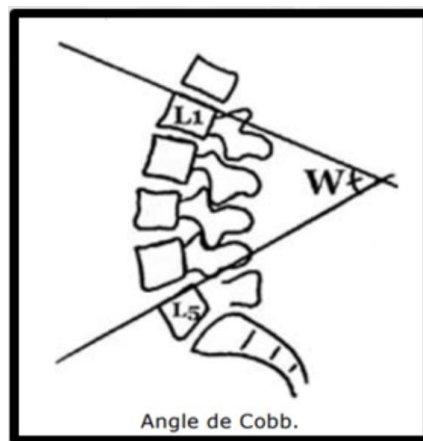


Figure 32 : Schéma montrant l'angle de Cobb

- **Angle de Gite sagittal** : cet angle est formé entre la verticale passant par l'axe bi-coxo-fémoral et la droite reliant ce point au milieu du corps de T9. Il varie entre 6° à 19° avec une moyenne de 9°.

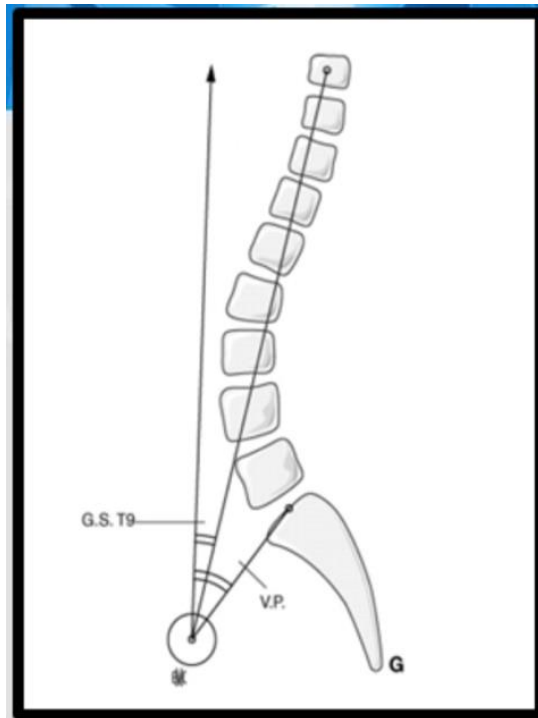


Figure 33 : Schéma montrant l'angle de Gite

- **L'angle lombo-sacré** : correspond à l'angle entre le mur postérieur de S1 et le plateau supérieur de L5 avec une normale à 135° (écart-type 10°).

Il apparait comme la pente d'un toit, qui augmente si l'angle diminue. En dessous de 110° , un corset est nécessaire chez l'enfant. En dessous de 90° , il est question de chirurgie.

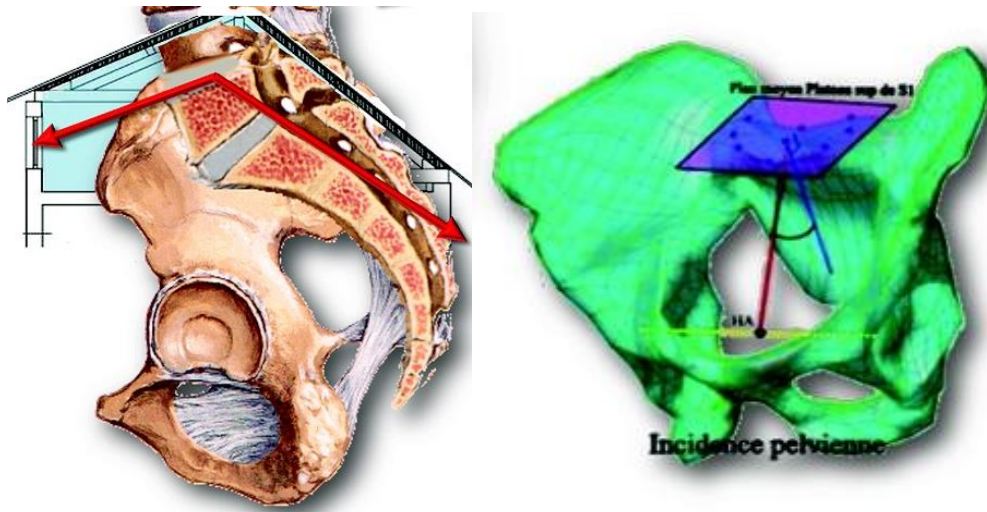


Figure 34 : Schéma montrant l'angle lombo-sacré

- **L'axe vertical sagittal (AVS) :** correspond à l'alignement vertical global du rachis à partir du centre de la vertèbre cervicale C7 (D). D'un point de vue physiologique, cet axe relie le bord postérieur de la vertèbre sacrée S1. En présence d'une déviation ventrale de l'AVS $>$ 5 cm, il s'agit d'un problème de déséquilibre sagittal (E).

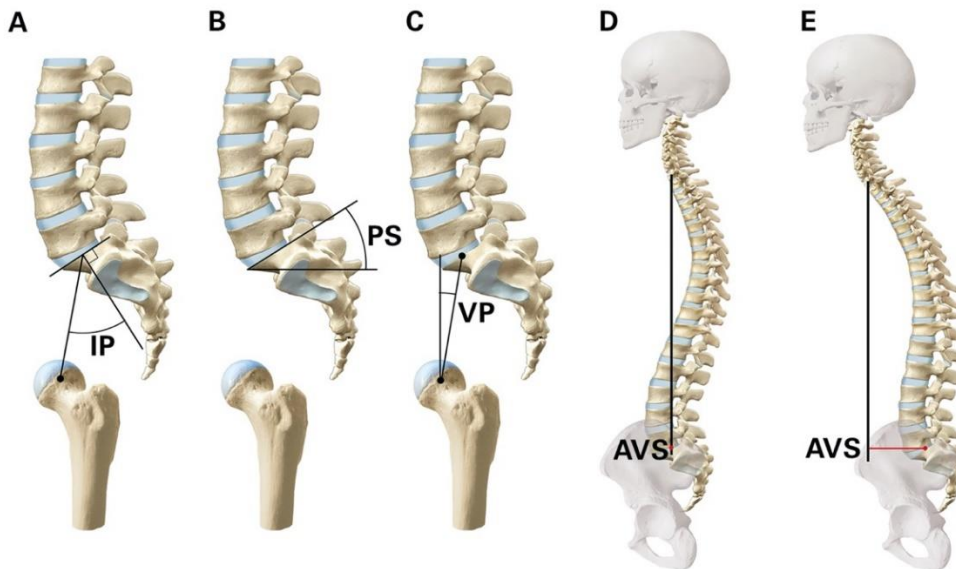


Figure 35 : Schéma montrant les différents paramètres pelviens (A, B, C);

l'AVS en équilibre sagittal (D) ; le déséquilibre sagittal (E)

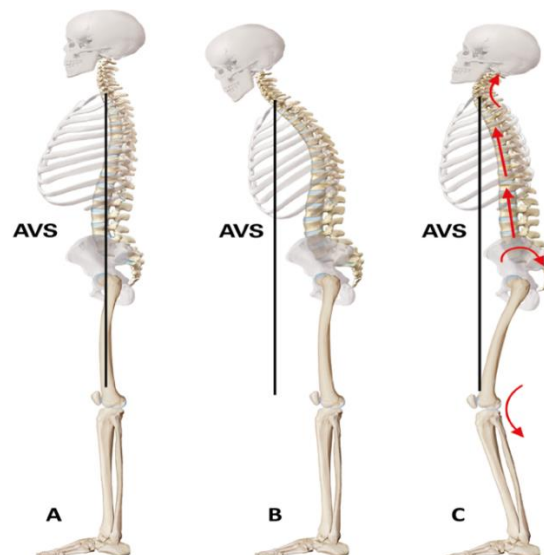


Figure 36 : Figure l'AVS en situation physiologique et en cas de déséquilibre sagittal

A) Profil sagittal physiologique avec forme en double S

B) Déséquilibre sagittal (DS) avec déplacement ventral du centre de gravité et instabilité posturale.

C) Mécanisme de compensation pour retransférer le centre de gravité : flexion des genoux, rétroversion du bassin, aplatissement de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique ainsi qu'une hyperlordose du rachis cervical.

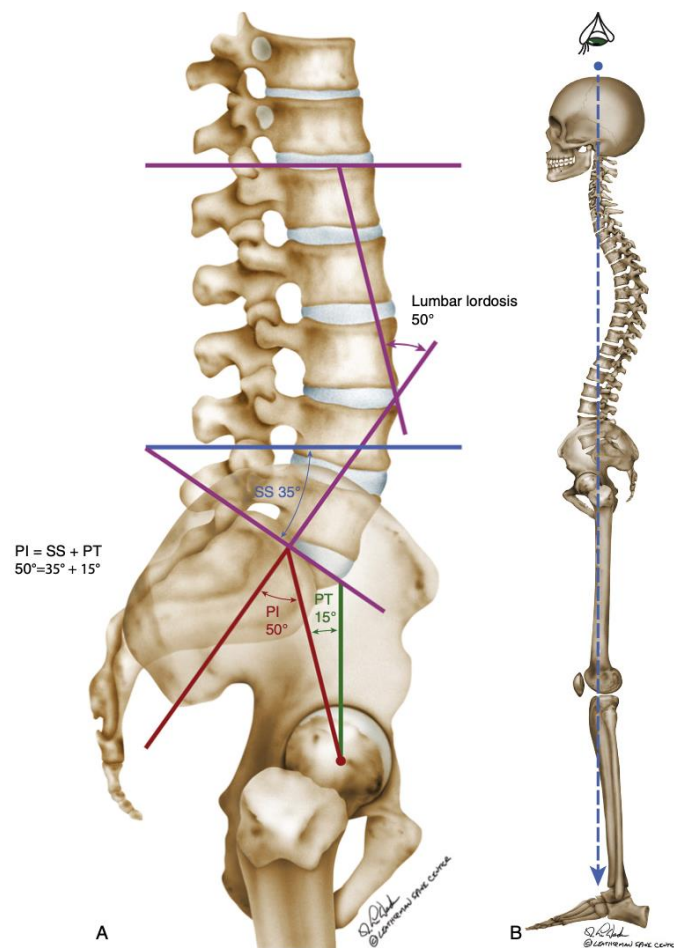


Figure 37 : Colonne lombaire montrant les mesures lombaires pertinentes, notamment la lordose lombaire (LL), l'incidence pelvienne (PI), la version pelvienne (PT) et la pente sacrée (SS).

Colonne lombaire montrant les mesures lombaires pertinentes, notamment la lordose lombaire (LL), l'incidence pelvienne (PI), la version pelvienne (PT) et la pente sacrée (SS).

Les paramètres pelviens sont régis par la formule suivante : $PI = SS + PT$, où le PI est toujours constant chez les adultes. B, colonne latérale debout montrant un équilibre sagittal normal. Remarquez que la tête doit être parfaitement centrée dans le bassin, les hanches et les genoux pour un bon équilibre sagittal global. L'alignement sagittal se réfère uniquement aux mesures de la lordose cervicale, de la cyphose thoracique et du LL, alors que l'équilibre sagittal global se réfère à l'alignement de la tête aux pieds, y compris l'alignement spino-pelvien médié par les hanches, les genoux et les chevilles.

La projection sacrée (X) (distance entre le sacrum et un fil à plomb partant de C7) est un autre déterminant biomécanique. Typiquement, le fil à plomb (PL) passe par S1.

En raison de ces modifications morphologiques, l'équilibre sagittal ne peut être obtenu que par une hyperlordose. Une plus grande inclinaison verticale du sacrum sera nécessaire pour maintenir l'équilibre sagittal, alors que cela n'est possible qu'avec une hyperlordose. Cette verticalisation du sacrum s'accompagne d'une contracture des ischio-jambiers, qui contournent caudalement les muscles ischiatiques, et du bassin antérieur.

Avec ces données, il y a trois résultats biomécaniques possibles : premièrement, les forces générées par une augmentation de la lordose lombaire ont pour conséquence le développement et la progression du spondylolisthésis ; deuxièmement, les changements biomécaniques génèrent des changements dans la posture et la démarche qui sont des mécanismes compensatoires pour maintenir l'équilibre sagittal ; et enfin les changements biomécaniques moulent la vertèbre adjacente.

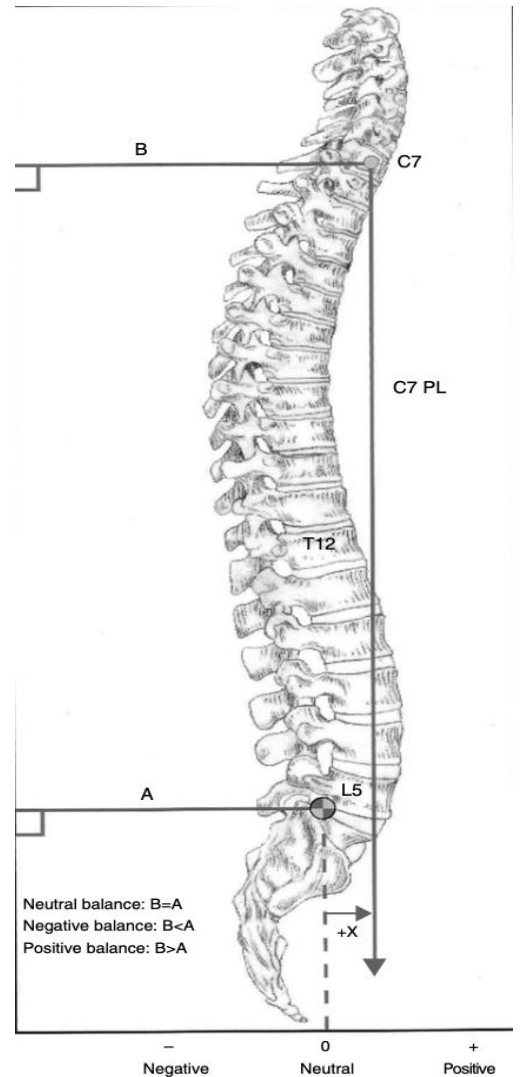


Figure 38 : Équilibre sagittal

Équilibre sagittal : PL = fil à plomb.

La ligne A est tracée à partir du bord supérieur-postérieur de S1, perpendiculairement au bord vertical de la radiographie. Sa longueur est mesurée en millimètres. La ligne B est tracée à partir du centre de C7 perpendiculairement au bord vertical de la radiographie. Sa longueur est mesurée en millimètres.

Les classifications utilisées pour les spondylolisthésis n'orientent pas les indications de traitement chirurgical et, alors que l'équilibre sagittal constitue l'élément clé pour le traitement chirurgical. (16)

2.5. Profil sagittal des patients atteints de SPL :

Bien que la corrélation entre l'incidence pelvienne (IP) et le spondylolisthésis est évidente, il n'y a pas de données publiées dans la littérature qui peuvent confirmer la relation de cause à effet entre ces deux éléments.

L'incidence pelvienne (IP) est un paramètre morphologique qui décrit la forme du bassin. Son augmentation est associée à une augmentation de la lordose lombaire, ce qui engendre des changements mécaniques de la colonne lombaire et de la jonction lombosacrée et augmente le risque de spondylolisthésis.

Néanmoins, tous les patients atteints de spondylolisthésis à L5-S1 n'ont pas une IP supérieure à la normale.

Roussouly a décrit l'adaptation de la colonne vertébrale à différentes incidences, et a ainsi relevé les types de dos à risque de spondylolisthésis, notamment les types 4 et 5. (Annexe 8)

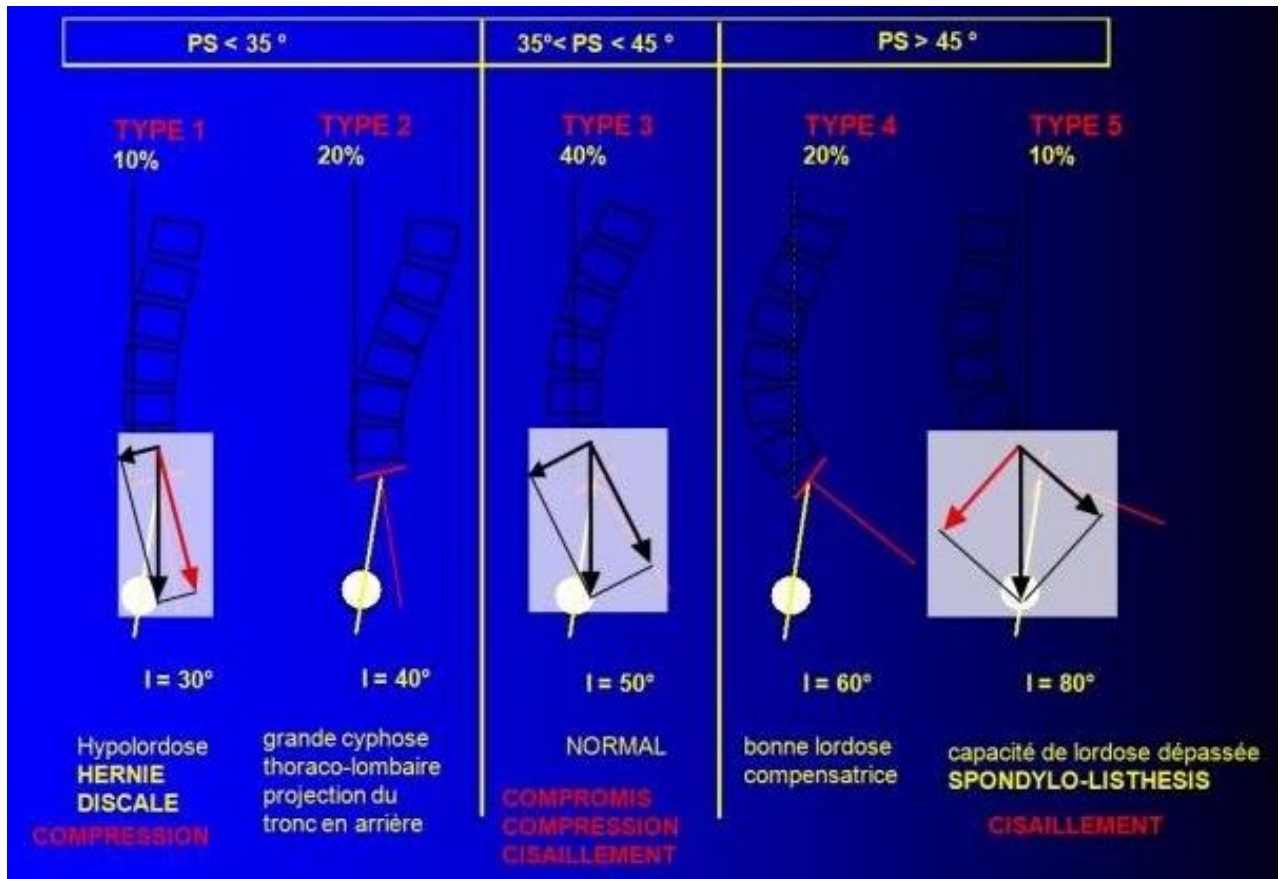


Figure 39 : Type de dos selon Roussouly

Les dos de type 1 et 2 avec pente sacrée inférieure à 35° et hypolordosés ont peu de possibilité de rétroversion du bassin et sont à fort potentiel de dégénérescence :

- Le type 1 présente une lordose hyper courte à sommet proche de L5/S1 et cyphose sus jacente longue compensatrice avec pour conséquences des discopathies dans la zone thoraco-lombaire; des glissements et du lysthésis dans la zone jonctionnelle entre cyphose et lordose, surtout en L5 par mécanisme de casse-noisette lié à l'hyper extension L5/S1 entraînant une lyse isthmique mais également une dégénérescence rapide des articulaires postérieures lombaires basses.
- Le type 2, peu galbé, avec possibilité d'extension lombaire limitée compte tenu d'un arc postérieur développé et d'une pente sacrée faible est un dos très plat, hypolordosé et hypocyphosé avec peu de courbures, un développement excessif vertébral postérieur à la fois articulaire postérieur et des épineuses limitant les possibilités d'extension du dos

et à fort risque de discopathies et de hernie discale médiane précoce (clinique de lombalgies à bascule) et évolution vers de la cyphose lombaire liée à ces discopathies sans possibilité de rétroversion du bassin compensatoire.

- Le dos de type 3, normal, avec pente sacrée intermédiaire comprise entre 35 et 45° a une répartition harmonieuse des courbures sagittales.
- Il est le meilleur compromis pour absorber les contraintes et s'exprime par une lordose régulière avec un sommet en L4 et une bonne répartition des 3 courbures sagittales et n'a aucune tendance au vieillissement précoce. Cliniquement le fil à plomb tendu à partir de l'épineuse de C7 ou de T1 passera au voisinage du bord postérieur du plateau sacré.
- Le dos de type 4 se caractérise par d'importantes pentes sacrées >45° et de faibles arcs postérieurs sur le plan anatomique. Il impacte fortement les articulaires postérieures (syndrome d'hyperpression articulaire postérieure, arthrose douloureuse, lysthésis dégénératif et fermeture des foramens avec risque radiculaire ; l'hyperlordose très prononcée tant au niveau de l'angle que du nombre de vertèbres incluses dans l'hyperlordose déborde sur le rachis thoracique inférieur.

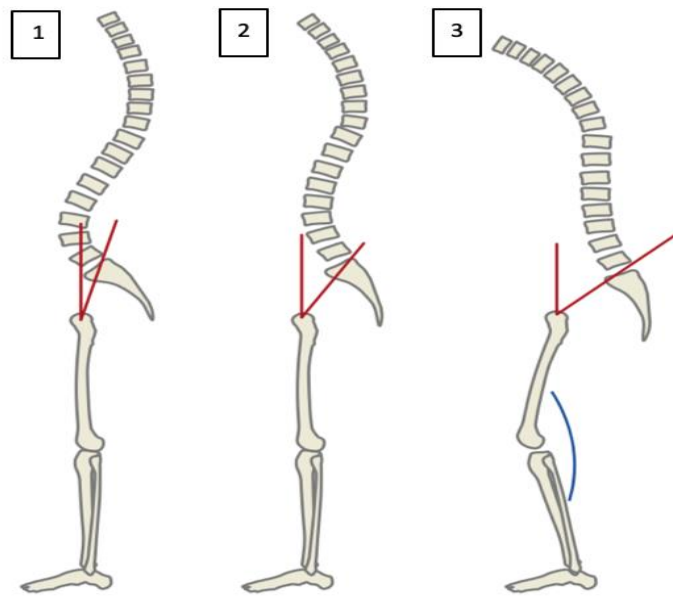


Figure 40 : Mécanismes de compensation au cours des spondylolisthésis

- 1 : Rachis normal
- 2 : Le rachis développe des mécanismes de compensation au cours des spondylolisthésis, notamment la version pelvienne augmente lorsque le bassin devient plus vertical (rétroversion)
- 3 : Lorsque la rétroversion maximale est atteinte, la flexion du genou et de la hanche augmente pour maintenir l'équilibre de la colonne. Enfin, la colonne vertébrale devient déséquilibrée, avec un déplacement de la ligne d'aplomb de C7 vers l'avant des têtes fémorales.

III. Épidémiologie

Le spondylolisthésis a une incidence rapportée de 4 à 6 % dans l'enfance dont la plupart étant isthmique et survenant entre L5 et S1. L'incidence augmente de 5 à 10 % chez les adultes, où le spondylolisthésis est principalement dégénératif. Il est plus fréquent chez les femmes et se produit le plus souvent entre L4 et L5, ainsi qu'entre L5 et S1. La majorité des cas sont asymptomatiques. (19) (20)

Bien qu'il existe des preuves suggérant que le spondylolisthésis n'est pas présent à la naissance, il a été démontré qu'il a une composante génétique chez 15 à 69 % des patients. (21)

L'incidence varie selon l'ethnie : elle est plus fréquente chez les caucasiens que chez les noirs. Dans une tribu d'Eskimos en Alaska, l'incidence atteint environ 50 %.

Le spondylolisthésis se produit le plus souvent dans la partie inférieure de la colonne lombaire, mais peut également se produire dans la colonne cervicale et rarement, sauf en cas de traumatisme, dans la colonne thoracique.

Le spondylolisthésis dégénératif survient principalement chez les adultes et il est plus fréquent chez les femmes, avec un risque accru chez les obèses. Il se produit généralement entre la 4ème et 5ème vertèbre lombaire. (22)

Le spondylolisthésis isthmique est plus fréquent chez les adolescents et les jeunes adultes de sexe masculin, mais il peut passer inaperçu jusqu'à l'apparition de symptômes à l'âge adulte. (23)

Le spondylolisthésis dysplasique est plus fréquent chez les enfants et chez les femmes. Les estimations actuelles de la prévalence sont de 6 à 7 % pour le spondylolisthésis isthmique avant l'âge de 18 ans, et jusqu'à 18 % des patients adultes soumis à une IRM de la colonne lombaire. Le spondylolisthésis de grade I représente 75 % de tous les cas. Le spondylolisthésis se produit le plus souvent au niveau L5-S1 avec une translation antérieure du corps vertébral L5 sur le corps vertébral S1. Le niveau L4-5 est la deuxième localisation la plus fréquente du spondylolisthésis.

IV. Etiopathogénie du spondylolisthésis :

Tout processus susceptible d'affaiblir les supports maintenant les corps vertébraux alignés peut permettre l'apparition d'un spondylolisthésis. Lorsqu'une vertèbre se déplace par rapport aux vertèbres adjacentes, une douleur locale peut survenir en raison d'un mouvement mécanique ou une douleur radiculaire ou myélopathique peut survenir en raison de la compression des racines nerveuses ou de la moelle épinière, respectivement. Les enfants sont plus susceptibles d'aggraver leur atteinte lors de la puberté alors que les patients plus âgés présentant un spondylolisthésis de grade inférieur I ou II sont moins susceptibles d'évoluer vers un grade supérieur.

Comme ça a été discuté précédemment, la cause exacte de la spondylolyse et du spondylolisthésis reste inconnue, mais elle est présumée multifactorielle, impliquant des phénomènes héréditaires, traumatiques, développementaux, morphologiques et biochimiques.

La spondylolyse est due à une lésion ou une fracture unilatérale ou bilatérale de l'isthme interarticulaire sans déplacement de la vertèbre. Elle constitue souvent un précurseur du spondylolisthésis.

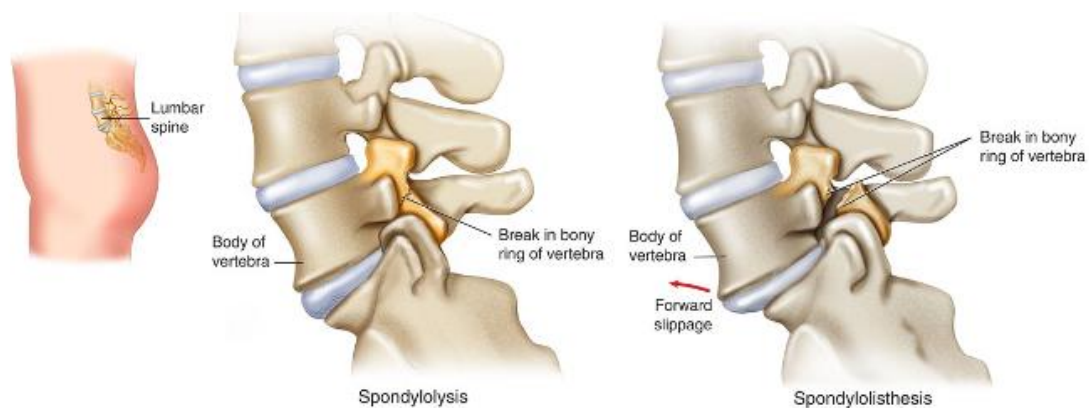


Figure 41 : Spondylolyse et spondylolisthésis par lyse isthmique

Au cours des quinze dernières années, une étude épidémiologique, clinique et radiologique de certains cas de spondylolisthésis a été réalisée. Cette étude a montré que le spondylolisthésis survient généralement dans le cadre de l'une des cinq principales étiologies : dégénérative, isthmique, traumatique, dysplasique ou pathologique. (24)

1. Le Spondylolisthésis Lominaire par Lyse Isthmique.

Les lésions de l'isthme interarticulaire dans la spondylolyse et le spondylolisthésis est le plus souvent le résultat de traumatismes répétés, de stress et de facteurs autres que la fracture aiguë. (25) . Ces fractures de fatigue se développent tôt dans la vie, peuvent avoir une forte base héréditaire, et sont découvertes souvent par hasard sur un bilan radiographique du dos, car il est longtemps bien toléré. (26)

Il s'agit d'une lésion fréquente 4 à 8% de la population. Au point de vue anatomique, Ce type est attribuable à un défaut de l'isthme interarticulaire qui permet à une vertèbre de glisser par rapport à la vertèbre sous-jacente.

La charnière lombosacrée représente un point de faiblesse de l'édifice rachidien. Le corps vertébral de la 5eme vertèbre lominaire est prédisposé à glisser vers l'avant et vers le bas compte tenu de l'inclinaison du plateau supérieur de la 1ere vertèbre sacrée.

Le poids P supporté par L5 peut être divisé en deux forces : force normale (N) et une force tangentielle au plan de glissement (T). Cette dernière (T) entraine L5 en glissement antéro-inférieur qui est empêché par la solidité de l'arc postérieur de L5.

Ainsi, les apophyses articulaires inférieures de L5 viennent s'encastrent entre les apophyses supérieures de S1. Il en découle une force R qui résiste à T, la transmission de ces efforts s'applique au niveau de l'isthme vertébral entrainant ainsi sa rupture. (Figure 42)

L'arc postérieur n'étant plus retenu par les apophyses supérieures de S1, il s'en suit un glissement vers le bas et avant de L5, nommé ainsi spondylolisthésis.

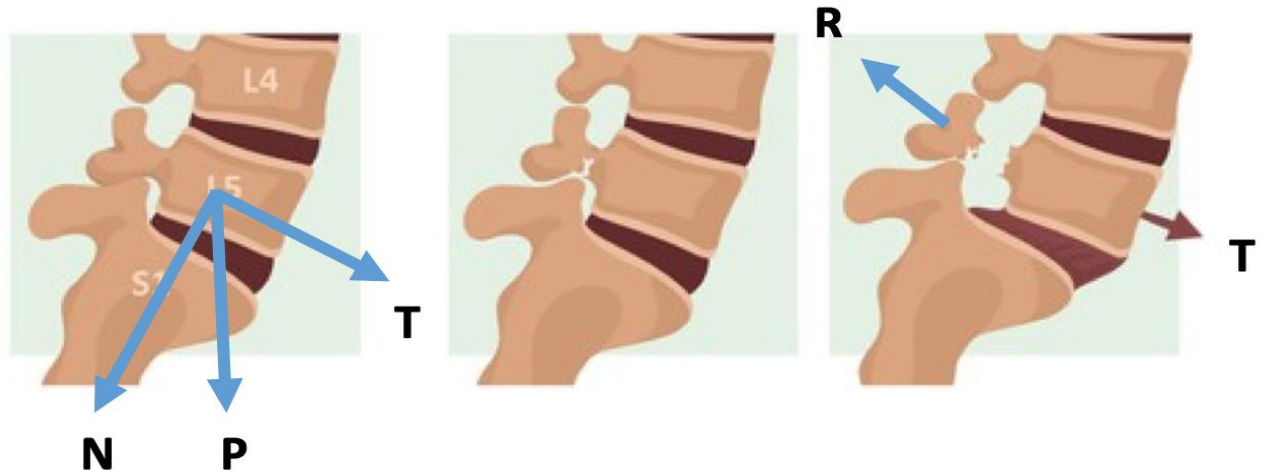


Figure 42 : Fracture de l'isthme vertébral au cours du spondylolisthésis

Il existe trois sous-types de spondylolisthésis isthmique :

- Une fracture de fatigue (de stress) de l'isthme interarticulaire - lytique
- Un isthme allongé mais intact
- Une fracture aiguë de l'isthme interarticulaire

La cinquième vertèbre lombaire ou L5 est la plus souvent touchée. C'est pour cela que cette lésion s'observe le plus fréquemment chez des sportifs pratiquant des activités comportant des rotations et des hyperlordoses (27) (bas du dos creusé et ventre en avant) importantes (gymnastique rythmique, danse, sports de lancer, aviron, équitation), le port d'un sac à dos lourd chez l'enfant. Le disque entre les 2 vertèbres qui glissent s'écrase et diminue de hauteur, on parle alors de discopathie associée. (28)

Il faut prêter attention à l'enfant ou à l'adolescent qui présente des douleurs lombaires et des spasmes des muscles para spinaux. Chez certains de ces individus, la lésion peut évoluer vers un glissement vertébral important. Si le défaut qui se développe est reconnu à temps, le traitement peut être tout à fait satisfaisant.

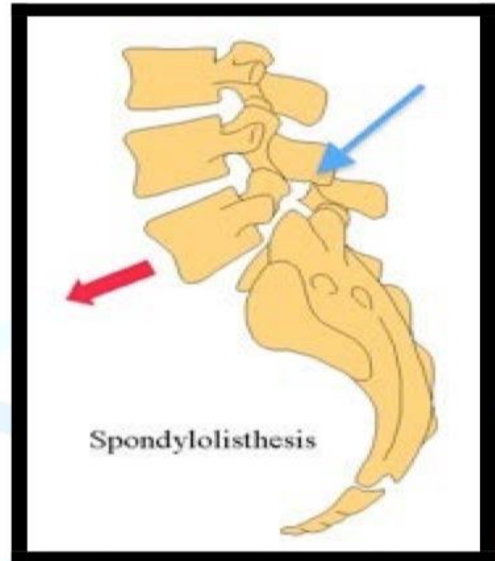


Figure 43 : Spondylolisthésis par lyse isthmique de la vertèbre L5

2. Le Spondylolisthésis Lombaire Dégénératif ou Spondylolisthésis Arthrosique.

Le spondylolisthésis arthrosique est la conséquence de changements dégénératifs au niveau de la colonne vertébrale sans aucun défaut dans l'isthme. Il est lié à la dégénérescence des facettes articulaires et des disques, qui entraîne une instabilité et un glissement vers l'avant d'un corps vertébral par rapport au corps vertébral adjacent.

Il touche essentiellement la 4^{ème} et 5^{ème} vertèbres lombaires, avec un léger glissement généralement.

Le traitement non opératoire doit être la ligne de conduite initiale dans la plupart des cas. (29)

Les patients présentant des symptômes neurologiques tels qu'une claudication intermittente ou des troubles sphinctériens, peuvent avoir une détérioration neurologique s'ils ne sont pas pris en charge chirurgicalement.

3. Le Spondylolisthésis Lombaire Dysplasique :

Le spondylolisthésis dysplasique est congénital et secondaire à une variation de l'orientation des facettes articulaires vers un alignement anormal. Il concerne le plus souvent l'adolescent et l'adulte jeune.

Ces anomalies concernent les facettes supérieures du sacrum ou inférieures de la cinquième vertèbre lombaire, qui permettent à L5 de glisser sur S1, sans défaut au niveau de l'isthme interarticulaire. Une tendance familiale est observable. (30)

Des études ont montré qu'une dysplasie plus sévère est associée à des grades plus élevés de spondylolisthésis. (31)

La plupart des patients atteints de SPL de haut grade (glissements supérieurs à 50 % : grades III, IV et V de Meyerding) développent des douleurs et/ou des déficits neuraxiaux au fil du temps, ce qui justifie la nécessité d'un traitement chirurgical. (32) (33)



Radiographies simples montrant une spondylolyse dysplasique de haut grade (a, b).

TDM montrant une déformation en forme de dôme du sacrum et une rétroversion du bassin (c).

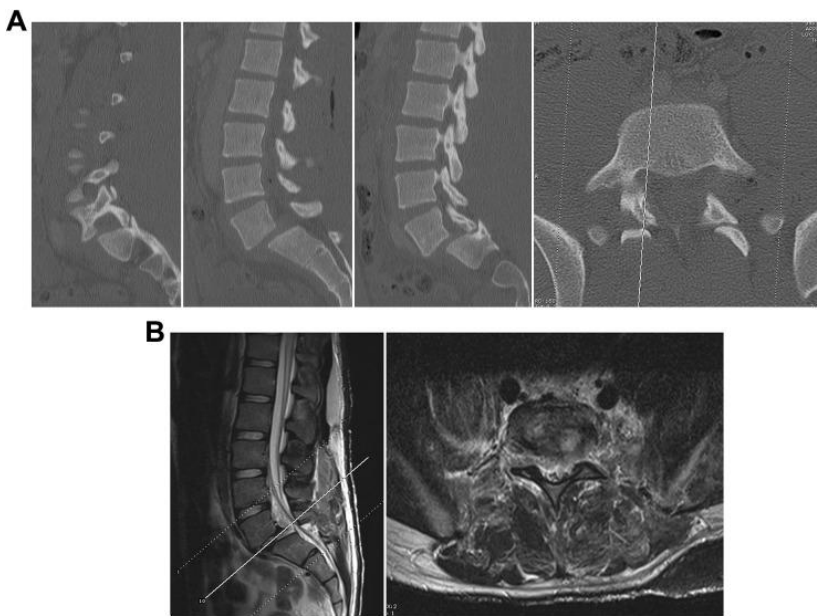
Image par résonance magnétique (IRM) sur image sagittale pondérée en T2 montrant une sténose du canal rachidien au niveau L5/S1 (d)

Figure 44 : Images radiologiques de spondylolisthésis dysplasique

4. Le Spondylolisthésis Lombaire Traumatique :

Tout traumatisme aigu des éléments postérieurs de la colonne vertébrale entraînant un listhésis est considéré comme un spondylolisthésis traumatique. Cette blessure rare causée par un traumatisme à haute énergie est décrite de manière variable dans la littérature comme une fracture-dislocation, où seuls des rapports de cas et des séries ont été publiés. (34)

L'urgence du traitement d'un spondylolisthésis traumatique est largement dictée par la présence de symptômes neurologiques. Une évaluation minutieuse par imagerie est nécessaire pour déterminer les lésions de l'unité médullaire, ce qui aidera à choisir la procédure chirurgicale appropriée. (35)



(A) Image montrant une dislocation bilatérale des facettes L5-S1 avec un antélisthésis de grade 3 suite à un AVP.

(B) Lésion discale visible sur l'IRM pondérée en T2.

Figure 45 : Images radiologiques d'un spondylolisthésis traumatique

5. Le Spondylolisthésis Lombaire pathologique :

Le spondylolisthésis pathologique peut être dû à des causes systémiques telles que des lésions de l'os, du tissu conjonctif ou à un processus focal, comme une infection, une néoplasie ou une cause iatrogène. (36)

Parmi les autres facteurs de risque de spondylolisthésis, on cite la présence d'un parent du premier degré atteint de spondylolisthésis, de scoliose ou de spina bifida occulte au niveau S1. (37)

V. CLASSIFICATION

Plusieurs classifications du spondylolisthésis ont été élaborées :

1. Classification de Wiltse et al.

Wiltse et al. s'est basé sur des critères topographiques, étiologiques et radiologiques, qui ont permis de dégager cinq types de spondylolisthésis. (38)

Le type I (dysplasique) correspond à une atteinte congénitale des facettes articulaires lombosacrées (spina bifida L5 ou S1 inclus dans ce groupe).

Dans le type II (isthmique) l'anomalie de l'isthme interarticulaire constitue la cause du spondylolisthésis :

- Type A : le plus fréquent, présumément secondaire à une fracture de fatigue qui survient vers 5 à 7 ans.
- Type B : il est secondaire à une élongation de l'isthme à cause de fractures répétées et consolidées.
- Type C : il survient dans les suites d'un traumatisme sévère.

L'anomalie de l'isthme retrouvée dans les types IIA et IIB est probablement liée à des facteurs biomécaniques (particulièrement les mouvements répétitifs de flexion et extension du rachis) et associée à une prédisposition héréditaire.

Le type III (dégénératif) secondaire à un processus dégénératif au niveau des facettes articulaires et/ou des disques intervertébraux. Ces spondylolyses dégénératives surviennent après 50 ans et sont situées à l'étage L4-L5 dans 92% des cas.

Le type IV : Pathologique en rapport avec une atteinte osseuse comme la maladie de Paget, la maladie d'Albers-Schoenberg ou une lésion tumorale ostéolytique.

Le type V : Traumatique. Ce type fait généralement suite à des fractures, autres que les fractures de l'isthme interarticulaire, notamment du pédicule, de la lame ou d'une facette.

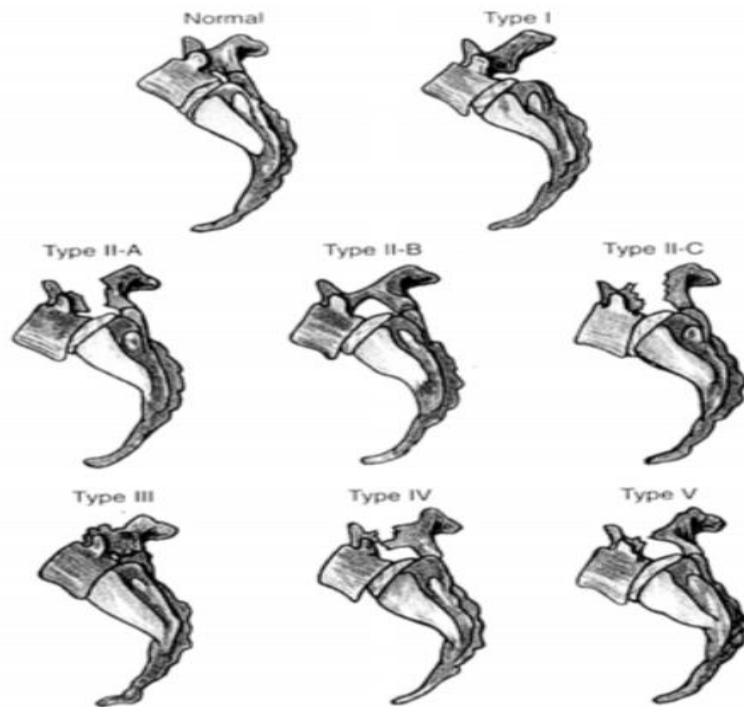


Figure 46 : Classification de Wiltse et al.

2. Classification de Meyerding

En 1932, Meyerding et al. (19), a proposé une classification dans laquelle le degré de glissement est calculé par le rapport entre le diamètre antéro-supérieur du sacrum et la distance du glissement antérieur de la vertèbre L5.

On admet ainsi : le grade I avec un glissement de 25% ou moins, le grade II - entre 25% et 50% de glissement, le grade III - entre 50% et 75%, et le grade IV - supérieur à 75%. Le grade V, en tant que spondyloptose, n'appartient pas à la description originale. (39)

Tableau 2 : Classification de Meyerding

Classification de Meyerding	Pourcentage de glissement
Grade I	0-25
Grade II	25-50
Grade III	50-75
Grade IV	75-100
Grade V	Spondyloptose

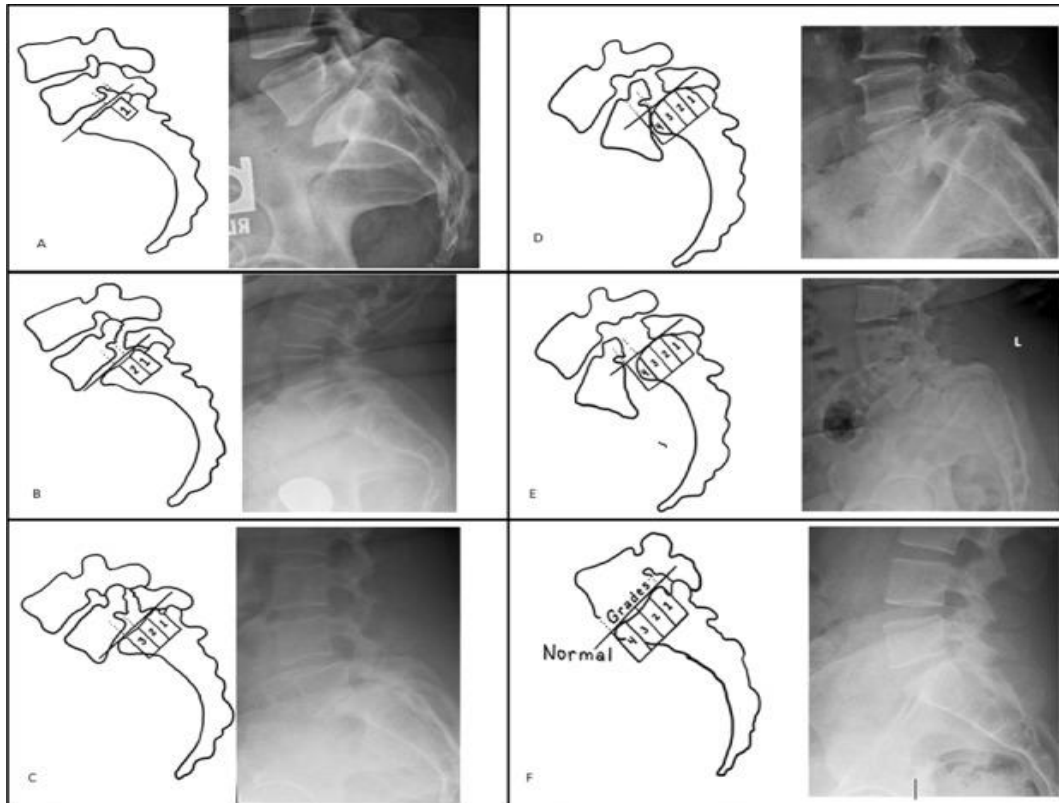


Figure 47 : Grades de glissement selon Meyerding

L'image (A) correspond à un glissement de grade I,

L'image (B) correspond à glissement de grade II,

L'image (C) correspond à glissement de grade III,

L'image (D) correspond à glissement de grade IV,

L'image (E) correspond à une spondyloptose $> 100\%$ soit un glissement de grade V ;

L'image (F) cette image montre tous les grades par rapport à un alignement normal. (40)

3. Classification de Marchetti et Bartolozzi

Marchetti et Bartolozzi ont distingué les formes développementales des formes acquises, afin de proposer une classification qui prend en considération l'étiologie, le pronostic et le traitement du spondylolisthésis.

