



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



Année: 2023

Thèse N°: 83

La place de la modulation de croissance
dans le traitement des déformations
rachidiennes chez l'enfant (scoliose)

THESE

Présentée et soutenue publiquement le : / /2023

PAR

Monsieur Issam BERRAJ

Né le 13 Décembre 1996 à Tanger

Médecin Interne du CHU Ibn Sina de Rabat

Pour l'Obtention du Diplôme de

Docteur en Médecine

Mots Clés : Scoliose idiopathique; Adolescent; Modulation de croissance;
Rachis; Chirurgie

Membres du Jury :

Monsieur Abdessamad EL OUAHABI

Professeur de Neurochirurgie

Monsieur Abdelouahed AMRANI

Professeur de Traumatologie Orthopédie Pédiatrique

Monsieur Mohammed Anouar DENDANE

Professeur de Traumatologie Orthopédie Pédiatrique

Madame Naima EL HAFIDI

Professeur de Pédiatrie

Monsieur Mohamed RAMI

Professeur de Chirurgie Pédiatrique

Président

Rapporteur

Juge

Juge

Juge

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ
الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ ﴾

[سُورَةُ الْبَقَرَةِ: ٣٢]

صِدْقَ اللَّهِ الْعَظِيمِ



**UNIVERSITE MOHAMMED V
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
RABAT**

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 estudiantines

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 Estudiantines, 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. BENSOU DA 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. BENSOU DA 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 Nouredine
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

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. BENTAHILA Abdelali

Urologie Inspecteur du SSM
Pédiatrie

**Enseignant militaire*

Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

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

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*

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

Novembre 1998

Pr. BENOMAR ALI

Rabat

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

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
Pr. AIT OUAMAR Hassan
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr Sououd
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
Pr. ECHARRAB El Mahjoub
Pr. EL FTOUH Mustapha
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*

Traumatologie – Orthopédie
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

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

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

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

Neurologie [Doyen de la FMP Abulcassis](#)

Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Hématologie

Pneumo-ptisiologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Pneumo-ptisiologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pneumo-ptisiologie
Neurochirurgie

**Enseignant militaire*

Pr. TACHINANTE Rajae
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Anesthésie-Réanimation
Médecine interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
Pr. AJANA Fatima Zohra
Pr. BENAMR Said
Pr. CHERTI Mohammed
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
Pr. EL HASSANI Amine
Pr. EL KHADER Khalid
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Ne Urologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Générale
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Pédiatrie - [Dir. Hôp. Cheikh Zaid Rabat](#)
Urologie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Pédiatrie

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BENABDELJLIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOUACHANE Thami
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik

Anesthésie-Réanimation
Ne Urologie
Néphrologie
Pneumo-physiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Rhumatologie
Anatomie
Radiologie
Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Neuro-chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique [Dir. Hôp. Des Enfants Rabat](#)
Chirurgie Générale
Pédiatrie -
Neuro-chirurgie
Chirurgie Générale [Dir. Hôpital Ibn Sina Rabat](#)
Chirurgie Thoracique
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique **V-D.**
Aff Acad. Est.
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Urologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. HRORA Abdelmalek

Pr. KABIRI EL Hassane*
Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim

Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine
Pr. SABBABH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Décembre 2002

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

Pr. BAMOU Youssef*
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Pr. BENZEKRI Laila

Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie [Dir. HMI Moulaya Ismail-Meknès](#)
Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Dermatologie

**Enseignant militaire*

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*

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

Janvier 2005

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

AVRIL 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*

**Enseignant militaire*

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](#)

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

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

Gynécologie Obstétrique

Rhumatologie

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

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

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 Nourine
Pr. CHERKAOUI Naoual*
Pr. EL BEKKALI Youssef*
Pr. EL ABSI Mohamed
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMARI Fatima
Pr. GHARIB Noureddine
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*

Hématologie
O.R.L
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire. Dir. Hôp. Ibn Sina Marr.
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

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

**Enseignant militaire*

Pr. TANANE Mansour*
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUATI Zakia

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
Pr. AGADR Aomar*
Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
Pr. AKHADDAR Ali*
Pr. ALLALI Nazik
Pr. AMINE Bouchra
Pr. ARKHA Yassir

Rabat

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

Mars 2010

Pr. Karim FILALI *

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

Traumatologie-Orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Médecine interne
Pédiatrie
Chirurgie Générale
Neuro-chirurgie
Radiologie
Rhumatologie
Neuro-chirurgie [Dir. Hôp. Spécialités](#)

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
Pédiatrie
Chirurgie Générale
Radiologie
Cardiologie
Pneumo-Phtisiologie

Anesthésie réanimation [Directeur de l'Ecole Royale du Service de Santé Militaire](#)

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

**Enseignant militaire*

Pr. LAMALMI Najat
Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

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. BENSCHIR Mustapha*
Pr. BENYAHIA Mohammed*
Pr. BOUATIA Mustapha
Pr. BOUABID Ahmed Salim*
Pr. BOUTARBOUCH Mahjoub
Pr. CHAIB Ali*
Pr. DENDANE Tarek
Pr. DINI Nouzha*
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa
Pr. ELFATEMI NIZARE
Pr. EL GUERROUJ Hasnae
Pr. EL HARTI Jaouad
Pr. EL JAOUDI Rachid*
Pr. EL KABABRI Maria
Pr. EL KHANNOUSSI Basma
Pr. EL KHLOUFI Samir
Pr. EL KORAICHI Alae
Pr. EN-NOUALI Hassane*
Pr. ERGUIG Laila
Pr. FIKRI Meryem
Pr. GHFIR Imade
Pr. IMANE Zineb
Pr. IRAQI Hind
Pr. KABBAJ Hakima
Pr. KADIRI Mohamed*

Pharmacologie *Doyen FP de l'UM6SS*
Toxicologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Réanimation Médicale
Anesthésie-Réanimation
Biochimie-Chimie
Hématologie
Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chimie Analytique et Bromatologie
Traumatologie orthopédie
Anatomie
Cardiologie
Réanimation Médicale
Pédiatrie
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Neuro-chirurgie
Médecine Nucléaire
Chimie Thérapeutique
Toxicologie
Pédiatrie
Anatomie Pathologique
Anatomie
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Physiologie
Radiologie
Médecine Nucléaire
Pédiatrie
Endocrinologie et maladies métaboliques
Microbiologie
Psychiatrie

**Enseignant militaire*

Pr. LATIB Rachida
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra
Pr. MEDDAH Bouchra
Pr. MELHAOUI Adyl
Pr. MRABTI Hind
Pr. NEJJARI Rachid
Pr. OUBEJJA Houda
Pr. OUKABLI Mohamed*
Pr. RAHALI Younes

Pharmacie

Pr. RATBI Ilham
Pr. RAHMANI Mounia
Pr. REDA Karim*
Pr. REGRAGUI Wafa
Pr. RKAIN Hanan
Pr. ROSTOM Samira
Pr. ROUAS Lamiaa
Pr. ROUIBAA Fedoua*
Pr. SALIHOUN Mouna
Pr. SAYAH Rochde
Pr. SEDDIK Hassan*
Pr. ZERHOUNI Hicham
Pr. ZINE Ali*

AVRIL 2013

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM*

MAI 2013

Pr. BOUSLIMAN Yassir*

MARS 2014

Pr. ACHIR Abdellah
Pr. BENCHAKROUN Mohammed*
Pr. BOUCHIKH Mohammed
Pr. EL KABBAJ Driss*
Pr. FILALI Karim*
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira*
Pr. HARDIZI Houyam
Pr. HASSANI Amale*
Pr. HERRAK Laila
Pr. JEAIDI Anass*
Pr. KOUACH Jaouad*
Pr. MAKRAM Sanaa*
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar
Pr. SEKKACH Youssef*
Pr. TAZI MOUKHA Zakia

DECEMBRE 2014

Pr. ABILKACEM Rachid*
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila
Pr. BEKKALI Hicham*
Pr. BENZAOU Salma
Pr. BOUABDELLAH Mounya
Pr. BOUCHRIK Mourad*

Radiologie
Médecine interne
Pharmacologie *Directrice du Méd. Phar.*
Neuro-chirurgie
Oncologie Médicale
Pharmacognosie
Chirurgie Pédiatrique
Anatomie Pathologique
Pharmacie Galénique *Vice-Doyen à la*

Génétique
Ne Urologie
Ophtalmologie
Ne Urologie
Physiologie
Rhumatologie
Anatomie Pathologique
Gastro-Entérologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Gastro-Entérologie
Chirurgie Pédiatrique
Traumatologie Orthopédie

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

Toxicologie

Chirurgie Thoracique
Traumatologie- Orthopédie
Chirurgie Thoracique
Néphrologie
Anesthésie-Réanimation *Dir. ERSSM*
Biochimie-Chimie
Histologie- Embryologie-Cytogénétique
Pédiatrie
Pneumologie
Hématologie Biologique
Gynécologie-Obstétrique
Pharmacologie
CCV
Médecine interne
Généologie-Obstétrique

Pédiatrie
Médecine Légale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Maxillo-Faciale
Biochimie-Chimie
Parasitologie

**Enseignant militaire*

Pr. DERRAJI Soufiane*
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim*
Pr. EL MARJANY Mohammed*
Pr. FEJJAL Nawfal
Pr. JAHIDI Mohamed*
Pr. LAKHAL Zouhair*
Pr. OUDGHIRI NEZHA
Pr. RAMI Mohamed
Pr. SABIR Maria
Pr. SBAI IDRISSE Karim*
Hyg.