Le spondylolisthésis développemental (incluant les types I, IIA et IIB de la classification de Wiltse et al.) est divisé en deux types principaux (haut et bas dysplasique), en fonction de la sévérité des changements dysplasiques osseux survenant au niveau de L5 et S1, et du risque de glissement associé.

Le spondylolisthésis acquis est, de son côté, soit secondaire à un traumatisme, une chirurgie, ou un processus pathologique ou dégénératif.

D'ailleurs, les spondylolisthésis acquis traumatique secondaire à une fracture de stress surviennent typiquement chez les jeunes athlètes. (41)

Il est important de noter que les sujets atteints de spondylolisthésis développemental haut-dysplasique présentent un risque élevé de progression (surtout durant la période de croissance), alors que les sujets atteints d'un spondylolisthésis bas-dysplasique ou acquis secondaire à une fracture de stress sont moins à risque de progresser. (42)

Classification de Marchetti et Bartolozzi en deux types principaux :

Tableau 3 : Classification de Marchetti et Bartolozzi

Développementale	Acquise
Dysplasie haute Avec lyse Avec élévation	Traumatique Fracture aiguë Fracture de stress
Dysplasie basse Avec lyse Avec élévation	Post-chirurgicale
	Pathologique
	Dégénérative

Aucun de ces systèmes de classification n'a été conçu dans le but d'aider à la planification chirurgicale des spondylolisthésis. Ainsi, les directives, les études de résultats et le suivi clinique sont principalement basés sur le degré de glissement. (41)

De plus, ces classifications ne prennent pas en compte l'équilibre sagittal sacro-pelvien, bien que des études plus récentes suggèrent l'importance de cet équilibre dans l'évaluation, la progression et le traitement du spondylolisthésis. (43) Ceci peut être l'explication du grand nombre d'études publiées sur les techniques chirurgicales.

4. Classification de Mac-Thiong et al. et Labelle et al

Mac-Thiong et al. et Labelle et al.(44) ont mis en place une nouvelle classification du spondylolisthésis, pour aider et évaluer la conduite à tenir devant un spondylolisthésis.

Cette classification clarifie les concepts de dysplasie de haut et de bas grades présentés par Marchetti et al. et Bartolozzi et al. (41) et prend en considération la morphologie et l'équilibre sagittal sacro-pelvien.









Elle se base sur trois aspects importants déterminés à partir de l'imagerie spino-pelvienne :

- Le glissement,
- L'équilibre sagittal,
- Le degré de dysplasie.

Cela a permis d'identifier 8 types de spondylolisthésis, illustrés dans le tableau ci-joint.

Tableau 4 : Classification de Mac-Thiong et al. et Labelle



Grade	Equilibre sagittal	Dysplasie	
Bas grade (glissement < 50°)	Type casse-noisette	Bas dysplasique	 Type 1
		Haut dysplasique	 Type 2
	Type cisaillement	Bas dysplasique	 Type 3
		Haut dysplasique	 Type 4
Haut grade (glissement > 50°)	Pelvis équilibré	Bas dysplasique	 Type 5
		Haut dysplasique	 Type 6
	Pelvis déséquilibré, rachis équilibré	Haut dysplasique	 Type 7
	Pelvis et rachis déséquilibrés	Haut dysplasique	 Type 8

Cette classification montre l'intérêt de l'équilibre sacro-pelvien et de la morphologie en matière de prise en charge du spondylolisthésis, c'est la première classification qui permet d'organiser les sous-groupes de spondylolisthésis en tenant compte de la sévérité de l'atteinte, du pronostic et/ de la complexité thérapeutique. (45)

Mac-Thiong et al. (44) a montré une amélioration évidente de la fiabilité intra- et inter-observateur de cette classification par rapport aux autres systèmes de classification.

5. La classification CARDS de KEPLER

Quant à lui, KEPLER (46) se base sur trois paramètres radiologiques (pincement discal, cyphose segmentaire, et le degré de la translation vertébrale) et un aspect clinique (la douleur aux jambes) pour sa nouvelle classification.

A partir de ces éléments, quatre types ont été définis :

Type A : Discopathie avancée sans cyphose segmentaire

Type B : Hauteur discale préservée, avec une translation vertébrale < 5 mm, sans cyphose segmentaire

Type C : Préservation partielle de la hauteur discale avec une translation supérieure à 5 mm, sans cyphose segmentaire

Type D : Cyphose segmentaire

Le modificateur clinique est la douleur à la jambe :

0 : aucune douleur à la jambe ;

1 : douleur unilatérale à la jambe ;

2 : douleur bilatérale à la jambe.

L'avantage de la classification CARDS est qu'elle a une meilleure fiabilité et est plus simple à utiliser, mais elle ne prend pas en considération l'alignement sagittal global. Elle reste peu utilisée et peu citée dans la littérature.

6. Classification de Gille et al.

Récemment, Gille et al. ont élaboré une nouvelle classification des spondylolisthésis dégénératifs avec sténose du canal lombaire(47) .

Les paramètres pris en compte sont l'incidence pelvienne (IP), la lordose segmentaire, la lordose lombaire (LL), l'axe sagittal vertical, et la version pelvienne ; tous mesurés sur une radiographie latérale debout du rachis.

Trois types ont été décrits.

Type 1 : IP-LL <10

1a : Lordose segmentaire préservée >5

1b : Lordose segmentaire altérée <5

Type 2 : IP-LL >10

2a : Alignement global préservé sans compensation pelvienne, inclinaison pelvienne <25

2b : Alignement global préservé avec compensation pelvienne, inclinaison pelvienne >25

Type 3 : Axe vertical sagittal altéré (> 40 mm)

7. Classification SDSG (spinal deformity study group = groupe d'étude des déformations de la colonne vertébrale) :

Cette classification est basée sur trois facteurs qui sont évaluées sur une radiographie latérale (sagittale) du rachis et du bassin :

- le degré de glissement (faible ou élevé),
- l'incidence pelvienne (faible, normale ou élevée)
- l'équilibre spino-pelvien (équilibré ou déséquilibré)(48).

A ce titre, six types ont été dégagés et sont illustrés dans le tableau ci-dessous

Classification SDSG des Spondylolisthésis

Faible grade < 50

- Type 1 : $PI < 45^\circ$ ("casse-noix")
- Type 2 : $PI = 45-60^\circ$
- Type 3 : $IP > 60^\circ$

Grade élevé > 50

- Type 4 : Bassin équilibré Bassin rétroversé
- Type 5 : Colonne équilibrée
- Type 6 : Colonne déséquilibrée

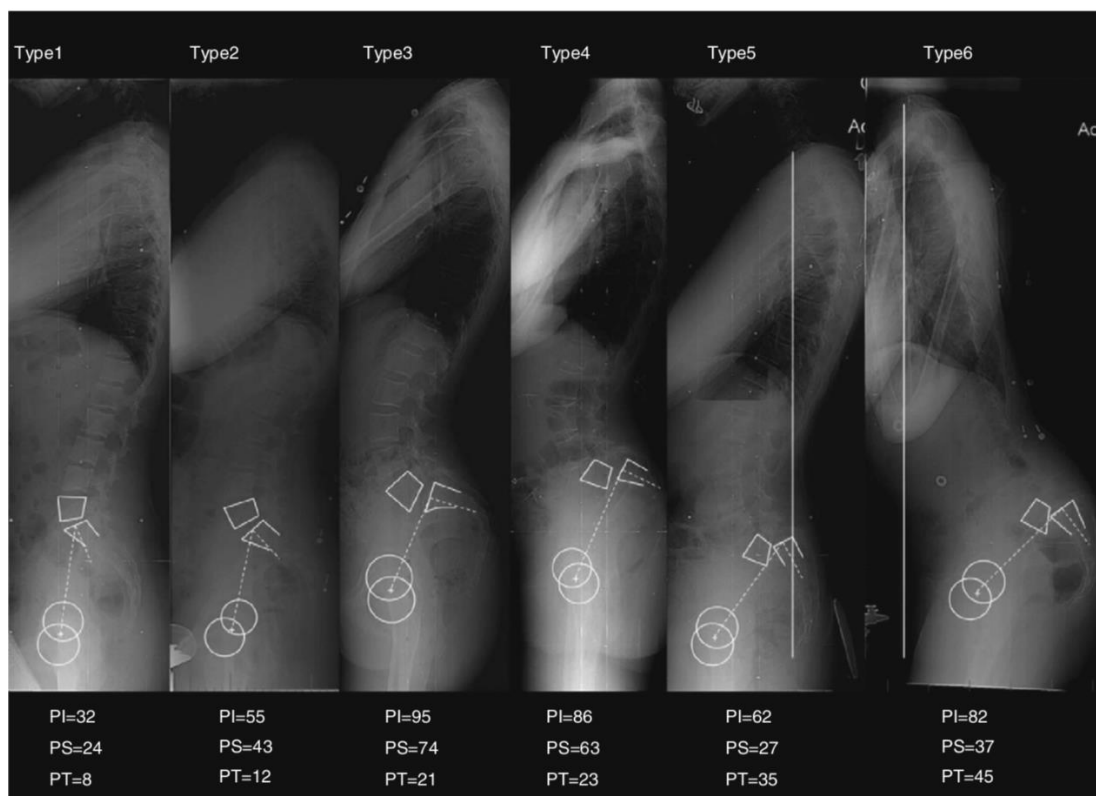


Figure 48 : Figure montrant les six types selon la classification de SDSG.

MATERIELS ET METHODES

I. Objectif de l'étude :

L'objectif de notre travail consiste à l'étude de l'apport de la chirurgie mini-invasive du spondylolisthésis lombaire chez les patients pris en charge au sein du service de Neurochirurgie de l'hôpital Ibn Sina dans la ville de Rabat, durant une période de 6 ans, allant du 9 janvier 2016 au 9 janvier 2022.

II. Matériels et méthodes :

1. Design de l'étude :

Il s'agit d'une étude exploratrice rétrospective basée sur une étude de cas à méthode quantitative menée au sein du service de Neurochirurgie de l'hôpital Ibn Sina dans la ville de Rabat.

Le choix de cette étude qui a concerné les patients pris en charge durant la période allant du 9 janvier 2016 au 9 janvier 2022, est justifié par le fait qu'il s'agit d'une approche appropriée pour apprécier l'apport de la chirurgie mini invasive dans le traitement des spondylolisthésis.

2. Population à l'étude :

2.1. Zone et population à l'étude :

Il s'agit du service de neurochirurgie à l'hôpital Avicenne qui fait partie des hôpitaux composant le CHU Ibn Sina de Rabat.

La population étudiée est constituée de patients hospitalisés pour spondylolisthésis sans distinction de sexe, ni d'âge et qui tient compte de certains critères d'inclusion et d'exclusion.

2.2. Critères d'inclusion :

Dans cette étude, ont été inclus tous les patients hospitalisés au sein du service de neurochirurgie du centre hospitalier universitaire Ibn Sina Rabat, opérés par technique mini invasive, dont le dossier médical était exploitable sur les différents aspects cliniques, para cliniques et thérapeutiques, et ayant bénéficié d'un interrogatoire, un examen clinique, des radiographies de face et de profil du rachis, une TDM ou une IRM médullaire et d'un contrôle en post opératoire comportant un interrogatoire, un examen clinique, une évaluation de la qualité de vie.

2.3. Critères d'exclusion :

- Patients dont les données anamnestiques et radiologiques étaient incomplètes.
- Patient ne s'intégrant pas dans la période d'étude.

Notre objectif est d'obtenir des données fiables qui peuvent nous permettre de mieux apprécier l'impact de la chirurgie mini-invasive dans la prise en charge du spondylolisthésis lombaire.

3. Collecte et analyse des données :

3.1. Recueil des données :

Toutes les données des patients ont été recueillies à partir des registres hospitaliers de notre service, et ont été analysés.

26 dossiers ont été retenus selon les critères d'inclusion et d'exclusion.

3.2. Variables étudiées :

Cette étude nous a permis de traiter un ensemble de paramètres grâce à une fiche d'exploitation (Annexe1), préétablie qui nous a permis de recueillir les données suivantes :

- Les renseignements généraux sur le patient : l'identité, l'âge, la profession, l'origine, les antécédents médicaux et chirurgicaux, le motif de consultation et les traitements préalablement reçus.
- Les données de l'examen clinique en préopératoire.
- Les données de l'imagerie en pré opératoire.
- Les informations relatives à la prise en charge thérapeutique : les éventuels incidents et complications et les suites post opératoires.
- Les résultats cliniques et radiologiques en post opératoire.

4. Outils d'investigation :

Le recueil d'informations a été effectué à partir de deux principales sources de données :

- La revue documentaire : nous avons consulté une série de documents relatifs aux différents aspects du spondylolisthésis (épidémiologiques, étiopathogénies, cliniques, paracliniques, thérapeutiques, évolutifs...)

- La consultation des registres hospitaliers et des dossiers patients au niveau du service de Neurochirurgie.

5. Déroulement de l'étude :

L'étude s'est déroulée en quatre étapes :

- La validation du sujet de thèse par notre rapporteur et approbation par Mr le Doyen de la faculté de médecine et de pharmacie de Rabat
- Puis la recension des documents autour du spondylolisthésis afin d'arrêter les thèmes à analyser à partir des dossiers médicaux.
- La troisième étape a consisté au recueil des données.
- La quatrième a concerné l'analyse, l'interprétation des données et la rédaction des fiches de thèse.

6. Méthodologie d'analyse

Pour le recueil et l'analyse des données, nous avons utilisé le logiciel EXCEL et le logiciel JAMOVI, afin d'apprécier les moyennes et les pourcentages des différentes variables et interpréter les résultats détaillés de l'étude.

Pour l'analyse des relations entre les différentes variables nous avons utilisé la méthode Chi 2.

La saisie des références bibliographiques a été faite à l'aide du logiciel ZOTERO.

7. Considérations éthiques :

L'étude est régie par toutes les conditions usuelles d'élaboration des études scientifiques.

En effet le recueil des données a été effectué dans le respect de l'anonymat des patients et de la confidentialité de leurs informations.

RESULTATS

Notre étude a déduit les résultats suivants au regard des différentes caractéristiques du spondylolisthésis lombaire.

1. Caractéristiques sociodémographiques :

L'étude a porté sur 26 patients hospitalisés au service de Neurochirurgie. Les caractéristiques sociodémographiques de ces patients se présentent comme suit :

1.1. : Age

L'âge moyen de nos patients au moment de l'intervention est de 54.3 ans avec un écart type de 10.5 avec des extrêmes allant de 34 à 70 ans.

La fréquence maximale se situe entre 60 et 69 ans avec un pourcentage de 34.6 %.

La répartition selon les tranches d'âge est illustrée dans l'histogramme ci-dessous.

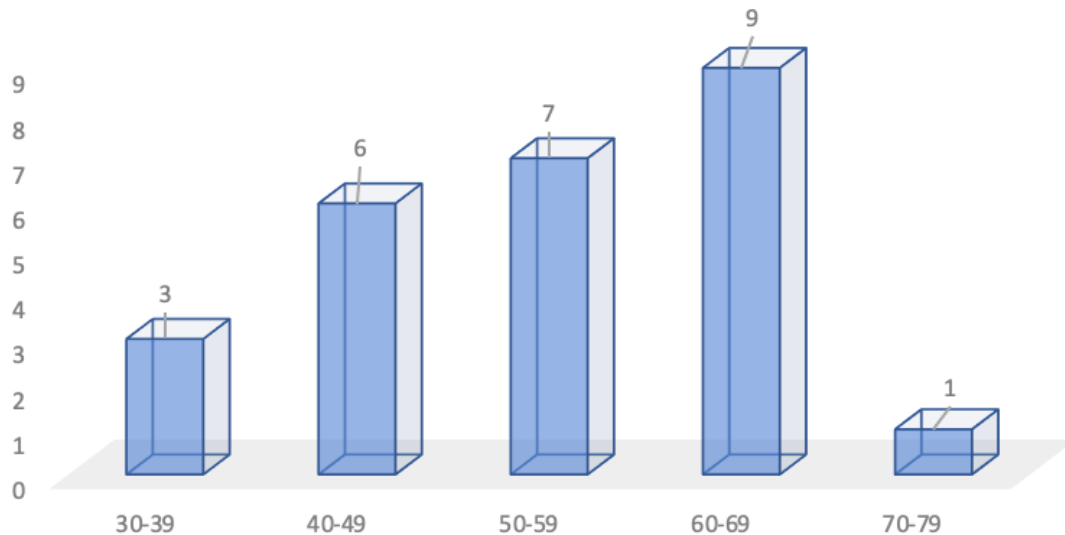


Figure 49 : Histogramme montrant la répartition des patients en fonction de l'âge au moment de la chirurgie.

Pour les femmes, l'âge moyen est de 54.9 ans alors que pour les hommes, il est de 50.8 ans.

1.2. Le sexe :

Notre étude a révélé une prédominance féminine avec un taux de 85%, tandis que 15 % des patients sont de sexe masculin. Le ratio Homme/Femme est de 1/5.5.

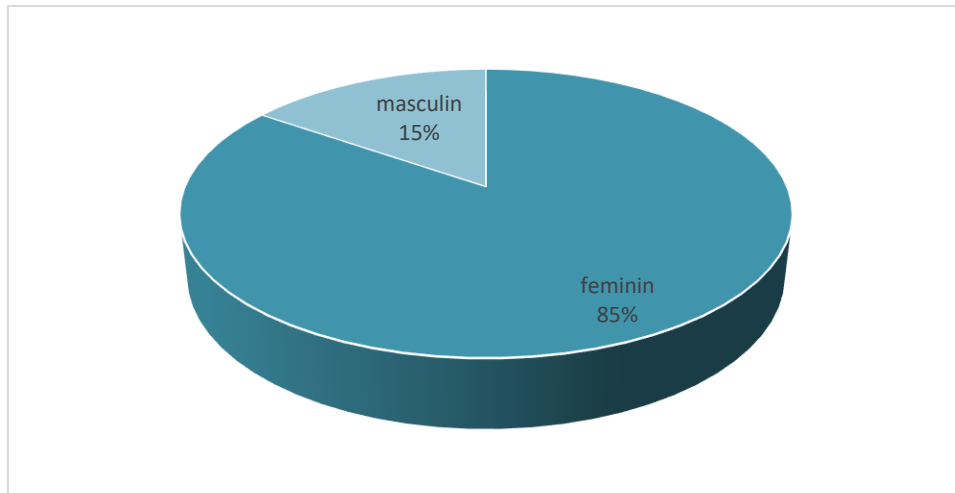


Figure 50 : Répartition des patients selon le sexe

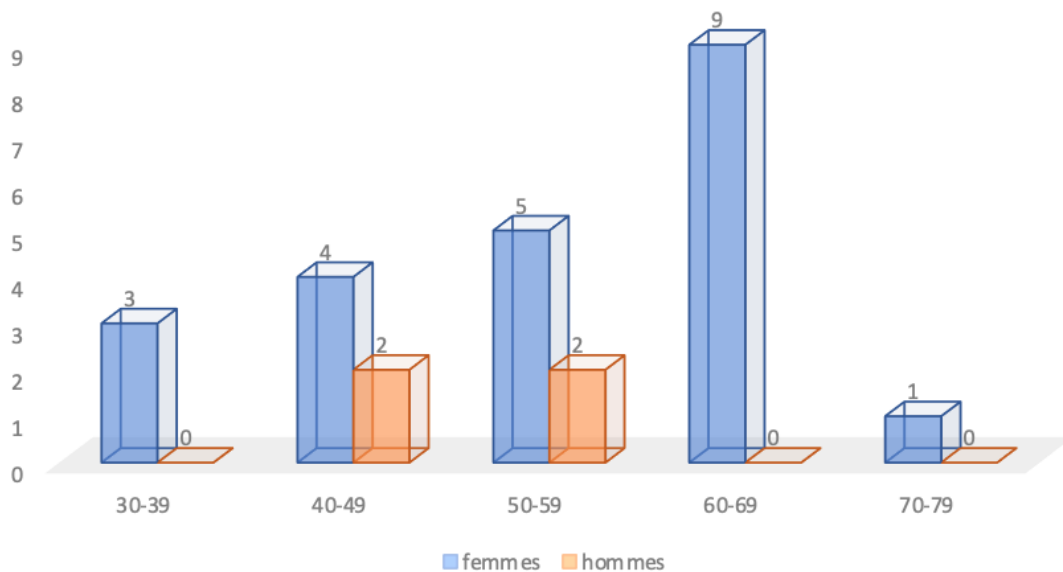


Figure 51 : Répartition des patients selon le sexe et les tranches d'âge

Il est à noter que la majorité des patients hospitalisés sont de sexe féminin appartenant à la tranche d'âge entre 60-69 ans.

1.3. Statut matrimonial :

On note que la majorité des patients sont mariés, la catégorie des célibataires représente 20.8%.

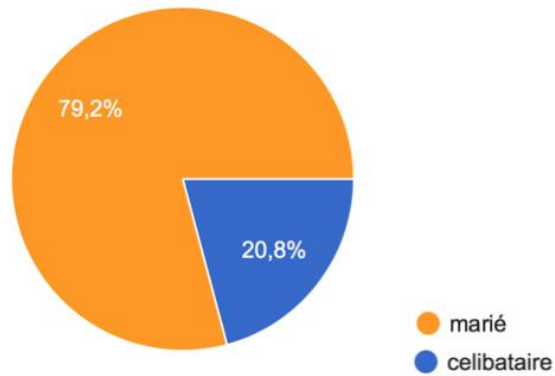


Figure 52 : Répartition des patients selon le statut matrimonial

1.4. Origine géographique :

Le recueil de l'origine géographique de nos patients nous a permis de constater que la majorité de nos patients proviennent de Rabat et de Témara avec des taux de 54% et de 23% respectivement.

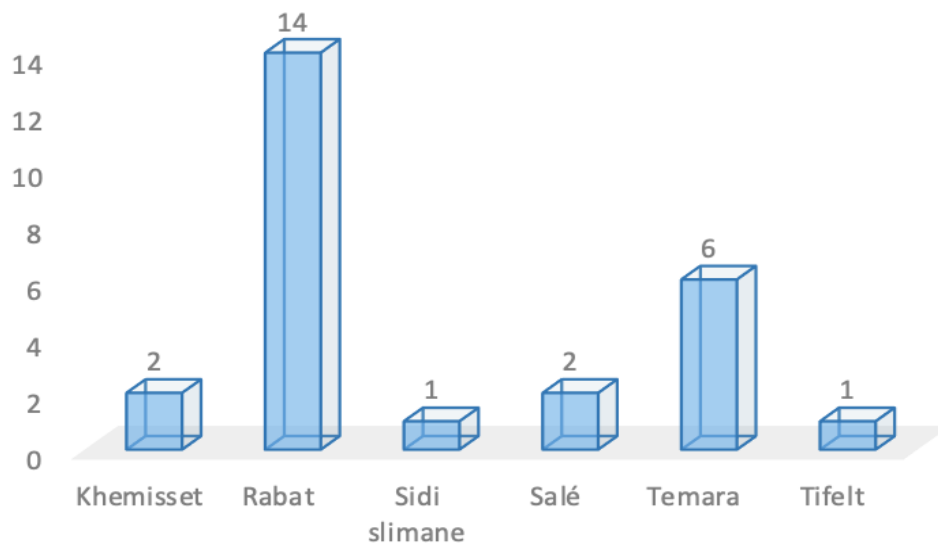


Figure 53 : Répartition des patients selon l'origine géographique

1.5. Les antécédents :

1.5.1. Antécédents personnels :

07 de nos patients rapportent des antécédents de traumatisme du rachis soit 26.9%.

L'ostéoporose et la hernie discale représentent les principaux antécédents médicaux après le traumatisme du rachis chez nos patients avec des taux de 15.4%

04 patients sont un antécédent d'ostéoporose soit 15.4%.

04 patients ont un antécédent d'hernie discale soit 15.4%.

02 patients soit 7.7% sont suivies pour rhumatisme inflammatoire.

01 patient a un goitre sous lévothyroxine.

01 patient est suivi pour prolactinome.

Ils sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Tableau montrant la répartition des antécédents

Antécédents	Nombre de cas	Pourcentage
Ostéoporose	4	15.4%
Traumatisme du rachis	7	26.9%
Hernie discale	4	15.4%
Rhumatisme articulaire	2	7.7%
Goitre	1	4%
Prolactinome	1	4%
HTA	1	4%

Le tableau précédent révèle que des antécédents personnels sont retrouvés chez la majorité des femmes. Pour les hommes on retrouve uniquement des antécédents de traumatisme du rachis ou d'hernie discale.

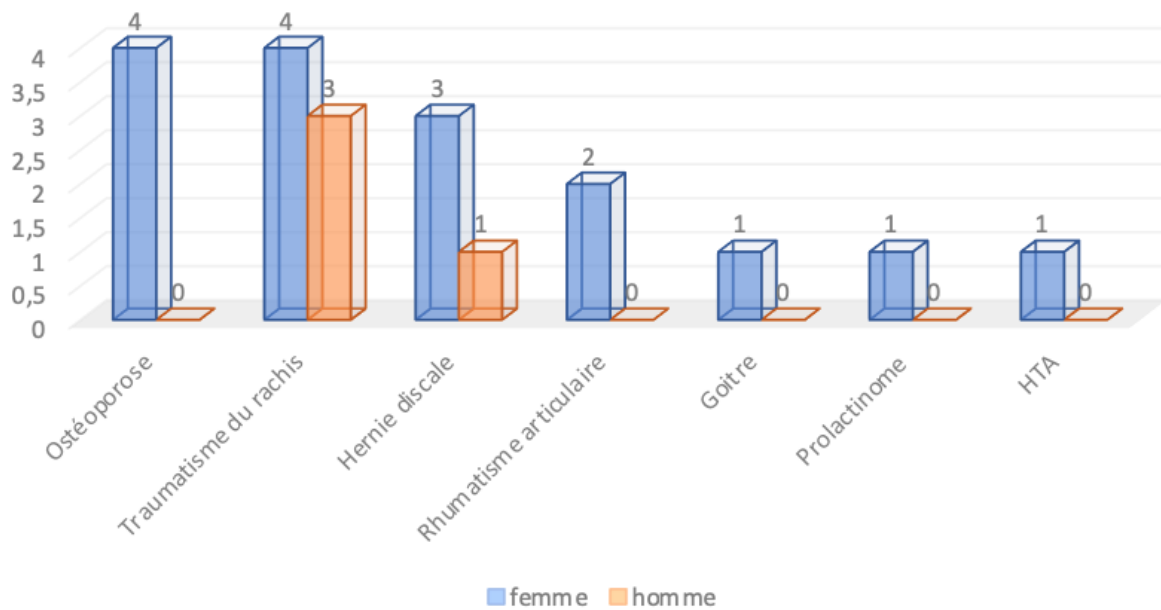


Figure 54 : Répartition des antécédents personnels selon le sexe

1.5.2. Antécédents familiaux :

Aucun de nos patients ne rapporte d'antécédents familiaux de spondylolisthésis.

Un seul patient a un antécédent familial d'hernie discale.

Une patiente a soulevé l'existence d'antécédents familiaux de Behçet et de Polyarthrite Rhumatoïde.

2. Données cliniques :

Les motifs de consultation et circonstances de découverte sont variables :

2.1. Lombalgies :

Elles sont retrouvées chez tous les patients, de façon récurrente et son horaire particulier pouvant survenir à n'importe quel moment de la journée.

61.5% des patients rapportent que les douleurs sont souvent récurrentes.

23.1% souffrent de lombalgies de façon constante.

15.4% ont décrit que la douleur est parfois récurrente.

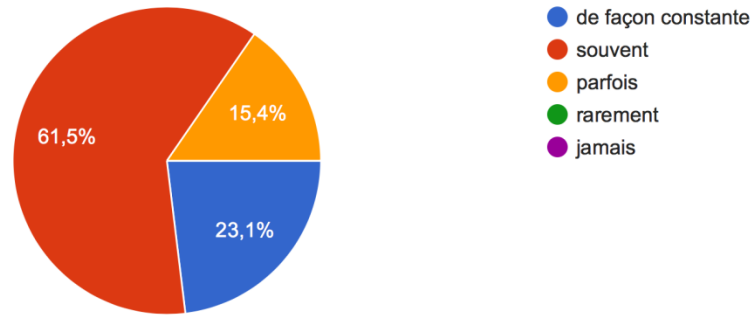


Figure 55 : Fréquence des lombalgies chez les patients

53.8% des patients ont décrit la douleur comme étant intense.

19.2% des patients ont jugé la douleur comme horrible

La douleur était insoutenable chez 15,4% des patients.

11.5% rapportent que la douleur était pénible.

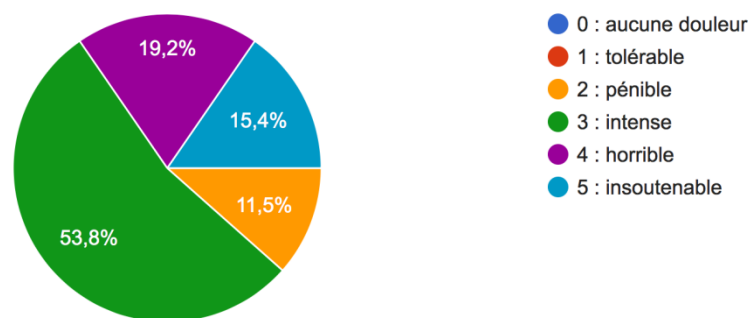


Figure 56 : Évaluation de l'intensité des lombalgies par les patients

2.2. La radiculalgie :

Elle est signalée par 81.7% de nos patients.

Elle est de façon constante chez 11.5% de ces patients et chez 88.5% de façon récurrente.

Elle est souvent récurrente chez 61.5%, parfois présentes chez 19.2% et rarement chez 7.7%

Ces radiculalgies sont toujours associées à une lombalgie.

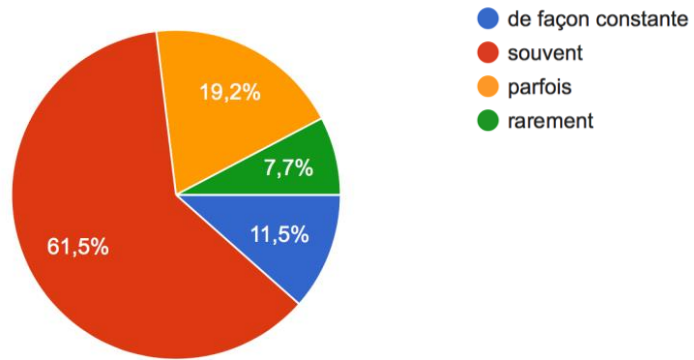


Figure 57 : Fréquence des radiculalgies chez les patients

2.3. La claudication neurogène

26.8% de nos patients ont rapporté des claudications, alors qu'elles sont absentes chez 73.20% et le périmètre de marche est :

- < 60m chez 11.5% des patients
- entre 60m et 100m chez 3.8%
- 100m chez 11.5% des patients

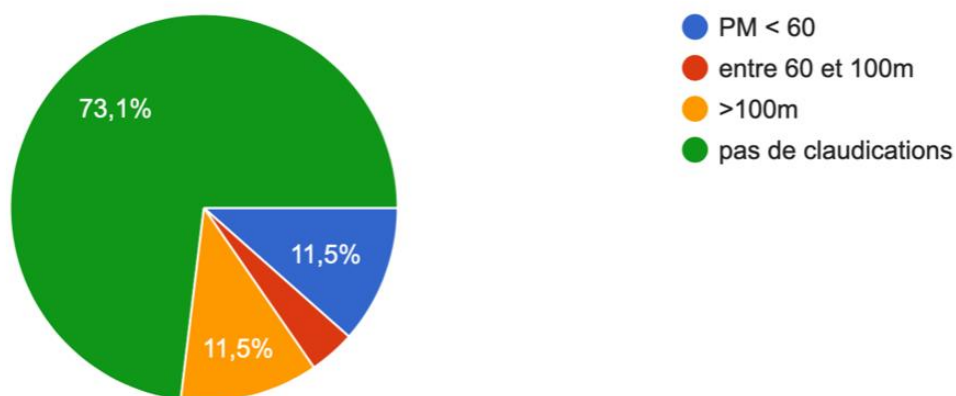


Figure 58 : Fréquence des claudications neurogènes

2.4. Déficit neurologique :

- 4 patients ont présenté un déficit neurologique, soit 15.4% de nos patients.
- Il s'agit essentiellement de troubles sensitifs ; les patients se plaignent de paresthésies des MI à type de fourmillements.

2.5. Les troubles sphinctériens :

Dans notre étude, un patient (4%) a des troubles sphinctériens à type d'impériosité mictionnelle avec fuites urinaires.

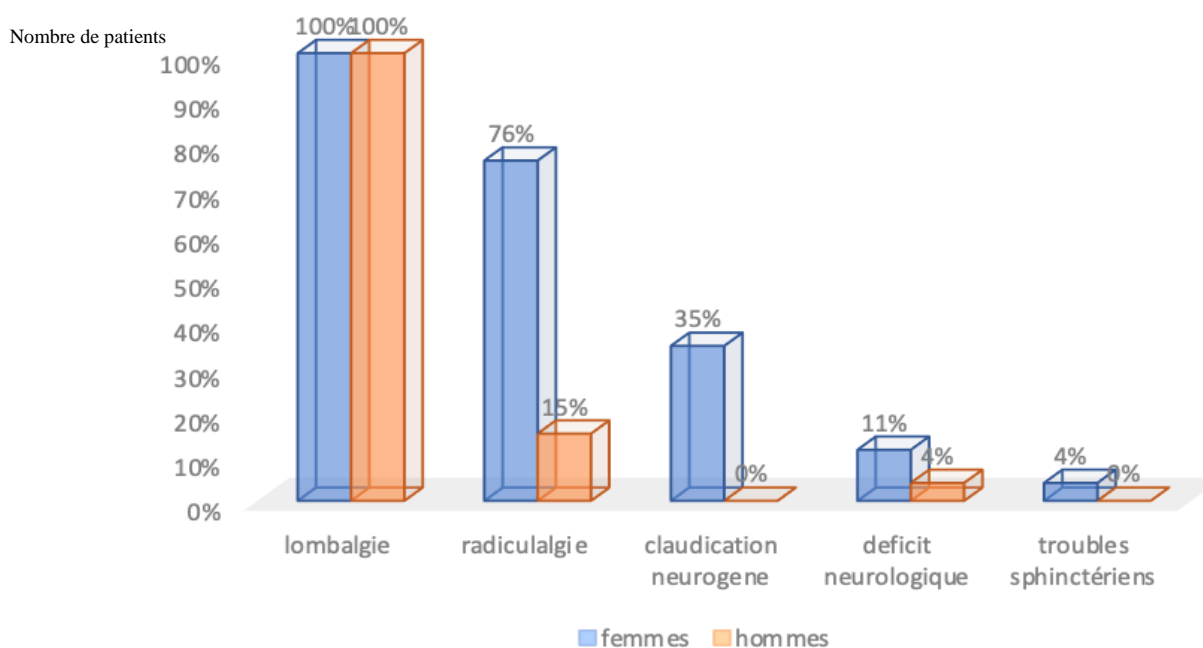


Figure 59 : Tableau récapitulatif des différents signes cliniques au cours des spondylolisthésis selon le sexe

2.6. Durée d'évolution de la symptomatologie en préopératoire :

La durée d'évolution de la symptomatologie avant le recours à la chirurgie est variable. Elle varie entre deux mois et 10 ans, avec un pic à 1an et à 5 ans.

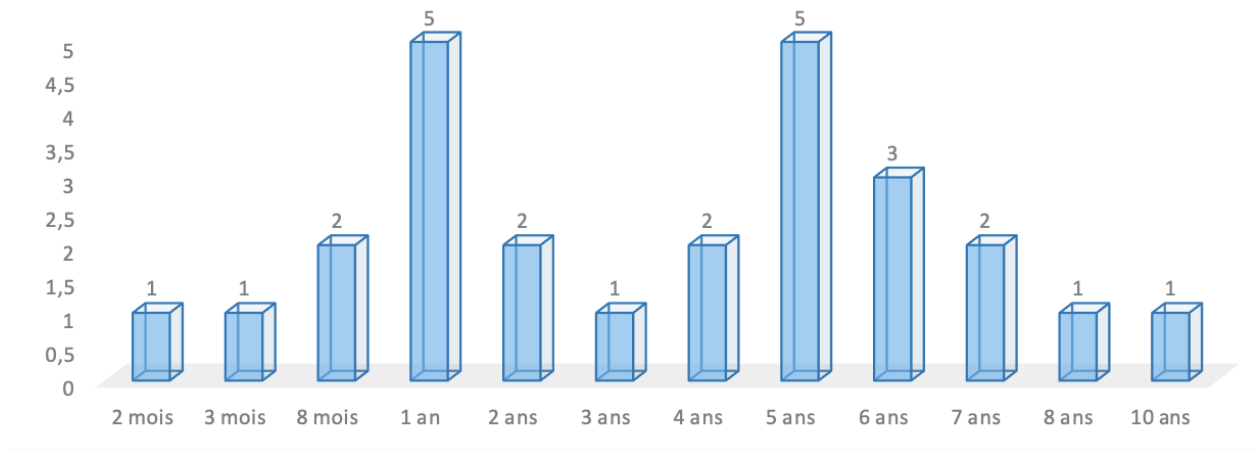


Figure 60 : Durée d'évolution de la symptomatologie

3. Données paracliniques :

3.1. Radiographie standard :

Tous les patients ont fait une radiographie standard du rachis de face et de profil ou des clichés dynamiques, qui ont permis le diagnostic, la localisation de la lésion et la classification en fonction du degré de glissement de la vertèbre.

Le pourcentage de glissement correspond au rapport de la distance entre le bord postérieur de la vertèbre sous-jacente et le bord postérieur de la vertèbre sus-jacente sur la longueur du plateau inférieur de la vertèbre sus-jacent.

Un pincement discal est retrouvé chez 26.9% des patients.

Une instabilité rachidienne est retrouvée chez 19.2%.

Une majoration du spondylolisthésis en flexion est retrouvée chez 11,5% des patients et en extension chez 3.8% sur les clichés dynamiques.

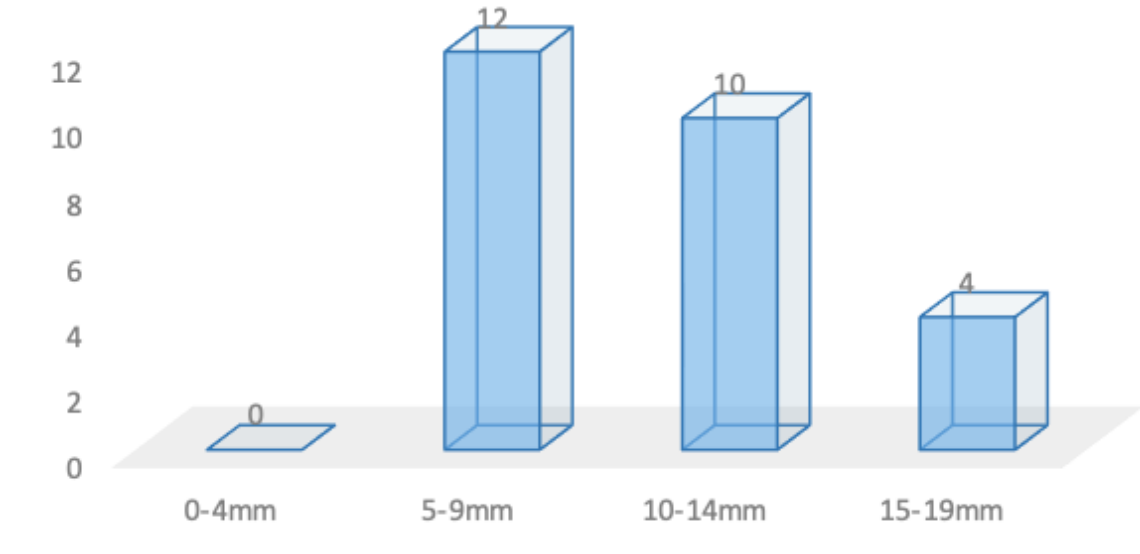


Figure 61 : Répartition des patients en fonction du glissement en préopératoire

Il apparaît à travers ce graphique que le glissement en préopératoire est entre 5-9mm chez 46.1% et entre 10 à 19 mm chez 38.5% des patients, et il est entre 15 et 19mm chez 15.4 %.

D'autre part, en se basant sur la classification de Meyerding, on note que 69% de la population étudiée ont un SPL grade I, 27% ont eu un grade II tandis que 4% ont eu un grade III.

Aucun patient n'a présenté de SPL grade IV et V.

Tableau 6 : Répartition des malades selon la classification de MEYERDING

Grade	Nombre	Pourcentage
I	18	69%
II	7	27%
III	1	4%
IV	0	0%
V	0	0%

3.2. La TDM :

Faite pour l'ensemble des patients retenus dans notre étude, elle a permis le diagnostic d'hernie discale chez 3 patients (11.5%), la sacralisation de L5 chez deux patients (7.7%).

Elle a consolidé les résultats de la radiographie standard pour les autres cas.

3.3. IRM

Elle a permis le diagnostic d'une discopathie arthrosique chez 11 patients (42.3%), et un canal lombaire étroit chez deux patients (7.7%).

Elle a montré par ailleurs des conflits radiculaires, les protrusions et les hernies discales et a permis d'étudier l'état des disques intervertébraux.

3.4. Type et siège de spondylolisthésis :

3.4.1. Type de spondylolisthésis

Dans notre série, on note une prédominance de l'antélisthésis avec un taux de 57.9%, par contre un rétrolisthésis est trouvé chez 42.1%.

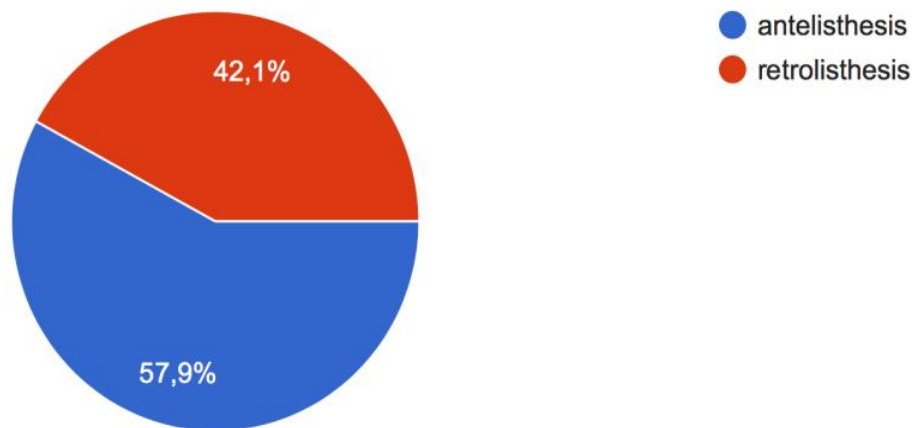


Figure 62 : Répartition des cas selon le type du spondylolisthésis

18 patients (69%) avaient une lyse isthmique, et 8 patients (31%) avaient un spondylolisthésis dégénératif.