Pharmacie Clinique
Anatomie
Anesthésie-Réanimation
Radiothérapie
Chirurgie réparatrice et plastique
O.R.L
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Psychiatrie
Médecine préventive, santé publique et

AOUT 2015

Pr. MEZIANE Meryem
Pr. TAHIRI Latifa

Dermatologie
Rhumatologie

JANVIER 2016

Pr. BENKABBOU Amine
Pr. EL ASRI Fouad*
Pr. ERRAMI Noureddine*

Chirurgie Générale
Ophtalmologie
O.R.L

JUIN 2017

Pr. ABI Rachid*
Pr. ASFALOU Ilyasse*
Pr. BOUAITI El Arbi*
Hyg.
Pr. BOUTAYEB Saber
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim
Pr. HAFIDI Jawad
Pr. MAJBAR Mohammed Anas
Pr. OURAINI Saloua*
Pr. RAZINE Rachid
Hyg.
Pr. SOUADKA Amine
Pr. ZRARA Abdelhamid*

Microbiologie
Cardiologie
Médecine préventive, santé publique et

Oncologie Médicale
Oncologie Médicale
Anatomie
Chirurgie Générale
O.R.L
Médecine préventive, santé publique et

Chirurgie Générale
Immunologie

PROFESSEURS AGREGES :

JANVIER 2005

Pr. HAJJI Leila

Cardiologie (*mise en disponibilité*)

MAI 2018

Pr. AMMOURI Wafa
Pr. BENTALHA Aziza
Pr. EL AHMADI Brahim
Pr. EL HARRECH Youness*
Pr. EL KACEMI Hanan
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa
Pr. FATIHI Jamal*
Pr. GHANNAM Abdel-Ilah
Pr. JROUNDI Imane
Hyg.
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil

Médecine interne
Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Urologie
Radiothérapie
Radiothérapie
Médecine interne
Anesthésie-Réanimation
Médecine préventive, santé publique et

Radiologie

**Enseignant militaire*

Pr. TADILI Sidi Jawad
Pr. TANZ Rachid*

NOVEMBRE 2018

Pr. AMELLAL Mina
Pr. SOULY Karim
Pr. TAHRI Rajae

NOVEMBRE 2019

Pr. AATIF Taoufiq*
Pr. ACHBOUK Abdelhafid*
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah*
Pr. BASSIR Rida Allah
Pr. BOUATTAR Tarik
Pr. BOUFETTAL Monsef
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed*
Pr. BOUZELMAT Hicham*
Pr. BOUKHRIS Jalal*
Pr. CHAFRY Bouchaib*
Pr. CHAHDI Hafsa*
Pr. CHERIF EL ASRI ABAD*
Pr. DAMIRI Amal*
Pr. DOGHMI Nawfal*
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir
Pr. EL ANNAZ Hicham*
Pr. EL HASSANI Moulay El Mehdi*
Pr. EL HJOUJI Abderrahman*
Pr. EL KAOUI Hakim*
Pr. EL WALI Abderrahman*
Pr. EN-NAFAA Issam*
Pr. HAMAMA Jalal*
Pr. HEMMAOUI Bouchaib*
Pr. HJIRA Naouafal*
Pr. JIRA Mohamed*
Pr. JNIENE Asmaa
Pr. LARAQUI Hicham*
Pr. MAHFOUD Tarik*
Pr. MEZIANE Mohammed*
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes*
Pr. MOUZARI Yassine*
Pr. NAOUI Hafida*
Pr. OBTEL MAJDOULINE
Hyg.
Pr. OURRAI ABDELHAKIM*
Pr. SAOUAB RACHIDA*
Pr. SBITTI YASSIR*
Pr. ZADDOUG OMAR*
Pr. ZIDOUH SAAD*

SEPTEMBRE 2021

Pr. ABABOU Karim*
Pr. ALAOUI SLIMANI Khaoula*
Pr. ATOUF OUAFA

Anesthésie-Réanimation
Oncologie Médicale

Anatomie
Microbiologie
Histologie-Embryologie--Cytogénétique

Néphrologie
Chirurgie réparatrice et plastique
Radiothérapie
Gynécologie-Obstétrique
Anatomie
Néphrologie
Anatomie
Chirurgie-Générale
Cardiologie
Traumatologie-Orthopédie
Traumatologie-Orthopédie
Anatomie pathologique
Neuro-chirurgie
Anatomie Pathologique
Anesthésie-Réanimation
Pharmacie-Galénique
Virologie
Gynécologie-Obstétrique
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Anesthésie-Réanimation
Radiologie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
O.R.L
Dermatologie
Médecine interne
Physiologie
Chirurgie-Générale
Oncologie Médicale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Parasitologie-Mycologie
Médecine préventive, santé publique et

Pédiatrie
Radiologie
Oncologie Médicale
Traumatologie-Orthopédie
Anesthésie-Réanimation

Chirurgie réparatrice et plastique
Oncologie Médicale
Immunologie

**Enseignant militaire*

Pr. BAKALI Youness
 Pr. BAMOUS Mehdi*
 Pr BELBACHIR Siham
 Pr. BELKOUCH Ahmed*
 Catastrophes
 Pr. BENNIS Azzelarab*
 Pr. CHAFAI ELALAOUI Siham
 Pr. DOUMIRI Mouhssine
 Pr. EDDERAI Meryem*
 Pr. EL KTAIBI Abderrahim*
 Pr. EL MAAROUFI Hicham*
 Pr. EL OMRI Noual*
 Pr. ELQATNI Mohamed*
 Pr. FAHRY Aicha*
 Pr. IBRAHIM RAGAB MOUNTASSER Dina*
 Pr. IKEN Maryem
 Pr. JAAFARI Abdelhamid*
 Pr. KHALFI Lahcen*
 Faciale
 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*

Chirurgie Générale
 CCV
 Psychiatrie
 Médecine des Urgences et des

 Traumatologie-Orthopédie
 Génétique
 Anesthésie-Réanimation
 Radiologie
 Anatomie Pathologique
 Hématologie Clinique
 Médecine interne
 Médecine interne
 Pharmacie Galénique
 Néphrologie
 Parasitologie
 Anesthésie-Réanimation
 Stomatologie et Chirurgie Maxillo-

 Cardiologie
 Médecine interne
 Radiologie
 Psychiatrie
 Radiologie
 Pédiatrie
 Chimie Analytique
 Neurochirurgie
 Neurologie
 Pneumo-ptisiologie
 Pharmacie Clinique
 Virologie
 Hématologie
 Néphrologie
 Pharmacognosie

**Enseignant militaire*

2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

Pr. ABOUDRAR Saadia
Pr. ALAMI OUHABI Naima
Pr. ALAOUI KATIM
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma
Pr. ANSAR M'hammed
Chimique
Pr. BARKIYOU Malika
Pr. BOUHOUCHE Ahmed
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz
Pr. DAKKA Taoufiq
Rech. et de la Coop.
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes
Pr. IBRAHIMI Azeddine
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med
Pr. RIDHA Ahlam
Pr. TOUATI Driss
Pr. ZAHIDI Ahmed

Physiologie
Biochimie-Chimie
Pharmacologie
Histologie-Embryologie
Chimie Organique et Pharmacie

Histologie-Embryologie
Génétique Humaine
Applications Pharmaceutiques
Physiologie *Vice-Doyen chargé de la*

Pharmacologie
Biologie moléculaire/Biotechnologie
Chimie Organique
Chimie
Pharmacognosie
Pharmacologie

PROFESSEURS HABILITES :

Pr. AANNIZ Tarik
Pr. BENZEID Hanane
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia
Pr. CHERGUI Abdelhak
végétales
Pr. DOUKKALI Anass
Pr. EL BAKKALI Mustapha
Pr. EL JASTIMI Jamila
Pr. KHANFRI Jamal Eddine
Pr. LAZRAK Fatima
Pr. LYAHYAI Jaber
Pr. OUADGHIRI Mouna
Pr. RAMLI Youssef
Pr. SERRAGUI Samira
Pr. TAZI Ahnini
Pr. YAGOUBI Maamar

Microbiologie et Biologie moléculaire
Chimie
Biochimie-Chimie
Botanique, Biologie et physiologie

Chimie Analytique
Physiologie
Chimie
Histologie-Embryologie
Chimie
Génétique
Microbiologie et Biologie
Chimie Organique Pharmaco-Chimie
Pharmacologie
Génétique
Eau, Environnement

Mise à jour le 21/02/2022

KHALED Abdellah

Chef du Service des Affaires Administratives

FMPR

**Enseignant militaire*



Dédicaces



AU BON DIEU TOUT PUISSANT

Qui m'a inspiré

Qui m'a guidé dans le bon chemin

Je vous dois ce que je suis devenue

Louanges et remerciements

Pour votre clémence et miséricorde

À ma famille et tous mes amis



Remerciements



À notre maître et président de thèse

Professeur EL OUAHABI Abdessamad

Chef de service de Neurochirurgie à l'Hôpital des Spécialités de Rabat

Je vous remercie pour l'honneur que vous m'avez donné en acceptant de présider ce jury . Je vous suis très reconnaissant pour l'amabilité avec laquelle vous m'avez reçu , et pour l'intérêt que vous avez porté à mon travail . Veuillez trouver ici, Professeur, l'expression de mes sincères remerciements.

À notre cher maître et rapporteur de thèse

Professeur AMRANI Abdelouahed

*Professeur d'orthopédie et de chirurgie réparatrice à l'Hôpital d'Enfants de
Rabat*

Vous me faites l'honneur d'être le directeur de ce travail qui a pu être mené à bien grâce à vos conseils, vos encouragements ainsi que votre exigence et souci du détail qui m'ont incité à approfondir mes recherches et tenir à perfectionner mon travail.

Je tiens à vous remercier énormément pour votre disponibilité et votre sympathie durant cette année que j'ai passé avec vous au service. Partager des heures au bloc opératoire avec vous était un vrai privilège et une occasion pour moi d'apprendre de vos qualités professionnelles et humaines.

Votre compétence, votre dynamisme et votre rigueur ont suscité en moi une grande admiration et un profond respect. Vous êtes un exemple à suivre pour tous les jeunes médecins, gourmands et motivés pour exceller dans ce domaine médical où l'excellence est un devoir.

Veillez, Cher Maître, trouver dans ce modeste travail l'expression de ma haute considération et de mon profond respect pour avoir guidé les premiers pas de ma carrière.

À notre maître et juge de thèse

***Professeur DENDANE Mohammed Anouar , professeur en orthopédie
pédiatrique à l'Hôpital d'Enfants de Rabat.***

*Vous m'avez honoré d'accepter avec grande sympathie de siéger parmi mon jury
de thèse . J'ai eu la chance et le privilège de travailler avec vous en tant
qu'interne pendant un an , de profiter de votre culture scientifique, de vos
compétences professionnelles incontestables ainsi que de vos qualités humaines
qui vous valent l'admiration et le respect.*

*Veillez croire à l'expression de ma profonde reconnaissance et de mon grand
respect.*

À notre maître et juge de thèse

Professeur EL HAFIDI Naima

Professeur en pédiatrie à l'Hôpital d'Enfants de Rabat.

Merci pour l'honneur que vous m'avez donné en acceptant d'être membre du jury de ma thèse . J'ai eu la chance et le plaisir d'apprendre de vous en tant qu'externe et en tant qu'interne . Votre sérieux et votre rigueur de travail, votre dévouement , sincérité et amour pour ce métier ; vos qualités humaines et professionnelles nous servent d'exemple pour notre carrière .

Veillez accepter, cher Maître, mes sincères remerciements .

À notre maître et juge de thèse

Professeur RAMI Mohamed

Professeur en chirurgie pédiatrique à l'Hôpital d'Enfants de Rabat.

Vous m'avez fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse. Vous avez fait preuve d'une grande compréhension et d'une grande disponibilité. Je vous suis très reconnaissant de la gentillesse et de l'amabilité avec laquelle vous m'avez reçu.

Veillez trouver ici, Professeur, l'expression de mon profond respect.

Abréviations

- AIS** : Adolescent idiopathic scoliosis
- AVBT** : Anterior vertebral body tethering
- FDA** : Food and drug administration
- PSF** : Posterior spinal fusion
- SI** : Scoliose idiopathique
- VBT** : Vertebral body tethering



Liste des illustrations



Liste des figures

Figure 1 : la statistique χ^2 pour évaluer l'hétérogénéité	6
Figure 2 : type de courbures des malades inclus	12
Figure 3 : répartition des malades selon le sexe	12
Figure 4 : Répartition des malades selon les stades de maturation osseuse Risser	13
Figure 5 : répartition des malades selon les stades de maturation osseuse Sanders	13
Figure 6 : répartition des malades selon la classification de Lenke	14
Figure 7 : (A) Un patient de 15 ans qui était Risser 1, Sanders 3 au moment de la mise en place de l'attache ; (B) correction postopératoire immédiate ; (C) 3 ans après l'opération, il a terminé sa croissance avec un alignement satisfaisant	17
Figure 8 : (A) Une patiente de 11 ans qui était Risser 0 avec un cartilage triradié ouvert au moment de la mise en place de l'attache ; (B) correction postopératoire immédiate ; (C) 2 ans après l'opération, elle a développé une hypercorrection modérée et a subi une chirurgie de révision pour libérer le cordon de l'implant.	18
Figure 9 : A et B, Un patient de 14 ans (Risser 3, Sanders 4) s'est présenté avec une courbure thoracique droite de 42° pour laquelle la corset a échoué. Il a bénéficié d'une AVBT droite T6-T12 avec correction à 25° sur les premiers clichés (C et D). À 2 ans postopératoires, il a 16 ans, Risser 5 avec une courbure de 10° (E et F).....	19
Figure 10 : l'installation du malade dans le bloc opératoire	28
Figure 11 : position de l'équipe chirurgicale (A : anesthésiste, PS : chirurgien pédiatrique , OS: chirurgien orthopédique , SN : scrub nurse)	28
Figure 12 : incision et position des instruments	29
Figure 13 : Vue thoracoscopique : incision de la plèvre pariétale, latérale aux corps vertébraux et antérieure aux têtes costales	31
Figure 14 : Les vaisseaux intercostaux sont identifiés et soigneusement disséqués avec une	

pince bipolaire. La dissection et la coagulation des vaisseaux sous la plèvre sont facilitées par l'accès mini-thoracotomie avec un tampon monté sur l'instrument Kelly. Cette manœuvre permet de garder le champ propre et, en cas de saignement éventuel, d'être plus rapide en hémostase.....31

Figure 15: Les corps vertébraux sont instrumentés avec des vis revêtues d'hydroxyapatite et des agrafes à dents.33

Figure 16: Une fois tous les corps vertébraux instrumentés, l'attache est insérée par l'incision la plus caudale et placée dans les vis à partir des deux positions les plus céphaliques.....35

Figure 17: incision oblique au niveau du flanc36

Figure 18: vue trans-psoas du placement du vis37

Figure 19: mise de l'attache lombaire sous tension , in situ38

Liste des tableaux

Tableau 1 :: caractéristiques des études incluses	21
Tableau 2 : complications périopératoires , reprises et conversion en arthrodeuse postérieure.....	24
Tableau 3 : caractéristiques des malades inclus.....	25



Sommaire



I-Introduction	2
II-Matériel et méthodes	5
1-Type d'étude	5
2-La sélection des études	6
a-Critères d'inclusion	6
b-Critères d'exclusion	7
c-Le processus de sélection des études	7
3-Extraction des données	8
III-Résultats	11
1-Caractéristiques des études	11
2-Synthèse des résultats des études	11
IV-Discussion	27
1-Description de la technique.....	27
a-Pour les courbures thoraciques	27
b-Pour les courbures lombaires.....	36
c-Nature du matériel.....	39
2-Avantages.....	39
3-Inconvénients	42
4-Limites de l'étude	43
V-Conclusion	46
VI-Résumé	48
VII-Annexes	52
VIII-Bibliographie	56



Introduction



I-Introduction:

La scoliose idiopathique de l'adolescent (AIS) est la déformation de la colonne vertébrale la plus courante traitée par les chirurgiens orthopédiques pédiatriques(1). Le gold standard actuel du traitement chirurgical est la fusion postérieure (PSF) , qui s'est avérée être une technique robuste pour corriger les déformations scoliotiques (2) . L'arthrodèse postérieure a été associée à un faible taux de complications et à de bons résultats à long terme(3-5). Cependant, des inquiétudes existent concernant la raideur conférée par la fusion postérieure ainsi que les effets à long terme sur le segment adjacent. De plus, malgré de bons résultats et un faible taux de complications, la fusion postérieure est perçue comme s'accompagnant de complications périopératoires ou à long terme : infection, lésions pulmonaires , neurologiques et dégénérescence discale(6-7). En tant que tel, l'intérêt pour les solutions sans fusion pour la correction de la scoliose idiopathique persiste.

Le concept sous-jacent de la modulation de la croissance du squelette est de modifier l'environnement mécanique de la physe vertébrale et de guider sa croissance. Dans l'étude de Stokes(8) réalisée en 1996, la « loi de Hueter-Volkman » a été démontrée dans un modèle de queue de rat, ce qui suggère que le même concept pourrait être appliqué à la scoliose pour moduler la croissance.

La modulation de croissance pour la correction de la SI, chez les patients au squelette immature, repose sur l'inhibition asymétrique de la croissance vertébrale, en appliquant le principe de Hueter-Volkman (9-10). Chaque corps vertébral croît à la fois en longueur, via l'ossification endochondrale, et en circonférence, par croissance appositionnelle (11) . La compression subséquente de l'attache sur la convexité de la courbe inhibe la croissance du corps vertébral,

tandis que la distraction concomitante sur la concavité de la courbe favorise la croissance du corps vertébral . Ce phénomène dynamique limite finalement la progression de la courbure et, idéalement, réduit la déformation sans affecter la croissance et la mobilité de la colonne vertébrale.

Après des études précliniques réalisées sur des modèles animaux(12-13) Crawford et Lenke(14) ont rapporté en 2010 le premier cas d'un enfant de 8 ans, avec une courbure thoracique droite à 40° gérée avec succès par la modulation de croissance. Dans les années suivantes, sur la base de ces résultats encourageants, différents chirurgiens du rachis ont commencé à utiliser des dispositifs hors AMM et les premières séries de cas décrivant l'utilisation de la modulation de croissance ont été publiées par Samdani et al (15).

En 2019, la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis a approuvé le premier système d'instrumentation pour modulation de croissance , dans le cadre d'une exception de dispositif humanitaire, pour les patients au squelette immature avec des courbes ayant un angle de Cobb compris entre 35° et 65°. Depuis, plusieurs essais cliniques portant sur cette technique ont été publiés (16-17-18). Cependant, certaines controverses existent encore sur cette technique chirurgicale émergente et peu de données sont disponibles sur les résultats à long terme.

Cette revue systématique de littérature et méta analyse visait à résumer les preuves actuelles sur l'efficacité et l'innocuité de la modulation de croissance dans la prise en charge de la SI chez les patients au squelette immature. Une attention particulière a été accordée aux indications chirurgicales, aux résultats cliniques et radiologiques, aux complications postopératoires, aux taux de réintervention et aux taux de conversion en arthrodeuse postérieure (PSF).