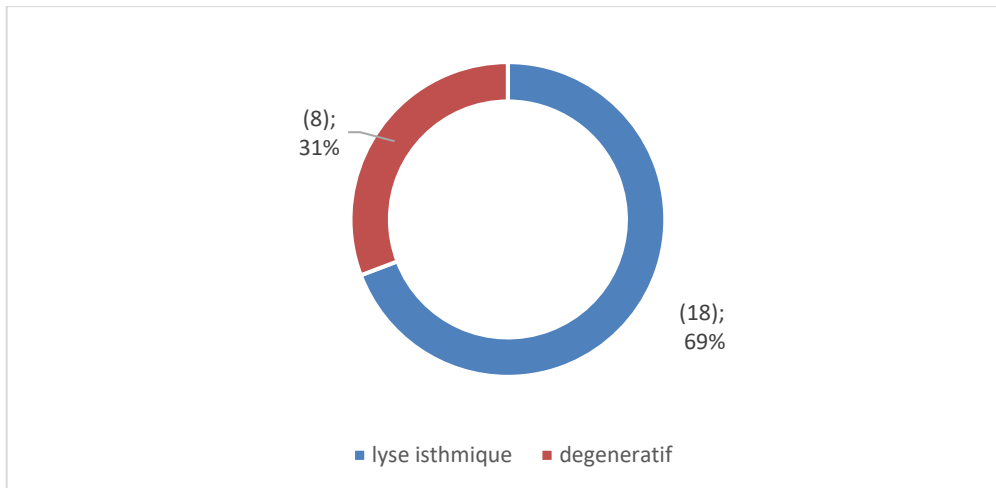


Figure 63 : Répartition des cas selon le mécanisme du spondylolisthésis

3.4.2. Siège du spondylolisthésis :

Dans notre étude, la localisation du spondylolisthésis est répartie comme suit :

- Au niveau de L3-L4 chez 12% patients.
- Au niveau de L4-L5 chez 46% des patients.
- Au niveau de L5-S1 chez 42% des patients.

Il apparait que les localisations L4 L5 et L5 S1 sont les plus fréquente chez nos patients.

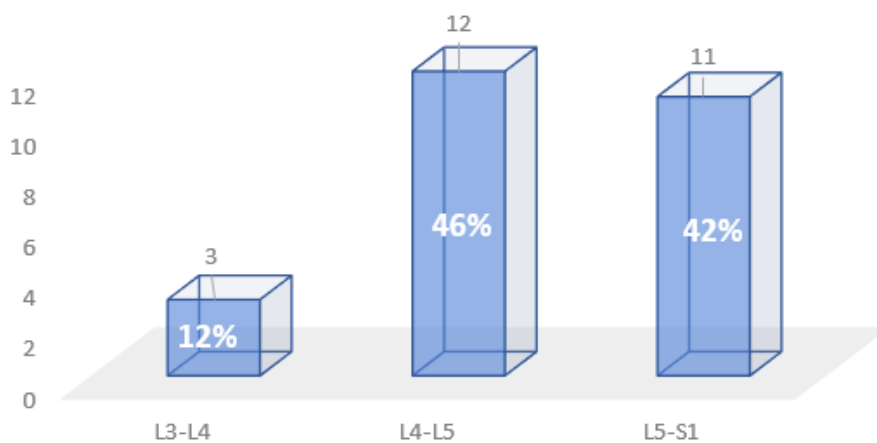


Figure 64 : répartition des cas selon le siège du spondylolisthésis

Le type et le siège sont variables selon le sexe des patients.

La majorité des femmes avaient un antélisthésis avec localisation au niveau L5 S1 et L4 L5.

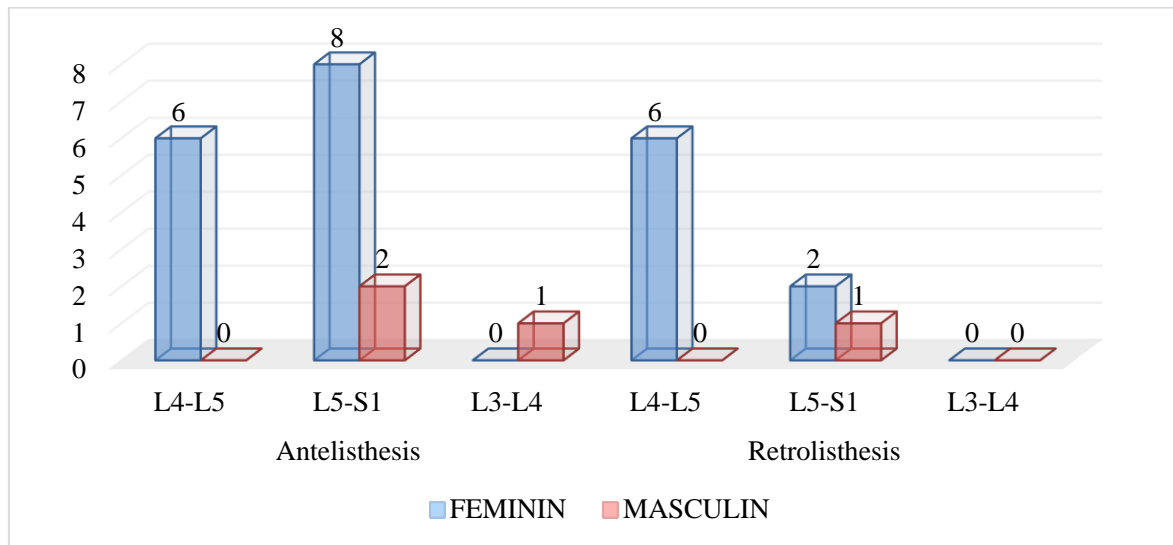


Figure 65 : Type et siège de spondylolisthésis selon le sexe des patients

4. Traitement :

4.1. Traitement médical :

Le Traitement médical a été démarré en première intention chez tous les malades.

Dans notre étude, la totalité des malades ont suivi un traitement préalable à base d'anti-inflammatoires non stéroïdiens sous prescription médicale ou automédication, dont 30.7% les ont associés à une prise de paracétamol, et 61.3% ont connu une prise concomitante d'antalgiques palier II.

Pour les antalgiques palier II, il s'agissait essentiellement de codéine et de tramadol.

Par ailleurs, aucun patient n'a été mis sous dérivés morphiniques ou n'a eu d'infiltrations cortisoniques rachidiennes.

Tableau 7 : Tableau montrant le type de traitement médicamenteux utilisé

		Nombre de cas	Pourcentage
Antalgiques palier I	AINS	26/26	100%
	Paracétamol	8/26	30.7%
Antalgiques palier II (codéine, tramadol)		16/26	61.3%
Dérivés morphiniques		0	0
Infiltrations cortisoniques rachidiennes		0	0

4.2. Traitement orthopédique :

4.2.1. Le lombostat :

13 patients dans notre étude ont porté un lombostat ou corset pour des durées différentes, soit 50%.

4.2.2. Rééducation :

2 patients ont suivi des séances de rééducation, soit un taux de 7.7%

4.3. Traitement chirurgical : technique utilisée MIS TLIS

Le recours à la chirurgie dans la prise en charge du spondylolisthésis est indiqué dans les situations suivantes :

- Résistance à un traitement médical bien conduit.
- Apparition d'un trouble neurologique.
- Sciatique hyperalgique, paralysante ou syndrome de queue de cheval
- Évolutivité rapide à l'imagerie

19 patients (73%) ont nécessité une intervention chirurgicale pour échec de traitement médical.

4 patients (15.4%) ont été opérés pour installation d'un déficit neurologique.

Une sciatique hyperalgique a été l'indication de chirurgie chez 3 patients, soit 11.6 %.

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des indications de la chirurgie

Indication de la chirurgie	Nombre	Pourcentage
Échec de traitement médical et orthopédique	19	73 %
Sciatique hyperalgique	3	11.6 %
Déficit neurologique	4	15.4 %

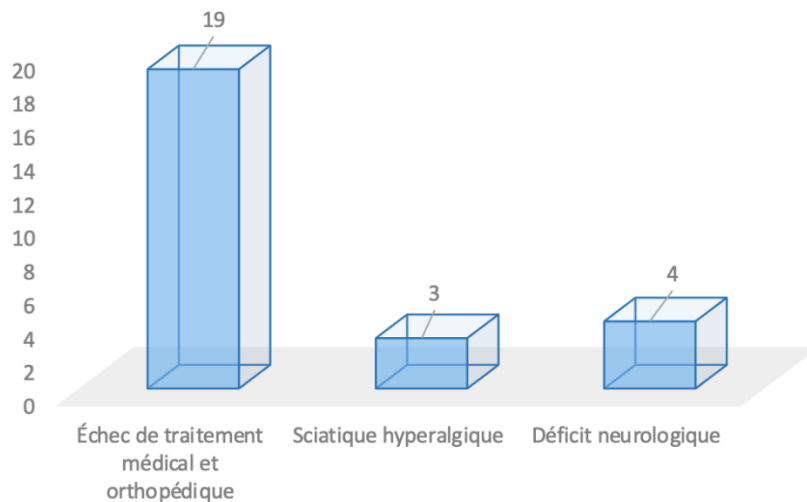


Figure 66 : Graphique montrant la répartition des patients selon l'indication chirurgicale

Le traitement chirurgical de nos patients a consisté à la fusion intersomatique par voie Trans foraminale mini-invasive, réalisée chez tous nos patients.

Description de la technique : abord de Wiltse

Le muscle érecteur spinal postérieur est principalement composé des muscles multifidus, longissimus et iliocostalis. Le multifidus est contrôlé par la branche moyenne de la racine dorsale et joue un rôle important dans le maintien de la stabilité segmentaire lombaire. L'approche lombaire postérieure traditionnelle nécessite le stripping des muscles paraspinaux des deux côtés de l'apophyse épineuse pour exposer l'isthme et les articulations zygapophysaires. Les lésions thermiques ou mécaniques opératoires peuvent facilement endommager le muscle multifidus et ses nerfs, entraînant une atrophie musculaire paraspinale

postopératoire. Le stripping peut endommager directement le multifidus et les saignements peuvent également entraîner une fibrose et des cicatrices dans ce muscle. La branche moyenne de la racine dorsale peut être endommagée lors du stripping du multifidus, ce qui entraîne une dénervation et une accumulation de tissu adipeux. Des études récentes ont montré que l'atrophie musculaire paraspinale est une cause importante de douleur lombaire postopératoire. En 1959, Watkins a rapporté une approche chirurgicale à travers l'espace entre l'erector spinae et le muscle carré des lombes et l'a utilisée pour effectuer une fusion lombaire. En 1968, Wiltse et al. ont modifié cette voie chirurgicale en utilisant l'espace entre le multifidus et le longissimus (approche paraspinale).

L'approche de Wiltse réduit les saignements et permet une approche plus directe des processus transversaux et des pédicules. Contrairement à l'incision médiane traditionnelle, on elle réduit également la douleur postopératoire et évite la rupture des ligaments supra-épineux et inter-épineux. (118)

- **Principales étapes TLIF par l'approche de Wiltse**

Étape 1 : les patients sont placés en décubitus dorsal ou genu pectoral en fonction de la préférence du chirurgien sous anesthésie générale. Les segments du spondylolisthésis ont été localisés par des radiographies après mise en place de l'O-Arm.

Étape 2 : une incision est pratiquée, la peau et les tissus sous-cutanés ainsi ouverts et le tissu sous-cutané est séparé de la surface du fascia des deux côtés de la ligne médiane. Ensuite, une incision longitudinale à travers le fascia thoraco-lombaire a été réalisée du côté du multifidus et du longissimus dorsi pour révéler les articulations zygapophysaires et les processus transverses des segments opératoires ; par la suite un écarteur mini-invasif a été mis en place.

Étape 3 : les articulations ont été retirées pour révéler le disque intervertébral et le cartilage ont été progressivement retirés.

L'espace intervertébral est rempli par des particules d'os iliaque autologue ou une cage de polyéthércétone.

Étape 4 : des vis pédiculaires ont été placées dans les L4 et L5 gauches. Une tige a été insérée du côté gauche et tournée pour distraire et corriger le spondylolisthésis. Le système vis et tige a été verrouillé par une légère pression. La même méthode a été utilisée du côté opposé.

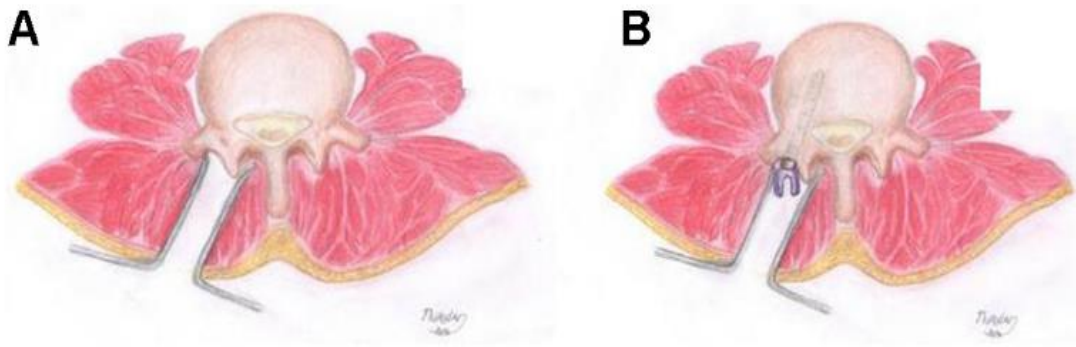


Figure 67 : (A, B) Dessin original de Wiltse et al. décrivant l'approche paraspinale de la colonne lombaire et la mise en place des vis pédiculaire.

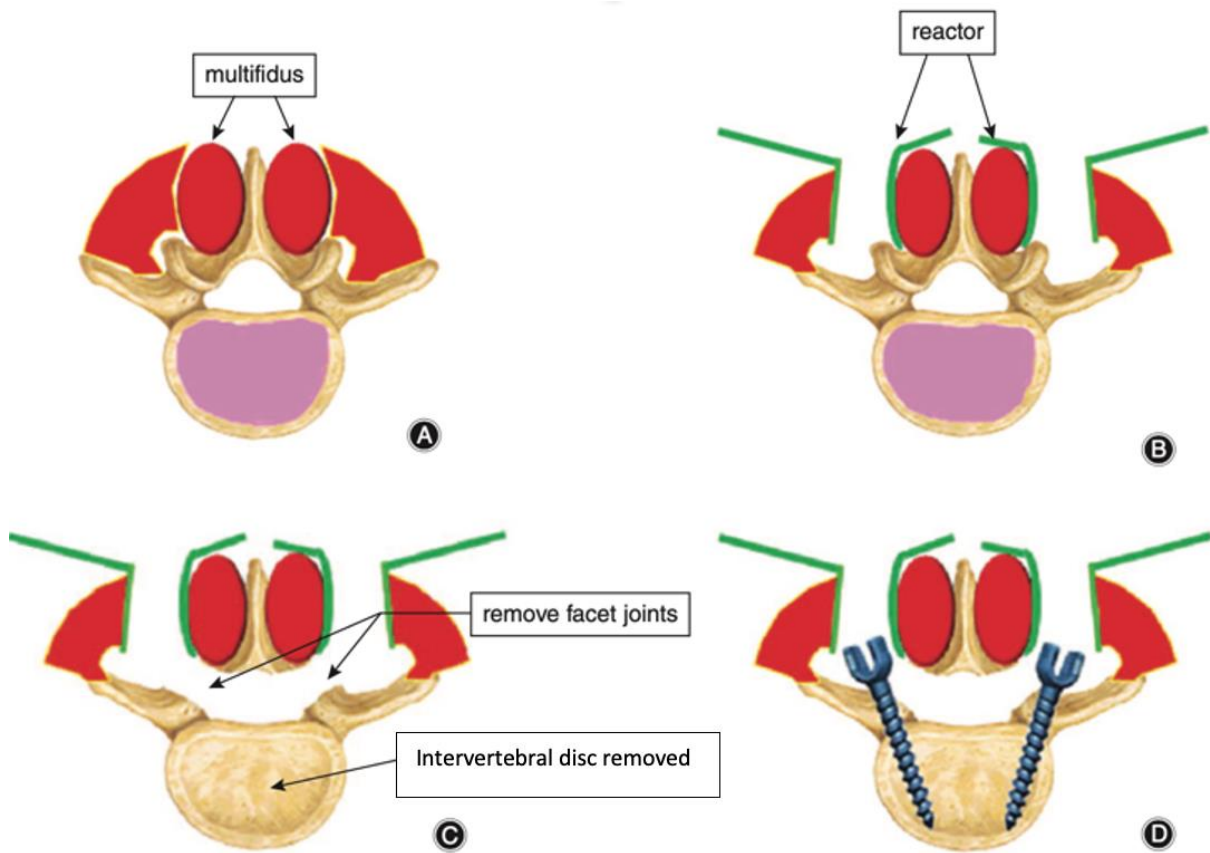


Figure 68 : Représentation schématique de la procédure opératoire par l'approche de Wiltse.

(A) Incision du fascia thoraco-lombaire du côté du multifidus et du longissimus. (B) Placement de l'écarteur entre le muscle multifidus et le muscle longissimus. (C) Les articulations facettaires et les lamelles sont retirées pour révéler le disque intervertébral. (D) Fixation de la tige et des vis.

- **Avantages du TLIF mini-invasif par l'approche de Wiltse :**

L'approche de Wiltse passe par un espace naturel entre le multifidus et le longissimus et ne nécessite pas de dénudation ou de rétraction importante des muscles paraspinaux, ce qui permet d'éviter la dénervation et la dégénérescence ultérieure du multifidus et de réduire toute dégénérescence ischémique et toute nécrose résultant de l'interruption de l'irrigation sanguine intramusculaire locale. De ce fait, avec cette approche, le multifidus conserve mieux ses fonctions physiologiques, la stabilité de la colonne vertébrale est maintenue et l'incidence des douleurs post opératoires est réduite.

L'approche de Wiltse minimise l'étendue et la durée de la distraction musculaire. En outre, l'exposition du site chirurgical est meilleure qu'avec l'approche traditionnelle.

La perte de sang est nettement moins importante avec l'approche de Wiltse qu'avec l'approche traditionnelle. La perte de sang est principalement due au saignement de la surface osseuse après l'ostéotomie et au saignement associé à la rupture du plexus veineux spinal.

- **Précautions et problèmes liés à l'approche de Wiltse**

L'identification de l'écart entre le multifidus et le longissimus est la clé de la réussite de l'approche de Wiltse.

Avant l'opération, il faut examiner soigneusement les images scanographiques et IRM et mesurer la distance entre l'extérieur du multifidus et l'apophyse épineuse pour faciliter l'identification rapide de l'écart.

En général, après une incision longitudinale du fascia, les fibres musculaires du longissimus recouvrent habituellement la surface du multifidus en forme d'arc. Les fibres musculaires sont soigneusement rétractées vers le côté, ce qui permet de sentir avec les doigts l'espace musculaire, qui contient généralement une fine couche de graisse.

Pendant la séparation, les vaisseaux de la brèche sont soigneusement brûlés de haut en bas et les muscles attachés aux articulations des facettes et aux processus transverses sont retirés à l'aide d'un couteau électronique. Si la lacune musculaire n'a pas été identifiée, les vis ne doivent pas être insérées dans les muscles afin d'éviter une hémorragie massive. (119)



Figure 69 : Images radiologiques d'un spondylolisthésis (L5-S1) chez une femme de 56 ans

(A, B) Radiographies préopératoires montrant un spondylolisthésis (L5-S1).

(C) Image CT préopératoire montrant un spondylolisthésis.

(D) Image IRM préopératoire montrant une légère atrophie du multifidus.

(E, F) Radiographies postopératoires à un an montrant une excellente fusion intervertébrale après chirurgie par l'approche de Wiltse.

(G) Image CT postopératoire à trois mois montrant que la fusion intervertébrale a été réalisée.

(H) Image IRM T2WI postopératoire d'un an montrant que l'apparence du multifidus ne diffère pas significativement de son apparence préopératoire.

Concernant les patients de notre série, la durée moyenne d'hospitalisation est de 19.7 jours avec des extrêmes allant de 8 à 30 jours.

On remarque que 42.3% des patients étaient hospitalisés pendant 20 à 24 jours.

Tableau 9 : Tableau montrant la durée moyenne du séjour

Durée du séjour	Nombre de patients	Pourcentage
5-9 jours	1	3.8 %
10-14 jours	5	19.2 %
15 - 19 jours	4	15.4 %
20-24 jours	11	42.3 %
25-29 jours	4	15.4 %
30-34 jours	1	3.8 %

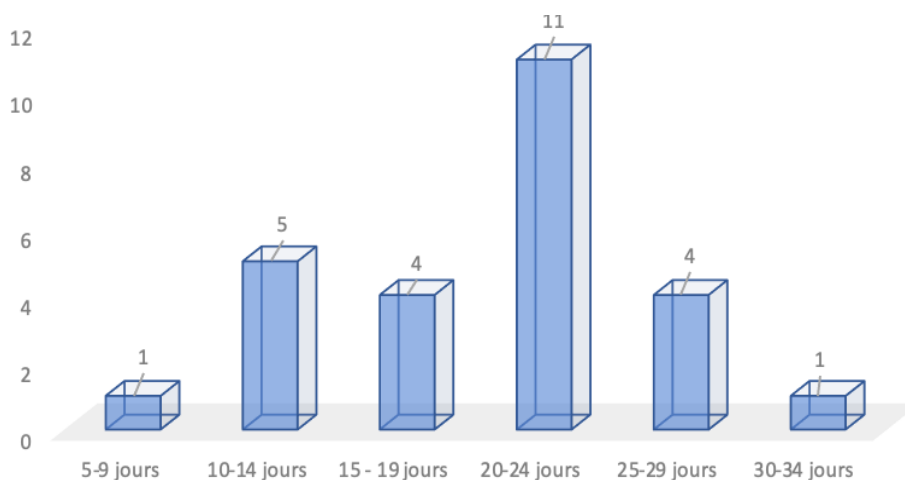


Figure 70 : Graphique montrant la durée moyenne de séjour des patients

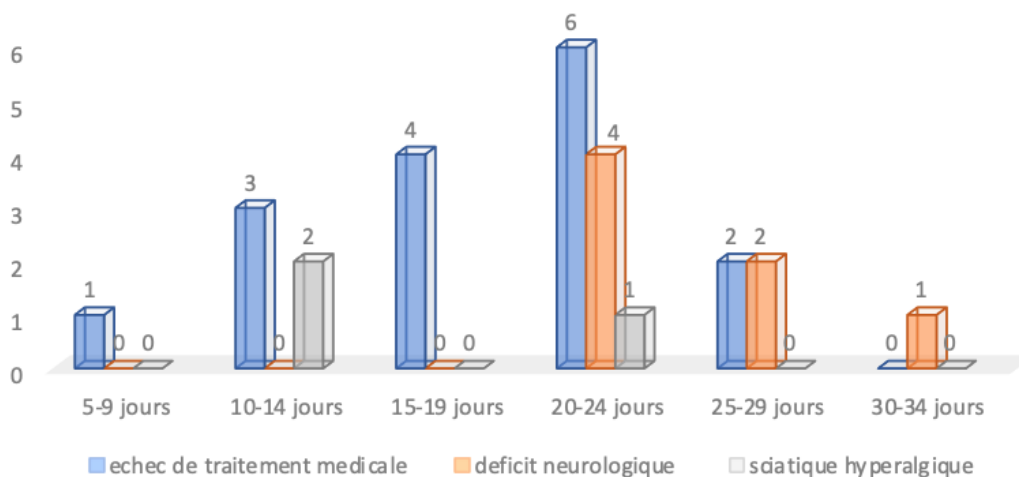


Figure 71 : Graphique montrant la durée moyenne de séjour selon l'indication chirurgicale

La durée moyenne de séjour était plus élevée chez les patients opérés après échec du traitement médical et orthopédique, suivis des patients opérés pour déficit neurologique et sciatique hyperalgique.

La rééducation a été indiquée chez tous nos patients immédiatement en postopératoire. Néanmoins, la majorité de nos patients n'ont pas complété leur programme de rééducation.

5. Évolution :

5.1. Évolution à court terme :

Concernant :

⇒ *Douleurs post opératoires :*

Pour apprécier l'évolution à court terme, nous avons utilisé une échelle allant de 0 à 4 définie comme suit :

- 0 : très bonne (disparition de la douleur et de l'impotence fonctionnelle)
- 1 : bonne (pas d'impotence fonctionnelle et faible douleur intermittente)
- 2 : moyenne (douleurs récidivantes mais non invalidantes)
- 3 : pas d'amélioration voire aggravation de la symptomatologie préexistante
- 4 : douleur insoutenable

Notre étude a permis de relever que dans les 5 jours post opératoires l'intensité de la douleur était :

- Nulle pour 61.5% des patients
- Estimée à 1 chez 30.8 % des patients
- Estimée à 2 chez 7.7 %

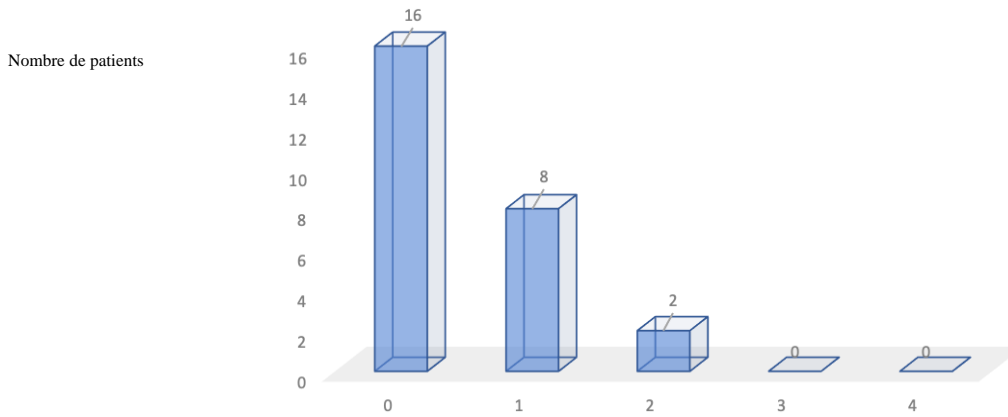


Figure 72 : Intensité de la douleur post opératoire à court terme

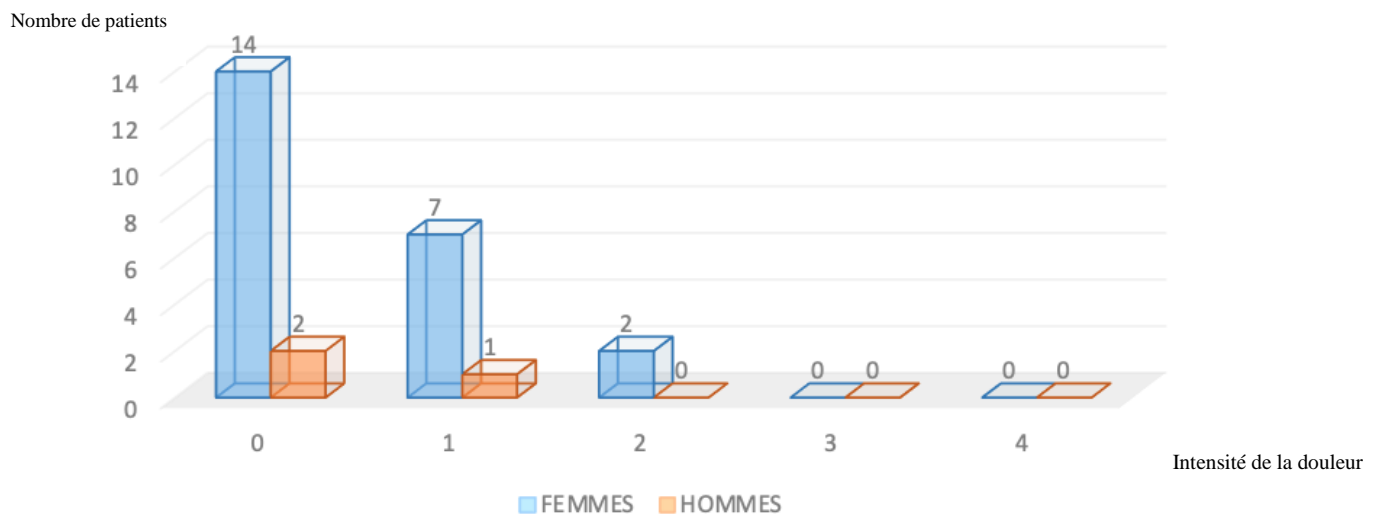


Figure 73 : Intensité de la douleur selon le sexe des patients

Selon ce graphique, on note que l'intensité de la douleur était nulle ou faible aussi bien pour les hommes que pour les femmes.

⇒ Infection : Aucune complication infectieuse n'a été notée.

⇒ Hémorragies : Notre étude n'a pas relevé de saignement important en per et post opératoire.

5.2. Évolution à moyen terme :

5.2.1. L'évolution clinique :

L'évolution clinique est jugée sur la base d'une évaluation à moyen terme (1 mois), par consultation ultérieure basée sur :

- Présence ou non de signes cliniques et leur intensité
- Estimation de l'intensité de la douleur par le patient selon une échelle cotée de 0 à 4
- La Récupération neurologique

Cette évaluation a permis de relever que :

- 58% des patients ont jugé que l'évolution est très bonne avec disparition des symptômes et de l'impotence fonctionnelle.
- 23% des patients ont jugé que l'évolution était bonne (pas d'impotence fonctionnelle avec faible douleur intermittente).
- Un patient a jugé l'évolution moyenne vu la présence de douleurs résiduelles récidivantes mais non invalidantes, soit 4%.
- On note que quatre patients étaient perdus de vue, soit 15%.
- Pour la totalité des patients ayant eu un déficit neurologique, la récupération neurologique était de règle.

Tableau 10 : Tableau montrant l'évolution de l'intensité de la douleur à moyen terme

Terme d'évaluation	Nombre de cas	Pourcentage
Très bonne (disparition de la douleur et de l'impotence fonctionnelle)	15	58 %
Bonne (pas d'impotence fonctionnelle et faible douleur intermittente)	6	23 %
Moyenne (douleurs récidivantes mais non invalidantes)	1	4 %
Non renseigné	4	15 %

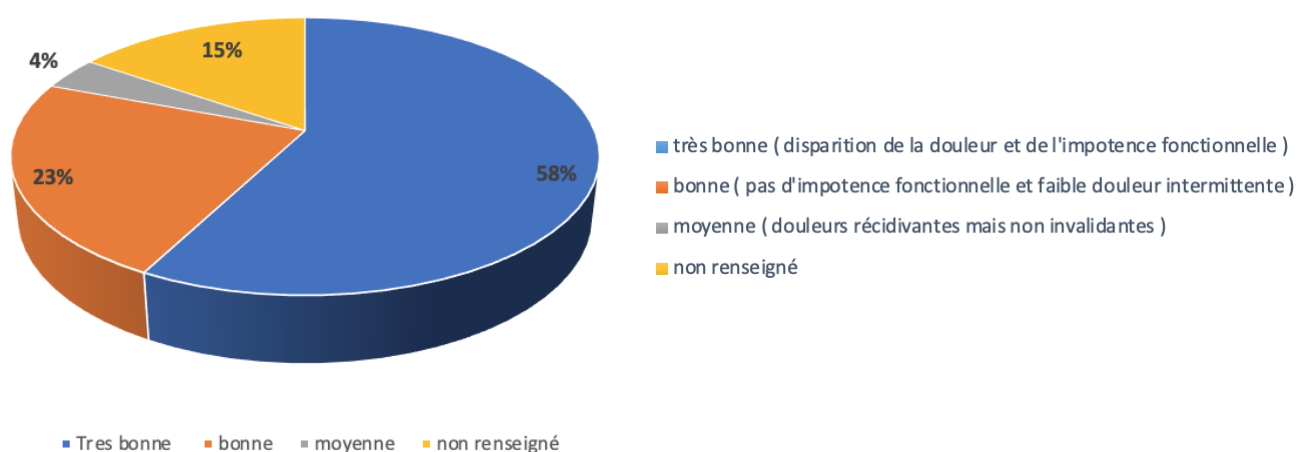


Figure 74 : Évolution à moyen terme jugée par le patient

5.2.2. Évolution radiologique :

5.2.2.1 Restauration de la lordose lombaire :

C'est à partir des radiographies standards du rachis de profil en pré et post opératoire que nous nous sommes proposés pour l'évaluation de la restauration de la lordose lombaire.

Ce dernier correspond au pourcentage de réduction du glissement.

L'appréciation de cet aspect est illustrée dans les figures suivantes :

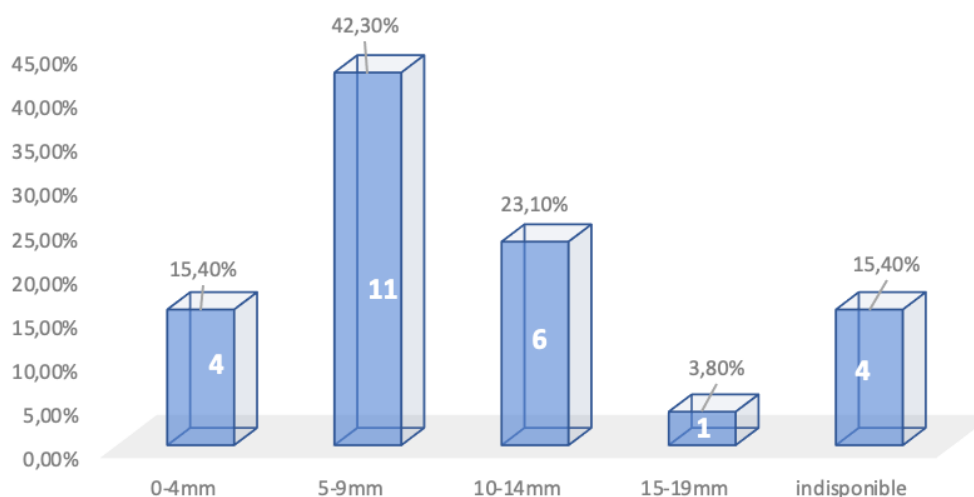


Figure 75 : Graphique montrant la répartition des patients en fonction de la restauration de la lordose lombaire

A travers ces illustrations, on note que la majorité (69.2% soit 18 patients) ont une récupération de 5 à 19 mm, alors que pour 4 patients (15,4%) on n'a pas pu évaluer la restauration de la lordose lombaire vu l'absence d'informations.

5.2.2.1.1. Évaluation de la restauration de la lordose lombaire en fonction de l'âge :

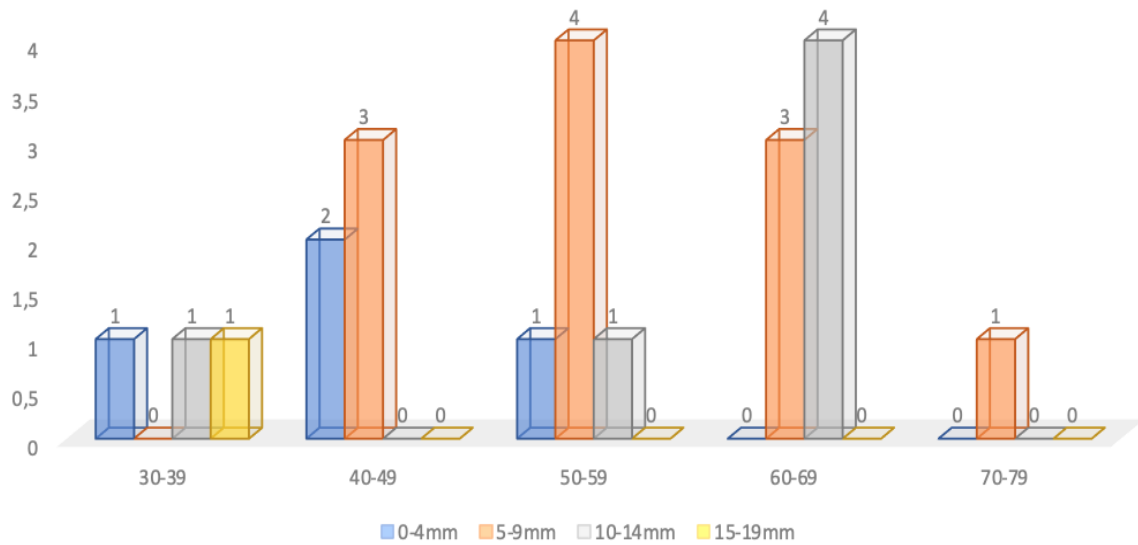


Figure 76 : Graphique montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction l'âge

Le graphique montre que :

- Seul un patient, âgé entre 30 et 39 ans, a pu avoir une récupération de 15 à 19mm, alors que la majorité des patients entre 40 et 69 ans (10 patients) ainsi que ceux entre 70 et 79 ans (1 patient) ont eu une récupération de 5 à 9mm.
- Pour les patients entre 60 et 69 ans, la récupération était généralement de 5 à 14 mm.

Selon Chi 2, la relation de la restauration de la lordose lombaire avec l'âge est statistiquement non significative ($P = 0,299$)

5.2.2.1.2. Relation entre la restauration de la lordose lombaire et le sexe des patients :

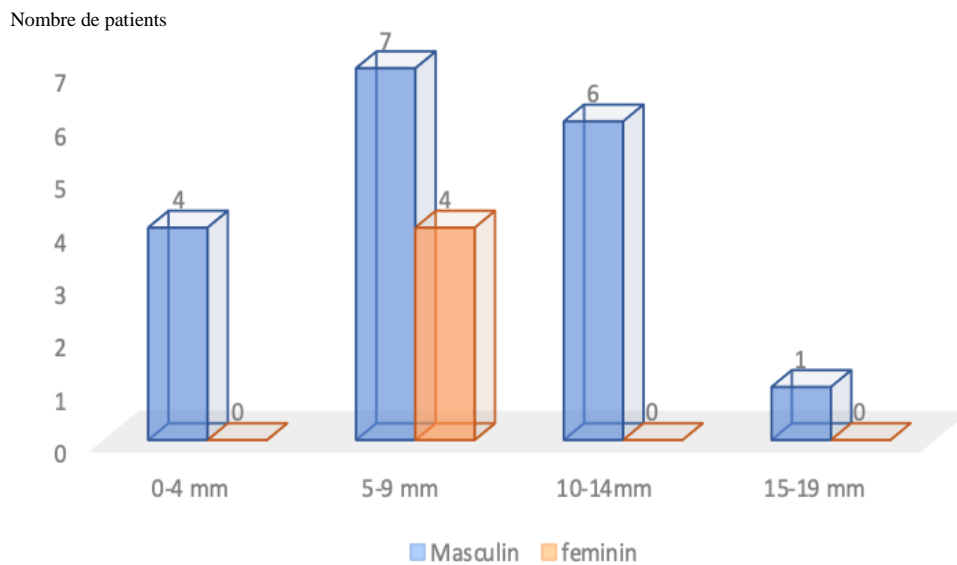


Figure 77 : Graphique montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction du sexe

La récupération est très appréciée chez les sujets de sexe féminin avec prédominance pour l'intervalle de récupération entre 5 à 14 mm ; alors qu'elle est de 5 à 9 mm chez tous les hommes.

La relation de la restauration de la lordose lombaire avec le sexe est statistiquement non significative ($P = 0.168$)

5.2.2.1.3. Corrélation entre la restauration de la lordose lombaire et la symptomatologie initiale :

⇒ La restauration de la lordose lombaire et lombalgies :

Tableau 11 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction de la fréquence des lombalgies

Restauration de la lordose lombaire	De façon constante	Souvent	Parfois	Total
0-4	3	1	0	4
5-9	3	7	1	11
10-14	1	5	0	6
15-19	0	1	0	1
Indisponible	-	-	-	4
Total	7	15	4	26

Nombre de patients

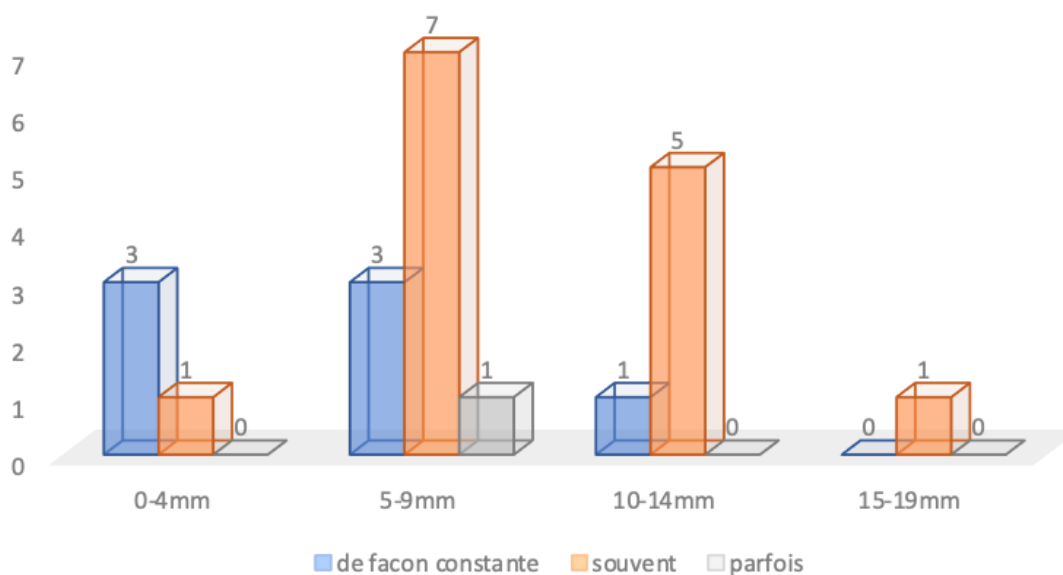


Figure 78 : Rapport entre la restauration de la lordose lombaire et la récurrence des lombalgies

La restauration de la lordose lombaire est de 5 à 14 mm chez les patients qui ont présenté souvent des douleurs.

La relation de la restauration de la lordose lombaire avec la récurrence de lombalgies et leur intensité est statistiquement significative (P = 0.016)

⇒ Restauration de la lordose lombaire et radiculalgies :

Tableau 12 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction de la fréquence des radiculalgies

Restauration de la lordose lombaire	Souvent	De façon constante	Rarement	Parfois	Total
0-4	1	1	0	0	2
5-9	8	0	1	2	11
10-14	2	0	1	1	4
15-19	1	0	0	0	1
Indisponible	-	-	-	-	4
Total	13	2	2	3	26

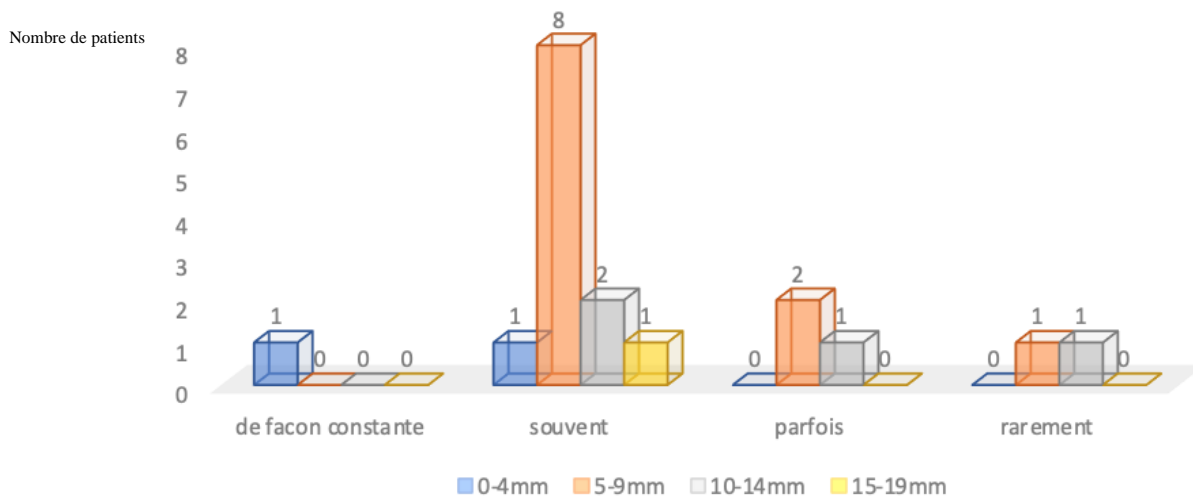


Figure 79 : Rapport entre la restauration de la lordose lombaire et la récurrence des radiculalgies

La restauration de la lordose lombaire est de 5 à 14 mm chez les patients ayant eu souvent des radiculalgies.