Matériel et méthodes



II-Matériel et méthodes:

1-Type d'étude:

Une revue systématique de la littérature a été réalisée conformément aux « Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses : the PRISMA statement »(19). Les questions PICO suivantes ont été définies :

- P (patients): patients atteints d'une scoliose idiopathique
- I (intervention) : modulation de croissance
- C (comparison): arthrodièse postérieure
- O (outcome): efficacité de la modulation de croissance , correction des courbures et complications

La recherche documentaire a été réalisée entre août 2022 et janvier 2023 par deux auteurs indépendants. Les bases de données suivantes ont été consultées :

- PubMed
- Web of Science
- Scopus

Les mots clés étaient : (anterior vertebral body tethering) OR (vertebral body tethering) OR (growth modulation) AND (scoliosis) AND (adolescent). . Après avoir examiné tous les résultats de cette recherche, les résumés ont été évalués, puis les publications complètes. Les références ont été consultées en plus afin d'identifier les études non encore incluses.

Toutes les études ont été examinées par 2 évaluateurs indépendants via le logiciel d'examen Endnote x9.

Une statistique I Square a été utilisée pour évaluer l'hétérogénéité (figure 1). La qualité méthodologique de chaque étude a été évaluée à l'aide du Outil d'évaluation des études Newcastle Ottawa Scale(voir annexe)(20).

Model		Effect size and 95% Interval			Test of null (2-Tail)		Heterogeneity				Tau-squared	
Model	Number Studies	Point estimate	Lower limit	Upper limit	Z-value	P-value	Q-value	df (Q)	P-value	I-squared	Tau Squared	Standard Error
Fixed	20	0,250	0,219	0,285	-12,187	0,000	63,677	19	0,000	70,162	0,394	0,207
Random effects	20	0,254	0,193	0,326	-6,018	0,000						

Figure 1 : la statistique i squared pour évaluer l'hétérogénéité

2-La sélection des études:

a-Critères d'inclusion:

Les critères d'inclusion des études ont été les suivants :

- patients entre 8 et 18 ans
- patients atteint de la scoliose idiopathique
- suivi > ou = 2 ans
- Angle de Cobb > 35°
- Risser < ou = 3
- Sanders < ou = 5

b-Critères d'exclusion:

Les critères d'exclusion étaient:

- Études dupliquées ou répétées
- Méta-analyses
- Case reports
- Résumés de conférences, opinions d'experts, éditoriaux, lettres et commentaires
- Recherche non humaine
- Interventions sur cadavres
- Patients atteints de scoliose secondaire, scoliose juvénile
- Patients ayant atteints leur maturité osseuse
- Adultes

c-Le processus de sélection des études:

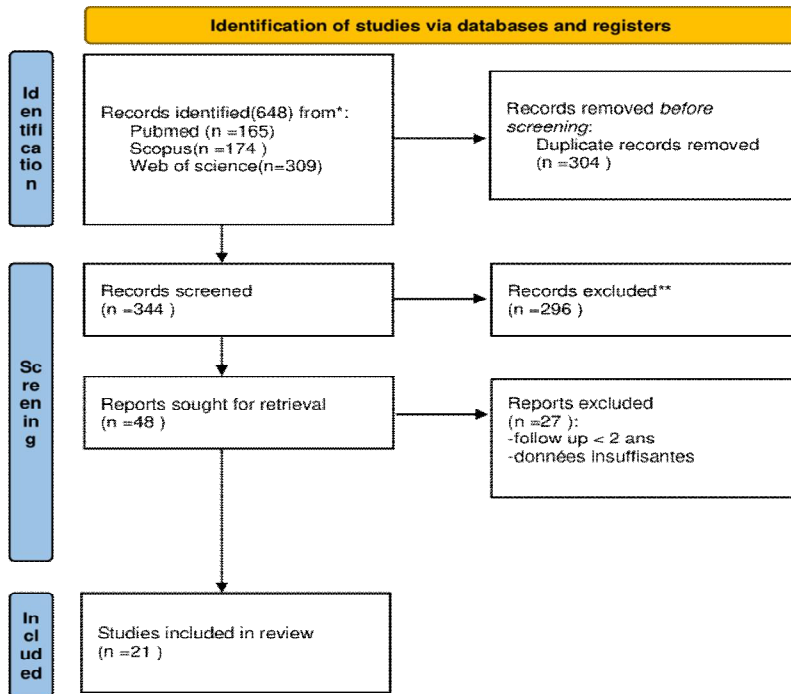
Les recherches dans les bases de données Scopus, Web of Science, et PubMed ont fourni un total de 648 études susceptibles d'être incluses dans la revue (Figure 1). Après ajustement pour les doublons, 344 études restaient. Parmi celles-ci, 296 études ont été rejetées après lecture des titres et des résumés. Le texte intégral des 48 études restantes a été examiné plus en détail. Parmi celles-ci, 27 études ne remplissaient pas les critères d'inclusion. Au total, 21 articles ont finalement été inclus dans cette revue systématique.

3-Extraction des données:

Des informations générales sur les articles (auteur, année, type d'étude) et sur les patients (nombre, âge, sexe, durée de suivi) ont été recherchées. Des données radiologiques (angle de Cobb, stade de maturation osseuse selon Risser et Sanders, type de scoliose selon Lenke) ont été extraites des études. Les détails des complications, le nombre de révisions et de conversion en arthrodeuse postérieure ont également été inclus.

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel Comprehensive meta analysis.

Le biais de publication a été évalué à l'aide des funnel plots et du test d'Egger. (voir annexe).



From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71



Résultats



III-Résultats:

1-Caractéristiques des études:

Notre recherche documentaire a identifié 344 publications après exclusion des doublons. 48 articles ont été sélectionnés pour l'examen du texte intégral après l'exclusion de 296 études sur lecture des titres et des résumés (figure 1). Au final 21 articles ont été retenus . Un total de 787 patients ont subi la modulation de croissance et ont été suivis pendant au moins 2 ans. Les données générales sur les différentes études ont été synthétisées sur le tableau 1 .

Les complications périopératoires, le nombre de reprises et le nombre de conversion en arthrodèse postérieure sont rapportés sur le tableau 2 .

2-Synthèse des résultats des études:

Au total, 685 courbures thoraciques ont été instrumentées, 62 lombaires et 40 thoraco lombaires(figure 2). Les données de base des patients des études sont résumées dans le tableau 3 . Le grade de Risser était disponible pour 514 patients(figure 4) et le stade de Sanders pour 320(figure 5). La classification de Lenke était indiquée pour 357 patients(figure 6).

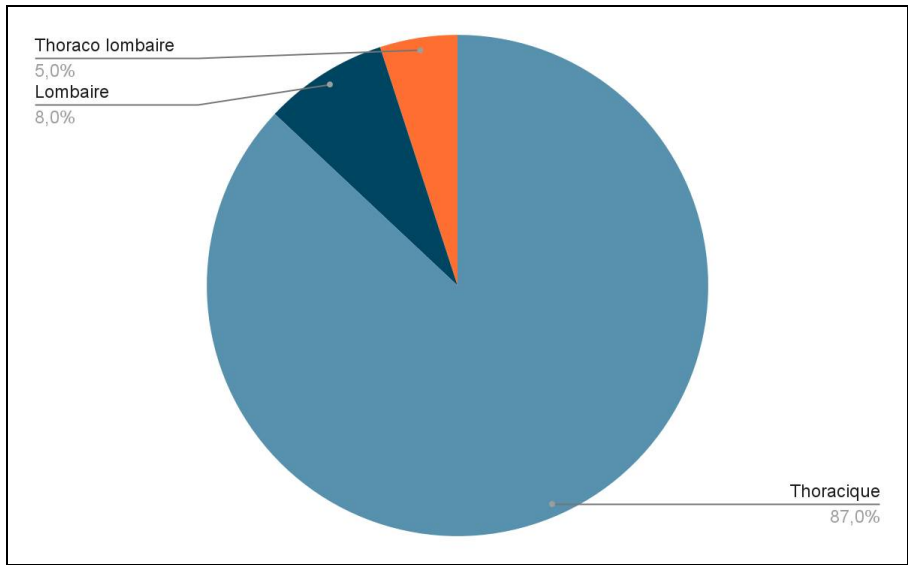


Figure 2:: type de courbures des malades inclus

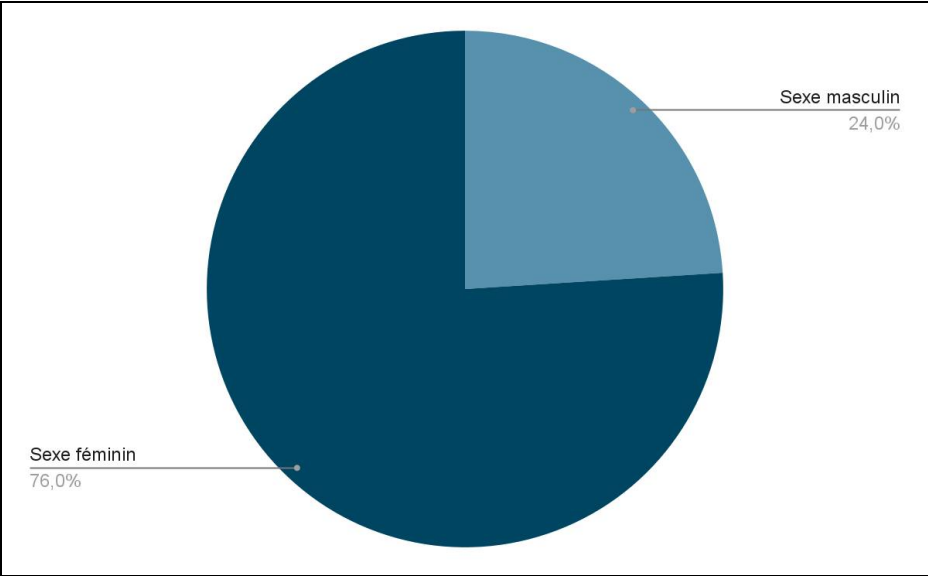


Figure 3 : répartition des malades selon le sexe

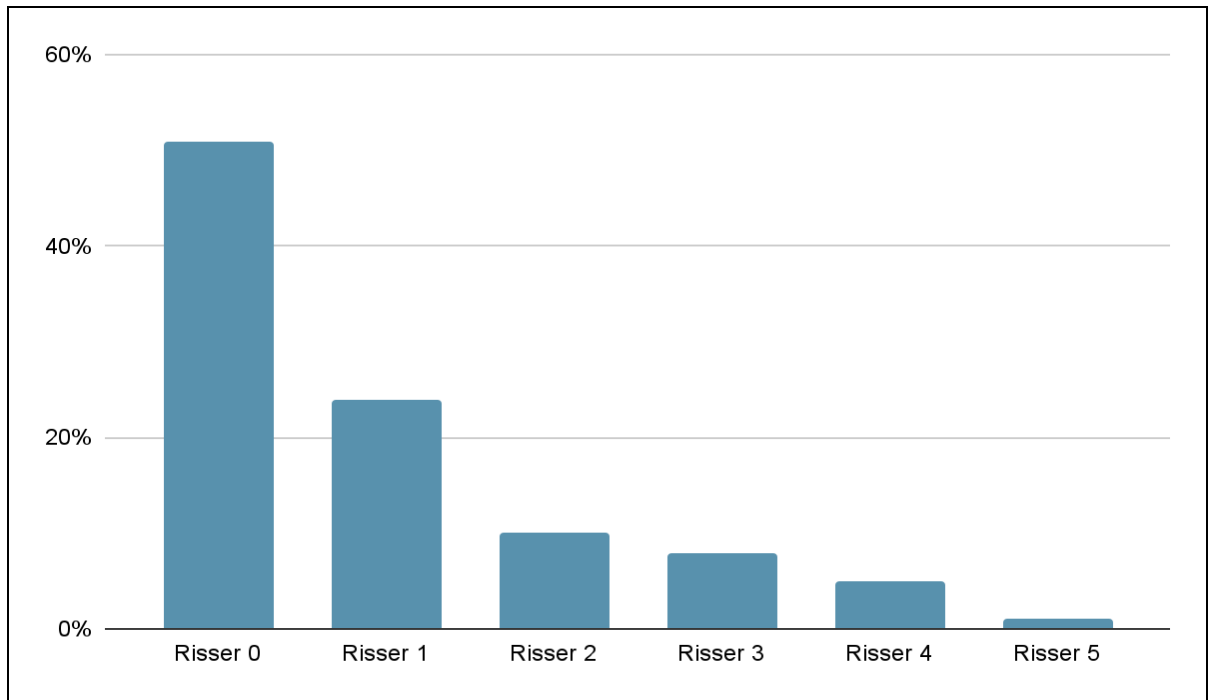


Figure 4: Répartition des malades selon les stades de maturation osseuse Risser

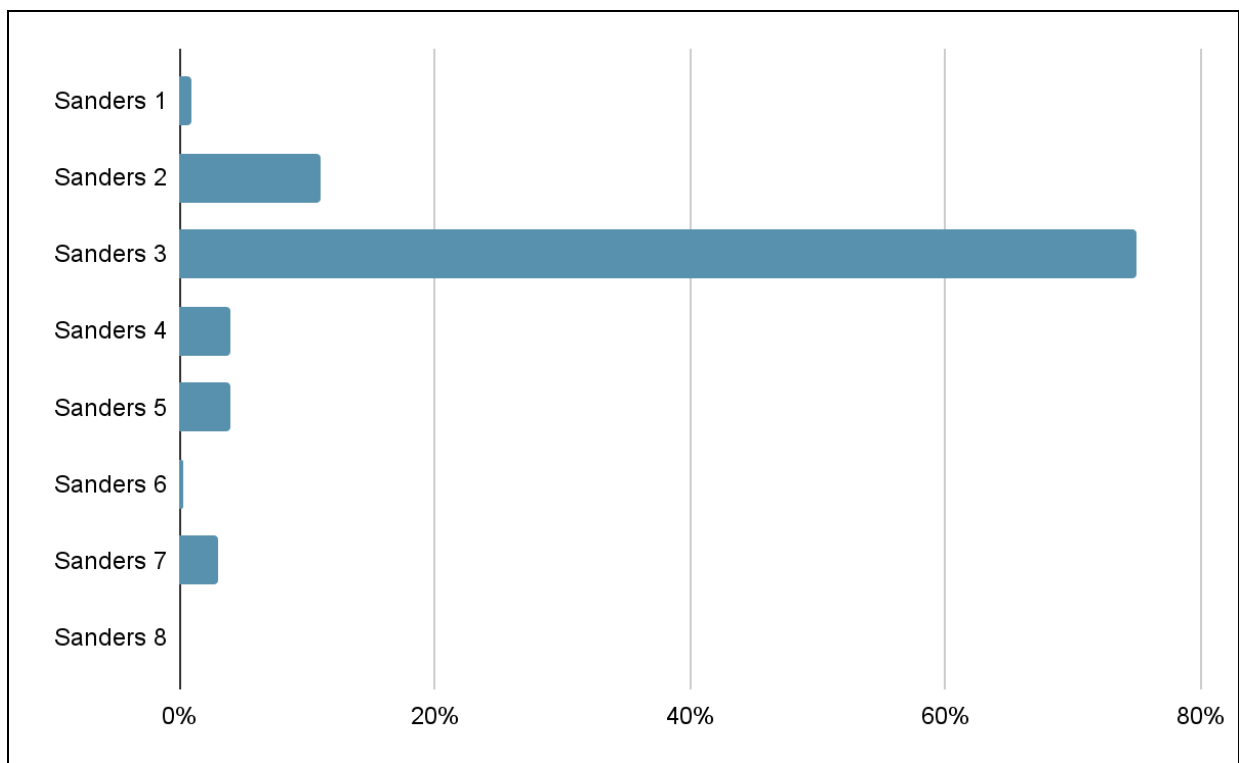


Figure 5. répartition des malades selon les stades de maturation osseuse Sanders

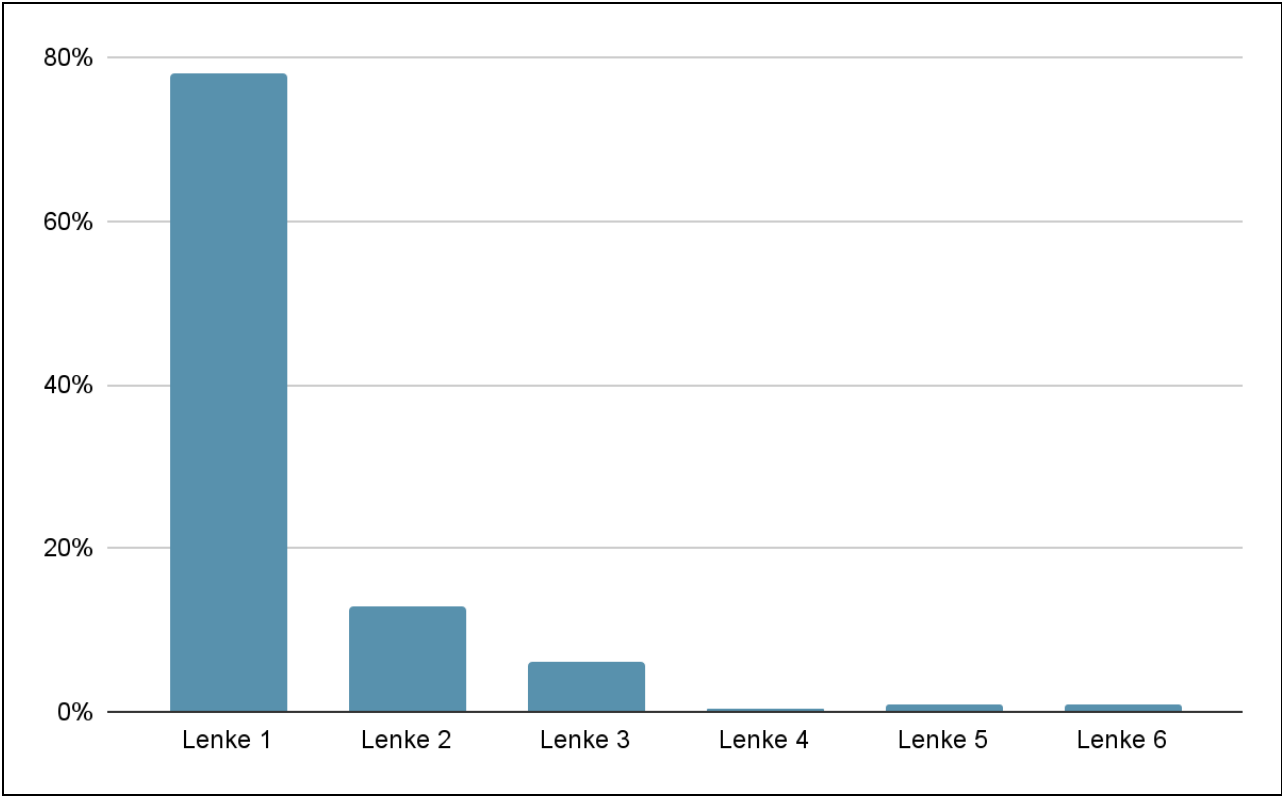


Figure 6: répartition des malades selon la classification de Lenke

La moyenne de l'angle de Cobb en pré opératoire était de 48° et corrigé à 24° au moment du dernier suivi .