Il est à signaler que l'information n'a été décelable que chez 18 patients (4 patients n'ont pas eu de radiculalgies et 4 patients étaient perdus de vue).

La relation de la restauration de la lordose lombaire avec la présence ou non de radiculalgies et leur intensité est statistiquement significative ($P = 0.030$)

5.2.2.1.4. Rapport entre la restauration de la lordose lombaire, le type et le siège de spondylolisthésis :

Tableau 13 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire, le type et le siège de spondylolisthésis

		L4 - L5	L5 - S1	L3 - L4
Anté-listhésis	0-4 mm	0	3	0
	5-9 mm	3	4	1
	10-14mm	2	2	0
	15-19 mm	0	0	0
Rétrolisthésis	0-4 mm	0	1	0
	5-9 mm	1	2	0
	10-14mm	2	0	0
	15-19 mm	1	0	0

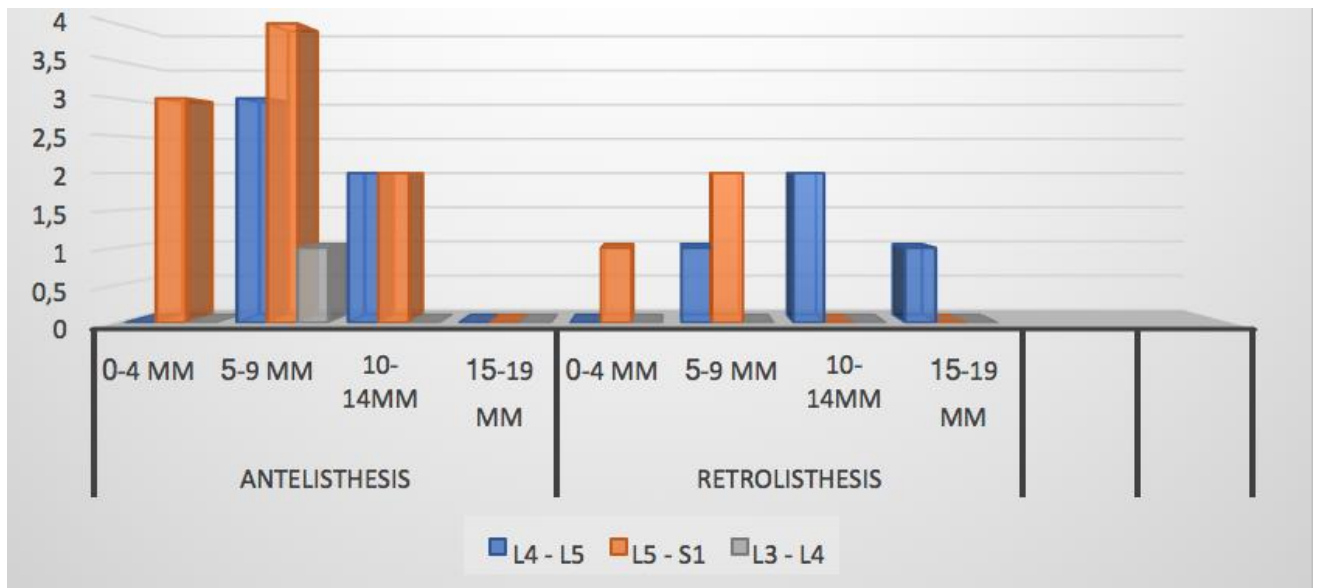


Figure 80 : La restauration de la lordose lombaire en fonction du type et du siège de spondylolisthésis

La majorité des patients ayant eu un antélisthésis ont récupéré entre 5-9 mm quel que soit le siège de la lésion, cependant pour les patients ayant un rétrolisthésis la récupération était de 10 à 19 mm pour la localisation L4-L5 et de 0 à 9 mm pour le siège L5-S1.

La relation de la restauration de la lordose lombaire avec le type ($P = 0.3$) et le siège ($P = 0.8$) est statistiquement non significative.

5.2.2.1.5. Évaluation la restauration de la lordose lombaire en fonction de l'indication chirurgicale :

Tableau 14 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire en fonction de l'indication chirurgicale

Restauration de la lordose lombaire	Indication de chirurgie			Total
	Échec de traitement médical et orthopédique	Déficit neurologique	Sciatique hyperalgique	
0-4	1	3	0	4
5-9	9	1	1	11
10-14	3	2	1	6
15-19	1	0	0	1
Indisponible	-	-	-	4
Total	14	6	2	26

La récupération est sensiblement la même pour toute indication chirurgicale, à l'exception de celle relative à l'échec de traitement médical, ou la restauration de la lordose lombaire était de 5 à 9 mm chez 9 patients.

La relation de la restauration de la lordose lombaire avec l'indication de chirurgie est statistiquement non significative ($P = 0.381$).

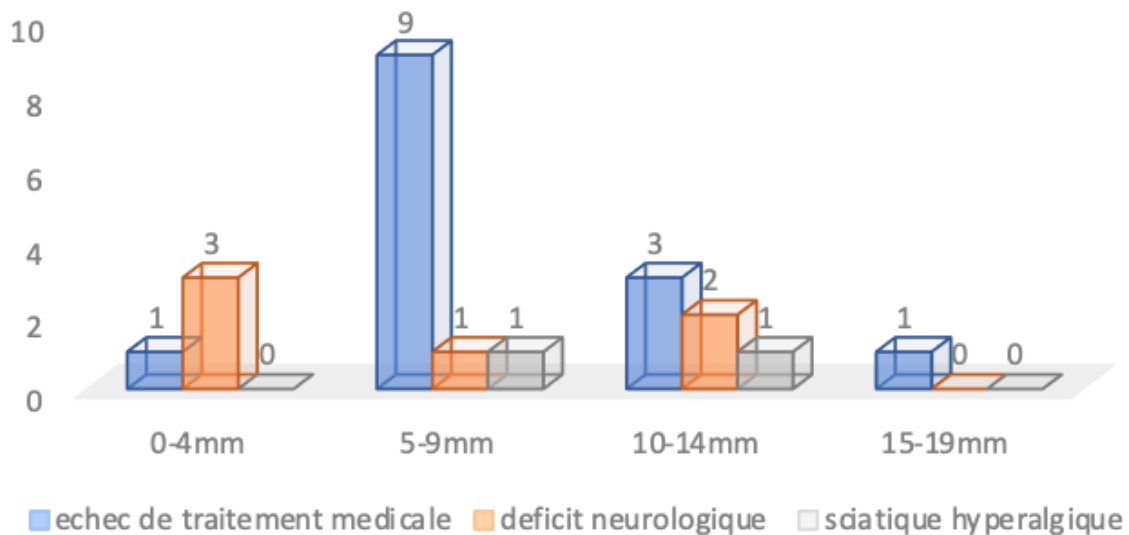


Figure 81 : La restauration de la lordose lombaire en fonction de l'indication chirurgicale

5.2.2.1.6. Relation entre la restauration de la lordose lombaire et glissement préopératoire :

Tableau 15 : Tableau montrant la relation entre la restauration de la lordose lombaire et glissement préopératoire

Restauration de la lordose lombaire	5-9	10-14	15-19	Total
0-4	3	0	1	4
5-9	1	6	4	11
10-14	0	1	5	6
15-19	0	0	1	1
Indisponible	-	-	-	4
Total	4	7	11	26

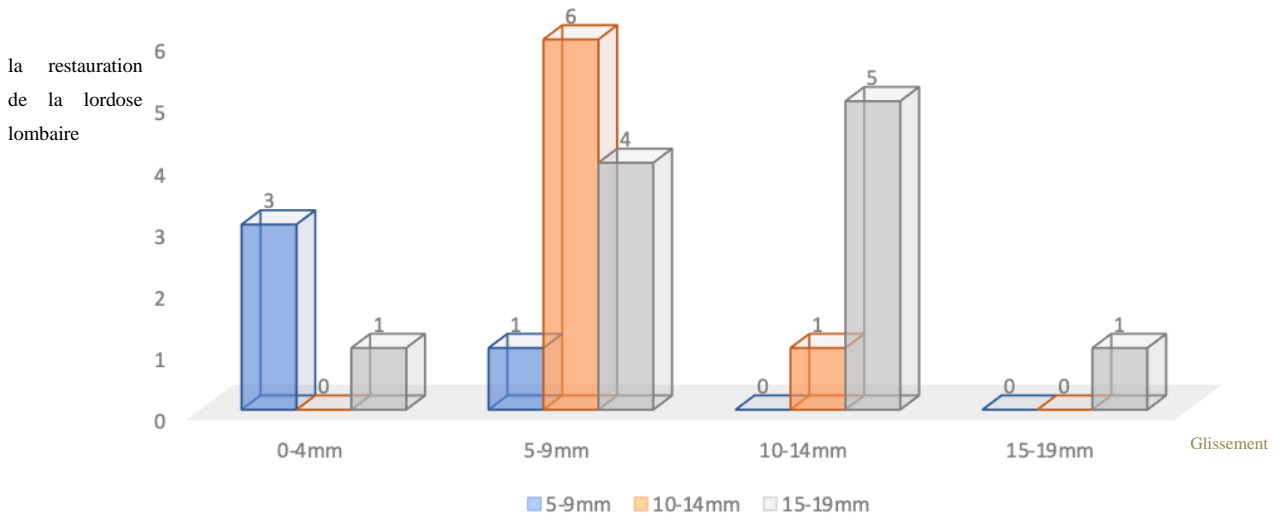


Figure 82 : Relation entre la restauration de la lordose lombaire et glissement préopératoire

Pour les patients ayant un glissement de 5 à 9mm, la majorité ont gagné entre 0 à 4 mm. Alors que pour les patients ayant un glissement de 10 à 14 mm, la restauration de la lordose lombaire était majoritairement entre 5 à 9mm.

Pour les patients ayant un glissement de 15 à 19mm, la majorité ont récupéré entre 10 à 14 mm.

La relation de la restauration de la lordose lombaire avec le degré de glissement est statistiquement significative ($P = 0.011$).

5.2.2.2 Glissement en post opératoire :

Les patients présentant un grade II ont tous régressé, et 73% de ceux ayant un grade I ont régressé au stade 0.

Au total, comme le montre la figure suivante, on a 17 patients grade 0 et 04 patients de grade I et un patient de grade II en post opératoire selon la classification de Meyerding.

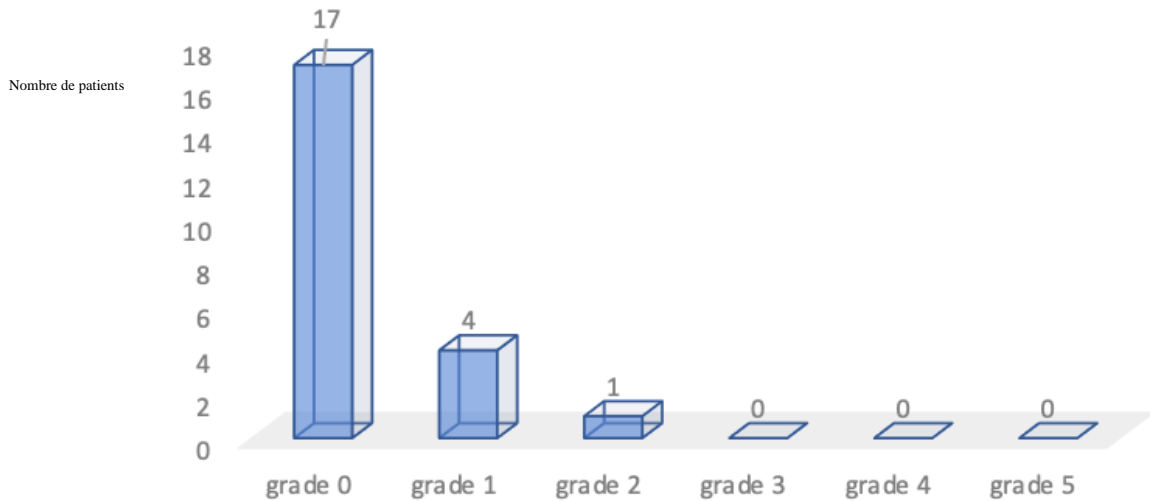


Figure 83 : Répartition des SPL selon le grade de Meyerding en post opératoire

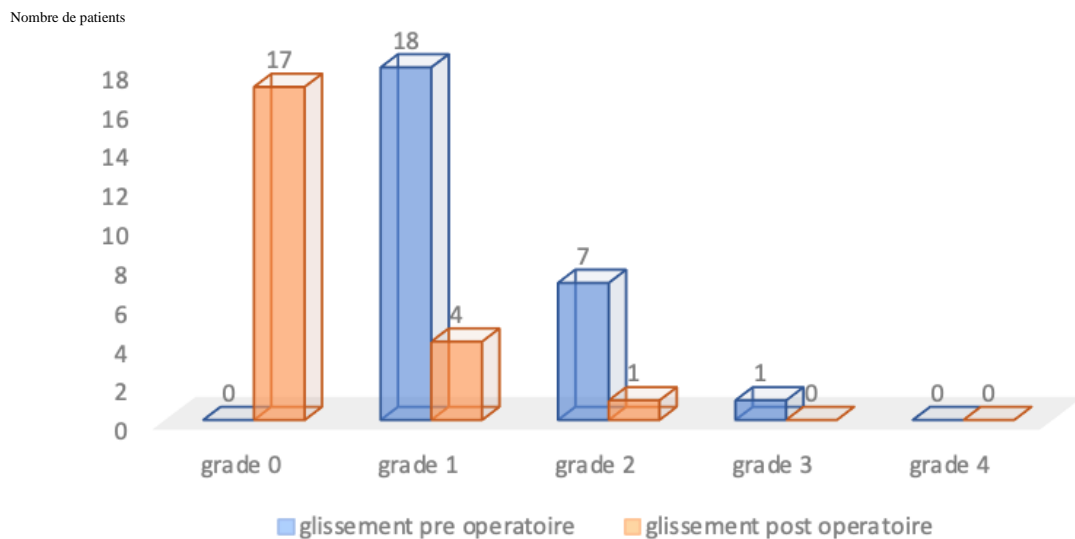


Figure 84 : Comparaison du grade de glissement en pré et en post opératoire

5.2.2.3 Fusion osseuse :

Nous avons constaté que tous les cas opérés ont fait l'objet d'une fusion intervertébrale, qui est évaluée sur une radiographie standard et confirmée par un scanner lombaire.

Aucun cas de pseudarthrose n'a été retrouvé.

5.2.2.4 Complications ou incidents liés à la chirurgie :

Les complications mécaniques tels que le désalignement des vis, malposition du matériau de fusion, protrusion de la cage pouvant nécessiter une révision, ou les brèches de LCR n'ont pas été notées.

5.2.2.5 Évolution à long terme :

Son évaluation a été difficile à juger vu que la majorité des patients ont été perdus de vue.

Aucun des patients de notre étude n'a nécessité de reprise chirurgicale.

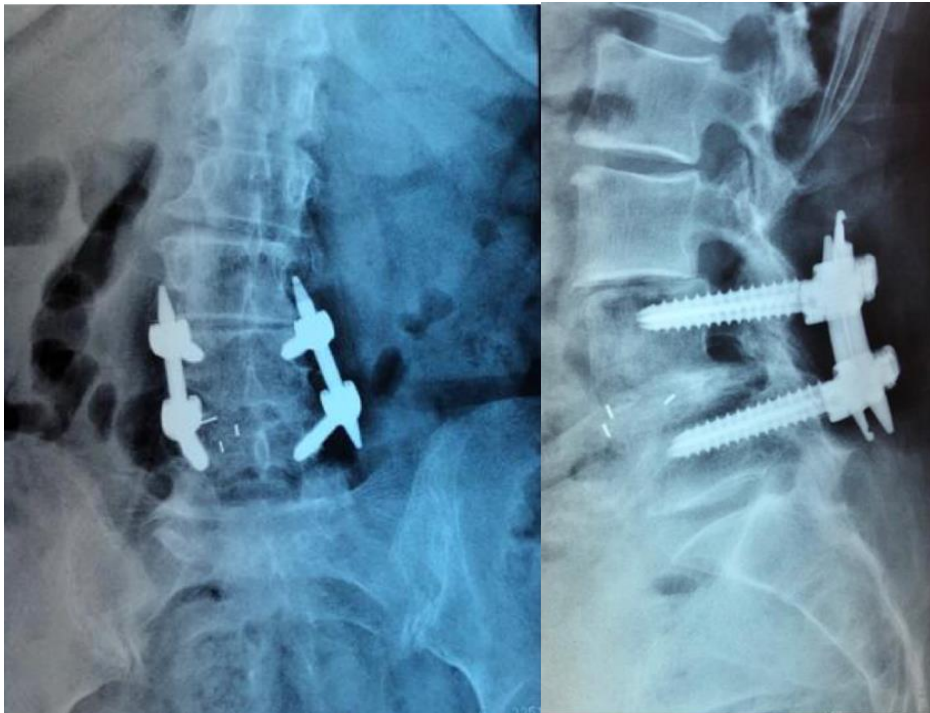


Figure 85 : Images radiologiques d'une patiente ayant bénéficié d'une MIS TLIF L4-L5 au sein de notre service montrant une bonne évolution : asymptomatique à 4 ans de suivi

CAS ILLUSTRATIF

Patiente âgée de 58 ans, admise au service de Neurochirurgie de l'hôpital Ibn Sina de Rabat pour des lombosciatalgies.

Elle présente comme antécédents une HTA sous traitement.

L'histoire de la maladie remonte à six mois par l'installation progressive de lombosciatalgies type L5 droit, non améliorés après un traitement antalgique bien conduit depuis plus de six mois, associés une raideur rachidienne, sans notion de lourdeur des membres inférieurs ni troubles génito-sphinctériens associés, évoluant dans un contexte d'apyrexie et de conservation de l'état général.

A l'admission la patiente était consciente, coopérante, stable sur le plan hémodynamique et respiratoire et apyrétique. Son IMC était à 32.

L'examen neurologique était sans particularités :

- Marche et station debout possibles
- Tient le Mingazini et le Barré
- Absence de déficit moteur et tonus normal.
- Les réflexes ostéotendineux présents et symétriques
- L'examen ostéoarticulaire retrouvait un discret syndrome rachidien lombaire.

CONCLUSION : Patiente de 58 ans, hypertendue sous traitement, hospitalisée pour lombosciatalgies intéressant le territoire droit. A l'examen, un syndrome rachidien lombaire associé à syndrome radiculaire L5 droit sont retrouvés. Un bilan paraclinique a été demandé.

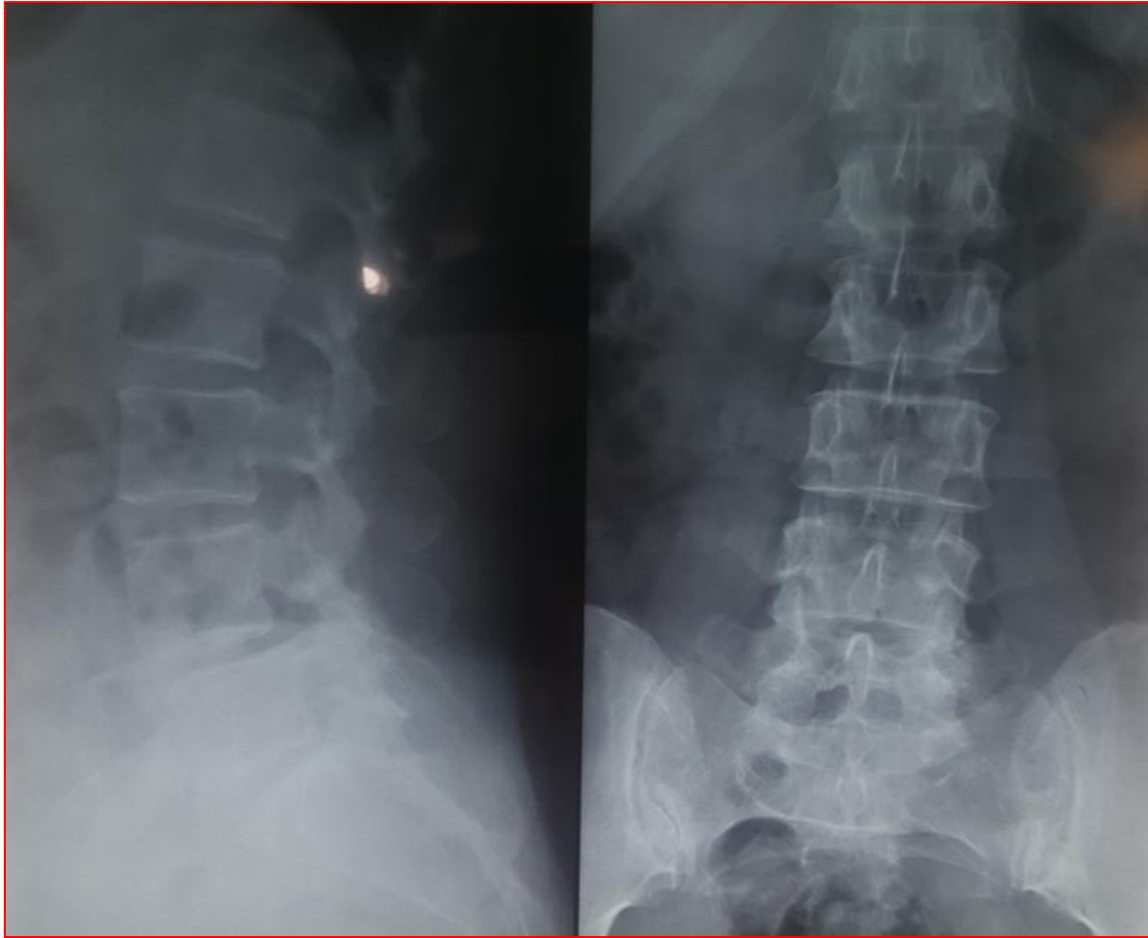


Figure 86 : Radiographie de face et de profil ont permis de montrer le défaut spondylolytique et l'état des plaques terminales adjacentes : spondylolisthésis L4-L5 avec pincement discal.

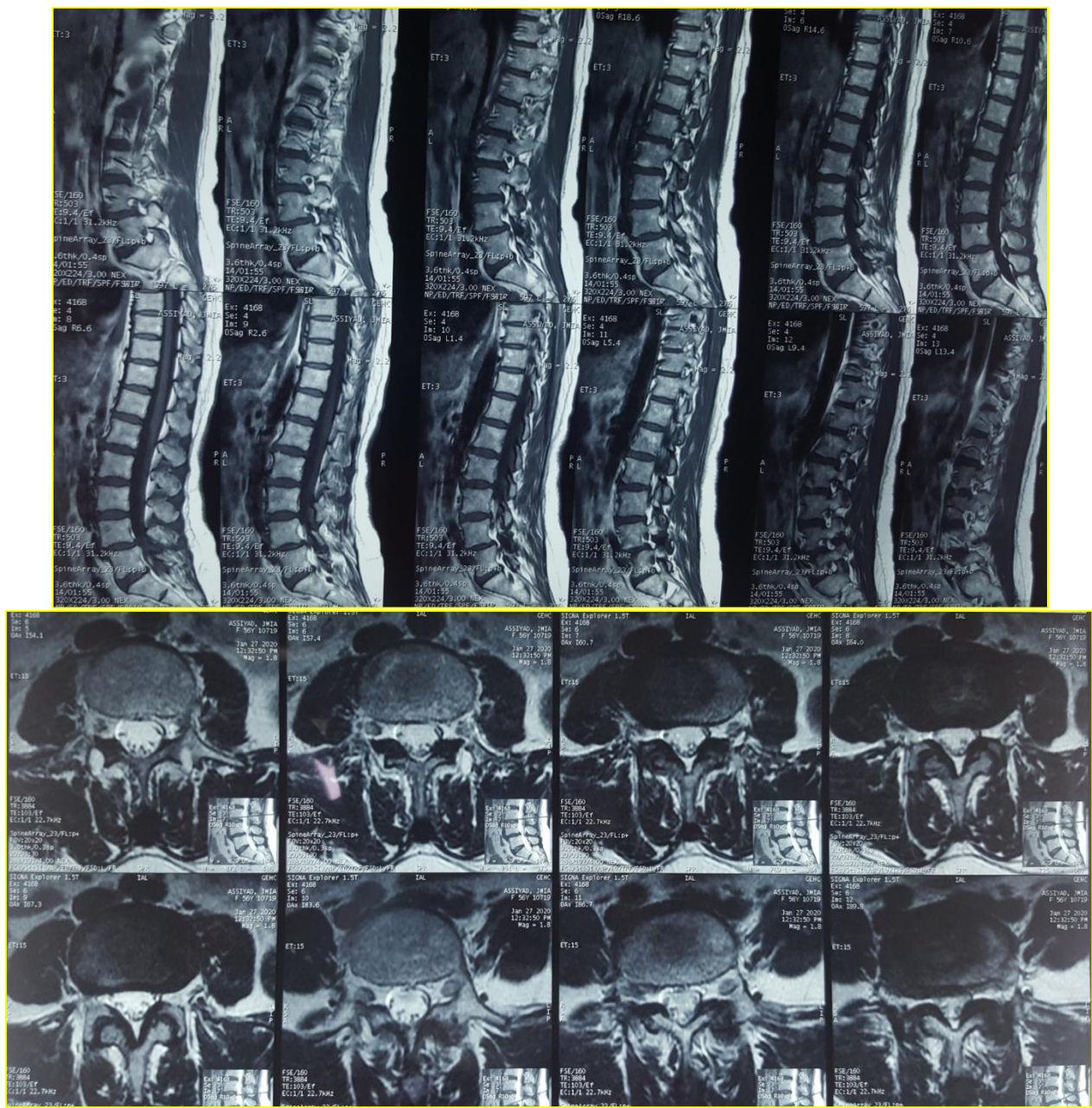


Figure 87 : IRM lombaire en coupe axiale et en coupe transversales passant par les foramens intervertébraux ayant mis en évidence la compression foraminale et l'état du disque adjacent.

Dans ce cas, on note la déshydratation de l'espace discal L4-L5 (contrairement au disques L2-L3 et L3-L4).

La conduite était d'effectuer une fusion postéro-latérale L4-S1 par une voie mini invasive après avoir demandé un bilan pré-opératoire, une consultation pré-anesthésique, et obtention du consentement du patient.

Les principaux objectifs de la prise en charge étaient d'obtenir :

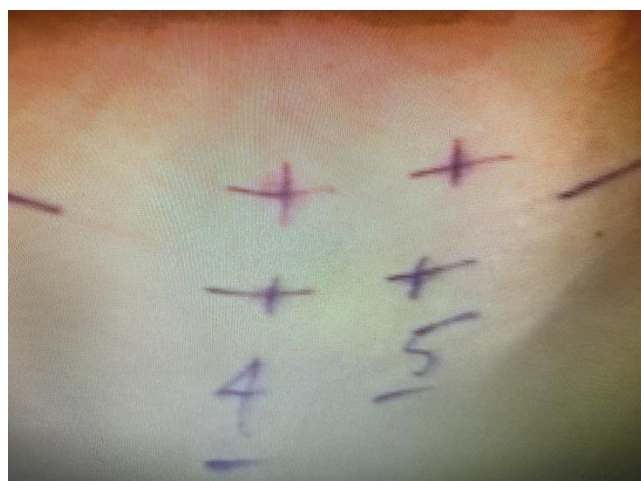
- Une décompression de la racine nerveuse
- Réalignement du rachis lombaire : restauration de la lordose
- Stabilisation du rachis (fusion)
- Remise du complexe spino-pelvien en position d'équilibre économique

Étapes :

- Patient sous anesthésie générale, intubé ventilé en position de décubitus ventral.



- Repérage par fluoroscopie du niveau L5- L5.

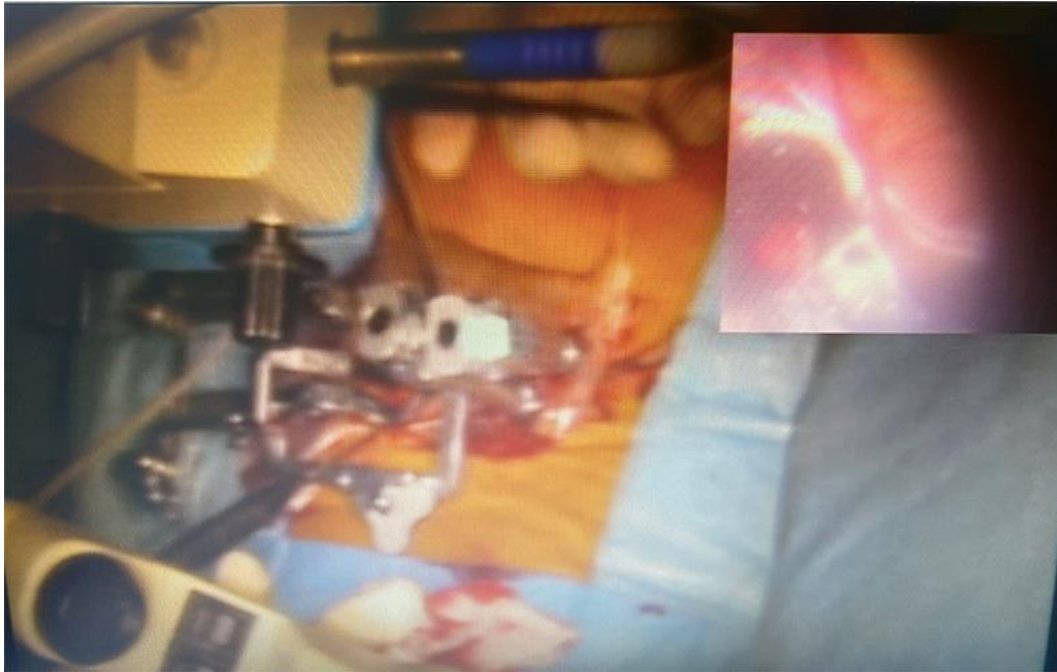


- Pose percutanée de vis pédiculaires et de tiges suivie de décompression osseuse : Avant de procéder à la résection osseuse, une distraction temporaire est effectuée sur la tige controlatérale. Une broche de guidage est insérée de manière plus appropriée sur l'articulation de la facette ipsilatérale et des dilateurs tubulaires sont passés successivement jusqu'à ce qu'un dilateur expansible final soit en place.



- Préparation de l'espace discal et fusion intersomatique : Une fois que la racine nerveuse traversante est identifiée et mobilisée de manière adéquate, il est nécessaire de préparer l'espace discal.





- Fermeture de la plaie : Après un lavage complet et l'obtention d'une hémostase, le greffon osseux restant est emballé dans les gouttières postéro-latérales. Le fascia est fermé avec des sutures résorbables continues, le tissu sous-cutané avec des sutures résorbables interrompues et la peau avec des sutures résorbables.

Résultat :

MIS TLIF

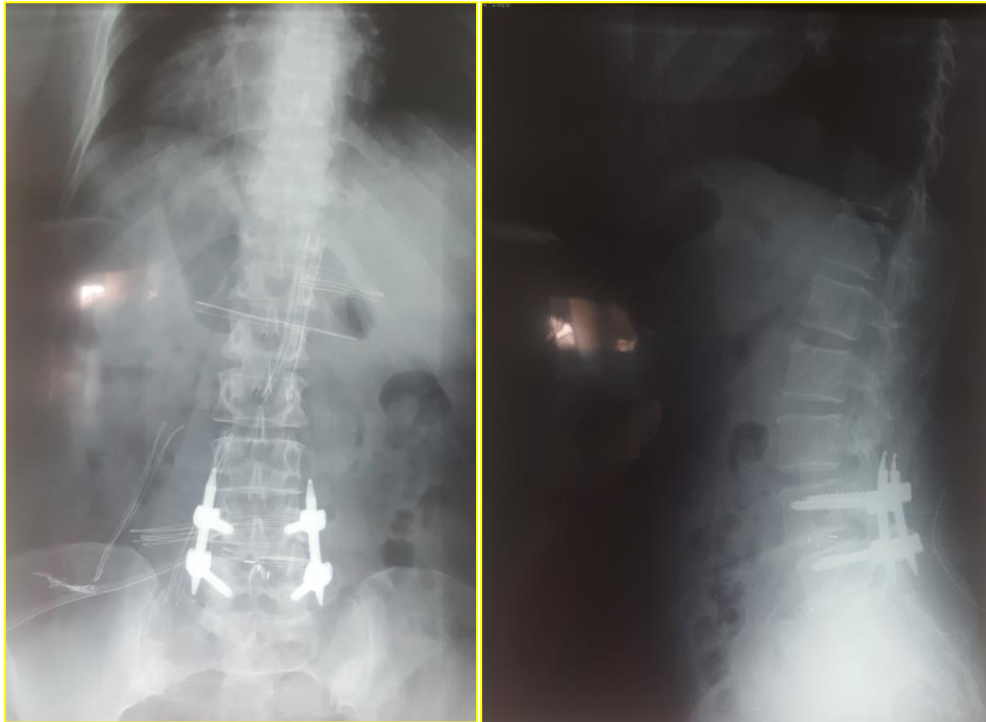


Figure 88 : Radiographie de face et de profil après MIS TLIF droit

Les suites opératoires étaient simples, amélioration de la symptomatologie douloureuse et restauration d'une lordose lombaire à $> 4^\circ$. La fusion osseuse a été obtenue à 100%.

DISCUSSION

Cette discussion a été menée afin de nous permettre l'exploration et l'analyse des résultats de notre étude en comparaison avec les données des autres études, recherches et références bibliographiques.

1. Aspects épidémiologiques et spondylolisthésis :

1.1. Selon l'âge :

Notre étude est rétrospective, portant sur 26 patients pris en charge au service de neurochirurgie de l'hôpital Ibn Sina de Rabat.

Cette étude a montré que l'âge moyen de nos patients au moment de l'intervention était de 54.3 ans.

Nous avons constaté à travers l'analyse de nos résultats qu'ils concordent avec les données de la littérature illustrées dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Moyenne d'âge pour différentes séries.

Étude	Age moyen
Yasuchika Aoki (49)	64.4
Michael Karsy (50)	50.3
Zoher Ghogawala (51)	67
David H. Ge (52)	56.5
Yang (53)	44.6
Baoshan Xu (54)	66
Ivar M. Austevoll (55)	66
Bounnit (56)	60
Notre étude	54.3

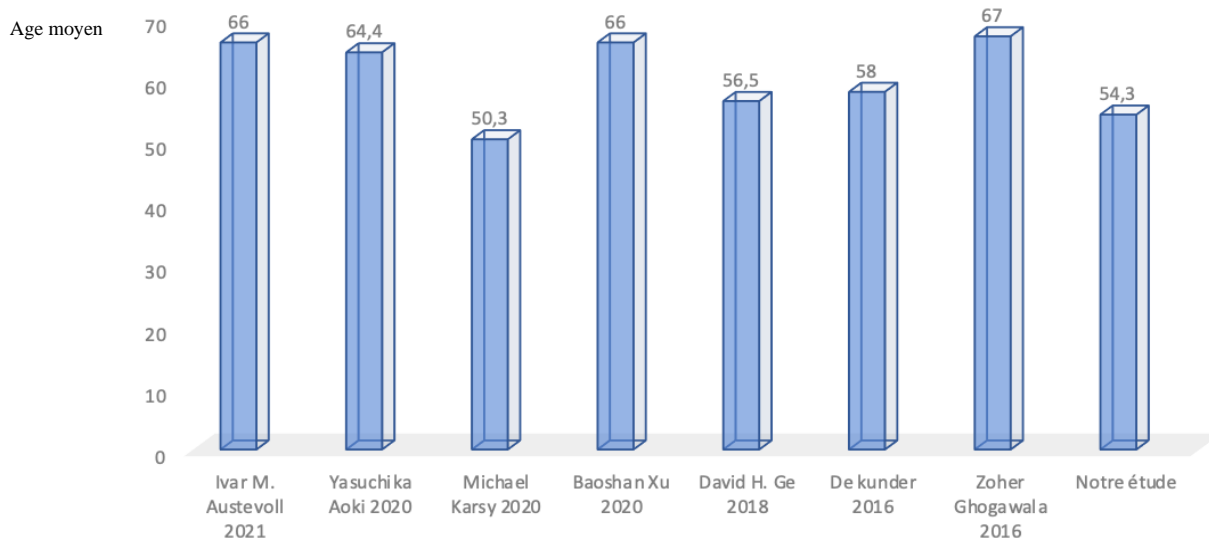


Figure 89 : Spondylolisthésis selon l'âge

1.2. Selon le sexe :

Notre étude montre une nette prédominance féminine avec 85% de sexe féminin contre 15% de sexe masculin.

Le ratio Homme/Femme est de 1/5.5. Ceci rejoint la majorité des études consultées comme décrit ci-joint.

Tableau 17 : Sexe ratio selon les études.

Étude	Ratio H/F
Baoshan Xu (54)	1.22
Ivar M. Austevoll (55)	1
Nicholas M. Rabah (57)	0.59
Aladine A. (58)	0.46
Benallel (59)	0.28
Ding CQ (60)	0.58
Mingzheng Chang (61)	1
Bounnit (56)	0.11
Notre étude	0.18

Ce tableau montre que les femmes sont plus touchées que les hommes, à ce titre on peut admettre que ces résultats sont expliqués par les différentes tâches contraignantes dédiées aux femmes et favorisant le développement du spondylolisthésis.

2. Aspects cliniques des spondylolisthésis :

Chez nos patients, la symptomatologie fonctionnelle la plus fréquemment décrite était sous forme de lombalgie et de radiculalgie ; ce qui concorde parfaitement avec la littérature.

2.1. La lombalgie

En effet, les lombalgies sont retrouvées chez tous nos patients.

61.5% des patients rapportent que les douleurs étaient souvent récurrentes.

23.1% ont souffert de lombalgies de façon constante.

15.4% ont décrit que la douleur était parfois récurrente.

La lombalgie est le signe initial le plus commun et constitue le motif principal de consultation.

HENSIGER l'a décrite comme étant une douleur du bas dos non impulsive à la toux aggravée en extension, non impulsive à la toux et qui peut évoquer un syndrome articulaire postérieur.

Nos résultats concordent avec les données de la littérature affichées sur le tableau suivant.

Tableau 18 : Présence de lombalgies selon les études

Étude	Présence des lombalgies
Ivar M. Austevoll (55)	80%
Baoshan Xu (54)	100%
ROY-CAMILLE et AL (62)	84%
MUKUNA et AL (63)	90%
DUQUESNOY (64)	30%
BEIJA (65)	53,84%
Bounnit (56)	100%
Notre étude	100%

2.2. La radiculalgie

Elle a été signalée chez 81.7% de nos patients (22 patients). Ces radiculalgies étaient toujours associées à une lombalgie.

Ce résultat rejoint celui des autres études présentées dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Présence de radiculalgies selon les études

Étude	Présence de radiculalgies
Ivar M. Austevoll (55)	75%
Baoshan Xu (54)	50%
ROY-CAMILLE et AL (62)	72%
MUKUNA et AL (63)	60%
De Kunder (66)	93%
Sakeb (67)	80%
Bounnit (56)	89.4%
Notre étude	81.7%

2.3. La claudication neurogène

C'est une douleur irradiant dans un ou plusieurs territoires radiculaires du membre inférieur, empêchant au bout d'un certain temps la marche.

26.8% de nos patients ont rapporté des claudications, alors qu'elles sont absentes chez 73.20%.

Nos résultats sont proches de ceux de IBA BA et ALL (119), tandis qu'ils sont plus bas par rapport à ceux des autres études illustrées ci-dessous.

Tableau 20 : Présence des claudications selon les études

Étude	Présence des claudications
Zoher Ghogawala (51)	100%
IBA BA et ALL (68)	24%
Bounnit (56)	79%
Notre étude	26.8%

2.4. Déficit neurologique :

Quatre de nos patients ont présenté un déficit neurologique, soit 15.4%.

Il s'agit essentiellement de troubles sensitifs notamment des paresthésies des MI a type de fourmillements.

Ces résultats sont en deçà de la plupart de ceux décrits dans la littérature.

Tableau 21 : Présence de déficit neurologique selon les études

Étude	Présence de déficit neurologique
Michael Karsy (50)	24%
HARRIS et WEINSTEIN (32)	45%
MUKUNA et ALL (63)	20%
ROY-CAMILLE et AL (62)	6,86%
Sakeb (67)	48%
Bounnit (56)	57.8%
Notre étude	15.4%

2.5. Les troubles sphinctériens :

Dans notre étude, 1 seul patient (4%) présente des troubles sphinctériens à type d'impériosité mictionnelle avec fuites urinaires.

Ceci rejoint les résultats de BEJIA (69) avec une fréquence de 4,3% des cas et PEDRAM et DUPUY (70) avec une fréquence de moins de 5% ainsi que Bounnit (56) avec 5.26%.

Tableau 22 : Présence de troubles sphinctériens selon les études

Étude	Présence de troubles sphinctériens
BEJIA (69)	4,3%
PEDRAM et DUPUY (70)	5%
Sakeb (67)	22%
Bounnit (56)	5.26%
Notre étude	4%

3. Aspects paracliniques liés au spondylolisthésis :

Les examens paracliniques sont dominés par la radiographie.

3.1. Radiographie standard :

La radiographie standard du rachis a constitué l'examen de première intention pour tous nos patients.

Les degrés de déplacement en translation ont été classés en stades 1 à 5, selon la classification de Meyerding.

La classification de Meyerding est déterminée par la mesure du degré de glissement sur des radiographies latérales neutres et debout de la colonne lombaire :

- Grade 1 : déplacement entre 0% et 25%
- Grade 2 : 25%-50%
- Grade 3 : 50%-75%
- Grade 4 : 75%-100%
- Grade 5 : spondyloptose

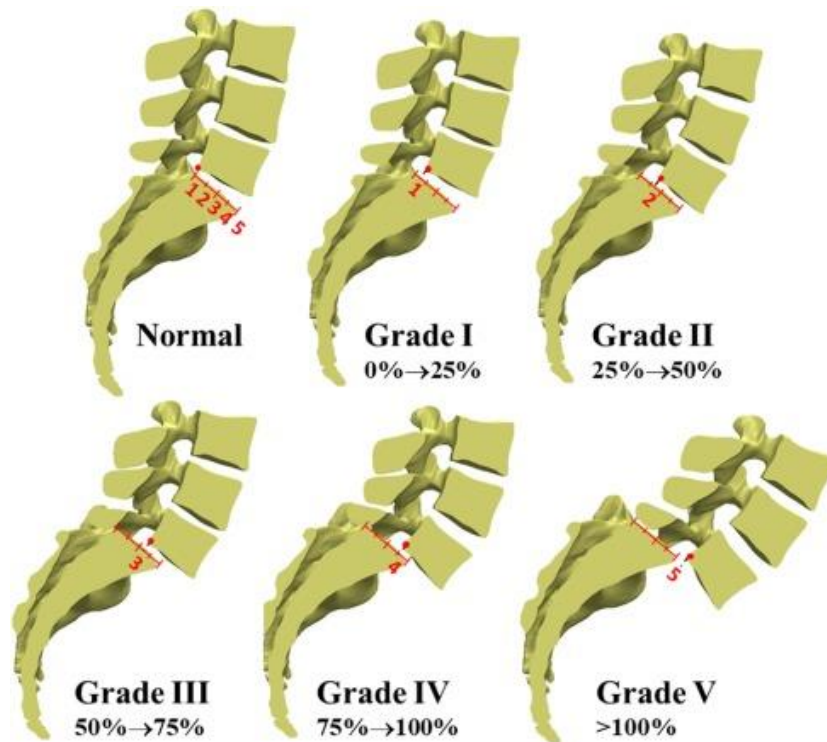


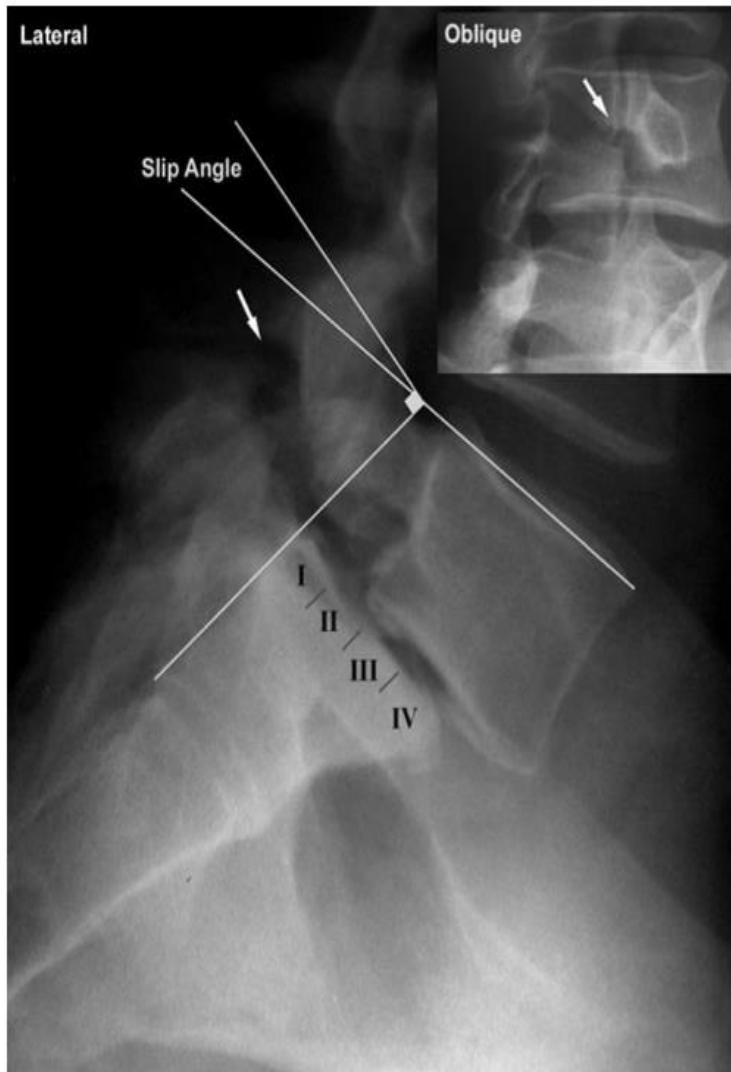
Figure 90 : Classification de MEYERDING

En se basant sur cette classification, on note que 57.7% de la population étudiée ont un SPL grade I, 23.1% ont eu un grade II tandis que 3.8% ont eu un grade III.