Le taux de reprise est de 6% (49/787), il est dû principalement aux cassures du matériel (22 malades) , suivi par l'hypercorrection (15 malades). Et 35 malades ont nécessité une conversion vers une arthrodèse postérieure . Le taux de complications global était de 16%.

Newton et ses collègues avaient publiés une étude de suivi de 14 patients ayant subi une modulation de croissance utilisant des radiographies biplanaires (EOS) (42). Dans leurs modèles 3D, sept patients (50 %) ont montré une correction progressive de la scoliose définie comme une correction de la scoliose ≥ 15 degrés entre les radiographies postopératoires et de suivi.

Par rapport à la scoliose thoracique, il existe peu d'études sur la correction des courbures lombaires et doubles à l'aide du VBT. Une attache lombaire simple semble avoir un risque de rupture relativement élevée jusqu'à 50 % en deux ans (27-43) . Des preuves limitées suggèrent que l'utilisation d'une double attache avec des vis doubles peut réduire ce risque à 16 % au cours de la première année (44). Pehlivanoglu et al. (34) ont rapporté les résultats de 13 patients (11,8 ans au moment de la chirurgie) subissant à la fois une fixation endoscopique des courbures thoraciques (courbe moyenne préopératoire de 48 degrés) et des approches mini-ouvertes pour les courbures thoraco-lombaires et lombaires (courbe moyenne de 45 degrés) . Ils ont observé une correction initiale de 64 % des courbes thoraciques et de 69 % des courbes lombaires avec une modulation de croissance supplémentaire entraînant une correction de 80 % et 82 % à 2 ans de suivi, respectivement.

Le taux rapporté et la nature des complications pour la modulation de croissance semblent acceptables. Dans les études incluses, le taux de complications était de 16 %, les complications pulmonaires (pneumothorax, épanchement pleural) et liées à l'instrumentation (rupture de matériel, hypercorrection) étant les plus fréquentes. Des réinterventions liées à l'attache ont parfois été nécessaires. Celles-ci comprenaient la ou les libérations d'attaches pour la surcorrection, le remplacement et l'extension des attaches en cas de rupture ou de progression de la courbure, et les insertions de drain thoracique pour les complications pulmonaires. La grande majorité a évité la fusion vertébrale. Cependant, les études publiées sur les résultats et les complications de la modulation de croissance sont rares. Par conséquent, le taux de complications déclarées varie considérablement d'une étude à l'autre et le véritable taux de complications reste à établir. De plus, les études à long terme liées aux taux de complications et de réopérations font défaut.

Une étude récente a démontré que la modulation de croissance dans les courbes thoraco-lombaires entraînait une amplitude de mouvement lombaire et une flexibilité lombaire antérieure et latérale significativement supérieures par rapport aux patients qui ont subi la fusion vertébrale. De plus, l'endurance des fléchisseurs-extenseurs du tronc et la force motrice du tronc étaient meilleures dans la modulation de croissance qu'en fusion postérieure (33).

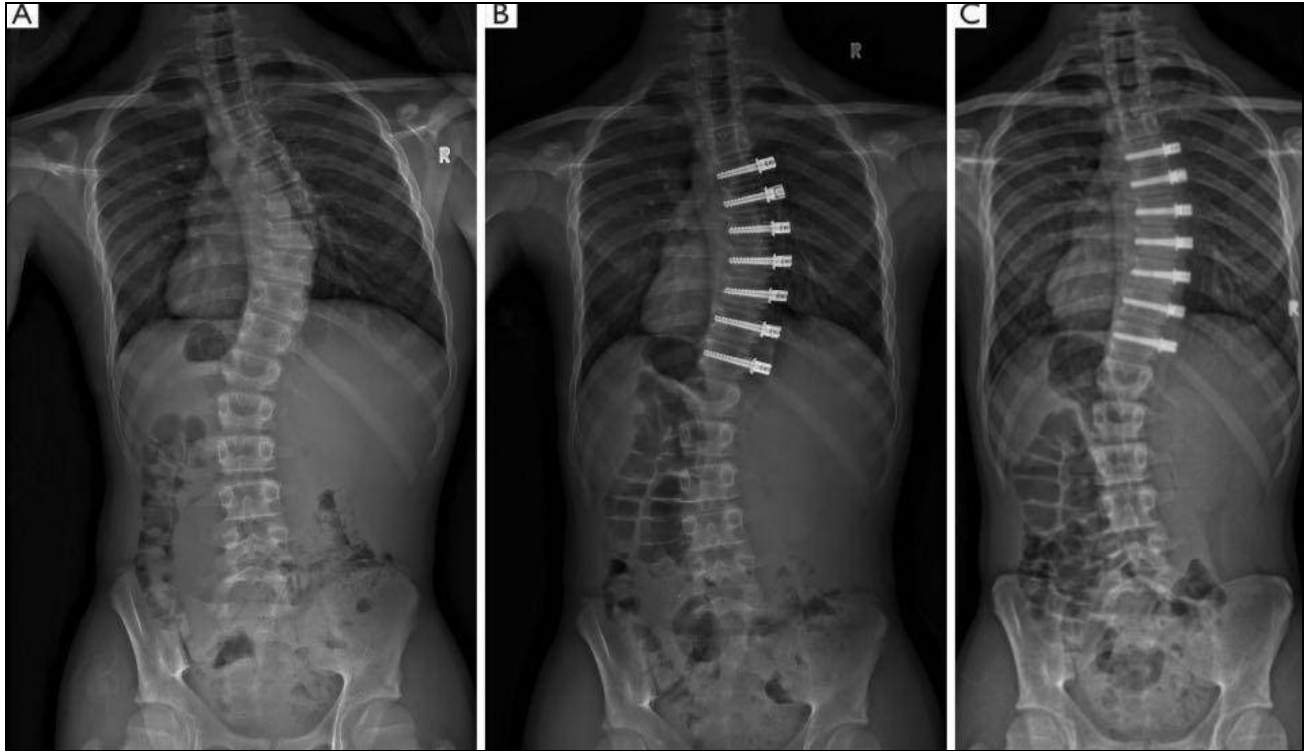


Figure 7: (A)Un patient de 15 ans qui était Risser 1, Sanders 3 au moment de la mise en place de l'attache ; (B) correction postopératoire immédiate ; (C) 3 ans après l'opération, il a terminé sa croissance avec un alignement satisfaisant.(45)

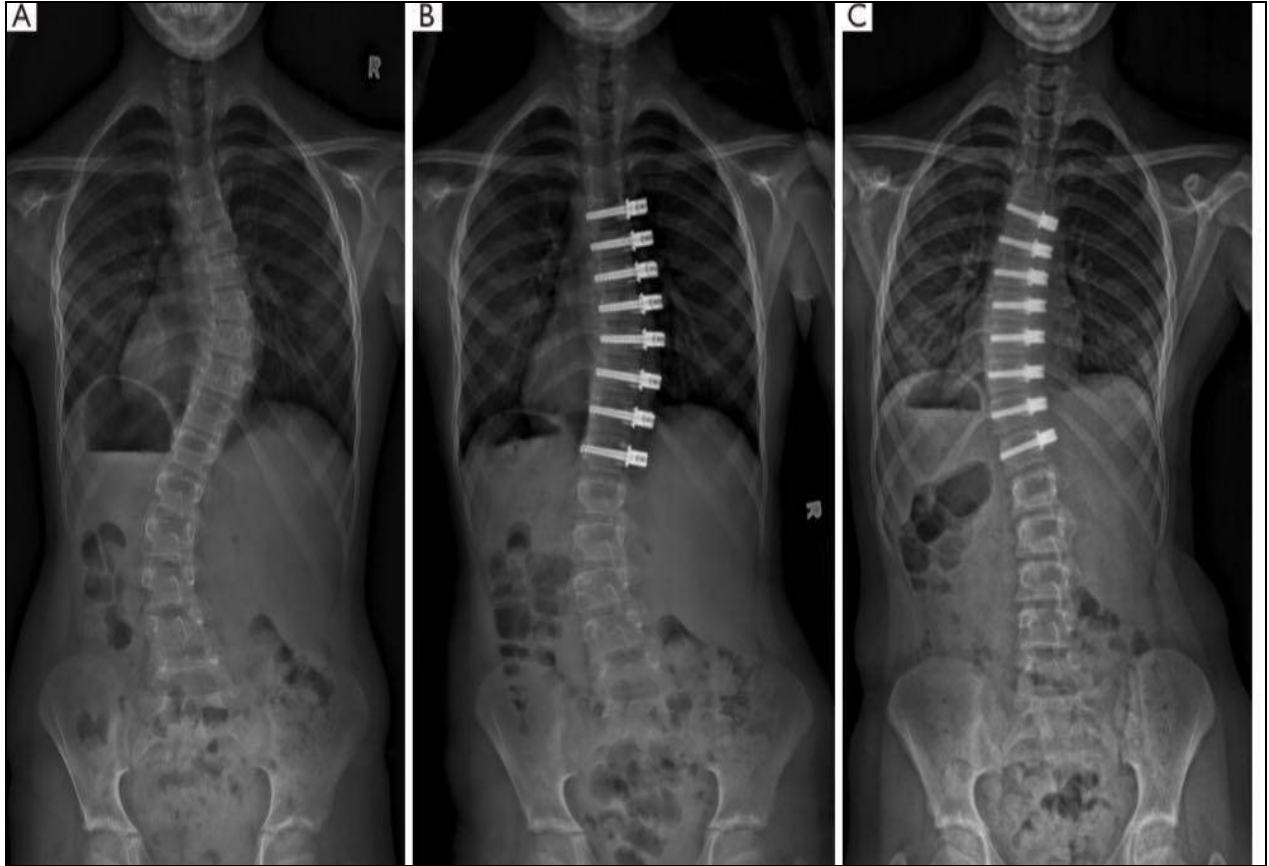


Figure 8 : (A) Une patiente de 11 ans qui était Risser 0 avec un cartilage triradié ouvert au moment de la mise en place de l'attache ; (B) correction postopératoire immédiate ; (C) 2 ans après l'opération, elle a développé une hypercorrection modérée et a subi une chirurgie de révision pour libérer le cordon de l'implant. (45)

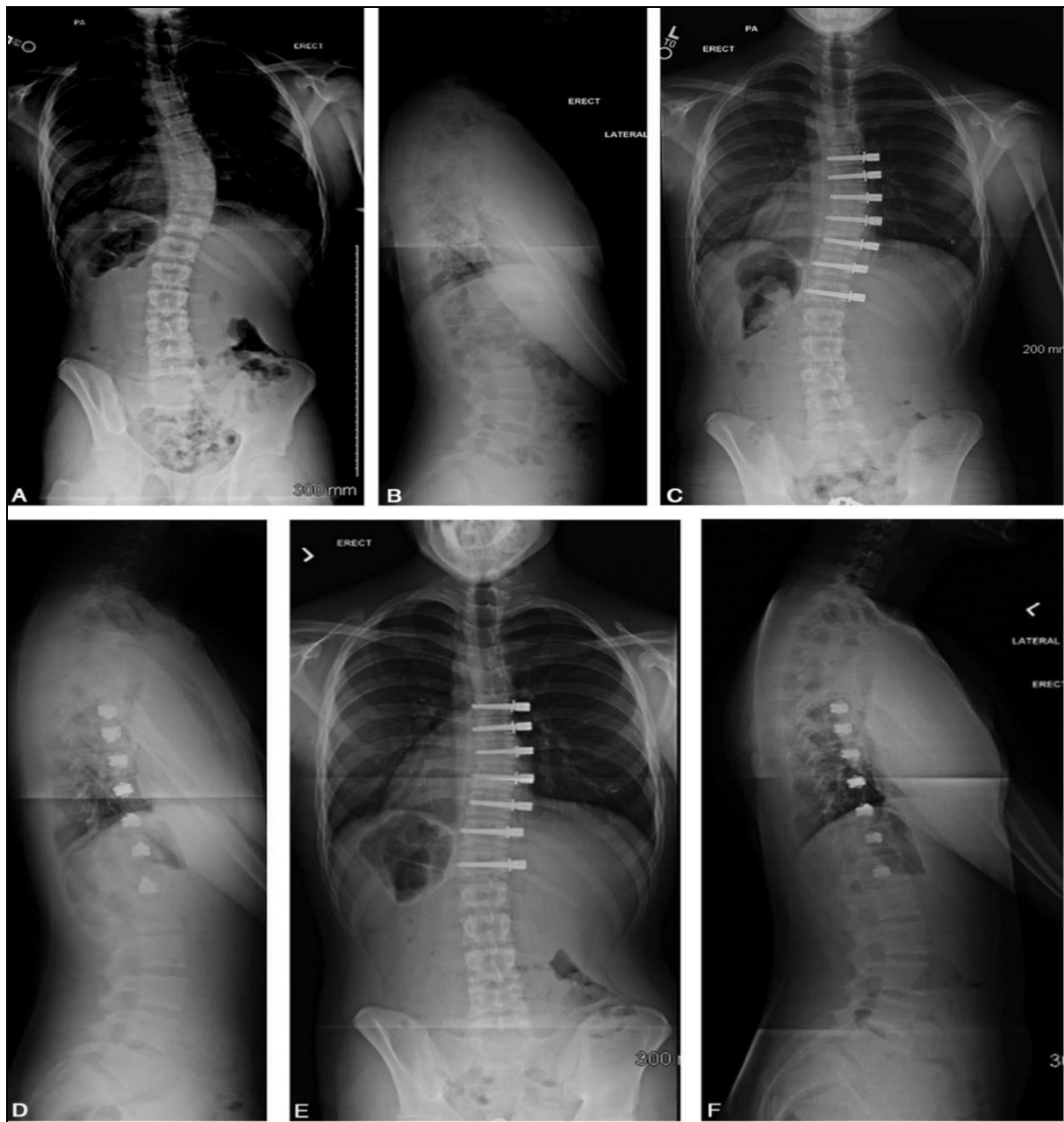


Figure 9: A et B, Un patient de 14 ans (Risser 3, Sanders 4) s'est présenté avec une courbure thoracique droite de 42° pour laquelle la corset a échoué. Il a bénéficié d'une AVBT droite T6-T12 avec correction à 25° sur les premiers clichés (C et D). À 2 ans postopératoires, il a 16 ans, Risser 5 avec une courbure de 10° (E et F).(23)

Références	Année	Pays	Type d'étude	Nombre de cas(n)(% sexe féminin)	Durée de suivi (n)	Angle de Cobb en préopératoire	Angle de Cobb après 2 ans	% complications
Abdullah et al (21)	2021	Canada	prospective	120(89%)	2 ans	51°	27°	15,8%
Alanay et al(22)	2020	Turquie	prospective	31(93%)	2,2 ans	47°	-	51%
A.Samdani et al(23)	2014	USA	rétrospective	11(72%)	2 ans	44°	20°	18%
A.Samdani et al(24)	2021	USA	prospective	57(86%)	4,5 ans	40°	18°	12,3%
Baroncini et al (25)	2021	Allemagne	rétrospective	86(83%)	2 ans	52°(thoracique) 47°(lombaire)	28°(thoracique) 26°(lombaire)	12%
Bernard et al(26)	2022	UK	rétrospective	10(100%)	5 ans	47°	19°	40%
Baker et al(27)	2020	USA	rétrospective	19(63%)	2 ans	45°	20°	47%
Boudissa et al(28)	2017	France	prospective	6(83%)	2 ans	45°	38°	0%
Costanzo et al(29)	2022	Italie	prospective	23(82%)	2 ans	56°	37°	8,7%
Hoernschemeyer et al(30)	2020	USA	rétrospective	27(90%)	2-5 ans	42°	<30°	51%
Miyajiri et al(31)	2020	Canada	prospective	57(95%)	2 ans	51°	23°	28%

Newton et al(32)	2020	USA	rétrospective	23(69%)	3 ans	53°	33°	52%
Pehlivanoglu et al(33)	2021	Turquie	prospective	21(71%)	3 ans	48°	9°	
Pehlivanoglu et al(34)	2020	Turquie	prospective	21(71%)	2 ans	48°	10°	9,5%
Rushton et a(35)l	2021	Canada	prospective	112(93%)	>2 ans	50°	25°	22%
Shankar et al(36)	2022	USA	prospective	69	2 ans	48°	24°	26%
Takahashi et al(37)	2021	Japon	prospective	23(16%)	3,4 ans	53°	-	30,4%
Valentina et al(38)	2022	Italie	prospective	25(84%)	2 ans	57°	34°	16%
Von Treuhaim et al(39)	2022	USA	rétrospective	16(75%)	2 ans	52°	27°	25%
Wong et al(40)	2019	Singapore	prospective	5(100%)	4 ans	40°	25°	40%
Yucegul et al(41)	2021	Turquie	prospective	25(92%)	>2 ans	46°	12°	28,6%

Tableau 1:: caractéristiques des études incluses

Référence	Complications peropératoire		Reprise		Conversion vers la Fusion postérieure	
	Type de complications	Nombre de cas	Causes	Nombre de cas	Causes	Nombre de cas
Abdulah Abdulah et al(21)	pneumothorax	1	-hypercorrection -fuite du LCR -cicatrice cheloide -cassure du matériel	2 1 1 1	-cassure du matériel - echec de correction	1 1
Alanay et al(22)	-complications pulmonaires -complications mecaniques	6 4	-hypercorrection	2	-	0
A.Samdani et al(23)	-	0	-hypercorrection	2	-	0
A.Samdani et al(24)	-	0	-	0	-hypercorrection -perte de correction	5 2
Baroncini et al(25)	-	0	-correction inadéquate / cassure du matériel	5	-	0
Bernard et al(26)	-	0	-	0	-cassure du matériel	1
Baker et al(27)	-	0	-cassure du matériel	4	-hypercorrection	1
Boudissa et al(28)	-	0	-	0	-	0
Hoernschemeyer et al(30)	-	0	-cassure du matériel	4	-cassure du matériel	2

Miyanji et al(31)	-atélectasie -pneumonie -infection d'une plaie superficielle -douleur de la hanche et de l'épaule -Engourdissement dans le bras et la poitrine	3 1 1 1 1	-hypercorrection -cassure du matériel -extension du matériel	1 1 1	-progression de la déformation	5
Newton et al(32)	-	0	-cassure du matériel -hypercorrection -progression de la courbure	4 2 1	-aggravation de la courbure	3
Pehlivanoglu et al(34)	-chylothorax	1	-cassure du matériel	1	-	0
Rushton et al(35)	-atélectasie -hémothorax -pneumonie -pneumothorax -infection intestinale à Clostridium Difficile -infection d'une plaie superficielle -fuite du liquide céphalorachidien	4 2 2 1 1 1 1	-hypercorrection -cassure du matériel -extension du matériel -correction inadéquate	5 2 1 7	-échec de l'AVBT	7

Shankar et al(36)	-	0	-	0	-cassure du matériel	2
Valentina et al(38)	-saignement thoracique	1	-hypercorrection	1	-défaillance jonctionnelle distale	1
Von Treuhaim et al(39)	-	0	-	0	-	0
Wong et al(40)	-fièvre -nausées -vomissements -pneumothorax -conjonctivite -hématurie -épanchement pleural -voies respiratoires réactifs -attitude scoliotique	5 1 1 1 1 1 1 1 1 1	-	0	-hypercorrection -progression de la courbure	1 1
Yucegul et al(41)	-	0	-	0	-cassure du matériel , hypercorrection	2

Tableau 2 : complications périopératoires , reprises et conversion en arthrodeuse postérieure.