Le tableau ci-joint montre que la classification des stades concernant nos patients ne diffère pas beaucoup de ceux décrits dans d'autres études.

Tableau 23 : Répartition des grades de SPL selon les séries

Étude	Grade I	Grade II	Grade III	Grade IV	Grade V
Rivollier (76)			28%	57	15
Kirby (77)	39%		61%		
Bounnit (56)	68.4%	31.6%	0	0	0
Nguyen (78)	35%	35%	22%	5%	3%
Urquhart (79)	72%	15%	13%		
Notre étude	69%	27%	4%	0%	0%



Cette radiographie met en évidence la lésion de l'isthme (flèche), bien visualisée sur la vue latérale et, dans d'autres cas plus visible sur la vue oblique.

La gravité du glissement de Meyerding (I-IV) est estimée par la translation antérieure de la vertèbre olisthésique (L5) sur le sacrum, qui est divisé en quarts.

L'angle de glissement (slip angle) mesure le degré de cyphose ; bien que sa mesure puisse être effectuée de plusieurs façons, il est plus utile de le mesurer comme l'angle entre l'endosquelette supérieur des vertèbres olisthésiques et une ligne perpendiculaire au corps vertébral postérieur des vertèbres sous-jacentes.

Figure 91 : Radiographies latérales et obliques d'un spondylolisthésis L5-S1

⇒ La radiographie standard permet aussi d'apprécier :

La translation et l'angulation segmentaire ont été déterminées sur des radiographies de flexion-extension.

Le degré de translation entre les segments correspond à la protrusion vers l'avant du corps vertébral supérieur par rapport au corps vertébral inférieur en mm.

L'angulation segmentaire est définie comme la différence d'angle de la ligne tracée le long du bord supérieur de chaque corps vertébral.

Un mouvement angulaire supérieur à 10° et une translation supérieure à 3 mm sont définis comme instables, nécessitant un traitement chirurgical. (72)

A cet effet, la mesure du mouvement segmentaire peut montrer :

(A) Translation segmentaire. Une ligne de base est tracée à l'extrémité supérieure de la vertèbre inférieure. De même, la ligne perpendiculaire à la ligne de base à l'angle postéro-inférieur de la vertèbre supérieure est tracée sur la radiographie de flexion et d'extension. La différence (flèche) est calculée.

(B) Angulation segmentaire. L'angle entre la ligne sur la plaque terminale supérieure de la vertèbre inférieure et la ligne sur la plaque terminale inférieure de la vertèbre supérieure est mesuré sur les radiographies de flexion et d'extension. En outre, la différence (B-A) est calculée.

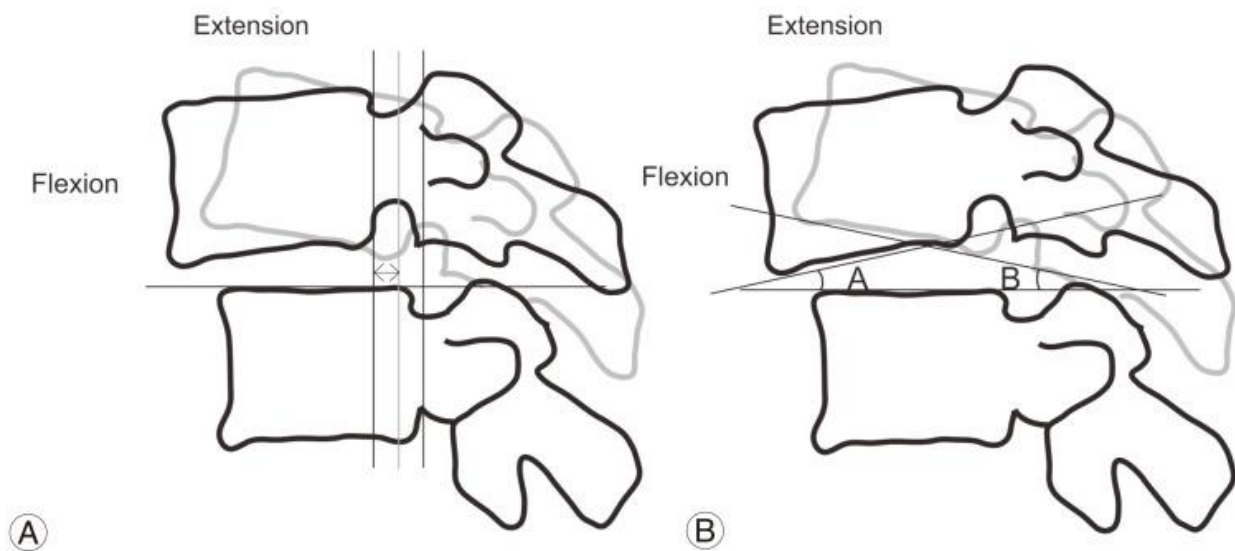


Figure 92 : Image schématisant la translation et l'angulation segmentaires

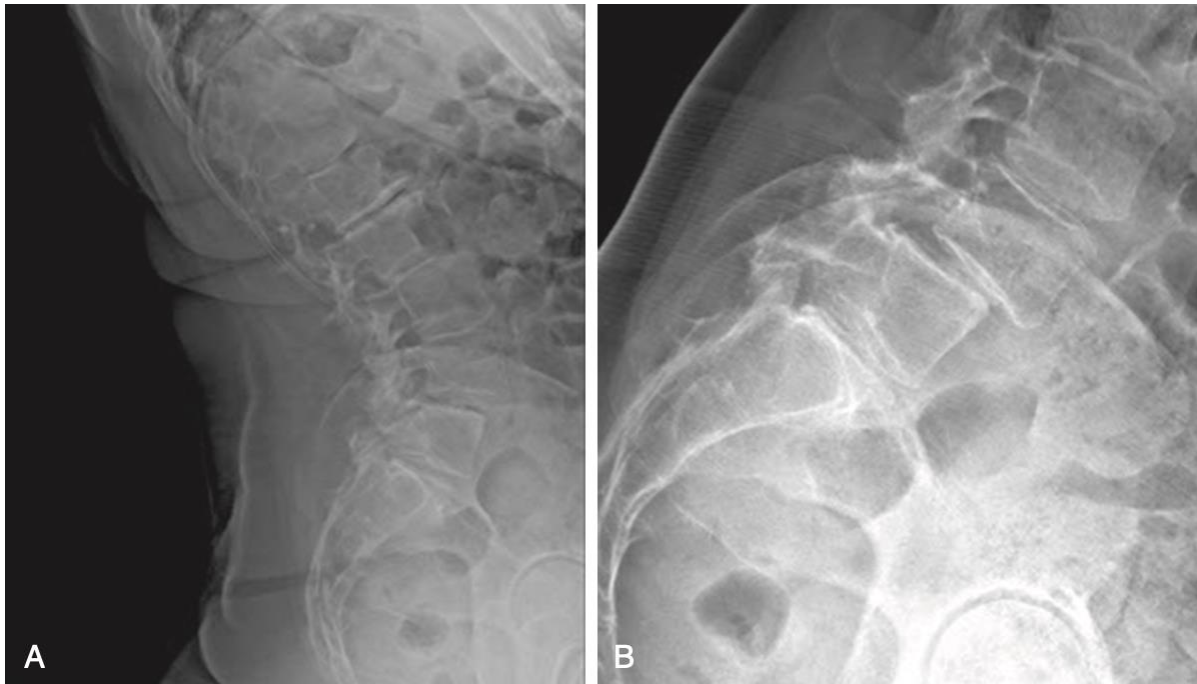


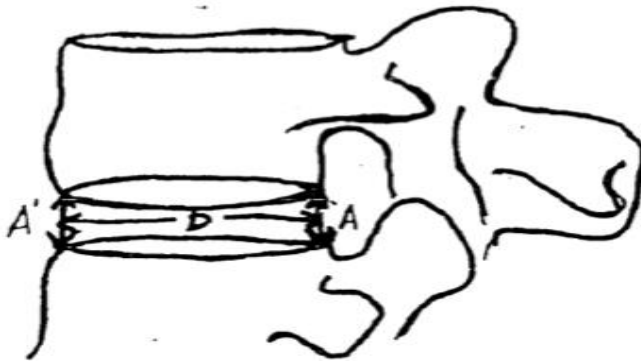
Figure 93 : : Exemple d'images radiographiques en flexion et extension chez un patient présentant un SPL stade I

Les radiographies en extension (A) et en flexion (B) d'un patient ayant un spondylolisthésis lombaire de grade I. Les images montrent une rotation angulaire au niveau du spondylolisthésis L4-L5.

Il est à noter que le disque intervertébral a une très faible absorption de rayonnement et il n'est généralement pas visible sur les radiographies standard. Par conséquent, la hauteur du disque peut être mesurée en se fiant aux repères squelettiques pour mesurer. Elle est généralement mesurée sur une vue de profil du rachis lombaire.

Pour ces mesures, plusieurs approches ont été abordées par différents auteurs :

⇒ Farfan (73) a estimé que le disque intervertébral peut être délimité par les angles vertébraux supérieur et inférieur, antérieur et postérieur sur les clichés radiographiques de profil. Il a déduit que la hauteur du disque correspond à la moyenne des distances ventrale et dorsale entre ces lignes. Ceci permet d'éviter de considérer la surface concave ou convexe des plateaux vertébraux.



La hauteur discale est la moyenne des hauteurs discales antérieure et postérieure rapportée au diamètre antéro-postérieur discale à mi-hauteur.

Figure 94 : Schéma montrant la méthode de mesure de hauteur discale selon Farfan.

Cette méthode (73) est la plus précise et la plus reproductible pour la mesure de la hauteur du disque.

⇒ **Méthode de Dabbs :**

Dabbs a modifié la méthode de mesure de Farfan, en faisant la moyenne entre hauteur discale antérieure et postérieure, sans la rapporter au diamètre antéro-postérieur discal.

Toutefois, le rapport est plus indicatif de la forme du disque que de la hauteur du disque.

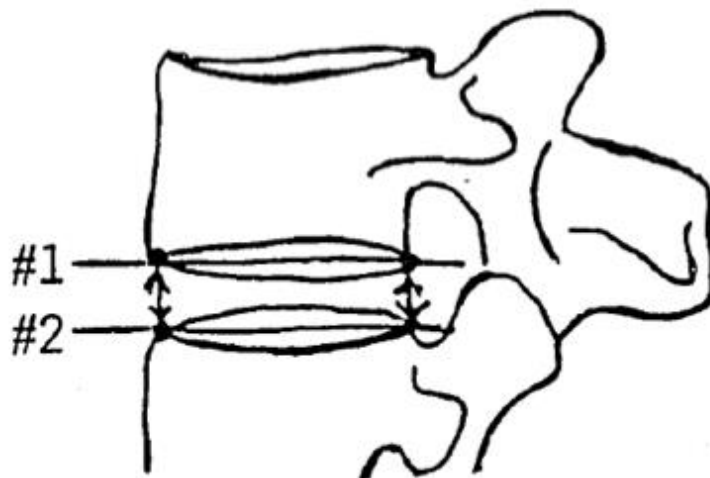


Figure 95 : Méthode de mesure de hauteur discale selon Dabbs.

⇒ D'autres méthodes qui constituent des versions modifiées de Farfan sont proposées, telles que :

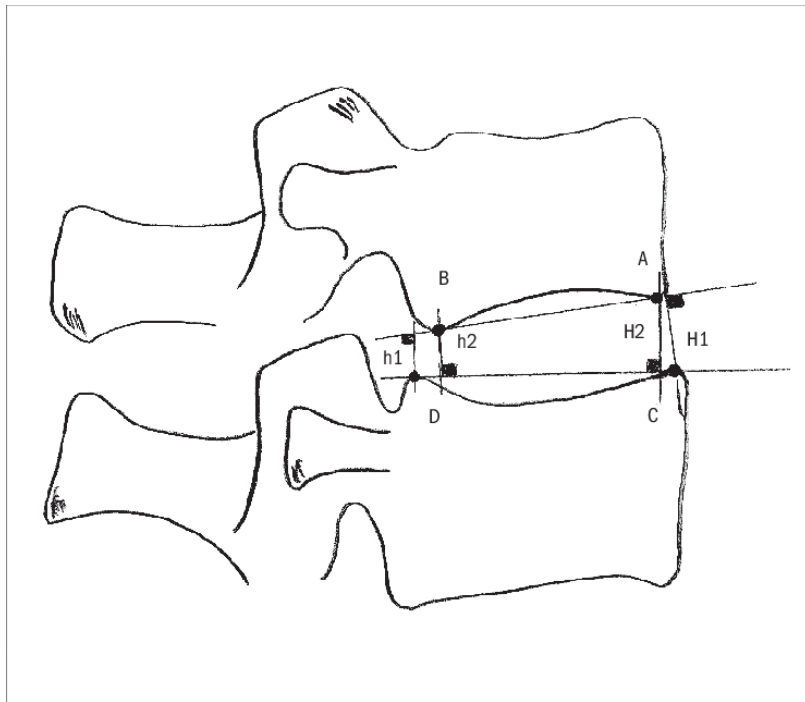


Figure 96 : Mesure de la hauteur du disque selon une méthode modifiée de Farfan.

Hauteur du disque = $(h1 + h2 + H1 + H2) / 4$.

A : angle antéro-inférieur du corps vertébral supérieur ;

B : angle postéro-inférieur du corps vertébral supérieur ;

C : angle antéro-supérieur du corps vertébral inférieur ;

D : angle postéro-supérieur du corps vertébral inférieur.

Néanmoins, selon Danielson et al (74) une légère variation dans le positionnement du patient ou dans l'inclinaison du portique peut entraîner une variation de 10 à 15 % de l'amplitude du déplacement vertébral. Le positionnement du patient et la direction du faisceau de rayons X doivent être précis pour permettre une mesure optimale. (75)

Ainsi, les résultats des différents examens radiologiques peuvent différer selon la coopération du patient et le bon contrôle de l'examineur.

3.2. La TDM :

Les informations fournies par cet examen ont permis une étude du rachis avec une évaluation lésionnelle pré-chirurgicale. (80)

Réalisée chez tous les patients dans notre étude, elle a permis le diagnostic d'hernie discale chez 3 patients (11.5%) et la sacralisation de L5 chez 2 patients soit 7.7%.

Les tomodensitométries axiales peuvent montrer l'anatomie pédiculaire, les lésions de l'isthme, et l'hypertrophie des facettes et en prévision de la fixation interne. Les reconstructions sagittales permettent d'évaluer les changements adaptatifs au sein de la vertèbre olisthésique et des vertèbres sous-jacentes.

En effet, selon la littérature la TDM apprécie :

- La présence d'hernies discales,
- La présence de lyse isthmique uni ou bilatérale,
- L'étude des massifs articulaires,
- La recherche de la spondylolyse,
- L'appréciation des disques a la recherche d'un pincement discal et d'un bombement postérieur.

3.3. L'IRM

Dans notre étude, elle a mis en évidence les conflits radiculaires, les protrusions et les hernies discales et a permis d'étudier essentiellement l'état des disques intervertébraux.

Une discopathie arthrosique a été retrouvée chez 11 patients soit 42.3%.

Deux patients avaient un canal lombaire étroit (7.7%).

L'IRM est utile aussi pour évaluer le foramen neural au niveau olisthésique sur les vues sagittales, en particulier sur les images pondérées en T1 où la racine nerveuse d'apparence sombre est typiquement entourée de graisse d'apparence claire à l'intérieur du foramen. Elle permet également de déterminer le degré d'hydratation et la hauteur du disque, tant au niveau olisthésique qu'aux niveaux adjacents.

Cet examen apprécie le retentissement de l'affection sur les éléments neurologiques et oriente l'acte chirurgical, notamment en étudiant l'état des disques vertébraux pour déterminer le niveau de fixation en cas d'arthrodèse.

⇒ Exemples de clichés d'IRM montrant les différentes lésions liées au spondylolisthésis :

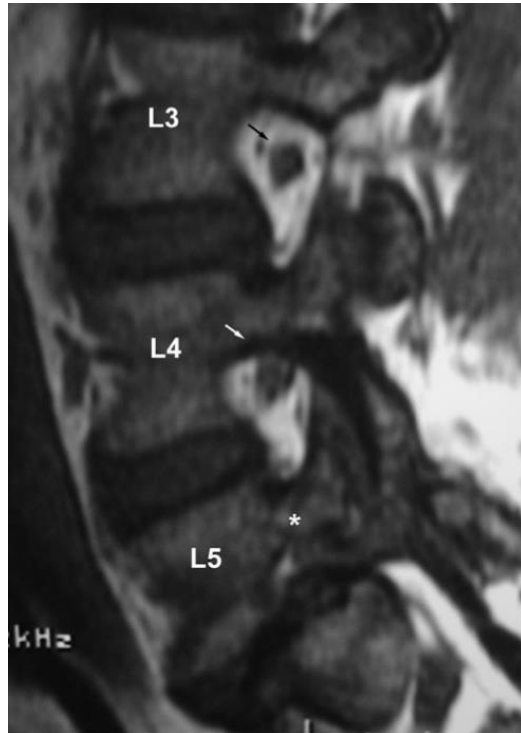


Figure 97 : Image d'une IRM sagittale pondérée en T1 montrant la compression du foramen de la racine nerveuse sortante.

Cette image montre la racine (sombre) qui se distingue facilement de la graisse qui l'entoure (claire), ici visualisée à L3 et L4.

Au niveau de L5, le foramen est presque oblitéré (*) par l'antélisthésis et le disque L5-S1.

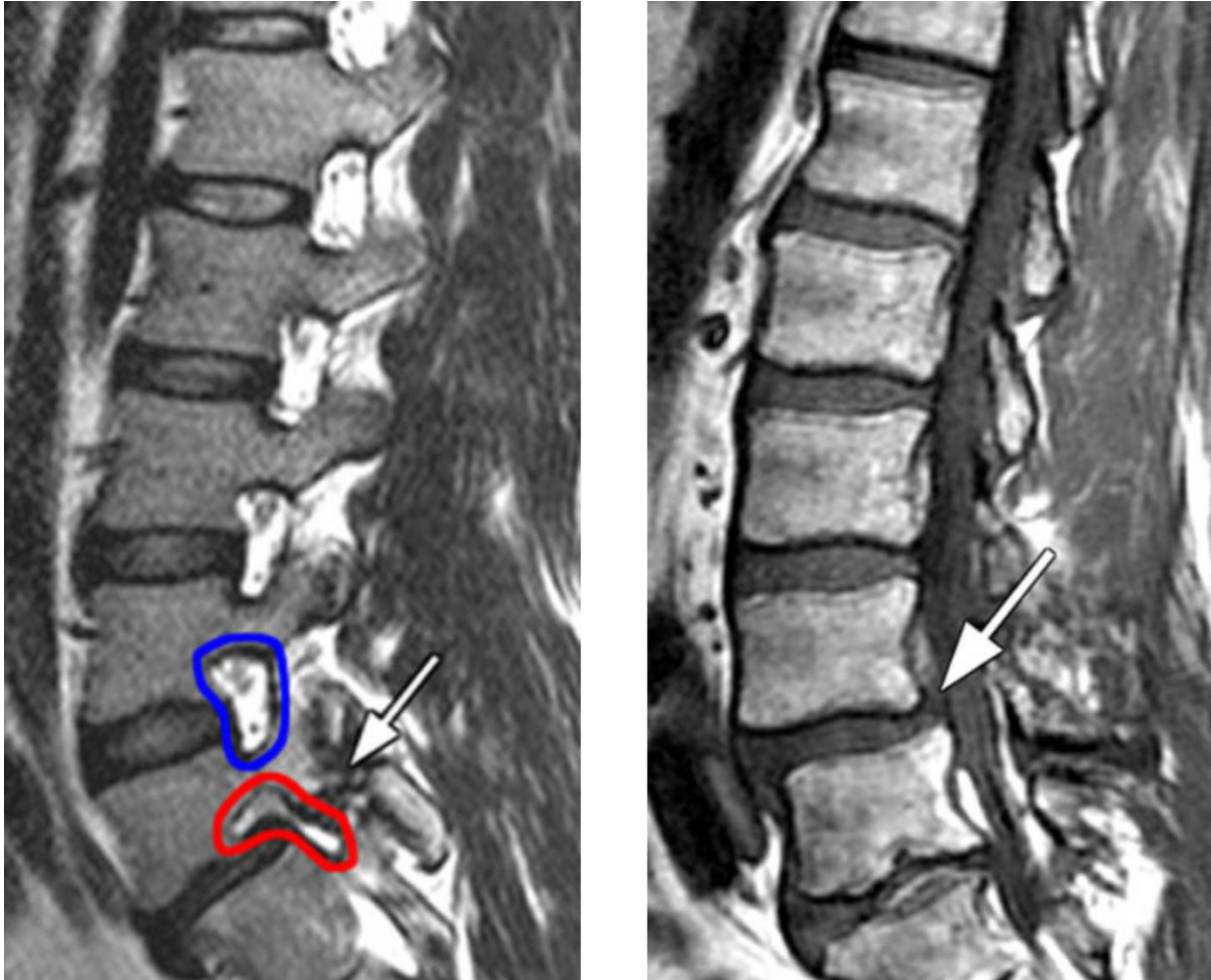


Figure 98 : Images sagittales pondérées en T1 (A) et en T2 (B) d'un patient atteint de spondylolisthésis révélant des anomalies claires de l'isthme (flèches).

Il apparaît sur les images ci-dessus une sténose des foramens neuraux de L5 visible en rouge, comparé à l'aspect normal en trou de serrure des foramens L4-L5 (contour bleu).

Cette configuration horizontale est typique des patients présentant un spondylolisthésis dû à une spondylolyse.



Figure 99 : IRM sagittale mettant en évidence des changements dégénératifs et une compression des racines nerveuses.

La flèche indique un espace discal affaissé (A) et une racine nerveuse foraminale dans le foramen neural sténosé (B).

- L'IRM évalue aussi l'état des disques intervertébraux, notamment leur dégénérescence.

En utilisant la classification modifiée de Pfirrmann, le degré de dégénérescence des disques a été classé comme suit :

Image A = Grade I : La structure du disque est homogène, pas de bande horizontale, noyau pulpeux distinct et anneau normal avec un signal blanc hyper intense clair et une hauteur de disque normale.

Image B = Grade II : La structure du disque est inhomogène, avec un signal blanc hyper intense. La distinction entre le noyau et l'anulus est claire, et la hauteur du disque est normale, avec ou sans bandes grises horizontales.

Image C = Grade III : La structure du disque est inhomogène, avec un signal gris d'intensité intermédiaire. La distinction entre le noyau et l'anulus n'est pas claire, et la hauteur du disque est normale ou légèrement diminuée.

Image D = Grade IV : La structure du disque est inhomogène, avec une intensité de signal gris foncé hypo intense. La distinction entre le noyau ici hétérogène et l'anulus est perdue, et la hauteur du disque est normale ou le plus souvent diminuée.

Image E = Grade V : identique au stade 4 avec effondrement de l'espace intervertébral. La structure du disque est inhomogène, avec un signal noir hypo intense. La distinction entre le noyau et l'anulus est perdue, et l'espace discal est effondré.

A partir du grade III, on parle de dégénérescence discale. On la considère avancée au grade V.

Le classement est effectué sur des coupes pondérées en T2.

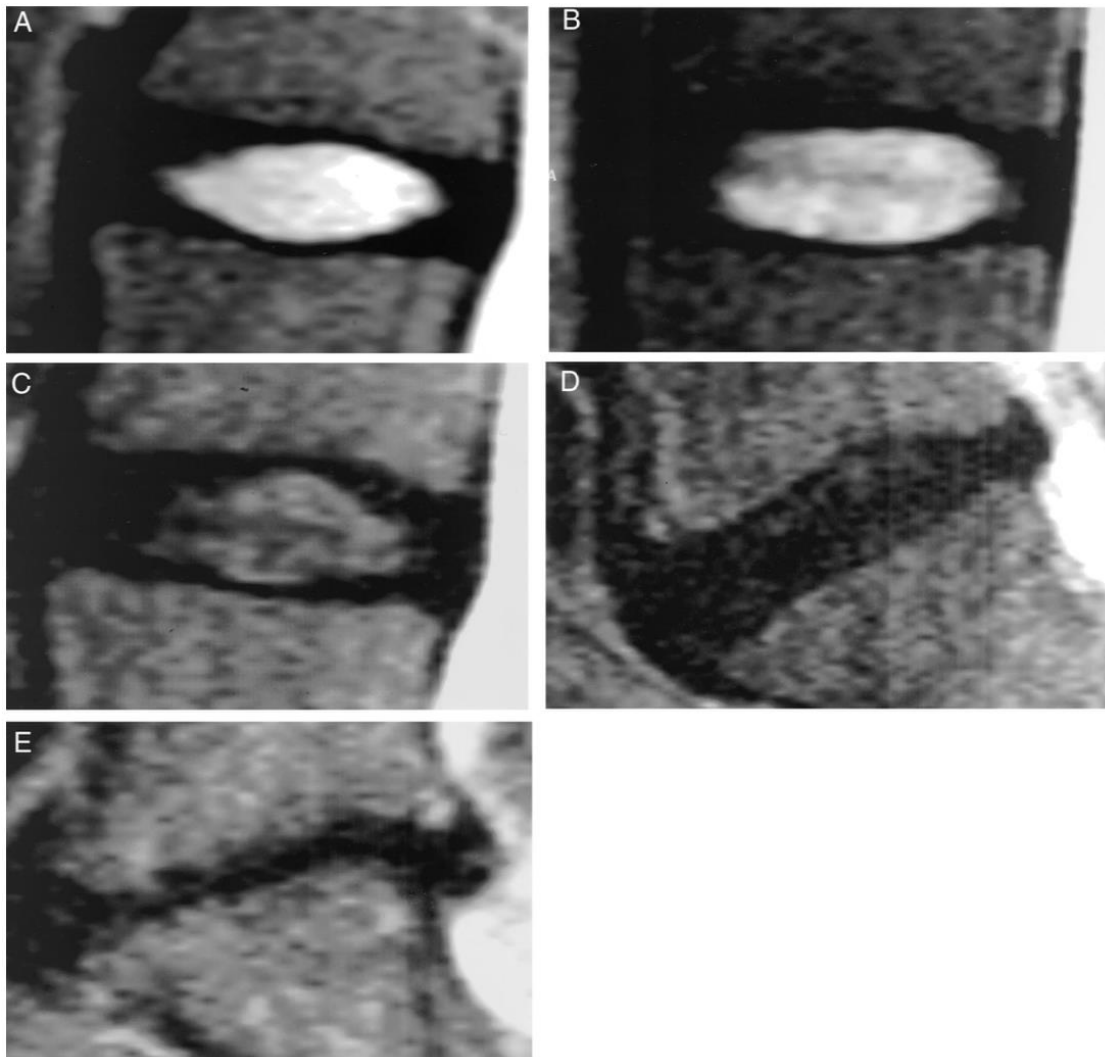
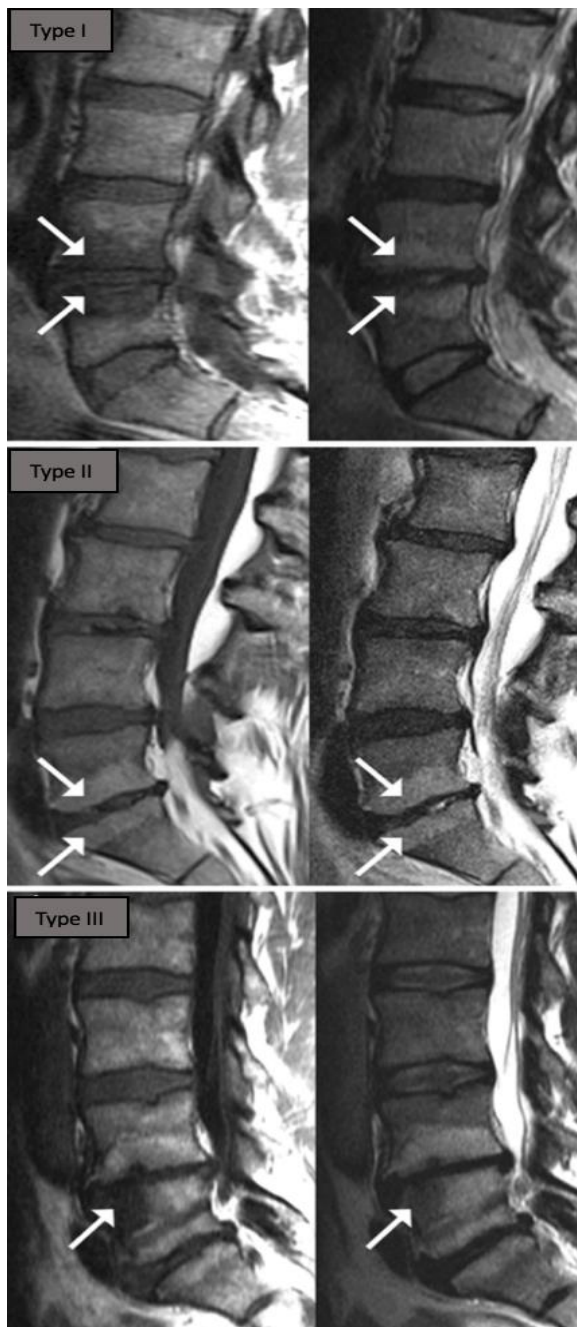


Figure 100 : Système de gradation pour l'évaluation de la dégénérescence discale lombaire.

- L'IRM permet aussi de déceler l'existence d'un changement du corps vertébral et dans la moelle osseuse, témoignant de la présence d'une réaction inflammatoire et d'hyper vascularisation (stade douloureux), classés selon MODIC en 3 :



Type I : montrant une faible intensité de signal dans une image pondérée en T1 et une forte intensité de signal dans une image pondérée en T2.

Type II : intensités de signal élevées dans les images pondérées en T1 et T2. Ce stade témoigne d'une involution graisseuse de la moelle. Le type II représente une forme dégénérative plus stable et chronique que le type I.

Type III : faibles intensités de signal dans les images pondérées en T1 et T2. On pense que le type III est associé à une sclérose de l'os sous-chondral.

Figure 101 : Classification de MODIC

Concernant notre étude, les résultats obtenus à partir des explorations radiologiques ont permis d'individualiser le type et le siège du SPL :

- **Le type de spondylolisthésis** qui est présenté comparativement avec d'autres études dans le tableau ci-joint.

Tableau 24 : Type de SPL selon les séries

Études	Isthmique	Dégénérative	Traumatique	Dysplasique
Chao Tang (81)	72.6%	27.4%		
IBA Ba et AL (68)	48%	52%		
NEWMAN et ALL (82)	51%	25%	21%	3%
BOUNNIT (56)	42%,	58%		
Notre étude	69%	31%		

Il apparait ainsi que nos résultats sont proches de ceux des études ci-dessus.

– **Le siège du spondylolisthésis :**

Dans notre étude, la localisation du spondylolisthésis se répartit comme suit :

- Au niveau de L3-L4 chez 12% patients.
- Au niveau de L4-L5 chez 46% des patients.
- Au niveau de L5-S1 chez 42% des patients.

En comparaison avec les données de la littérature, nous constatons que la localisation L4-L5 est la plus fréquente dans la quasi-totalité des études, ce qui conforte nos résultats.

Concernant le siège L5-S1, il est plus fréquent dans notre étude par rapport aux autres études présentées dans le tableau ci-joint.

Tableau 25 : Siège du SPL selon les différentes études

	L2-L3	L3L4	L4L5	L5S1
JACOBSEN et AL (83)		15,7%	67,3%	16,2%
CHANDRA et AL (84)		4%	60%	36%
SAKEB 2013 (67)		22%	62.5	15.5%
YAN (85)			48%	52%
OMIDI-KASHANI (86)		6,7%	75,5%	6,7%
BOUNNIT (56)		10.5%	63.2%	21%
ALVI (87)	8.63	16.9	55.3%	19.2%
Notre étude		12%	46%	42%

Au total, il y'a lieu de rappeler que les examens radiologiques montrent les différentes lésions liées au spondylolisthésis et permettent leur évaluation en post-opératoire.

4. Aspects thérapeutiques des spondylolisthésis :

La prise en charge thérapeutique du spondylolisthésis comporte un volet médical, orthopédique et chirurgical. (88)

4.1. Traitement médical et orthopédique :

Dans notre étude, la totalité des patients ont bénéficié d'un traitement médical préalable, essentiellement des antalgiques et AINS.

Chez 73 % des malades, l'échec du traitement médical et orthopédique était l'indication de chirurgie. Cela concorde avec les données de la littérature qui stipulent que la prise en charge de spondylolisthésis est essentiellement non chirurgicale, sauf en cas d'échec et de souffrance

continue avec des signes invalidants persistants nécessitant le recours à la chirurgie. (89)

Toutefois, certaines études ont montré que les infiltrations de glucocorticoïdes ont une efficacité dans le soulagement des signes cliniques à court terme uniquement, avec un échec à long terme, ce qui rejoint KRAIWATTANAPONG et al (91).

BELL et al (92) ont suivi un échantillon de patients symptomatiques qui ont porté une orthèse pendant presque deux ans, couplée avec la thérapie physique, et ils ont constaté une amélioration des signes cliniques, sans progression du glissement chez tous les patients.

L'étude de STEINER et MICHELI (93) a montré que 78% des patients ayant porté une attelle pendant 6 mois ont eu d'excellents résultats.

4.2. Traitement chirurgical :

La spondylodèse corrective en présence de déséquilibre sagittal vise à rétablir l'équilibre physiologique du rachis en attendant la fusion osseuse des segments instrumentés.

Les fusions ont des conséquences comme : une mauvaise posture postopératoire et un déséquilibre sagittal progressif en raison d'une adaptation posturale compensatoire, des troubles de l'équilibre statique entraînent souvent une défaillance matérielle (descellement et rupture de l'implant), et les segments adjacents peuvent dégénérer plus rapidement, nécessitant une extension vertébrale.

Par conséquent, la nécessité d'une fusion vertébrale corrective doit toujours être strictement évaluée.

Si celle-ci est requise, les principes de bases suivants sont à observer :

- Le premier concerne la Lordose Lombaire. La formule « $LL = IP \pm 10^\circ$ » indique qu'une LL optimale doit être visée pour tout patient selon son IP congénital.

(LL cible doit être de $+10^\circ$ pour une IP faible et de -10° pour une IP élevée).

Néanmoins, cette formule ne peut être appliquée chez les patients présentant une IP très faible ou très élevée.

Dans ces cas, une alternative a été posée par Le Huec et Hasegawa, formulée « $LL = 0,5 \times IP + 28$ ».

- Le centre de gravité du corps doit être déplacé postérieurement de sorte que l'AVS soit si possible <5 cm après une spondylodèse corrective, c'est-à-dire que C7 soit aligné avec S1

En présence d'une correction posturale adéquate, les mécanismes compensatoires réapparaissent aussi automatiquement. Cela est exprimé par une VP postopératoire de 20°. Dans le cas contraire, ces adaptations peuvent être extrêmement énergivores et provoquer des douleurs secondaires à la tension des muscles du dos et à la compression des nerfs.

Diverses techniques chirurgicales sont utilisées dans un large éventail de procédures correctives de fusion vertébrale en fonction du degré de correction requis pour DS (pour restaurer la lordose). Par conséquent, la nécessité d'une fusion vertébrale corrective doit toujours être rigoureusement évaluée. On distingue alors la chirurgie de raccourcissement au niveau de la structure postérieure pour fusionner le rachis et la chirurgie d'allongement au niveau de la structure antérieure pour favoriser la mobilité et la souplesse du rachis. Ainsi, des corrections importantes peuvent être obtenues avec des techniques plus ou moins complexes - avec un taux de complications accru. Les abordés antérieurs ou latéraux ainsi que les implants modernes tels que les cages protubérantes permettent de corriger le LL de manière moins invasive. (20)



Figure 102 : Images radiologiques mettant en évidence un déséquilibre sagittal



Figure 103 : Équilibre sagittal restitué après chirurgie.

4.2.1. Intervention mini-invasive (MIS TLIF) :

Le traitement chirurgical était de mise chez tous les patients de notre étude, par la méthode de fusion intersomatique par voie transforaminale mini-invasive.

Le but était avant tout d'éliminer ou réduire la symptomatologie douloureuse et le déficit neurologique.

Cette technique a été développée pour prendre en charge les pathologies vertébrales en limitant les lésions musculaires avec préservation de leur innervation et leur vascularisation, et en réduisant le saignement per opératoire et les infections post opératoires, ainsi que la taille des incisions cutanées (Annexe 2), pour permettre une récupération plus rapide.

4.2.1.1 Objectifs de la chirurgie mini-invasive du SPL :

Ils consistent à :

- Décompresser et libérer directement ou indirectement les racines nerveuses
- Réaligner le rachis lombaire, réduire le glissement et stabiliser le rachis (fusion et arthrodeuse)

- Remettre le complexe spino-pelvien en position d'équilibre
- Augmenter la hauteur intervertébrale et donc la surface du foramen intervertébral (annexe 6)

4.2.1.2 Les indications de l'intervention mini invasive :

Elles sont nombreuses :

- Discopathie dégénérative avec signes cliniques invalidants
- Spondylolisthésis inférieur au grade III de Meyerding
- Hernie discale
- Sténose rachidienne lombaire
- Déformations, infections, tumeurs du rachis...

4.2.1.3 Matériel technique nécessaire pour la MIS TLIF :

Il comporte essentiellement :

→ **Dispositif d'imagerie 3D : Système chirurgical O-Arm :**

Le système d'imagerie O-arm O2 est un système de radiographie mobile conçu pour la fluoroscopie 2D et l'imagerie 3D de patients adultes et pédiatriques pesant 27 kg ou plus et ayant une épaisseur abdominale supérieure à 16 cm. Ce système est compatible avec certains systèmes de chirurgie guidée par l'image.

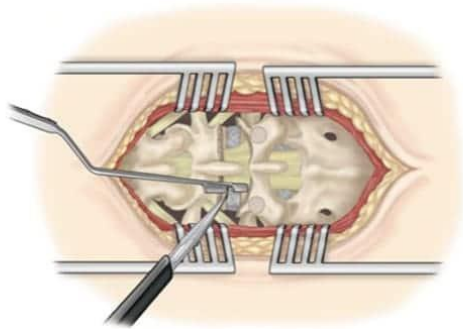


Figure 104 : Système d'imagerie O-arm

→ **Écarteurs :**

La TLIF mini-invasive, introduite par Foley pour la première fois, comporte comme matériel des dilateurs et des rétracteurs tubulaires pour l'accès à la colonne vertébrale. Cependant, deux modifications de la technique originale de TLIF mini-invasive sont notées.

- La TLIF mini-ouverte (oTLIF), introduite par Mummaneni, comprend des écarteurs tubulaires extensibles afin d'exposer la partie postéro-latérale du rachis, de visualiser directement les points d'entrée pédiculaires, et d'effectuer une facetectomie totale, l'ouverture de l'isthme vertébral et la décompression du canal rachidien. La cage est insérée par une racine transforaminale, sans aucune traction. Pour une instrumentation bilatérale, une approche controlatérale similaire est nécessaire.



oTLIF



pTLIF

Décrite par Sheufler, la TLIF percutanée (pTLIF) fait recours à des dilateurs tubulaires non extensibles pour une approche unilatérale du canal rachidien, avec insertion d'une cage intersomatique par une voie transforaminale. Généralement, les dilateurs du coté controlatérale sont placés par voie percutanée sous contrôle fluoroscopique, avec deux incisions séparées.

→ **Les cages :**

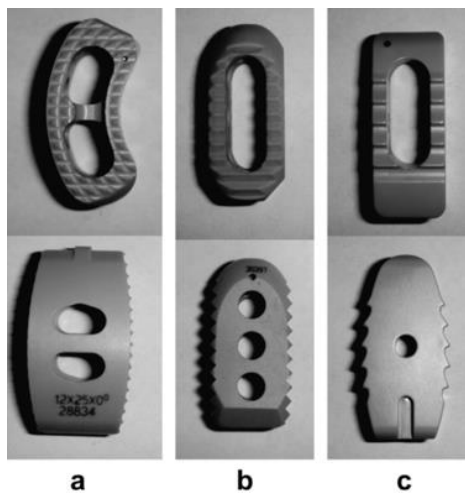
La cage constitue un élément essentiel dans le processus de fusion. Différents types de cages de fusion sont conçues dans le but de restaurer la hauteur discale et la lordose lombaire, d'améliorer la rigidité de la construction et de réduire l'échec de l'instrumentation postérieure.

Les cages TLIF peuvent partager une quantité significative de charge même avec la fixation postérieure . Le choix du matériel, le positionnement dans l'espace discal des cages TLIF ainsi que leur forme, peuvent conduire à des résultats cliniques variés car ils affectent la biomécanique du rachis en post-opératoire.

Les cages TLIF sont fabriquées à partir de différents matériaux, notamment le titane, l'allogreffe de corticale fémorale et le PEEK (polyétheréthercétone), parfois renforcé par des fibres de carbone.

Le PEEK reste le choix privilégié vu sa disponibilité illimitée, sa rigidité semblable à celles des os vertébraux et sa propriété radio transparente.

Diverses conceptions de cages sont utilisées dans les procédures TLIF pour simplifier l'implantation chirurgicale et améliorer les performances biomécaniques.



Parmi les types de cages utilisées en MIS-TLIF, on note :

(a) forme banane

(b) forme plate et droite

(c) forme biconvexe et droite.

La majorité des cages disponibles dans le commerce, telles que AVS (Stryker Spine), Vertestack Capstone et Crescent (Medtronic), Lumbar I/F et Leopard (DepuyAcromed), et TraXis (Spinal Concepts), ont soit une forme de banane, soit une forme droite. Ces cages sont souvent fabriquées en PEEK.

Les cages en forme de banane sont placées de préférence dans la partie antérieure de l'espace discal.

L'autre type populaire de cages TLIF est le modèle droit, parfois appelé cages PLIF, qui est plus facile à positionner que les cages en forme de banane.

Les résultats expérimentaux ont montré que la géométrie des cages, y compris la forme (banane ou droite), la longueur, le profil de surface (biconvexe ou plat), n'a pas affecté la stabilité de la structure lorsque les cages ont été utilisées conjointement avec une fixation postérieure. La migration des cages était minimale sous charge cyclique pour les cages biconvexes et plates.

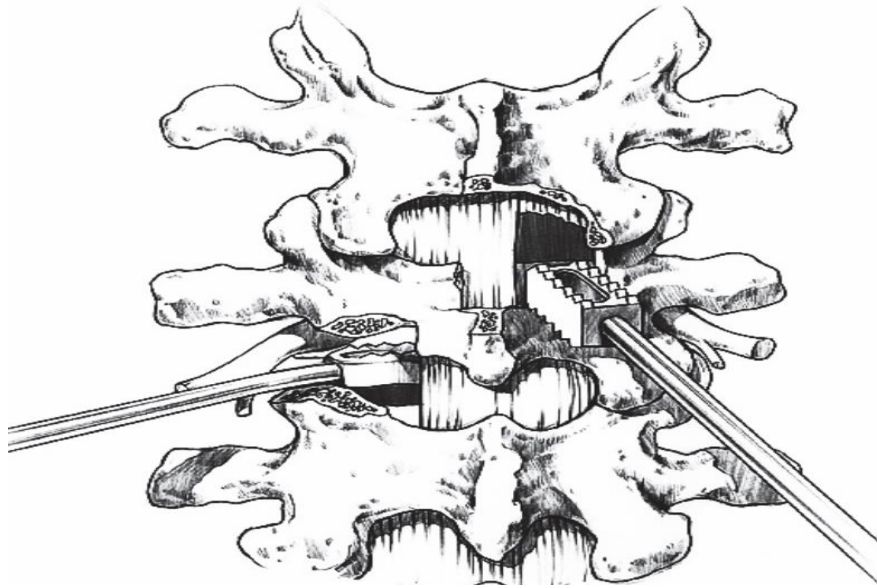


Figure 105 : Schématisation de l'abord du disque en PLIF (étage supérieur et à gauche) et en TLIF (étage inférieur et à droite).

En PLIF, une laminectomie est réalisée et le sac dural est abordé, contrôlé et récliné. La cage est droite. En TLIF, l'articulaire postérieure est réséquée et la cage est introduite latéralement, sous la racine (bien visible ici). La cage a une forme incurvée dite "banane".

Les progrès des technologies d'instrumentation et des techniques opératoires ont évolué pour maximiser les résultats cliniques ainsi que les résultats radiographiques.

Le couloir d'accès plus petit dans la MIS TLIF, cependant, peut introduire une contrainte de taille pour le dispositif intersomatique. Pour tenter de surmonter cette limitation, des dispositifs intersomatiques extensibles ont été développés. Ces derniers présentent une conception repliée qui permet le passage dans le couloir étroit d'une approche MIS, puis s'étendent in situ pour atteindre des dimensions finales plus importantes. Cet attribut unique est censé faciliter la fusion et améliorer la restauration de la hauteur du disque et de l'équilibre sagittal.

Les récentes avancées dans la conception des cages intersomatiques ont permis des progrès substantiels en matière de distraction discale, de correction de l'alignement sagittal, d'affaissement ou de migration de la cage et de taux de fusion. Parmi ces progrès, les cages expansibles sont apparues comme alternative intéressante aux cages statiques standards pour la chirurgie de fusion intersomatique lombaire. L'implantation d'une cage expansible présente

l'avantage de réduire l'inconfort des racines nerveuses et la compression des plaques terminales et d'améliorer la récupération de la courbure de la colonne vertébrale et de la hauteur discale.

Les données de la littérature ont montré que, par rapport aux cages statiques, l'utilisation de cages expansibles était liée à une restauration significative de la hauteur du disque. Bien que la comparaison avec les cages statiques n'ait pas atteint la valeur statistiquement significative, les cages expansibles ont montré de meilleurs résultats. (125)

En conclusion, la MIS TLIF avec un dispositif intersomatique expansible a entraîné une augmentation plus importante de la hauteur discale qu'avec un dispositif intersomatique statique, néanmoins cela ne s'est pas traduit par des résultats cliniques supérieurs. Par conséquent, les patients subissant un MIS TLIF peuvent s'attendre à des améliorations similaires, qu'ils reçoivent un dispositif statique ou extensible.

Toutefois, d'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre l'apport des dispositifs intersomatiques expansibles dans la prise en charge chirurgicale des pathologies rachidiennes. (121) (123)

(Annexe 7)

4.2.1.4 Approches de la MIS TLIF :

La fusion intersomatique lombaire transformationnelle mini-invasive (MIS TLIF) est utilisée pour la décompression, la fixation et la fusion du rachis.

Toutefois, pour éviter d'éventuelles complications chirurgicales, il est important de reconnaître les repères anatomiques de l'espace inter pédiculaire, appelé triangle de Kambin : Médial (racine traversante), latéral (racine sortante), et base (pédicule inférieur).

Cet espace a été également utilisé pour des injections de stéroïdes peu invasives, qui visent directement la racine nerveuse concernée.

Ce site d'accès au disque intervertébral a été utilisé également à pour les approches chirurgicales percutanées mini-invasives du disque intervertébral pour les discectomies et les fusions vertébrales.

Ce triangle anatomique a été considéré comme une zone sûre d'accès à l'espace discal et, par conséquent, comme une approche efficace pour réduire les complications, telles que la violation du sac thèque, les lésions de la racine nerveuse ou la déstabilisation des éléments osseux de la colonne. De plus, cet accès permet d'éviter les complications et la morbidité associées aux approches antérieures ou postérieures du même espace discal, et une réduction du temps opératoire. (90)

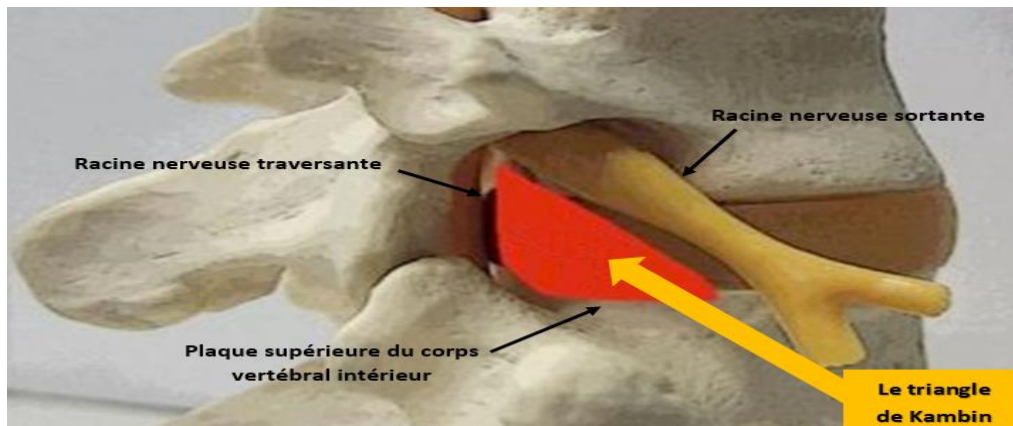


Figure 106 : Repères anatomiques pour la MIS TLIF : Triangle de Kambin

Il est à signaler que si l'approche est unilatérale, elle se fait du côté où la décompression est la plus nécessaire, mais si elle est bilatérale, elle commence du côté le plus symptomatique à travers lequel la cage sera introduite.

4.2.1.5 Étapes de l'intervention de la MIS TLIF :

Il existe plusieurs approches de la technique MIS TLIF, entre autres l'approche standard qui a été utilisée avec succès par de nombreux chirurgiens notamment au niveau de notre service. Elle se fait à travers ces étapes :

- Le patient est placé soit en décubitus ventral sur une table de salle d'opération de Jackson, soit en genu pectoral.

- **Décubitus ventral :**

Le patient est allongé sur la face antérieure du corps avec respect de l'alignement tête/cou/tronc.

La tête repose sur une têtère, avec un miroir placé en face afin de permettre la vérification et la surveillance des globes oculaires et la sonde d'intubation.



Têtère



Miroir

- **Genu pectoral :**

Il a les mêmes indications que le décubitus ventral, et essentiellement chez le sujet obese afin d'éviter la compression abdominale.

Cette position n'est pas utilisée chez nos patients.



Toutefois les risques existent pour toutes ces positions chirurgicales à des degrés divers et leur prévention repose sur :

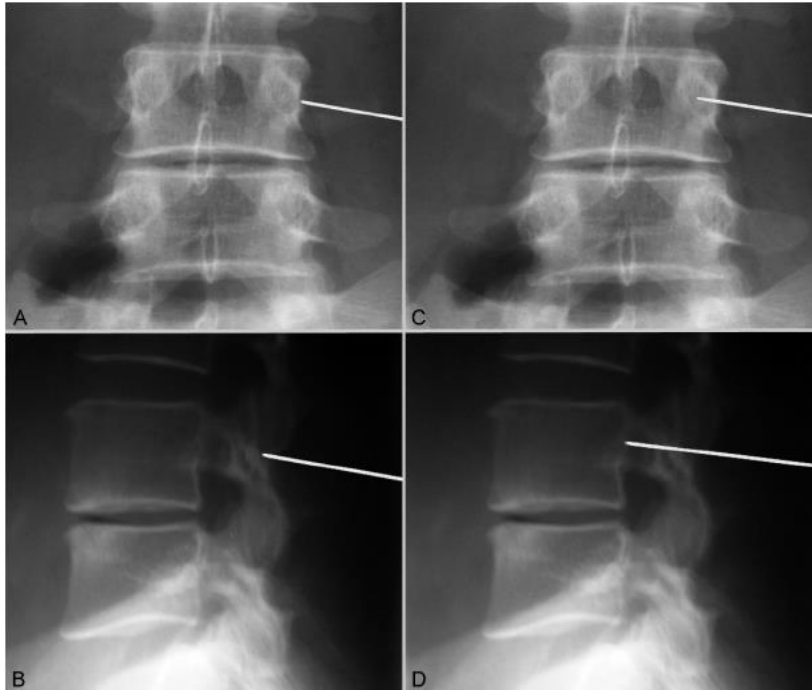
- La détection des terrains à risque ;
- La prévention des lésions oculaires liées à une compression ou un traumatisme direct par vérification itérative par l'aide et le médecin anesthésiste réanimateur pendant l'intervention de l'occlusion palpébrale et de l'absence de contrainte sur le globe oculaire.
- Chez le patient obèse, surveillance stricte des modifications posturales de la fonction respiratoire
- La prévention des lésions cutanéomuqueuses et musculaires par maintien de l'hémodynamique, la prévention de l'hypothermie, la limitation de la durée de l'installation dans une position à risque et l'utilisation de protection en gels viscoélastiques (GVE).
- L'installation en position de repos articulaire pour la prévention des algies articulaires, surtout chez le sujet âgé ou arthrosique.
- Néanmoins, la position genu pectoral est une position en cyphose qui ne permet pas d'effectuer la radiographie de face per opératoire.

- L'arceau chirurgical est placé le plus strictement perpendiculaire à l'axe rachidien et le moniteur à la tête du patient.



- Les deux pédicules de chaque vertèbre doivent être parallèles sur la vue latérale, ce qui permet une visualisation précise des niveaux opérés. (Annexe 3 : Images 1-2-3)
- L'emplacement de l'incision est ciblé sous fluoroscopie, et deux incisions cutanées paramédianes sont réalisées entre 3 et 4 cm latéralement à la ligne médiane (représentée par l'apophyse épineuse)

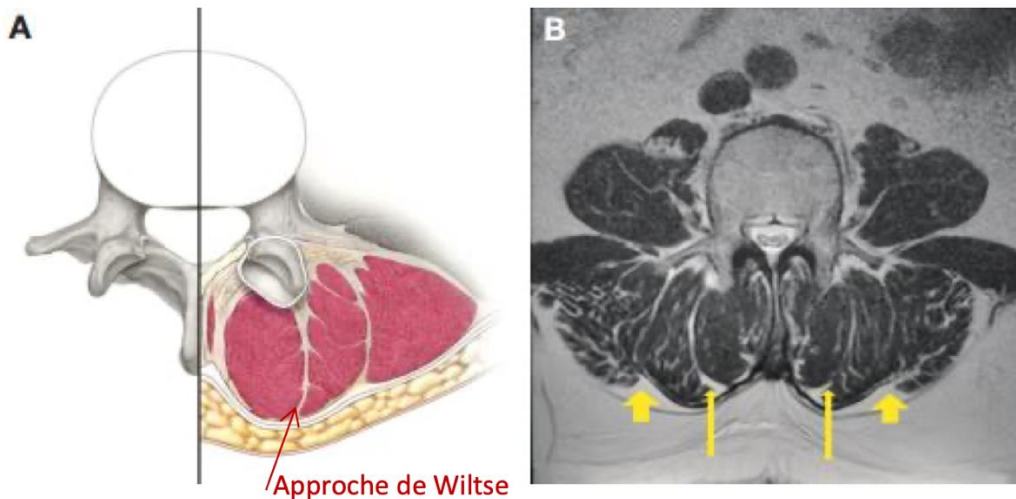
L'image ci-dessous illustre le contrôle à l'amplificateur de brillance du placement des broches.



A et B : placement initial de la broche au contact de l'os à la jonction transverse articulaire supérieure.

C et D : lorsque la broche atteint de profil la jonction pédiculo-corporeale, elle est au centre du pédicule de face.

- La peau et les tissus mous sont incisés et le fascia ouvert avec des ciseaux Mayo.
- Une incision nette de l'aponévrose permet une dissection digitale émoussée entre les muscles longissimus et multifidus, selon l'approche de Wiltse. Cela permet non seulement de minimiser les traumatismes des tissus musculaires, mais aussi de minimiser les saignements per opératoires



→ Accès à la vertèbre est trans-musculaire par une voie dite de Wiltse

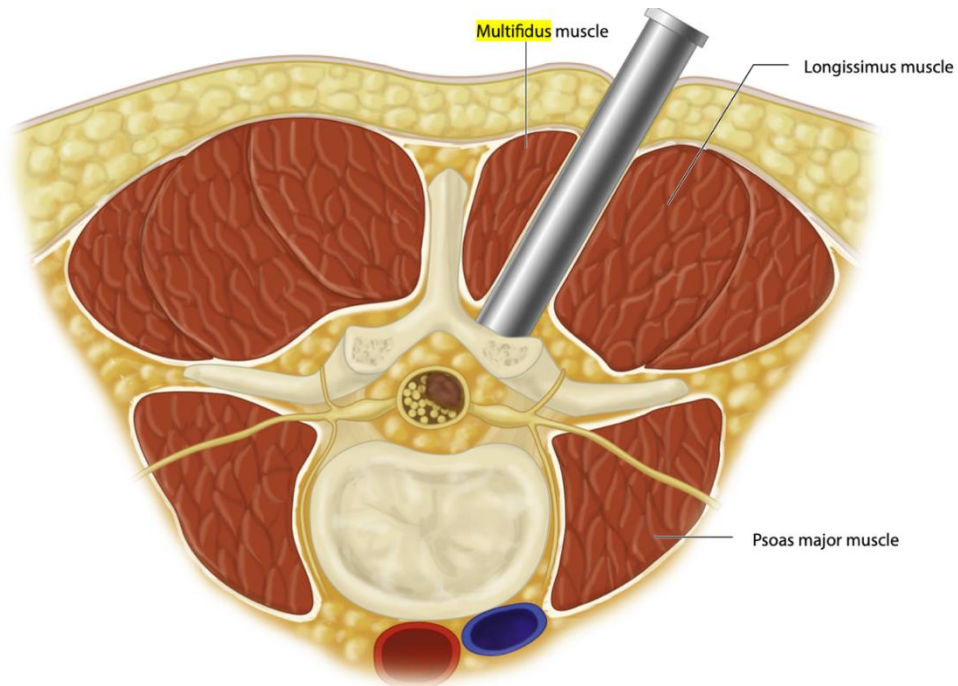


Figure 107 : Représentation schématique de l'approche de Wiltse à travers un plan de clivage entre les parties multifidus et longissimus pour les approches mini-invasives de la colonne vertébrale.

→ Mise en place de dilateurs séquentiels : un premier dilateur a un rôle crucial pour séparer les fibres musculaires et les détacher du complexe des articulations facettaires, de la partie latérale du lamina et de la partie médiale du processus transverse.

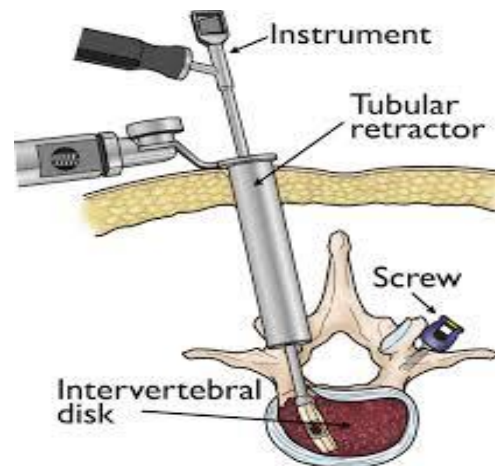
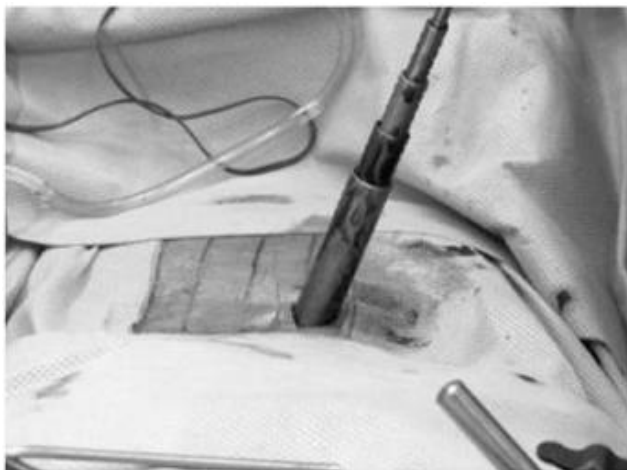


Figure 108 : Images montrant la mise en place du dilateur

- Un guide est introduit, sous contrôle fluoroscopique pour atteindre l'os afin de vérifier l'accès au point d'entrée des pédicules.
- Un contrôle radiographique est fait pour de vérifier que les pédicules sont atteints avant d'introduire les dilateurs finaux.

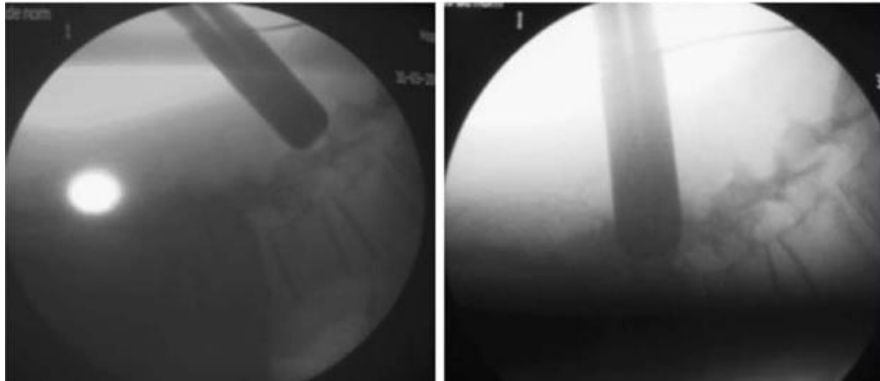


Figure 109 : Image montrant l'introduction du guide pour vérification de l'accès au point d'entrée du pédicule L3 (à gauche) et au point d'entrée du pédicule L5 (à droite) dans une TLIF mini-ouverte L3-L5.

- Ensuite, un écarteur tubulaire extensible est mis en place de manière inclinée médialement puis ouvert graduellement le long de l'axe rachidien, et enfin fermement fixé. Il est maintenu en place au cours de toute l'intervention. (Annexe 3 image 3)

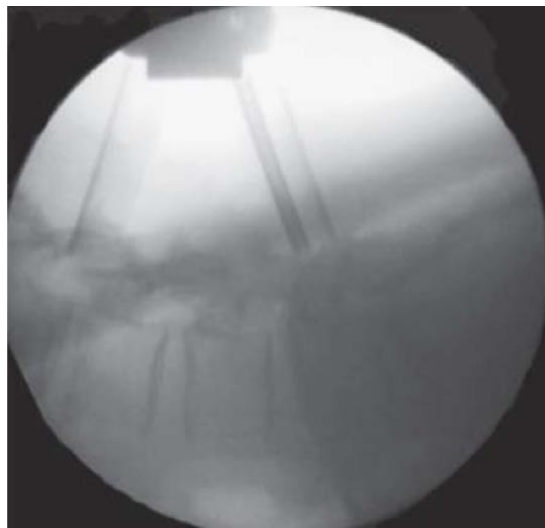


Figure 110 : Image d'un écarteur tubulaire extensible



Figure 111 : Image préopératoire montrant l'écarteur tubulaire en place dans un MIS-TLIF L3-L5.

L'accès idéal doit comprendre tous les pédicules concernés, les complexes articulaires des facettes, la région de l'isthme et l'angle entre le bord inférieur du processus transverse et la paroi latérale de la facette, qui constitue le repère pour le vis pédiculaire.

→ Accès à la colonne vertébrale par des instruments passant à travers cet écarteur tubulaire.

(Annexe 3 Images 5-6)

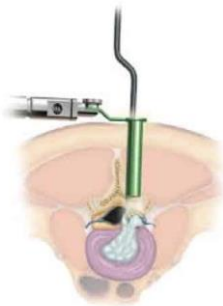


Figure 112 : Image montrant le passage des instruments à travers l'écarteur

- Les vis et les tiges nécessaires pour la fusion sont introduits à travers cet écarteur, guidé par fluoroscopie.
- Les points d'entrée du pédicule sont décortiqués avec des rongeurs avant le taraudage.

- Une fois que le chirurgien a confirmé l'emplacement de l'isthme interarticulaire et du pédicule inférieur, un ostéotome d'un quart de pouce ou une fraise à grande vitesse est utilisé pour enlever l'articulation de la facette.

Une facetectomie partielle ou complète peut être réalisée, avec un retrait osseux plus important pour les cas de compression médiale plus importante.

- Après l'ablation de la facette, la face latérale du ligament jaune est visualisée. Celui-ci est réséqué jusqu'à ce que le sac thèque latéral soit visible. On se retrouve ainsi dans l'espace discal.

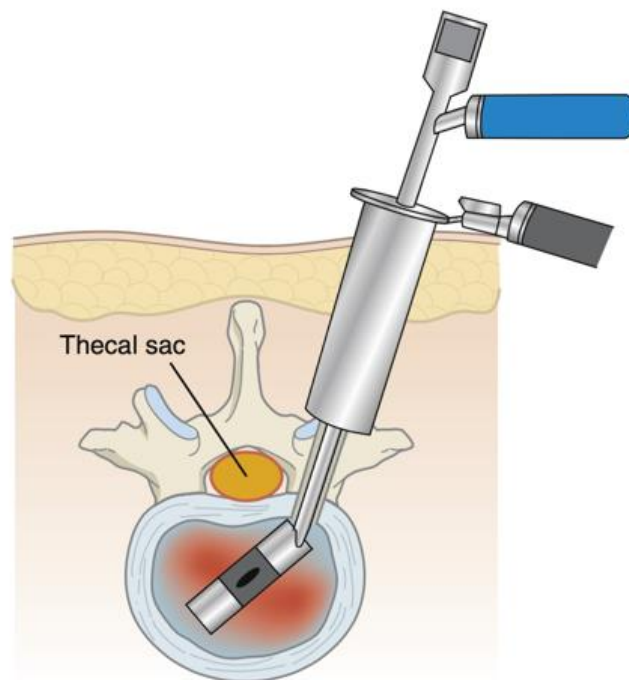


Figure 113 : Image axiale schématique de la fusion transforaminale lombaire mini-invasive. Après résection de la facette articulaire ipsilatérale, l'espace discal est pénétré sans rétraction du sac thécal.

Il faut faire attention de ne pas percer le pédicule, et d'éviter l'utilisation de perceuse pour réduire le risque de fuite durale et pour conserver l'os de la décompression afin de l'utiliser pour la greffe.

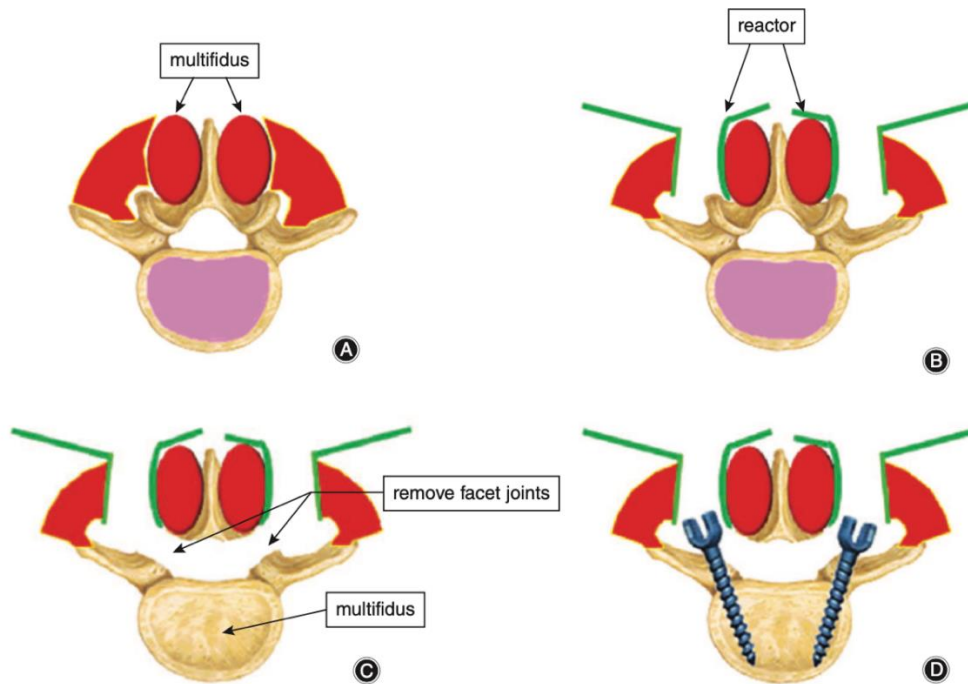


Figure 114 : Représentation schématique de la procédure opératoire par l'approche de Wiltse.

(A) Incision du fascia thoraco-lombaire du côté du multifidus et du longissimus. (B) Placement de l'écarteur entre le muscle multifidus et le muscle longissimus. (C) Les articulations facettaires et les lamelles sont retirées pour révéler le disque intervertébral. (D) Fixation de la tige et des vis.

- Des curettes sont utilisées pour préparer les plaques d'extrémité pour la fusion intersomatique avec la mise en place d'une cage pour préserver ou augmenter la hauteur foraminale.
- Une décompression supplémentaire peut être effectuée selon les besoins, avec l'ablation du ligament jaune ipsilatéral. Le meilleur moyen d'y parvenir est d'incliner les rétracteurs plus médialement. Alternativement, une décompression bilatérale peut être accomplie par des rétracteurs doubles placés de chaque côté.
- Après une discectomie complète, de l'os autologue est prélevé sur les structures osseuses locales réséquées, et placé dans le tiers antérieur de l'espace discal.
- Une cage intersomatique remplie de greffon osseux autogène, est insérée obliquement dans l'espace discal. La cage est introduite selon un plan sagittal ; ensuite, elle subit une rotation dans l'espace intersomatique de manière à être disposée dans le plan transversal comme illustré dans l'image suivante.

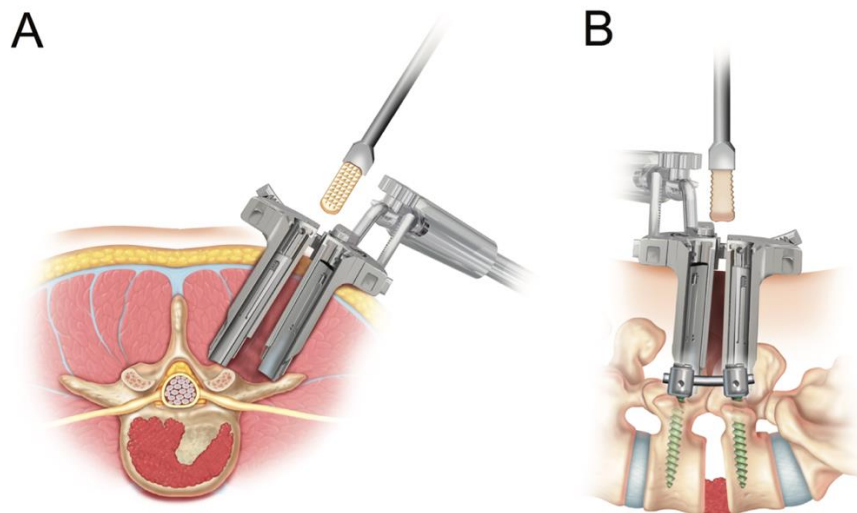
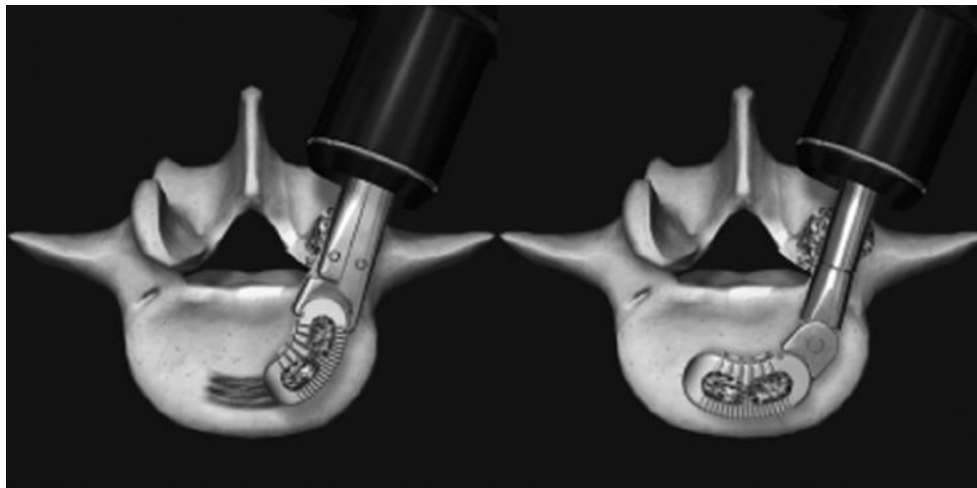


Figure 115 : Illustrations (vues axiale et latérale) montrant la mise en place de la cage intersomatique à travers le tube extensible.



- À la fin de l'intervention, l'écarteur tubulaire est retiré et les muscles reprennent leur position initiale.
- La mise en place de vis pédiculaire supplémentaire peut alors être réalisée soit en utilisant une technique mini-ouverte (à travers l'écarteur avec visualisation) soit par voie percutanée avant ou après la décompression. (Annexe 3 image 8 et annexe 4) (94)

L'instrumentation dynamique trans pédiculaire fournit un support suffisant pour stabiliser la déformation en translation. (Annexe 5)



Figure 116 : Image finale d'une arthrodèse mini-invasive L4-L5 avec mise en place de vis, de barres de jonction et de tiges

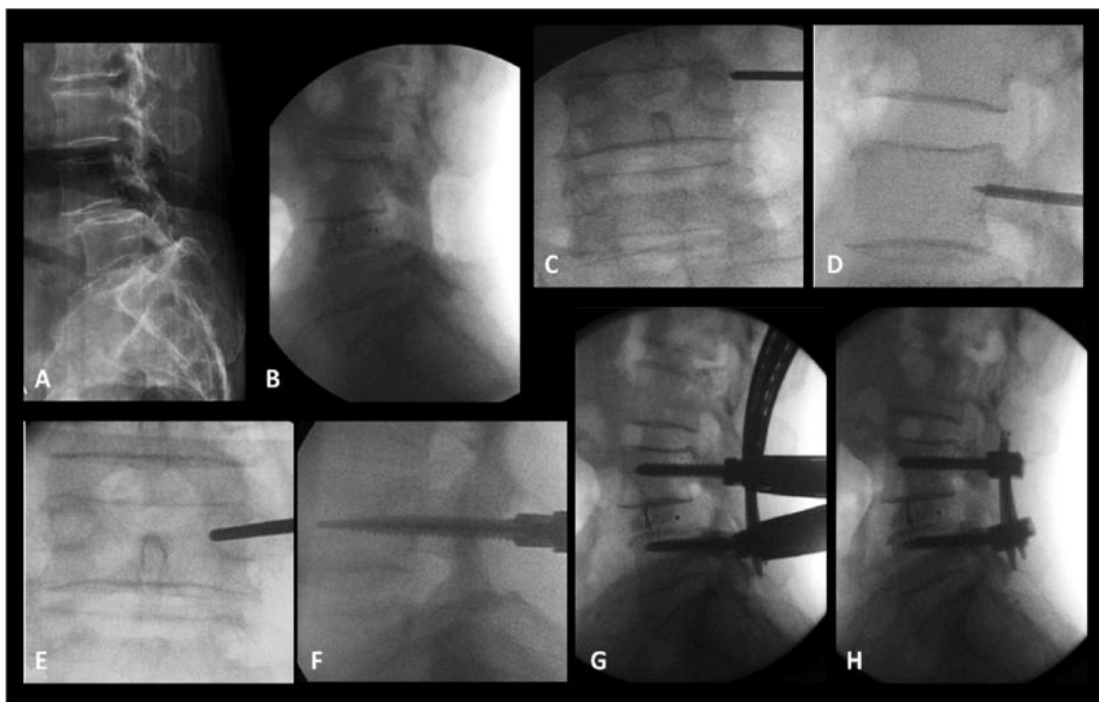


Figure 117 : Images radiologiques des étapes de la chirurgie mini-invasive du spondylolisthésis.

- A. La radiographie préopératoire montre un glissement antérieur de L4 par rapport aux vertèbres L5.
- B. Une décompression et une fusion intervertébrale lombaire postérieure ont été effectuées. La hauteur du disque intervertébral est restaurée avec une certaine réduction du degré de glissement.
- C. Point d'insertion de l'aiguille au bord latéral de la projection de l'axe du pédicule sur la vue antéropostérieure réelle.
- D. L'aiguille doit être avancée parallèlement à l'axe du pédicule jusqu'à ce qu'elle atteigne le bord postérieur du corps vertébral sur la vue latérale.

E. L'image confirme le placement de la pointe de l'aiguille sur le bord médial du pédicule.

F. Insertion de la vis à travers le fil guide.

G. Insertion de la tige.

H. La réduction complète du glissement est obtenue après distraction et/ou compression et serrage final de la vis.

4.2.1.6 Paramètres de succès de la chirurgie :

Qualité de fusion :

- Mobilité $< 5^\circ$ du niveau fusionné aux clichés dyn
- Lordose rétablie $> 3^\circ$ au niveau fusion
- Absence de reprise chirurgicale

Qualité de décompression nerveuse :

- Hauteur discale post-opératoire
- Hauteur du foramen intervertébral controlatéral au TLIF
- Appréciation par mesure subjective de la largeur du canal en post-op

4.2.1.7 Complications :

Parmi les complications possibles de l'intervention, on cite :

- Les fuites de liquide céphalo-rachidien (LCR) qui sont rares car l'exposition durale est limitée aux zones qui doivent être directement décompressées. Cependant, lorsqu'elle se produit, la réparation de la dure-mère peut être difficile. Certains chirurgiens ont préconisé de laisser la durotomie non réparée et d'appliquer localement une éponge de collagène.
- Une décompression neurale incomplète, plus problématique qu'en chirurgie ouverte, étant donné le petit couloir de travail. Il faut bien visualiser les points de repère essentiels pour s'assurer que toute compression est traitée de manière adéquate. Les points de repère essentiels comprennent le pédicule caudal, l'isthme interarticulaire et le ligament jaune.
- Le mauvais positionnement des vis qui est le plus souvent le résultat d'une mauvaise technique de ciblage.

- La pseudarthrose qui peut être minimisée mais jamais totalement prévenue. Une préparation adéquate de l'extrémité, le dimensionnement de la cage et l'utilisation d'adjuvants ostéo biologiques limiteront cette complication. De plus, une attention particulière à la nutrition post opératoire, l'attelle et la stimulation osseuse électrique externe sont utiles.

4.2.1.8 Études comparatives entre la chirurgie mini-invasive (Mis TLIF) et la chirurgie conventionnelle :

- WANG et al (95) en 2010 ont souligné des avantages pour la technique peu invasive en ce qui concerne la douleur postopératoire et le séjour à l'hôpital ;
- GOLDSTEIN et al (96) soulignent que la technique peu invasive présente moins de douleurs postopératoires, moins de perte de sang ainsi qu'une réduction de la durée d'hospitalisation et du risque infectieux postopératoire. (97)

4.2.2. Autres techniques chirurgicales :

D'autres techniques chirurgicales peuvent être réalisées mais n'ont pas concerné les patients retenus dans notre étude.

4.2.2.1 PLIF : L'arthrodèse intersomatique par voie postérieure :

L'approche PLIF nécessite une incision de 4 à 6 pouces au centre du dos pour accéder à un ou deux niveaux. (Image1)

Une fixation postérieure initiale est utilisée pour écarter l'espace intervertébral. (Image2)

Cette technique permet d'enlever les processus vertébraux ainsi que les articulations facettaires, les nerfs sont rétractés pour permettre l'accès au disque. (Image 3-4) (98)

Pour accéder à la colonne postérieure du corps vertébral, il est possible d'utiliser soit une approche ouverte de la ligne médiane avec dissection de la bande musculaire bilatérale, soit une approche micro invasive de séparation. Une fois que l'apophyse épineuse et les lamelles aux niveaux appropriés sont identifiées (L1-S1), une laminotomie peut être réalisée en dedans de la facette et la dure-mère rétractée pour créer un couloir vers l'espace discal. (Images5-6)

Les plaques terminales et l'espace discal peuvent alors être préparés pour permettre l'insertion

de l'implant.

Cet implant biocompatible est rempli de greffon osseux et placé dans l'espace discal. (Image7)

Le greffon osseux distal peut être placé autour de l'implant pour augmenter la surface de fusion. (Image8)

L'implant maintient l'espacement des vertèbres pendant que la fusion a lieu. (Image9)

Une fois la fusion terminée et la masse osseuse solide formée, les deux vertèbres sont réunies. (Image10)

L'approche postérieure peut être adaptée aux indications dégénératives nécessitant une procédure de fusion. Certains patients présentant une instabilité segmentaire, une hernie discale récurrente, une sténose rachidienne symptomatique et une pseudarthrose peuvent également bénéficier d'une procédure PLIF. Les contre-indications à la chirurgie de fusion postérieure comprennent les cicatrices épidurales étendues, l'arachnoïdite et l'infection active. (98)

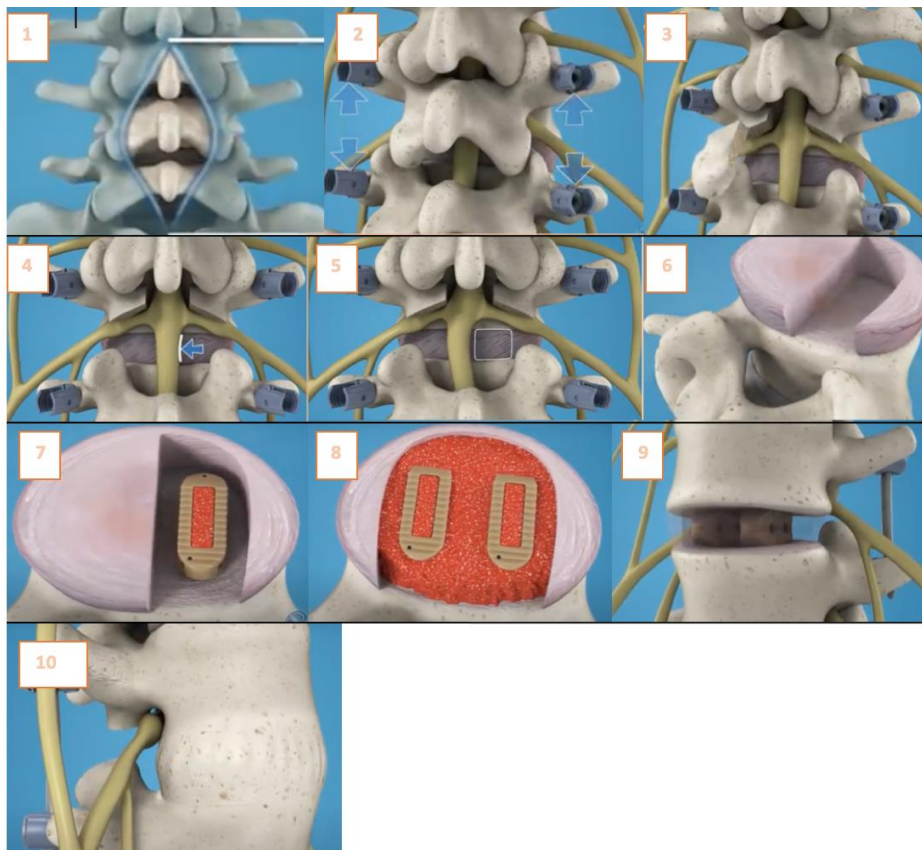


Figure 118 : Étapes de la PLIF

4.2.2.2 OLIF : L'arthrodèse intersomatique par voie oblique

L'OLIF ne nécessite pas de chirurgie postérieure, de laminectomie, de facetectomie. La technique OLIF ne dissèque pas ne traverse pas le muscle psoas.

Le patient est positionné latéralement, sur le côté gauche ou droit, selon la facilité d'accès et la préférence du chirurgien.

Une incision latérale et paramédiane est réalisée en fonction de la position et de l'angulation du disque.

Les indications de cette technique comprennent toutes les lésions dégénératives. Comme la LLIF, l'approche OLIF est excellente pour la correction des déformations, en particulier la scoliose dégénérative lombaire avec latérolisthésis. Elle est contre-indiquée chez les patients présentant une sténose grave du canal central et un spondylolisthésis de haut grade.

L'OLIF permet une correction de la déformation, la fusion avec le dégagement complet de l'espace discal.

Les lésions du plexus lombaire et du psoas sont peu probables car la dissection est effectuée en avant du psoas. Cependant, les risques potentiels liés à la chirurgie OLIF consistent à un dysfonctionnement sympathique et des lésions vasculaires (99).

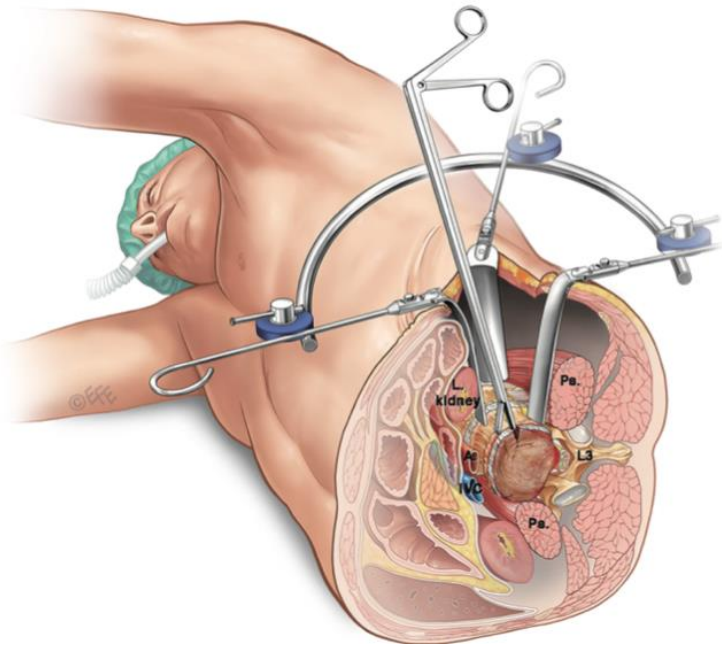


Figure 119 : Fusion intersomatique lombaire oblique/antérieure au psoas (OLIF/ATP).

Position latérale pour l'exposition du disque en avant du psoas. L'exposition peut être étendue par une rétraction postérieure du psoas pour élargir le couloir.

4.2.2.3 ALIF : L'arthrodèse intersomatique par voie antérieure

ALIF a été initiée en 1932 par CAPNER pour le traitement chirurgical des spondylolisthésis.

Elle est réalisée en position couchée du patient avec un coussin dorsal gonflé pour augmenter la lordose lombaire.

Il y'a plusieurs types d'incisions (transversale, médiane, paramédiane) qui sont utilisées en fonction du niveau touché.

L'approche rétro péritonéale dans l'ALIF permet un bon accès à la colonne antérieure et, par conséquent, une meilleure correction de la déformation.

L'ALIF vise la décompression nerveuse directement, ou indirectement, en restaurant la hauteur du disque.

L'insertion des implants ou le succès de la fusion dépendent de différents facteurs, notamment l'ablation complète du disque et de l'ablation du ligament longitudinal postérieur.

La fusion réalisée dans le cadre de l'ALIF est plus favorable par rapport aux approches postérieures grâce à l'accès important à l'espace intervertébral qui permet des implantations plus grandes.

Les taux de fusion globaux pour l'ALIF de > 88% selon les données de la littérature. (100)

Toutefois, la manipulation des structures neurovasculaires et des viscères abdominaux entraîne une morbidité importante liée à l'approche.

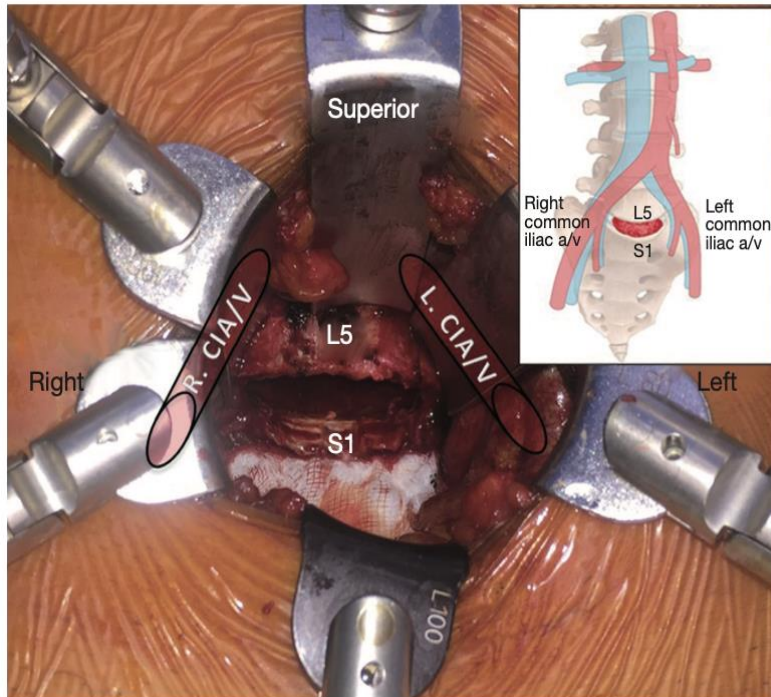


Figure 120 : Fusion intersomatique lombaire antérieure L5/S1 (ALIF).

L'accès large à l'espace discal L5/S1 permettant une bonne visualisation qui facilite le dégagement de l'espace discal et l'insertion d'un dispositif intersomatique lordotique à grande empreinte et ainsi la restauration de la hauteur discale.

4.2.2.4 LLIF/XLIF ou fusion intersomatique latérale/extrême

La technique LLIF (XLIF) a été décrite par Ozgur et al. en 2006. Elle consiste à accéder à l'espace discal par un couloir latéral rétro-péritonéal, transpsoas.

L'approche LLIF convient à toutes les indications dégénératives. C'est une excellente option pour la correction des déformations sagittales et coronales, en particulier pour la scoliose dégénérative lombaire avec latérolisthésis. Cependant, cette technique n'est pas adaptée au niveau L5/S1, en raison de la localisation de la crête iliaque qui obstrue l'accès latéral et ne convient pas aux spondylolisthésis de haut grade. L'approche latérale ne convient pas non plus aux patients ayant déjà subi une chirurgie rétro-péritonéale ou présentant un abcès rétro-péritonéal, ainsi qu'aux patients présentant une anatomie vasculaire anormale.

La LLIF permet une correction de la déformation avec des taux de fusion élevés et un dégagement complet de l'espace discal. Néanmoins, ses inconvénients comprennent les risques

potentiels de lésion du plexus lombaire, du muscle psoas et de l'intestin, en particulier au niveau L4/L5. Les lésions vasculaires, si elles se produisent, peuvent être difficiles à contrôler et représentent un autre risque de l'approche trans psoas latérale. (98)

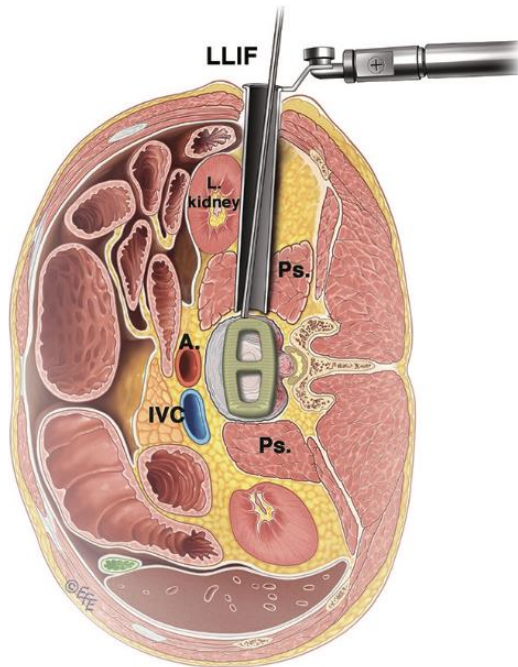


Figure 121 : Fusion intersomatique lombaire latérale (LLIF).

Le couloir trans psoas est utilisé pour accéder à l'espace discal par une approche rétro-péritonéale réalisée chez un patient en décubitus latéral.

4.2.2.5 TLIF : la fusion intervertébrale lombaire transforaminale.

La fusion intervertébrale lombaire trans foraminale (TLIF) réalisée pour la première fois au début des années 1980 en tant qu'alternative aux procédures postérieures. En effet, son intérêt consiste à la diminution du risque de lésions nerveuses et dures grâce à l'accès à l'espace intervertébral par une approche plus latérale.

Habituellement, la TLIF est unilatérale, préservant les facettes articulaires et les processus transversaux controlatéraux qui peuvent être utilisés comme surface d'arthrodèse postéro latérale. (101)

Une petite incision est appliquée de manière peu invasive par une porte de 1 pouce, exposant les éléments lombaires postérieurs, y compris les articulations facettaires. (Image 1)

L'approche traditionnelle TLIF nécessite l'ablation de l'articulation facettaire pour accéder à la colonne vertébrale. (Image 2-3)

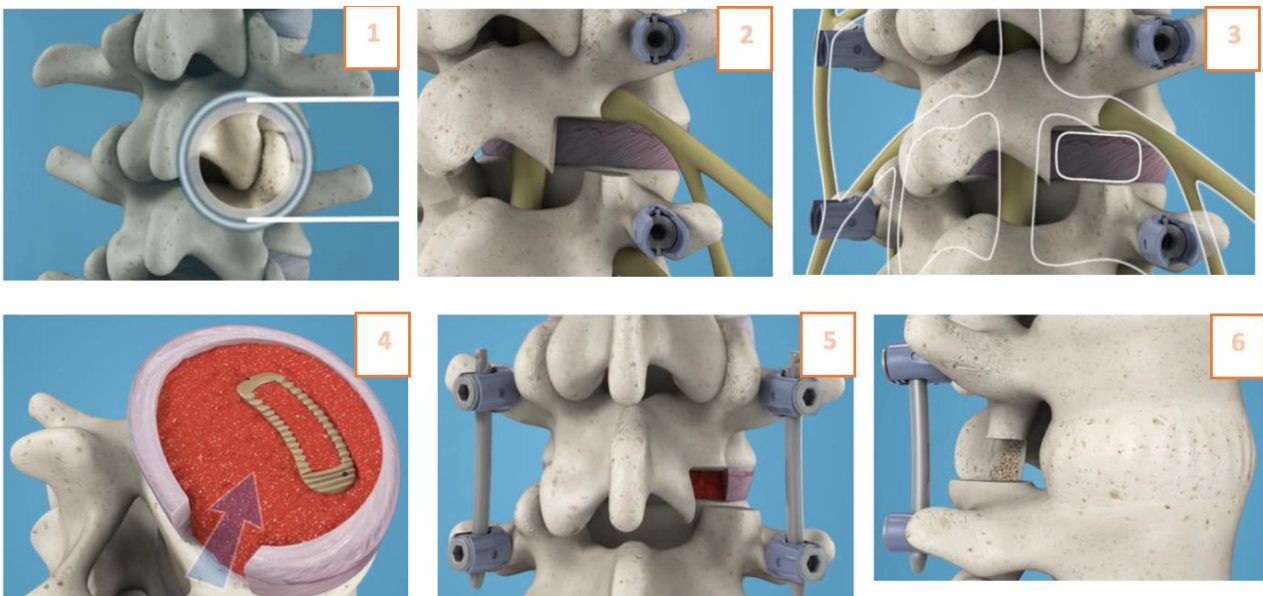
Une fois le disque est préparé à la fusion, un implant en polymère biocompatible est rempli de greffon osseux, est placé dans l'espace discal sans manipulation de la moelle spinale. (Image 4)

Un greffon osseux supplémentaire peut être placé autour de l'implant afin d'augmenter la surface de fusion. (Image 4)

Des vis pédiculaires ou des vis à facettes sont appliqués pour servir de fixation postérieure. (Image 5)

L'implant maintient l'espacement des vertèbres pendant que la fusion a lieu.

Quand le processus de fusion est achevé une masse osseuse solide se forme, et ainsi les deux vertèbres sont désormais soudées. (Image 6).



Kwon et al (102) ont montré que la TLIF peut remédier de manière significative à l'antélisthesis et restaurer la hauteur discale.

Quant à Lauber et al (103), ils ont montré que cette approche permet une amélioration significative de l'indice d'invalidité d'Oswestry, et un taux de fusion de près de 95 %.

Toutefois, l'avenue des techniques mini-invasives de fusion inter somatique lombaire transforaminale (MIS TLIF), a permis, selon plusieurs études, une morbidité moindre, des durées d'hospitalisation plus courtes et un taux de reprise moindre. (104)

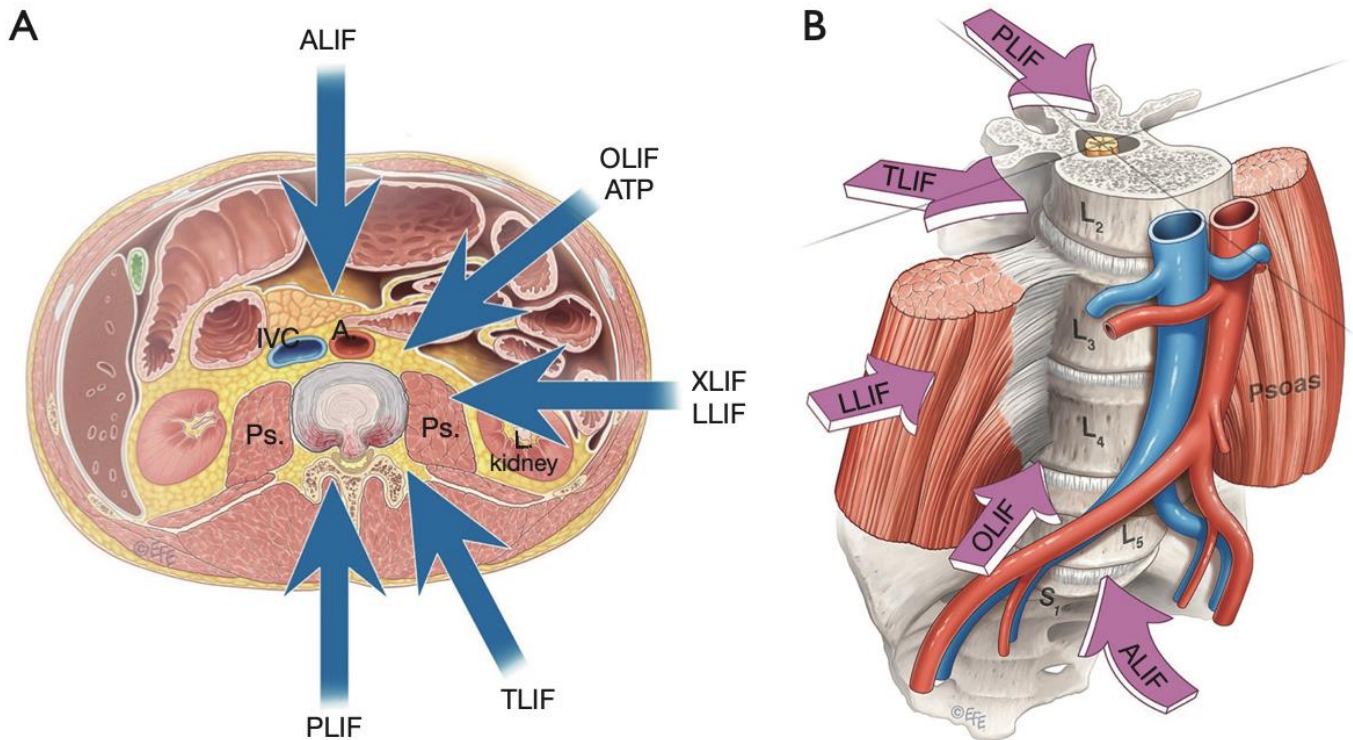


Figure 122 : Les abords chirurgicaux selon les différentes techniques de fusion intersomatique

Cinq approches principales de fusion intersomatique : antérieure (ALIF), fusion intersomatique lombaire oblique/antérieur au psoas (OLIF/ATP), transforaminale (TLIF ou MI-TLIF) et postérieure (PLIF), latérale ou extrême latérale (LLIF ou XLIF) ;

Il est à préciser que la réduction complète du glissement ne doit pas constituer l'objectif principal de la prise en charge mais que ce dernier consiste à la restauration de la lordose segmentaire adaptée au morphotype. (17)

5. Aspects évolutifs post-opératoires du spondylolisthésis :

5.1. Évolution à court terme :

Les complications postopératoires constatées chez nos patients consistent exclusivement à des douleurs résiduelles postopératoires chez 38.5%. Elles se sont améliorées à moyen terme.

La comparaison des différentes complications après une chirurgie de MIS TLIF comme réalisé chez nos patients et ceux de Tamburrelli (105) montre qu'il y'a moins de complications par rapport aux autres techniques, ce souligne l'intérêt de la MIS-TLIF en matière de prise en charge de spondylolisthésis.

Tableau 26 : Tableau comparatif des complications liées aux techniques chirurgicales de SPL selon les études :

Étude	Technique	Complications			
		Douleurs	Infections	Transfusion	Autres
KIRBY (77)	PLIF	10.4%	6%		Fuite de LCR (1.4%) Pseudarthrose (0.7%)
OIKONOMIDIS (106)	PLIF/TLIF		9.6%	4.8%	Chirurgie de révision pour déplacement de vis (1.6%)
TURCOTTE (107)		9.5%	1.5%	8.9%	Embolie pulmonaire (0.7%) TVP (1.2%)
PUI YIN Cheung (108)		29,8%			Instabilité radiologique (7.8%)
P. VER (109)		20%			Déficit neurologique (24.8%)
URQUHART (79)		15.9%	10.3%		Fuite de LCR (4.6%)
TAMBURELLI (105)	MIS-TLIF	14.22%	0%	0%	0%
Notre étude	MIS-TLIF	38.5%	0%	0%	0%

En comparaison avec les autres techniques chirurgicales, on note que les complications postopératoires des différentes techniques sont variables :

- Douleurs résiduelles
- Infection du site opératoire
- Complications neurologiques : essentiellement des troubles sensitifs ou moteurs liés aux compressions nerveuses.
- Fuite de LCR
- Déplacement de matériel d'ostéosynthèse.
- Risque d'hématome compressif : rare. (Douleurs importantes et un déficit neurologique précoce). Une reprise chirurgicale rapide est nécessaire.

5.2. Évolution à moyen et à long terme :

5.2.1. Évolution clinique :

Sur le plan clinique 58% de nos patients ont une très bonne évolution, 23% une bonne évolution, 4% une évolution moyenne et non renseignée chez 15%.

La récupération neurologique était de mise chez tous nos patients ayant présenté un déficit neurologique auparavant.

Ces résultats sont proches de ceux des auteurs suivants :

Tableau 27 : Tableau montrant l'évolution selon les études :

Étude	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise
IBA BA et AL (68)	62,5%	31,2%	27,4%	6,25%
BOUCHAOUCH et al (110)		86,4 %		
AZOUZZ (111)	80%	16%	4%	
BOUNNIT (56)	28%	61%	11%	
Notre étude	58%	23%	4%	

Toutefois, le devenir lointain de nos patients demeure méconnu, vu leur absence aux consultations externes pour éventuels suivi et contrôle.

5.2.2. Évolution radiologique :

5.2.2.1 Restauration de la lordose lombaire

Le pourcentage de restauration de la lordose lombaire moyen chez les patients retenus dans notre étude est de 65% allant de 6.6% à 100%.

Ce résultat est proche des données des autres études ci jointes.

Tableau 28 : Tableau montrant la restauration de la lordose lombaire moyenne selon les études :

Étude	Restauration de la lordose lombaire moyenne exprimée en %
OMIDI-KASHANI (86)	52,2%
ROY-CAMILLE (62)	36%
INAMDAR (112)	48%
BOUNNIT (56)	62%
Notre étude	65%

Au vu des résultats fonctionnels observés en comparaison avec les données de la littérature nous pouvons admettre que l'évolution radiologique est semblable.

5.2.2.2 Restauration de la hauteur intervertébrale :

Les techniques mini-invasives (MIS) pour les procédures de fusion intersomatique, telles que la MIS TLIF, ont apporté plusieurs avantages par rapport aux approches extensibles. Ces avantages comprennent une diminution des pertes sanguines per-opératoires, une réduction de la durée du séjour du patient, une réduction de la consommation d'opioïdes postopératoires et une meilleure rentabilité. Elles ont aussi eu un impact positif sur plusieurs paramètres radiographiques, permettant ainsi de meilleurs résultats cliniques. (120)

Dans notre étude, l'appréciation exacte sur l'imagerie disponible dans les dossiers exploitables n'a pas permis de mesurer la hauteur intervertébrale en préopératoire et en post opératoire de manière exacte. Cette difficulté est liée au fait que la morphologie du foramen était difficile à

apprécier sur les radiographies simples d'une part ; et la perte des clichés $\frac{3}{4}$ d'une autre part. Même sur la TDM, les reconstructions sagittales n'ont pas été centrées sur le foramen pour l'apprécier avec exactitude néanmoins, on a pu juger subjectivement une restauration de la hauteur intervertébrale en post opératoire par rapport aux clichés préopératoires.

En effet, des études récentes ont évalué les effets de la MIS-TLIF sur la restauration de la hauteur du disque, et elles ont montré une amélioration de la hauteur discale après chirurgie, comme illustré dans le tableau ci-joint.

Tableau 29 : Tableau montrant la restauration de la hauteur intervertébrale selon les études :

Auteurs	Hauteur intervertébrale moyenne en préopératoire en mm	Hauteur intervertébrale moyenne en post-opératoire en mm	% Gain moyen en hauteur intervertébrale en mm
KHECHEN (120)	9.0 ± 1.9	11.2 ± 1.8	24.4%
HAWASLI (121)	8.9 ± 3.6 cm	11.5 ± 2.6	29.9%
KIM (122)	9.55	12.1	30.8%

5.2.2.3 IRM post opératoire :

Tsutsumimoto et al. ont constaté selon les résultats de l'IRM post opératoires, que l'augmentation de l'atrophie du muscle multifidus est liée au rapprochement de dissection musculaire à l'articulation.

D'autres études également montrent que l'atrophie et la fibrose du dit muscle est très important en post opératoire ; néanmoins elles restent faibles pour les cas opérés selon l'approche de Wiltse, qui s'avère plus favorable par rapport aux autres méthodes. (119)

Malheureusement, ceci n'a pas pu être vérifié dans le cas de notre étude, vu les contraintes de perte de données et la difficulté de suivi chez nos patients.

6. Durée moyenne de séjour des patients :

Il est à signaler que la durée moyenne de séjour de nos patients est de 19.7 jours, ce qui montre un écart important avec les données des autres études présentées dans le tableau suivant, qui montrent que la durée moyenne de séjour est d'une semaine en moyenne.

Dans notre cas, cet écart peut être expliqué par le fait que la majorité de nos patients ont une durée d'hospitalisation préopératoire élevée. Ceci est dû essentiellement au retard de la réalisation des examens complémentaires nécessaires en préopératoire pour la réalisation de l'intervention, notamment les explorations radiologiques (TDM, IRM...).

Tableau 30 : Tableau montrant la durée moyenne de séjour selon les études :

Étude	Durée moyenne de séjour (jours)
OIKONOMIDIS (106)	15.7
VIDON-BUTHION (114)	6
KAO-CHANG TU (113)	6
BOUNNIT (56)	8
BENALLEL (59)	8
Notre étude	19.7

La consultation externe de neurochirurgie est tout aussi importante pour assurer un suivi régulier mais le nombre important de perdus de vue fait que l'évolution à long terme ne peut être réellement appréciée.

CONCLUSION

Notre étude a permis de monter l'intérêt important de la chirurgie mini-invasive du spondylolisthésis réalisé par des praticiens bien entraînés.

La prise en charge débute toujours par une prise en charge médicale et orthopédique, mais en fonction de l'évolution de la maladie, on a souvent recours au traitement chirurgical. L'indication de chirurgie est posée en cas d'échec du traitement médicale et orthopédique ou de la persistance voire l'aggravation de la symptomatologie.

La chirurgie mini-invasive répond concrètement aux objectifs requis, notamment la diminution du risque hémorragique, de l'infection, de la préservation de la musculature et de la reprise postopératoire rapide.

Ainsi, cette technique présente plus d'avantages par rapport aux autres techniques, et doit être privilégiée dans le traitement chirurgical du spondylolisthésis.

Recommandations

Au terme de ce travail nous proposons quelques recommandations qui visent particulièrement l'amélioration de la prise en charge et la prévention du spondylolisthésis lombaire. Ces recommandations nécessitent l'implication de plusieurs secteurs administratifs, notamment :

LE MINISTERE DE LA SANTE

- Renforcement des moyens de transport des patients (ambulances...) et équipement des centres hospitaliers en matériel orthopédique, neurochirurgical et radiologique.
- Renforcement la formation des kinésithérapeutes, pour une meilleure prise en charge du spondylolisthésis.
- Formation et recrutement des médecins spécialistes, particulièrement en neurochirurgie, en traumatologie, en et en kinésithérapie.

LE MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES TRANSPORTS

- Organisation régulière de campagnes de sensibilisation sur les risques liés aux accidents de circulation.
- Contrôle régulier des conducteurs sur le respect du code de la route.
- Mettre davantage de panneaux de signalisation pour la prévention des accidents de la voie publique.

AU MINISTERE DE LA JEUNESSE ET SPORTS

- Promouvoir les activités sportives pour la population
- Motiver tous les sportifs à consulter régulièrement, et les sensibiliser sur les risques potentiels de spondylolisthésis dans certains sports.

RESUMES

RESUME

Titre : L'apport de La chirurgie mini invasive dans La prise en charge du spondylolisthésis lombaire

Auteur : JAAFAR Manal

Rapporteur : ELFATEMI Nizare

Mots clé : Chirurgie mini invasive – TLIF- Spondylolisthésis lombaire - équilibre sagittal

Introduction : Toute contrainte liée au fonctionnement de la colonne vertébrale favorise l'apparition du spondylolisthésis. Depuis le début du XXe siècle, la prise en charge de cette pathologie a connu plusieurs progrès en matière de chirurgie, notamment l'avènement de la chirurgie mini-invasive.

Objectif : Vise l'appréciation de l'apport de la chirurgie mini-invasive du spondylolisthésis chez les patients hospitalisés au service de Neurochirurgie de l'hôpital Ibn Sina à Rabat.

Méthodologie : notre choix a porté sur une étude rétrospective comprenant : la revue documentaire, l'élaboration d'un questionnaire et l'analyse des différentes données à travers divers outils informatiques.

Résultats : Notre étude concernant 26 patients hospitalisés, a révélé les résultats suivants :

- L'âge moyen des patients au moment de l'intervention était de 54.3 ans, avec une prédominance féminine
- La symptomatologie fonctionnelle la plus fréquente consiste respectivement à des lombalgies chez 100% des patients, la radiculalgie chez 81.7%, la claudication neurogène chez 26.8%, le déficit neurologique chez 15.4% et les troubles sphinctériens chez 4%
- Tous nos patients ont bénéficié d'un traitement médical initial, suivi de la chirurgie mini-invasive
- L'évolution post-opératoire est manifestement très favorable (62% avaient une très bonne évolution, 26% une évolution bonne, 4% une évolution moyenne ; alors que 8% ont été perdus de vue)
- La récupération neurologique était de mise chez tous les patients ayant présenté un déficit neurologique.

Conclusion : notre étude montre l'importance de la chirurgie mini-invasive dans la prise en charge du spondylolisthésis lombaire au niveau du service de Neurochirurgie de l'hôpital Ibn Sina à Rabat.

En effet, les résultats obtenus sont très prometteurs, et on peut admettre que cette technique constitue un vrai précurseur pour son implantation et sa promotion.

Abstract

Title : The contribution of minimally invasive surgery in the management of lumbar spondylolisthesis

Author : JAAFAR Manal

Rapporteur : ELFATEMI Nizare

Key words : Minimally invasive surgery - TLIF - Lumbar spondylolisthesis - sagittal balance

Introduction: The spine plays a mechanical role ensuring stability, and a neurological role ensuring the protection of the spinal cord. Any constraint related to the roles that the spine plays can contribute to the appearance of spondylolisthesis. Since the beginning of the 20th century, the surgical management of this pathology knew a great improvement, in particular by the advent of minimally invasive surgery.

Objectives: our study aims to assess the contribution of minimally invasive surgery of spondylolisthesis in patients hospitalized in the Neurosurgery department in the university hospital center “Ibn Sina” of Rabat.

Methodology: our choice focused on a retrospective study which took place over several stages : the documentary review, the development of the multiple-choice test for the exploitation of the files and the analysis of the various data through different computer tools.

Results: Our study, which involved 26 hospitalized patients, revealed the following results :

- The average age of the patients at the time of the intervention was 54.3 years
- The sex of the patients is predominantly female (85% female)
- The most frequent functional symptomatology consists respectively of low back pain found in 100% of patients, radiculalgia in 81.7% followed by neurogenic claudication in 26.8% of cases, and neurological deficit in 15.4%, while sphincter disorders are found in 4% (1 case)
- The management of all patients consists of an initial treatment which is medical, followed by minimally invasive surgery
- The post-operative evolution is obviously very favorable. Indeed, 62% of the patients had a very good evolution, 26% had a good evolution, 4% an average evolution; while 8% of patients were lost to follow-up
- neurological recovery was required in all patients who presented a neurological deficit

Conclusion: our study shows the importance of minimally invasive surgery for spondylolisthesis in the management of patients hospitalized for this pathology in the Neurosurgery department of “Ibn Sina” hospital in Rabat.

Indeed, the results obtained are very promising, and we can admit that this technique constitutes a real precursor for its implementation and its promotion.

ملخص :

العنوان: مساهمة الجراحة طفيفة التوغل في علاج الانزلاق الفقاري القطني

المؤلف: جعفر منال

المراسل: الفاطمي نزار

الكلمات المفتاحية: انزلاق الفقار القطني - التوازن السهمي - TLIF - جراحة طفيفة التوغل

مقدمة :

أي خلل يمس العمود الفقري قد يؤدي إلى ظهور الانزلاق الفقاري ، وهي حالة مرضية شائعة لها انعكاسات اجتماعية ومهنية

منذ بداية القرن العشرين ، شهد علاج هذا المرض العديد من التطورات ، ولا سيما ظهور الجراحة طفيفة التوغل
الأهداف : تهدف دراستنا إلى تقييم مساهمة الجراحة طفيفة التوغل في علاج الانزلاق الفقاري لدى مرضى قسم جراحة المخ و الأعصاب في المستشفى الجامعي ابن سينا بالرباط

المنهجية : ركز اختيارنا على دراسة بأثر رجعي تمت على عدة مراحل ، ولا سيما مراجعة سلسلة من الوثائق المتعلقة بالجوانب المختلفة للانزلاق الفقاري ، وتحليل البيانات المختلفة من خلال أدوات معلوماتية

النتائج : كشفت دراستنا ، التي شملت 26 مريضا ، عن النتائج التالية استنادا الى معطيات الدراسة السريرية

- كان متوسط عمر مرضانا 54.3 سنة

- كما نلاحظ هيمنة الإناث بنسبة 85 %

- الأعراض الأكثر شيوعا تتجلى على التوالي في آلام الظهر لدى 100% من المرضى ، وآلم الجذر لدى 81.7% يليه العرج العصبي لدى 26.8% من الحالات ، والعجز العصبي لدى 15.4%؛ بينما تم العثور على اضطرابات المصررة لدى 4 %

العلاج المرجعي للانزلاق الفقاري هو على أول مدى علاج طبي ، يتبعه جراحة طفيفة التوغل بعد فشل العلاج المحافظ من خلال النتائج، يظهر أن التطورات الأنوية كانت جد مرضية و النتائج السريرية على المدى المتوسط والبعيد كانت - إيجابية

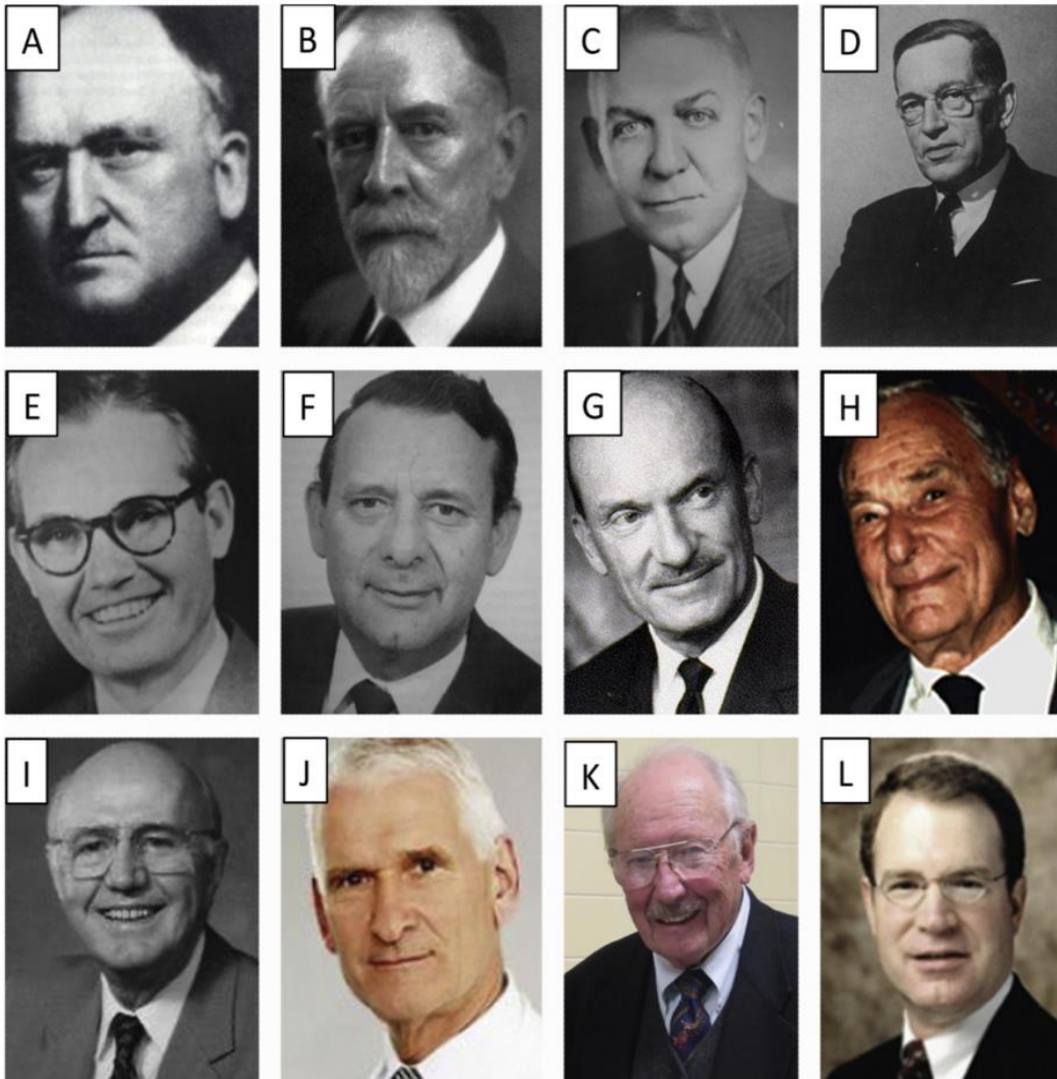
%في أغلب الحالات حيث كان لدى 62% من المرضى تطور جيد جدا ، و تطور جيد لدى 26% ، تطور متوسط لدى 4 % ؛ بينما كانت المتابعة مستحيلة لدى 8% من المرضى نظرا لعدم حضورهم للمواعيد الطبية

-كما نلاحظ تحسن جميع المرضى الذين عانوا من عجز عصبي

الخلاصة : تظهر دراستنا أهمية الجراحة طفيفة التوغل في تدبير المرضى المصابين بالانزلاق الفقاري على مستوى قسم جراحة

الدماغ والأعصاب في المستشفى الجامعي ابن سينا بالرباط

كخلاصة، يمكن الاقرار أن النتائج التي تم الحصول عليها واعدة للغاية ، ويمكننا أن نعترف أن هذه التقنية تشكل مقدمة حقيقية بكل ما تحمله من مزايا فيما يخص التعافي بشكل أفضل بعد الجراحة



Emblematic figures the degenerative spondylolisthesis in chronological order. A. Fred H. Albee (1876–1945). B. Russell A. Hibbs (1869–1932). C. Willis C. Campbell (1880–1941). D. Norman Leslie Capener (1898–1975). E. Donald E. King (1903–1987). F. Ian MacNab (1921–1992). G. Ralph B. Cloward (1908–2000). H. William H. Kirkaldy-Willis (1914–2006). I. Leon Wiltse (1913–2005). J. Jürgen Harms (1944–). K. Arthur S. Steffee. L. Kevin Foley.

Fiche d'exploitation

I. Éléments sociodémographiques

*Age :

*Sexe : féminin masculin

*Statut matrimonial : célibataire fiancé marié veuf

*Ville d'origine :

*Lieu de résidence :

*Année d'hospitalisation :

II. Les antécédents :

▪Ostéoporose

oui

non

▪Traumatisme du rachis

oui

non

Hernie discale :

oui

non

Canal lombaire étroit :

oui

non

Compression radiculaire :

oui

non

Chirurgie du rachis :

- oui
- non

Autres antécédents : à préciser

Un membre de votre famille a-t-il eu la même pathologie :

- oui
- non

Un membre de votre famille a-t-il eu une de ces pathologies :

- Ostéoporose
- Hernie discale
- Compression médullaire
- Canal lombaire étroit
- Pas d'atcd familiaux
- Autres ; à préciser ...

III. Le tableau clinique :

Lombalgie :

- Oui, de façon constante
- Oui, souvent
- Oui, parfois
- Oui, mais rarement
- Non, jamais

Si Oui, Évaluez l'intensité des lombalgies sur une échelle de 1 à 5 :

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Horaire de survenue des douleurs :

- n'importe quel moment de la journée
- seulement au lever
- seulement en fin de journée
- seulement après une activité physique soutenue
- autre : spécifiez_

Radiculalgies :

- Oui, de façon constante
- Oui, souvent
- Oui, parfois
- Oui, mais rarement
- Non, jamais

Claudication

- PM<60m
- Entre 60 et 100m
- >100m
- pas de claudications

Déficit neurologique

- oui
- non
- si oui, précisez ;

Troubles sphinctériens :

- oui
- non
- si oui, précisez ;

autres symptômes :

- non
- si oui, précisez

Durée d'évolution de la symptomatologie :.....

IV . Paraclinique :

* Radiographie du rachis Face :

*Radiographie du rachis Profil :

*Radiographie du rachis: Flexion :

*Radiographie du rachis: Extension :

*TDM avec reconstruction 3D :

*IRM :.....

* Pourcentage de glissement :.....

▪siège de spondylolisthésis :

- L3-L4
- L4-L5
- L5-S1

Type de spondylolisthésis :

- Dégénératif
- Dysplasique
- Lyse isthmique

Type de listhésis :

- anthélisthésis
- rétrolisthésis

V. Prise en charge

Avez-vous eu recours à l'un ou l'autre des moyens orthopédiques suivants? (Sélectionnez autant que nécessaire)

- Aucun
- Lombostat
- Corset
- Rééducation

Avez-vous eu recours à l'un ou l'autre des moyens antalgiques non médicamenteux suivants ? (Sélectionnez autant que nécessaire)

- Aucun
- Repos
- Physiothérapie
- Massothérapie
- Stimulation électrique
- Acupuncture
- Programme d'exercice spécifique
- Autre

Spécifiez :

Type d'antalgiques utilisés:

- AINS
- Antalgiques palier I
- Antalgiques palier II
- Morphiniques

Indications de la chirurgie :

- échec de traitement médical et orthopédique
- déficit neurologique
- sciatique paralysante
- sciatique hyperalgique
- syndrome de queue de cheval
- évolutivité à l'imagerie et instabilité
- autres à indiquer :

Durée d'hospitalisation :

VI. Suites post opératoires :

Complications post opératoires :

- absentes
- infections post opératoires
- hémorragies
- déficit moteur
- douleurs résiduelles
- absence de fusion vertébrale
- complications de décubitus

A court terme ; évaluation de l'intensité de la douleur en post op sur une échelle de 1 a 4 :

- 0 : très bonne (disparition de la douleur et de l'impotence fonctionnelle)
- 1 : bonne (pas d'impotence fonctionnelle et faible douleur intermittente)
- 2 : moyenne (douleurs récidivantes mais non invalidantes)
- 3 : pas d'amélioration voire aggravation de la symptomatologie préexistante)
- 4 : douleur insoutenable

A moyen terme ; évaluation de l'intensité de la douleur en post op sur une échelle de 1 a 4 :

- 0 : très bonne (disparition de la douleur et de l'impotence fonctionnelle)
- 1 : bonne (pas d'impotence fonctionnelle et faible douleur intermittente)
- 2 : moyenne (douleurs récidivantes mais non invalidantes)
- 3 : pas d'amélioration voire aggravation de la symptomatologie préexistante)
- 4 : douleur insoutenable

La radiologie:

- Pourcentage glissement en post op :%
- la restauration de la lordose lombaire:%

A long terme :

Évaluation l'intensité de la douleur en post opératoire à long terme jugée par le patient :

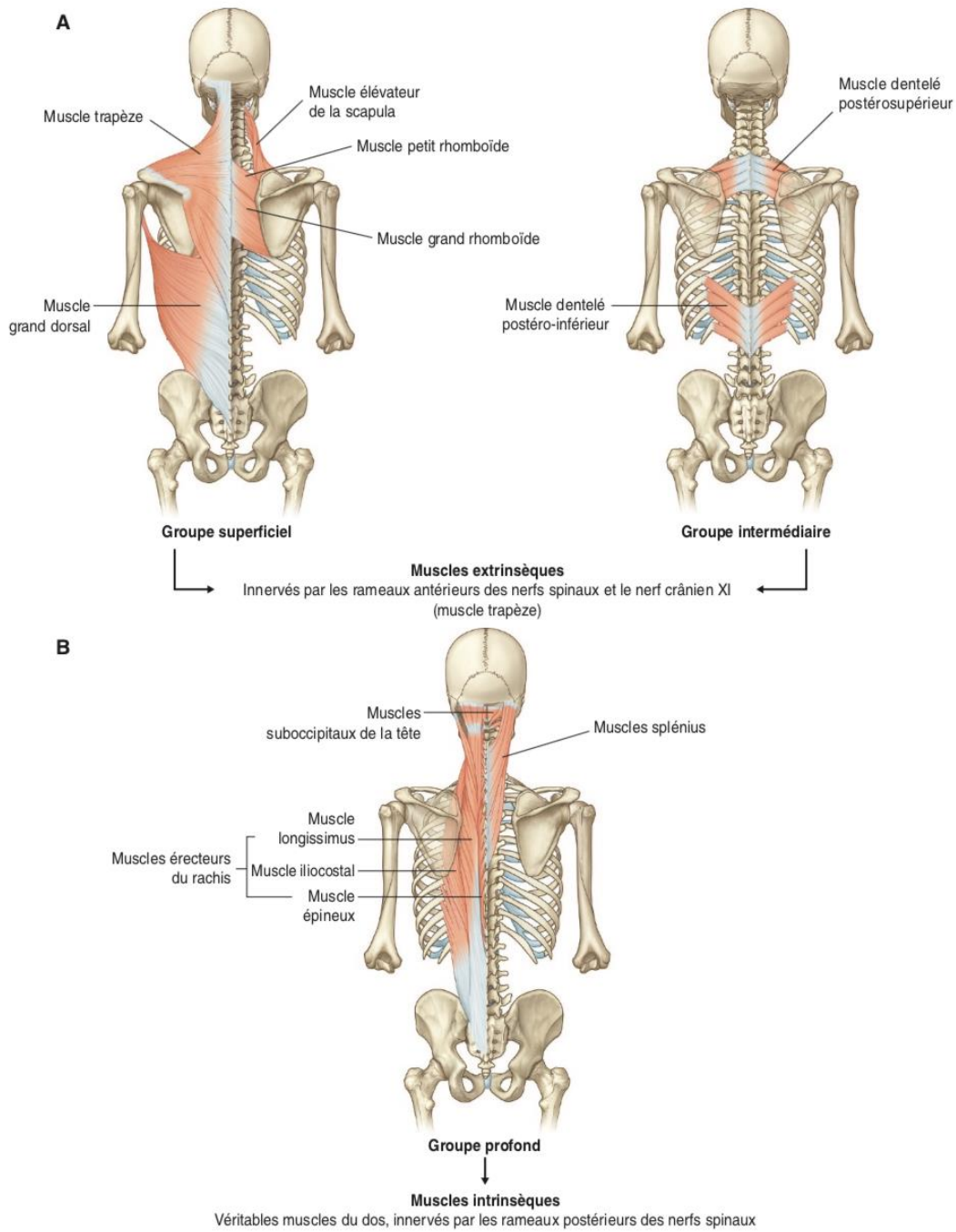
- 0 : très bonne (disparition de la douleur et de l'impotence fonctionnelle)
- 1 : bonne (pas d'impotence fonctionnelle et faible douleur intermittente)
- 2 : moyenne (douleurs récidivantes mais non invalidantes)
- 3 : pas d'amélioration voire aggravation de la symptomatologie préexistante)
- 4 : douleur insoutenable

Reprise opératoire

- Oui
- Non

Annexes

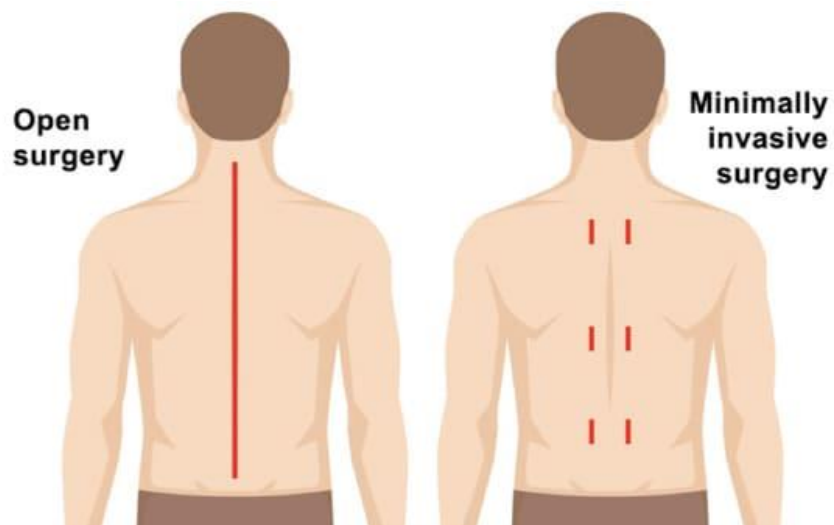
Annexe 1 :



Muscles du dos : A. Muscles extrinsèques. B. Muscles intrinsèques.

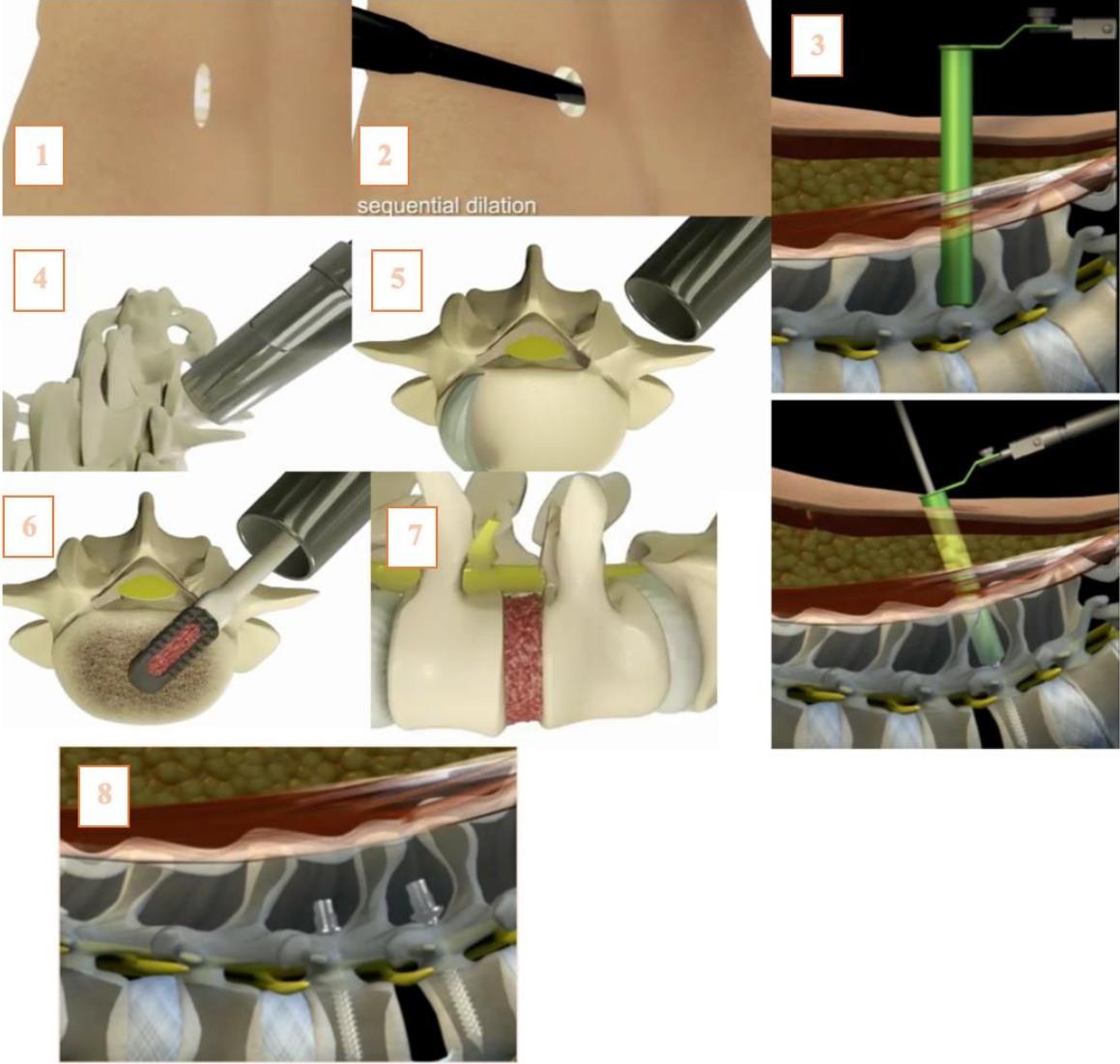
Annexe 2 :

Aspect final des plaies chirurgicales superficielles après l'intervention : chirurgie ouverte versus chirurgie mini-invasive, incisions cutanées



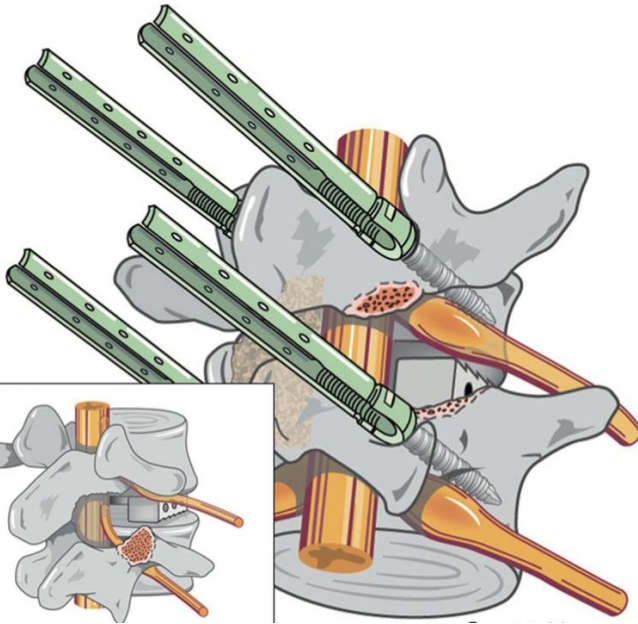
Annexe 3 :

Étapes de la MIS TLIF

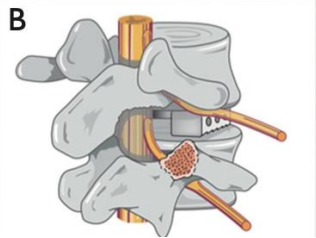


Annexe 4 :

A



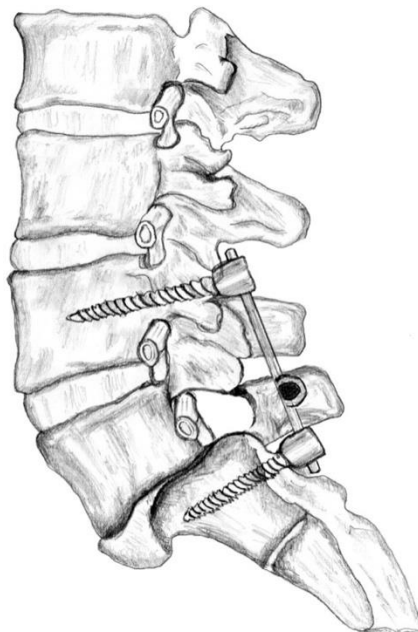
B



(A) la TLIF avec vis percutanées offre une option peu invasive pour la fusion intervertébrale

(B) la facetectomie suivie de l'insertion d'un dispositif intervertébral réalisée par approche médiane ou paramédiane.

Annexe 5 :

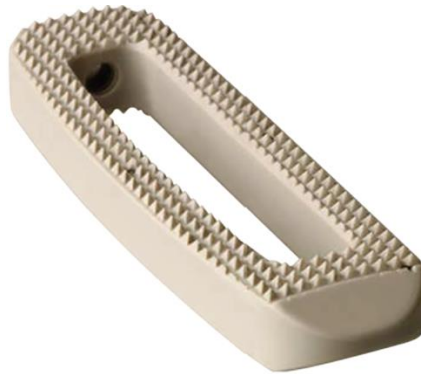


Annexe 6 :



Une tomodensitométrie après l'opération a révélé un élargissement des foramina après l'ablation du pédicule.

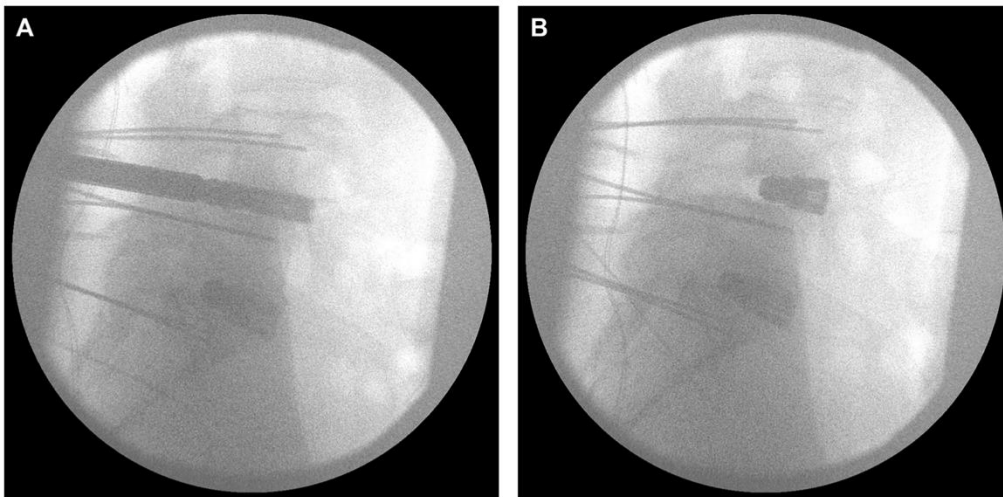
Annexe 7 :



Vue oblique d'une cage statique



Vue oblique d'une cage expansible



Fluoroscopie per opératoire pour une fusion intersomatique lombaire transforaminale : A, avant l'expansion de la cage ; B, après l'expansion de la cage in Situ.

Annexe 8 :

	Pente sacrée	Apex	Arc Inférieur	Point d'inflexion	Version lombaire	Rachis cervico-thoracique
Type 1	<35°	Centre de L5	Minimal	Bas et reculé	<0°	Cyphoses marquées
Type 2	<35°	Base de L4	Plat	Intermédiaire		Peu de lordose et peu de cyphose
Type 3	[35°;45°]	Centre de L4	Plus prononcé	A la jonction thoraco-lombaire	Proche de 0°	Bon équilibre
Type 4	<45°	Base de L3	Très prononcé	Plus de 5 vertèbres en lordose	>0°	Hyper-extension

Critères de classification selon Roussouly (2005)

BIBLIOGRAPHIE

1.JE, Lonstein.

Spondylolisthesis in children. Cause, natural history, and management.

Spine (Phila Pa 1976) 1999;

24:2640-8.

2.Hensinger, RN.

Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents R N Hensinger.

1983;32:132-51.

3.NewmanPH.

Stenosis of the lumbar spine in spondylolisthesis.

Clin Orthop Relat Res.1976;(115):116-121.

doi:10. 1097/00003086-197603000-00020.

4. P Violas, G Lucas.

L5S1 spondylolisthesis in children and adolescents .

Review Orthop Traumatol Surg Res. 2016 Feb;102.

doi: 10.1016/j.otsr.2015.03.021.

5. Lieven Moke, Philippe Debeer, Pierre Moens.

Spondylolisthesis in twins: multifactorial etiology: a case report and review of the literature.

Spine 2011 May 15;36(11):E741-6.

doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f9f575.

6. Matthew Garet, Michael P Reiman , Jessie Mathers , Jonathan Sylvain.

Nonoperative treatment in lumbar spondylolysis and spondylolisthesis: a systematic review.

2013 May;5(3):225-32. doi: 10.1177/1941738113480936.

7. Bridwell KH, Sedgewick TA, O'Brien MF ,Lenke LG ,Baldus C.

The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis.

J Spinal Disord., 1993, pp. 6(6):461-472.

doi:10.1097/ 00002517-199306060-00001

8. Herkowitz HN, Kurz LT.

Degenerativelumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis.

J Bone Joint Surg Am. 1991;73(6):802-808.

doi:10.2106/00004623-199173060-00002.

9. Deyo RA, Mirza SK, Martin BI, Kreuter W, Goodman DC, Jarvik JG.

Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults.

JAMA. 2010;303(13):1259-1265.

doi:10.1001/jama.2010.338 .

10. Martin B, Mirza SK, Spina N, Spiker WR, Lawrence B, Brodke DS.

Trends in lumbar fusion procedure rates and associated hospital costs for degenerative spinal diseases in the United States,

2004-2015. Spine. 2019;44(5): 369-376.

doi:10.1097/BRS.0000000000002822.

11. Chang HS, Fujisawa N, Tsuchiya T, Oya S, Matsui T.

Degenerative spondylolisthesis does not affect the outcome of unilateral laminotomy with bilateral decompression in patients with lumbar stenosis.

Spine (Phila Pa 1976). 2014;39(5):400-408.

doi:10.1097/BRS.000000000000161.

12. Antonio Tsahtsarlis and Martin Wood

Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and degenerative lumbar spine disease

Eur Spine J. 2012 Nov; 21

doi: 10.1007/s00586-012-2376-y

13. Herbiniaux G.

Traité sur divers accouchements laborieux et sur les polypes de la matrice.

Brux DeBoubers; 1782.

14. Ramsbacher J, Theallier-Janko A, Stoltenburg-Didinger G, Brock M.

Ultra- structural changes in paravertebral muscles associated with degenerative spondylolisthesis.

Spine 2001;26:2180–4 [discussion 2185].

15. Zeliha Cosgun, emine Dagistan ,Yasar Dagistan.

EFFECTS OF SAGITTAL BALANCE DIFFERENCES ON SPONDYLOLISTHESIS.

Acta Ortop Bras. Mar-Apr 2019;27(2):120-123.

doi: 10.1590/1413-785220192702205665.

16. Mardjetko S, Albert T, Andersson G, Bridwell K, DeWald C, Gaines R, et al.

Spine/SRS spondylolisthesis summary statement.

Spine (Philadelphia, PA, 1976). 2005.

doi: 10.1097/01.brs.0000155556.32449.ae.

17. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H.

Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters.

s.l. : J Spinal Disord Tech., 2005.

DOI: 10.1097/01.bsd.0000117542.88865.77

18. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C.

Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves.

Eur Spine J. 1998.

DOI: 10.1007/s005860050038

19. JW., Frymoyer.

Degenerative spondylolisthesis: diagnosis and treatment.

J Am Acad Orthop Surg. 1994;

doi: 10.5435/00124635-199401000-00002.

20. PD Dr méd. Christian T. Ulrich, PD Dr méd. Ralph T. Schär, Dr méd. Christopher Marvin Jesse, Dr méd. Jens Fichtner

Equilibre sagittal et instabilité posturale comme critères de la chirurgie du rachis.

Forum Med Suisse. 2021;21(3132):536-540

DOI: <https://doi.org/10.4414/fms.2021.08814>

21. Matsunaga S, Sakou T, Morizono Y, Masuda A, Demirtas

Natural history of degenerative spondylolisthesis. Pathogenesis and natural course of the slippage.

AM Spine (Phila Pa 1976). 1990 Nov et 15.

DOI: 10.1097/00007632-199011010-00021

22. K Radhakrishnan, W J Litchy, W M O'Fallon, L T Kurland.

Epidemiology of cervical radiculopathy. A population-based study from Rochester, Minnesota, 1976 through 1990.

DOI: 10.1093/brain/117.2.325

23. DeWald CJ, Vartabedian JE, Rodts MF, Hammerberg KW.

Evaluation and management of high-grade spondylolisthesis in adults.

Spine (Phila Pa 1976). 2005 Mar 15.

DOI: 10.1097/01.brs.0000155573.34179.7e

24. Tenny S1, Gillis CC1.

Spondylolisthesis

Book from StatPearls Publishing, Treasure Island (FL), 15 Jun 2017

PMID: 28613518

25. C Galakoff, G Kalifa, J Dubousset, J Bennet.

Isthmus lysis and spondylolisthesis. A traumatic pathology.

Arch Fr Pediatr. Jun-Jul 1985;

PMID: 4051673

26. L L Wiltse, E H Widell Jr, D W Jackson.

Fatigue fracture: the basic lesion is inthmic spondylolisthesis.

J Bone Joint Surg Am. 1975 Jan

PMID: 1123367

27. J V Ciullo, D W Jackson.

Pars interarticularis stress reaction, spondylolysis, and spondylolisthesis in gymnasts.

PMID: 3967315

28.institut parisien du dos.

<https://www.institut-parisien-du-dos.fr/fr/les-pathologies/la-pathologie-lombaire/spondylolisthesis.html>.

29. Leonid Kalichman , David J Hunter .

Diagnosis and conservative management of degenerative lumbar spondylolisthesis.

Eur Spine J. 2008 Mar

DOI: 10.1007/s00586-007-0543-3

30. Toshio Nakamae , Nobuhiro Tanaka, Kazuyoshi Nakanishi, Naosuke Kamei, Takahiko Hamasaki, Bunichiro Izumi, Yuki Fujioka, Ryo Ohta, Mitsuo Ochi

Surgical treatment of high-grade dysplastic spondylolisthesis using intraoperative electrophysiological monitoring: report of two cases and review of the literature.

Eur J Orthop Surg Traumatol. 2013 Jul

DOI: 10.1007/s00590-013-1199-9

31. Pawar A, Labelle H, Mac-Thiong J-M.

The evaluation of lumbosacral dysplasia in young patients with lumbosacral spondylolisthesis: comparison with controls and relationship with the severity of slip.

Eur Spine J 2012;21(11):2122–7.

doi: 10.1007/s00586-012-2181-7

32. Harris IE, Weinstein SL.

Long-term follow-up of patients with grade-III and IV spondylolisthesis. Treatment with and without posterior fusion.

J Bone Joint Surg Am 1987;69(7):960–9.

PMID: 3654708

33. Ryan J. Hoel, MDa, Robert M. Brenner, MS, MDa, David W. Polly Jr, MDa,b,.

The Challenge of Creating Lordosis in High-Grade Dysplastic Spondylolisthesis.

Neurosurg Clin N Am. 2018 Jul

DOI: 10.1016/j.nec.2018.03.006

34. Mikhail Lew P Ver, John R Dimar 2nd , Leah Y Carreon.

Traumatic Lumbar Spondylolisthesis: A Systematic Review and Case Series.

Global Spine J . 2019 Oct;

DOI: 10.1177/2192568218801882.

35.R., Watson-Jones.

Fractures and Other Bone and Joint Injuries. 2nd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins;

PMID: 4609656

36. Matthew R. Burton, Thomas J. Dowling , Fasil B. Mesfin.

Isthmic Spondylolisthesis.

PMID: 28722876

37. Sohrab Virk, Milan Sandhu, Joshua Wright-Chisem, Avani Vaishnav, Todd Albert & Sheeraz A. Qureshi.

The association between spondylolisthesis and decreased muscle health throughout the lumbar spine for patients with operative lumbar spinal stenosis.

Eur Spine J . 2021 Sep

DOI: 10.1007/s00586-021-06832-1

38. Wiltse LL, Newman PH, Macnab I.

Classification of spondylolysis and spondylolisthesis.

Clin Orthop Relat Res. 1976;(117):23-29. .

39.Hart RA, Domes CM, Goodwin B, D'Amato CR, Yoo JU, Turker RJ, Halsey MF.

High-grade spondylolisthesis treated using a modified Bohlman technique: results among multiple.

J Neurosurg Spine. 2014 May

DOI: 10.3171/2014.1.SPINE12904

40. Koslosky BA, David Gendelberg MD .

Classification in Brief: The Meyerding Classification System of Spondylolisthesis Ezekial.

Clin Orthop Relat Res. 2020 May

doi: 10.1097/CORR.0000000000001153

41. Marchetti PG, Bartolozzi P.

Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment, in Textbook of Spinal Surgery.

Philadelphia, PA: Lippincott-Raven; 1997. p. 1211e54.

DOI: 10.1055/b-0034-72581

42. Sahil Batra, Bhavuk Garg.

Classification of spondylolisthesis: Current concepts.

January 2021 Indian Spine Journal

DOI: 10.4103/ISJ.ISJ_61_20

43.Tebet, Marcos Antonio.

Current concepts on the sagittal balance and classification of spondylolysis and spondylolisthesis.

Bras Ortop. 2014 Feb 18;49(1):3-12.

doi: 10.1016/j.rboe.2014.02.003.

44.Mac-Thiong JM, Duong L, Parent S, Hresko MT, Dimar JR, Weidenbaum M, Labelle H

Reliability of the Spinal Deformity Study Group classification of lumbosacral spondylolisthesis.

Spine (Phila Pa 1976). 2012 Jan 15.

45.Mac-Thiong JM, Labelle H.

A proposal for a surgical classification of pediatric lumbosacral spondylolisthesis based on current literature.

Eur Spine J 2006;15:1425-35.

DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182233969

46. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, Koerner JD, Rihn JA, Radcliff KE, et al.

Clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis (CARDS) classification.

Spine J 2015;15:1804-11.

DOI: 10.1016/j.spinee.2014.03.045

47. Gille O, Bouloussa H, Mazas S, Vergari C, Challier V, Vital JM, et al.

A new classification system for degenerative spondylolisthesis of the lumbar spine.

Eur Spine J 2017;26:3096-105.

DOI: 10.1007/s00586-017-5275-4

48. Smith JA, Hu SS.

Management of spondylolysis and spondylolisthesis in the pediatric and adolescent population.

Orthop Clin North Am. 1999;30(3):487-99.

DOI: 10.1016/s0030-5898(05)70101-2

49. Yasuchika Aoki, Hiroshi takahashi, Arata nakajima, Go Kubota, Atsuya Watanabe, takayuki nakajima, Yawara eguchi, Sumihisa orita , Hiroy.

Prevalence of lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in patients with degenerative spinal disease.

ci Rep. 2020 Apr 21

DOI: 10.1038/s41598-020-63784-0

50. Michael Karsy, MD, PhD, MSc, a Andrew K. Chan, MD, b Praveen V. Mummaneni.

Outcomes and Complications With Age in Spondylolisthesis An Evaluation of the Elderly From the Quality Outcomes Database.

Spine 2020 Jul 15

DOI: 10.1097/BRS.0000000000003441

51. Zoher Ghogawala, M.D., James Dziura, Ph.D., William E. Butler.

Laminectomy plus Fusion versus Laminectomy Alone for Lumbar Spondylolisthesis.

Surg Neurol Int. 2016;

doi: 10.4103/2152-7806.191061

52. D.H. Geetal,

Comparative Analysis of Two Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Techniques: Open TLIF Versus Wiltse MIS TLIF,

SPINE, vol. 44, no 9, p. E555-E560, mai 2019,

doi: 10.1097/BRS.0000000000002903.

53. E.-Z. Yang et al.,

An RCT study comparing the clinical and radiological outcomes with the use of PLIF or TLIF after instrumented reduction in adult isthmic spondylolisthesis ,

Eur Spine J, vol. 25, no 5, p. 1587-1594, mai 2016,

doi: 10.1007/s00586-015-.

54. Baoshan Xu, MD, PhD, Haiwei Xu, MD, Hao Zhang,

Interbody Fusion and Percutaneous Reduction For Lumbar Spondylolisthesis With Mobile Microendoscopic Discectomy Technique

Clin Spine Surg. 2020 Mar

DOI: 10.1097/BSD.0000000000000865

55. Ivar M. Austevoll, M.D., Ph.D., Erland Hermansen, M.D.

Decompression with or without Fusion in Degenerative Lumbar Spondylolisthesis List of authors.

Engl J Med. 2021 Aug 5

DOI: 10.1056/NEJMoa2100990

56. Abdellah BOUNNIT 2018.

La prise en charge du spondylolisthésis Lominaire : Expérience de service de Neurochirurgie CHU Med VI, Hôpital ERRAZI

57. Nicholas M. Rabah, Hammad A. Khan, Michael Shost, Joel Beckett1, Thomas E. Mroz, Michael P. Steinmetz

Predictors of Operative Duration and Complications in Single-Level Posterior Interbody Fusions for Degenerative Spondylolisthesis

World Neurosurg . 2021 Jul

DOI: 10.1016/j.wneu.2021.04.034

58. Aladine A. Elsamadicy a, Isaac G. Freedman a, Andrew B. Koo a, Wyatt David a, Astrid C. Hengartner a, John Havlik a, Benjam.

Patient- and hospital-related risk factors for non-routine discharge after lumbar decompression and fusion for spondylolisthesis

October 2021

<https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106902>

59. Benallel Nouredine.

Prise en charge chirurgicale du spondylolisthésis lominaire.

Thèse de Médecine université Aboubekr Belkaid faculté de médecine le 11 juin 2015.

60. C.Q. Ding, S.Q. Zhang, Q. Tan.

Treating 38 cases of degenerative spondylolisthesis by “three-dimensional traction” and bone setting manipulation

Journal of Traditional Chinese Medical Sciences

Volume 9, Issue 2, April 2022, Pages 121-127

<https://doi.org/10.1016/j.jtcms.2022.02.001>

61. Mingzheng Chang, MD1,2, Lianlei Wang, MD1, Suomao Yuan, MD1, Yonghao Tian, MD1, Yiwei.

Percutaneous Endoscopic Robot-Assisted Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (PE RA-TLIF) for Lumbar Spondylolisthesis: A Technical Note and Two Years Clinical Results

Pain Physician . 2022 Jan

PMID: 35051154

62. R. Roy-Camille, J.Y. Lazenec, Ch. Garreau, G. Saillant.

Les spondylolisthesis L5-S1 A propos de 29 cas opérés par voie postérieure pure pour réduction et fixation.

Rachis, 1998/, vol. 3, n02, PP.147•157.

63. B. Mukuna, M. Panda, N. Ntungila.

The profile of spondylolisthesis of the zairian.

Rachis, 1993, vol. 5, n06 pp313 à 31.

64. Duquesnoy, Bernard.

Le Spondylolisthésis de l’adulte.

Réflexions Rhumatologiques 1999, p. 19 .

65. Beija I., Najet A., Mohamed Y.

Morphologie pelvienne et Spondylolisthésis, étude radiologique comparative collectivité d’auteurs.

Tunisie Médicale année 2005, 3p et 341-343.

66. S. L. de Kunder, K. Rijkers, W. L. W. van Hemert, P. C. P. H. Willems, M. P. ter Laak - Poort, et H. van Santbrink.

Transforaminal versus posterior lumbar interbody fusion as operative treatment of lumbar spondylolisthesis, a retrospective case series.

Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management. Sep 2016

10.1016/j.inat.2016.07.001

67. N. Sakeb et K. Ahsan,

Comparison of the early results of transforaminal lumbar interbody fusion and posterior lumbar interbody fusion in symptomatic lumbar instability

Indian J Orthop, vol. 47, no 3, p. 255, 2013,

doi: 10.4103/0019-5413.111484.

68.J. Iba Ba, I. Mwanyombet, D. Nkoche, Y. Assengone Zeh, P.M. Loeme

Traitement chirurgical du spondylolisthésis au gabon

Neurochirurgie, 2006, 52, n° 4, 339-346.

DOI: 10.1016/s0028-3770(06)71228-0

69.Beija I., Najet A., Mohamed Y.

Morphologie pelvienne et Spondylolisthésis, étude radiologique comparative collectivité d'auteurs.

Tunisie Médicale année 2005 ; 3p ; 341-343 .

70. Pedram , Dupuy R, Vital JM

Spondylolisthésis lombaire dégénératif

EMC 15-835-B-10

71. Denard, P. J., Holton, K. F., Miller, J., Fink, H. A., Kado, D. M., Marshall, L. M., & Yoo, J. U.

Back pain, neurogenic symptoms, and physical function in relation to spondylolisthesis among elderly men.

The Spine Journal, 10(10), 865–873.

doi:10.1016/j.spinee.2010.07.004 .

72.Mardjetko S, Connolly P, Shott S.

Degenerative lumbar spondylolisthesis: A meta-analysis of literature.

Spine (Phila Pa 1976) . 1994 Oct

PMID: 7817240

73.Nor-Eddine Sélim Regnard.

Mesure de hauteur discale du rachis lombaire : comparaison entre radio- graphie standard et un système radiographique à balayage EOS

Médecine humaine et pathologie. 2015. dumas-01237619

74. Danielson B, Frennerd K,IRSTAM L.

Roentgenologic assessment of spondylolisthesis: a study of measurement variations.

Acta Radiol 1988;29:345e51. May-Jun 1988

PMID: 2968107

75. Yi Xiang J. Wang , Zoltan Kaplar , Min Deng , Jason C.S. Leung b.

Lumbar degenerative spondylolisthesis epidemiology: A systematic review with a focus on gender-specific and age-specific prevalence.

J Orthop Translat. 2016 Dec

DOI: 10.1016/j.jot.2016.11.001

76. Maxime Rivollier , Benoit Marlier, Jean-Charles Kleiber, Christophe Eap, Claude-Fabien Litre.

Surgical treatment of high-grade spondylolisthesis: Technique and results

Orthop. 2020 Aug 25

DOI: 10.1016/j.jor.2020.08.015

77. David J. Kirby, MD,* Harry C. Dietz, MD, and Paul D. Sponseller, MBA, MD.

Spondylolisthesis is Common, Early, and Severe in Loews-Dietz Syndrome.

J Pediatr Orthop. 2018 Sep

DOI: 10.1097/BPO.0000000000001203

78. Thong Phi Nguyen a, Dong-Sik Chae b, Sung-Jun Park c, Kyung-Yil Kang d, Jonghun Yoon e.

Deep learning system for Meyerding classification and segmental motion measurement in diagnosis of lumbar spondylolisthesis.

Biomedical Signal Processing and Control

Volume 65, March 2021

<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102371>

79. Jennifer C. Urquhart, PhD, Nabeel Alnaghmoosh, MD, Kevin R. Gurr, MD, Stewart I. Bailey, MD, Corinne Tallon, BSc, Shauna Dehens, BSc, M. Patricia Rosas Arel

Posterolateral Versus Posterior Interbody Fusion in Lumbar Degenerative Spondylolisthesis

Clin Spine Surg. 2018 Nov

DOI: 10.1097/BSD.0000000000000698

80. Boulos, R., Baccar, S., & Dion, E.

Imagerie des spondylolisthésis.

La Lettre de Médecine Physique et de Réadaptation, 2008, pp. 24(4), 147–151.

doi:10.1007/s11659-008-0118-7

81. Tang, C, Liao, Y. H, Tang, Q, Ma, F, Wang, Q, & Zhong, D. J.

What is the difference in pedicle morphology of the fifth lumbar vertebra between isthmic and degenerative L5–S1 spondylolisthesis? An anatomic study of 328 patients via multi-slice.

Spine J. 2021 Aug

DOI: 10.1007/s00586-021-06884-3

82. Newman PH, Stone KH.

The etiology of spondylolisthesis.

J Bone Joint Surg Br 1963.

<https://doi.org/10.1302/0301-620X.45B1.39>

83. T. G. Lowe, A. D. Tahernia, M. F. O'Brien, et D. A. B. Smith,

Unilateral Transforaminal Posterior Lumbar Interbody Fusion (TLIF): Indications, Technique, and 2-Year Results,

Journal of Spinal Disorders & Techniques, vol. 15, no 1, p. 31-38, févr. 2002

84. Maziyar A. Kalani, Pelagia Kouloumberis, Alexandra E. Richards, Mark K. Lyons, Victor J. Davila, and Matthew T. Ne

Retrospective radiographic analysis of anterior lumbar fusion for high grade lumbar spondylolisthesis

Spine Surg, 2020 Dec;

DOI: 10.21037/jss-20-597

85. D. Yan, F. Pei, J. Li, et C. Soo,

Comparative study of PILF and TLIF treatment in adult degenerative spondylolisthesis, Eur Spine J, vol. 17, no 10, p. 1311-1316, oct. 2008,

doi: 10.1007/s00586-008-0739-1.

86. Omidi-Kashani F, Hassankhani EG, Shiravani R, Mirkazemi M.

Surgical Outcome of Reduction and Instrumented Fusion in Lumbar Degenerative Spondylolisthesis

Iran J Med Sci January 2016; Vol 41 No 1.

PMID: 26722140

87. Mohammed Ali Alvi , Adeeb Sebai , Yagiz Yolcu , Waseem Wahood , Benjamin D Elder, Timothy Kaufmann , Mohamad Bydon

Assessing the Differences in Measurement of Degree of Spondylolisthesis Between Supine MRI and Erect X-Ray: An Institutional Analysis of 255 Cases

Neurosurg (Hagerstown). 2020 Apr 1

DOI: 10.1093/ons/opz180

88. Demir-Deviren, S., Ozcan-Eksi, E. E., Sencan, S., Cil, H., & Berven, S.

Comprehensive non-surgical treatment decreased the need for spine surgery in patients with spondylolisthesis: Three-year results.

Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation (2019) , 1–6.

doi:10.3233/bmr-181185 .

89. Katarzyna Studnicka, George Ampat

Lumbosacral Spondylolisthesis

StatPearls Publishing; 2022 Jan

PMID: 32809514

90. Reid Hoshide 1 , Erica Feldman 1 , William Taylor 1

Cadaveric Analysis of the Kambin's Triangle

Neurosurgery, UC San Diego, 2016 Feb

DOI: 10.7759/cureus.475

91. Kraiwattanapong C, Wechmongkolgorn S, Chatriyanuyok B, Woratanarat P, Udomsubpayakul U, Chanplakorn P, et al.

Outcomes of fluoroscopically guided lumbar transforaminal epidural steroid injections in degenerative lumbar spondylolisthesis patients.

Asian Spine J. 2014;8(2):119–28.

doi: 10.4184/asj.2014.8.2.119

92. Bell DF, Ehrlich MG, Zaleske DJ.

Brace treatment for symptomatic spondylolisthesis.

Clin Orthop Relat Res, 1988, pp. ;236:192–8.

PMID: 3180570

93. Steiner ME, Micheli LJ.

Treatment of symptomatic spondylolysis and spondylolisthesis with the modified Boston brace.

Spine (Phila Pa 1976). 1985;10(10):937–43.

DOI: 10.1097/00007632-198512000-00013

94. Pan, J, Li, L, Qian, L, Zhou, W, Tan, J, Zou, L, & Yang, M.

Spontaneous Slip Reduction of Low-Grade Isthmic Spondylolisthesis Following Circumferential Release via Bilateral Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion.

Spine, 36(4), 283–289. (2011).

doi:10.1097/brs.0b013e3181cf7640 .

95. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J.

Comparison of one-level minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2.

Eur Spine J2010;19(10):1780–4.

DOI: 10.1007/s00586-010-1404-z

96. Goldstein CL, Macwan K, Sundararajan K, Rampersaud YR.

Comparative out-comes of minimally invasive surgery for posterior lumbar fusion: a systematic review.

Clin Orthop 2014;472(6):1727–37.

DOI: 10.1007/s11999-014-3465-5

97. Park Y, Ha JW.

Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach.

Spine (Phila Pa 1976). 2007;32: 537–543.

DOI: 10.1097/01.brs.0000256473.49791.f4

98. Ralph J. Mobbs, Kevin Phan, Greg Malham, Kevin Seex, Prashanth J. Rao.

Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF

Spine Surg. 2015 Dec

DOI: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05

99. Ralph J. Mobbs, Kevin Phan, Greg Malham, Kevin Seex, Prashanth J. Rao.

Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF

J Spine Surg 2015;1(1):2-18.

DOI: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05

100. Sebastian, A. S, Dalton, D, Slaven, S. E, Welch-Phillips, A, Fredericks, D. R, Ahern, D. P, Butler, J. S.

What Is the Optimal Surgical Treatment for Low-Grade Isthmic Spondylolisthesis? ALIF or TLIF? Clinical Spine Surgery: A Spine Publication, Publish Ahead of Print. (2020). doi:10.1097/bsd.000000000000009.

101. Brodano, G. B, Martikos, K, Lolli, F, Gasbarrini, A, Cioni, A, Bandiera, S, Greggi, T.

Transforaminal Lumbar Interbody Fusion in Degenerative Disk Disease and Spondylolisthesis Grade I.

Journal of Spinal Disorders and Techniques,. 2015.

DOI: 10.1097/BSD.0000000000000034

102. Kwon BK, Berta S, Daffner SD, et al.

Radiographic analysis of transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of adult isthmic spondylolisthesis.

J Spinal Disord Tech. 2003;16:469–476.

DOI: 10.1097/00024720-200310000-00006

103. Lauber S, Schulte TL, Liljenqvist U, et al.

Clinical and radiologic 2–4-year results of transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2.

Spine (Phila Pa 1976). 2006;31:1693–1698.

DOI: 10.1097/01.brs.0000224530.08481.4e

104. Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV.

Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up.

J Neurosurg Spine. 2008;9:560–565.

DOI: 10.3171/SPI.2008.9.08142

105. Francesco, Ciro Tamburrelli, Maria Concetta Meluzio, Aaron Burrofato, Andrea Perna, Luca Proietti

Minimally invasive surgery procedure in isthmic spondylolisthes

Spine J. 2018 Jun

DOI: 10.1007/s00586-018-5627-8

106. Stavros Oikonomidis, Carolin Meyer, Max Joseph Scheyerer, David Grevenstein , Peer Eysel , Jan Bredow

Lumbar spinal fusion of low-grade degenerative spondylolisthesis (Meyerding grade I and II): Do reduction and correction of the radiological sagittal parameters correlate with better clinical outcome?

Orthop Trauma Surg. 2020 Sep

DOI: 10.1007/s00402-019-03282-9

107. Justin J. Turcotte, MBA Chad M. Patton, MD, MS

Predictors of Postoperative Complications After Surgery for Lumbar Spinal Stenosis and Degenerative Lumbar Spondylolisthesis

J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev. 2018 Dec 4

DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00085

108. Jason Pui Yin Cheung, Prudence Wing Hang Cheung, Kenneth Man Chee Cheung, and Keith Dip Kei Luk

Decompression without Fusion for Low-Grade Degenerative Spondylolisthesis

Asian Spine J. 2016 Feb

doi: 10.4184/asj.2016.10.1.75

109. Mikhail Lew P. Ver, MD1 , John R. Dimar II, MD1, and Leah Y. Carreon, MD, MSc

Traumatic Lumbar Spondylolisthesis: A Systematic Review and Case Series

Global Spine J. 2019 Oct

DOI: 10.1177/2192568218801882

110. A. Bouchaouch, F. Derkaoui-Hassani , H. Abboud , J. Ntalaja , N. El Fatemi , R. Gana , M.R. Maaqili , N. El Abbadi , F. Bellakhdar.

Arthrodèse ou pas, pour quel type de spondylolisthésis lombaire ? À propos d'une série de 51 cas.

December 2013

DOI:10.1016/j.neuchi.2013.10.060

111. Azzouz S ,

Evaluation de l'arthrodèse lombaire dans le traitement chirurgical du spondylolisthésis étude comparative de deux techniques chirurgicales.

H.M.U.S, Staouali, Alger SACOT (2011).

112. DN Inamdar, M. Alagappan, L Shyam, S. Devadoss, A. Devadoss.

Posterior lumbar interbody fusion versus intertransverse fusion in the treatment of lumbar spondylolisthesis.

Journal of Orthopaedic Surgery 2006;14(1):21-6.

113. Kao-Chang Tu, Cheng-Min Shih, Kun-Hui Chen , Chien-Chou Pan, Fuu-Cheng Jiang, Cheng-En Hsu.

Direct reduction of high-grade lumbosacral spondylolisthesis with anterior cantilever technique - surgical technique note and preliminary results

BMC MusculoskeletDisord. 2021 Jun 18

DOI: 10.1186/s12891-021-04439-7

114. Vidon-Buthion., Anthony.

Technique chirurgicale d'arthrodèse vertébrale par voie antérieure unique, dans la prise en charge-S1 par lyse isthmiq du spondylolisthésis L5e. Revue à 15 ans.

Le « Guillaume Tell » 2016

115. Isaac O. Karikari, MD, and Robert E. Isaacs, MD

Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion

A Review of Techniques and Outcomes

116. Hisaaki Uchikado¹, Yasuhiko Nishimura², Gohsuke Hattori³, Yukoh Ohara⁴

Micro-anatomical structures of the lumbar intervertebral foramen for full-endoscopic spine surgery: review of the literatures

Department of Neurosurgery, Kurume University School of Medicine

117. Reid Hoshide , Erica Feldman , William Taylor

Cadaveric Analysis of the Kambin's Triangle

Neurosurgery, UC San Diego

118. Chao Zhou, MD, Yong-hao Tian, MD, Yan-ping Zheng, MD, Xin-yu Liu, MD, Hu-hu Wang, MD

Mini-invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion through Wiltse Approach to Treating Lumbar Spondylolytic Spondylolisthesis

Department of Orthopaedics University, Jinan, China

119. Murat Ulutaş , Can Yıldız , Mehmet Seçer , Mehmet Ali İkidag , Mehmet Ali Cüce , Onur Yaman , Sedat Dalbayrak

Comparison of Wiltse and classical methods in surgery of lumbar spinal stenosis and spondylolisthesis

Neurologia / Neurochirurgia Polska, 49(4), 251–257

120. Y Benjamin Khechen, BA & Brittany E. Haws, MD & Dil V. Patel, BS & Joon S. Yoo, BA & Jordan A. Guntin, BS & Kaitlyn L. Cardinal, BS & Sravisht Iyer, MD & Kern Singh, MD

Static Versus Expandable Devices Provide Similar Clinical Outcomes Following Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion

September 2018/Accepted: 14 February 2019 * Hospital for Special Surgery 2019, HSSJ

DOI 10.1007/s11420-019-09677-z

121. Ammar H. Hawasli, MD, PhD,^{1,2} Jawad M. Khalifeh, BS,¹ Ajay Chatrath, BS,¹ Chester K. Yarbrough, MD,³ and Wilson Z. Ray, MD¹

Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with expandable versus static interbody devices: radiographic assessment of sagittal segmental and pelvic parameters

Departments of 1Neurological Surgery and 2Orthopedic Surgery, Washington University School of Medicine, Saint Louis, Missouri; and 3Department of Neurosurgery, University of Utah School of Medicine, Salt Lake City, Utah

Neurosurg Focus 43 (2):E10, 2017

122. Jin-Sung Kim, Dong-Hyun Kim, Sang-Ho Lee,

Comparison between Instrumented Mini-TLIF and Instrumented Circumferential Fusion in Adult Low-Grade Lytic Spondylolisthesis : Can Mini-TLIF with PPF Replace Circumferential Fusion?

Department of Neurosurgery, Wooidul Spine Hospital, Seoul, Korea Department of Neurosurgery, Leon Wiltse Memorial Hospital, Suwon, Korea

J Korean Neurosurg Soc 45 : 74-80, 2009

123. Mohammed Ali Alvi , Shyam J. Kurian, Waseem Wahood, Anshit Goyal, Benjamin D. Elder, Mohamad Bydon

Assessing the Difference in Clinical and Radiologic Outcomes Between Expandable Cage and Nonexpandable Cage Among Patients Undergoing Minimally Invasive Transforaminal Interbody Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis

World Neurosurg. (2019) 127:596-606. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.284>

124. Antonio Tsahtsarlis , Martin Wood

Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and degenerative lumbar spine disease

Eur Spine J. 2012 Nov; 21(11): 2300–2305.

125. Guang-Xun Lin, Jin-Sung Kim, Vit Kotheeranurak, Chien-Min Chen , Bao-Shan Hu, and Gang Rui

Does the application of expandable cages in TLIF provide improved clinical and radiological results compared to static cages? A meta-analysis

Front. Surg., 10 August 2022 . Sec. Orthopedic Surgery

Volume 9 - 2022 | <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.949938>

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

- Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- Les médecins seront mes frères.*
- Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- ◀ بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية .
 - ◀ وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه .
 - ◀ وأن أمارس مهنتي بوانح من ضميري وشر في جاعلا صحة مريض هدي في الأول .
 - ◀ وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي .
 - ◀ وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب .
 - ◀ وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي .
 - ◀ وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي .
 - ◀ وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها .
 - ◀ وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد .
 - ◀ بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسما بالله .
- والله على ما أقول شهيد .



المملكة المغربية
جامعة محمد الخامس بالرباط
كلية الطب والصيدلة
الرباط



سنة : 2023

رقم الأطروحة: 109

مساهمة الجراحة طفيفة التوغل في علاج الانزلاق الفقاري القطني

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم: 2023 / /

من طرفه

السيدة منال جعفر

المزدادة في : 31 أكتوبر 1996 بالرباط

لنيل شهادة

دكتور في الطب

الكلمات الأساسية: جراحة طفيفة التوغل - TLIF - انزلاق الفقار القطني - التوازن السهمي

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس اللجنة	السيد المعقلي مولاي رشيد
مدير الأطروحة	أستاذ في جراحة الاعصاب السيد الفاطمي نزار
عضو	أستاذ في جراحة الاعصاب السيد المسترشد ابراهيم
عضو	أستاذ في جراحة الاعصاب السيدة فكري مريم
عضو	أستاذة في علم الأشعة السيدة قرقوري سامية
عضو	أستاذة في الطب الطبيعي وإعادة التأهيل السيد المجاطي محمد
	أستاذ في جراحة الاعصاب