	Valeur	Pourcentage
patients(n)	787	
suivi(moyenne)	2,5 ans	
courbures(n)		
> thoracique	685	87%
> lombaire	62	8%
> thoraco lombaire	40	5%
sexe féminin	603	76%
Risser(n)	514	
0	261	51%
1	126	24,5%
2	54	10,5%
3	41	8%
4	28	5%
5	4	1%
Sanders(n)	320	
1	4	1,3%
2	37	11,6%
3	240	75%
4	13	4,1%
5	15	4,7%
6	1	0,3%
7	10	3%
8	0	0%
Lenke	357	
1	279	78%
2	49	13,5%
3	20	6%
4	2	0,5%
5	3	1%
6	4	1%

Tableau 3 : caractéristiques des malades inclus



Discussion



IV-Discussion:

La fusion vertébrale postérieure est indiquée pour les déformations sévères de la scoliose. Cependant, le patient au squelette immature subissant une fusion postérieure risque de développer une rigidité vertébrale , arthrose , et des discopathies. Récemment, des options de traitement sans fusion, telles que la modulation de la croissance du corps vertébral antérieur, ont été développées pour traiter ces patients tout en évitant les complications de l'arthrodèse.

1-Description de la technique:

a-Pour les courbures thoraciques:

La technique peut être réalisée sous thoracoscopie ou à ciel ouvert avec thoracotomie . Ici on va détailler la modulation de croissance avec la thoracoscopie.

Le patient est induit sous anesthésie générale à l'aide d'un tube endotrachéal à double lumière. Cela nous permettra de dégonfler le poumon droit pendant la procédure pour accéder aux corps vertébraux thoraciques antérieurs. Après l'anesthésie, le patient est placé en décubitus latéral gauche avec le côté convexe de la déformation thoracique vers le haut. Si la déformation thoracique est gauche, le patient est placé en décubitus latéral droit. Un rouleau de gel mou approprié est placé sous l'aisselle pour protéger le plexus brachial. Le bras droit est placé sur un accoudoir avec un coussinet en gel souple approprié pour protéger le nerf cubital. Un rembourrage est également placé sous la jambe inférieure avec des oreillers ou des coussinets en gel pour protéger le nerf péronier. Le patient est ensuite sécurisé avec du ruban adhésif. De plus, le patient peut être davantage immobilisé avec des tenons antérieurs et postérieurs pour stabiliser le bassin(figure 10-11) .

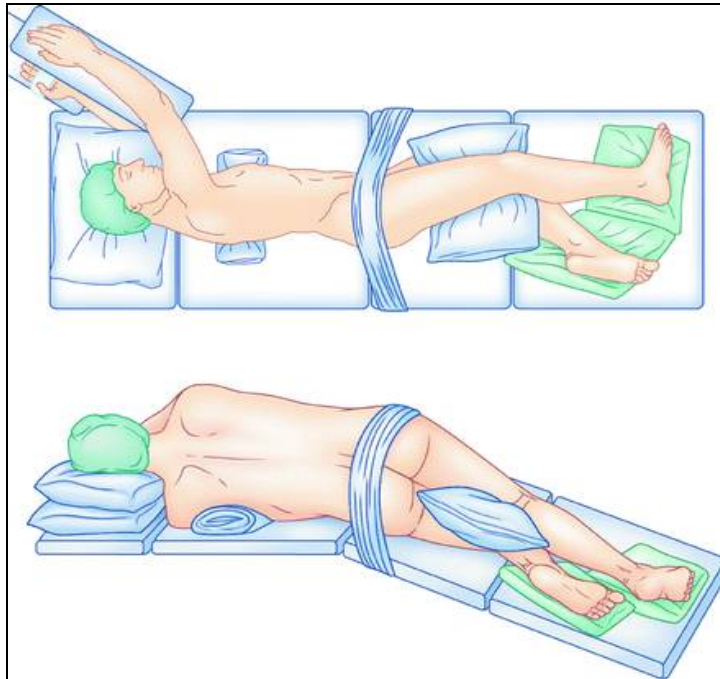


Figure 10: l'installation du malade dans le bloc opératoire(51)

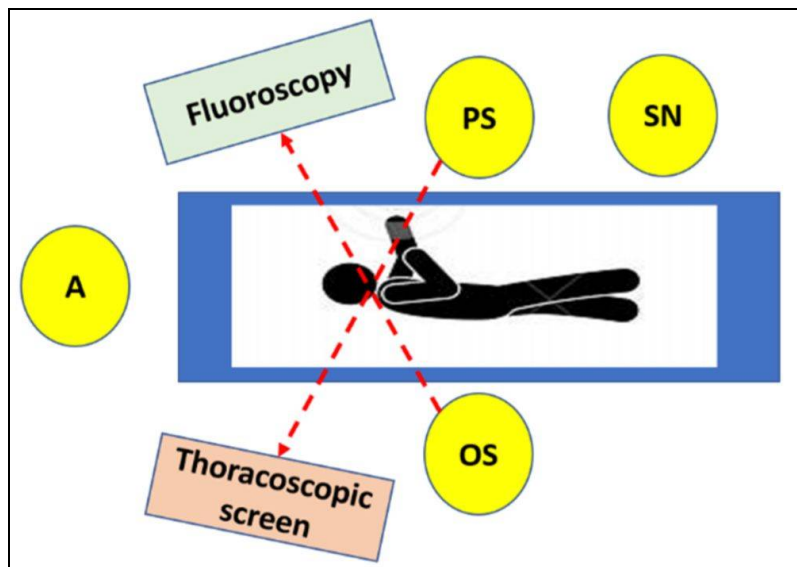


Figure 11: position de l'équipe chirurgicale (A : anesthésiste, PS : chirurgien pédiatrique , OS: chirurgien orthopédique , SN : scrub nurse) (52)

La fluoroscopie sera utilisée au cours de cette procédure. Après un bon positionnement, la fluoroscopie permet de localiser tous les corps vertébraux qui seront instrumentés pendant l'opération. Les niveaux vertébraux sont marqués sur la peau.

Une préparation cutanée et un drapage standard sont ensuite effectués et doivent inclure tous les niveaux prévus pour l'instrumentation. Le champ stérile doit être grand en cas de nécessité d'une thoracotomie.

Après le drapage, l'équipe d'anesthésie isolera le poumon droit avant de commencer la thoracoscopie.

Une petite incision thoracique est pratiquée au niveau du huitième espace intercostal. Trois ports de 5 mm sur la ligne axillaire antérieure entre le quatrième et le huitième espace intercostal sont insérés, un orifice de 10 mm pour une caméra à 30° est placé en dedans de la minithoracotomie (figure 12).

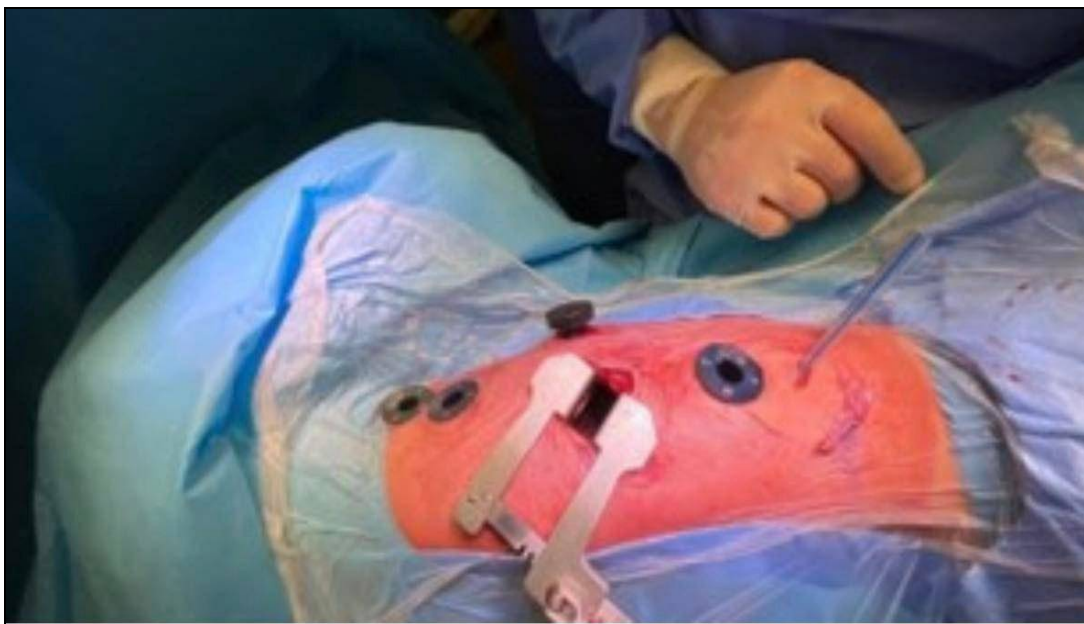


Figure 12: incision et position des instruments (52)

Après avoir réalisé les portails de visualisation, nous commençons ensuite à disséquer et à exposer les corps vertébraux. La plèvre est disséquée à 1 cm en avant de la tête costale et de la jonction vertébrale (figure 13), et le corps vertébral est exposé pour recevoir l'instrumentation à l'aide de l'électrocoagulation ou du scalpel harmonique. Les vaisseaux segmentaires sont disséqués, exposés et ligaturés à l'aide du scalpel harmonique (figure 14).

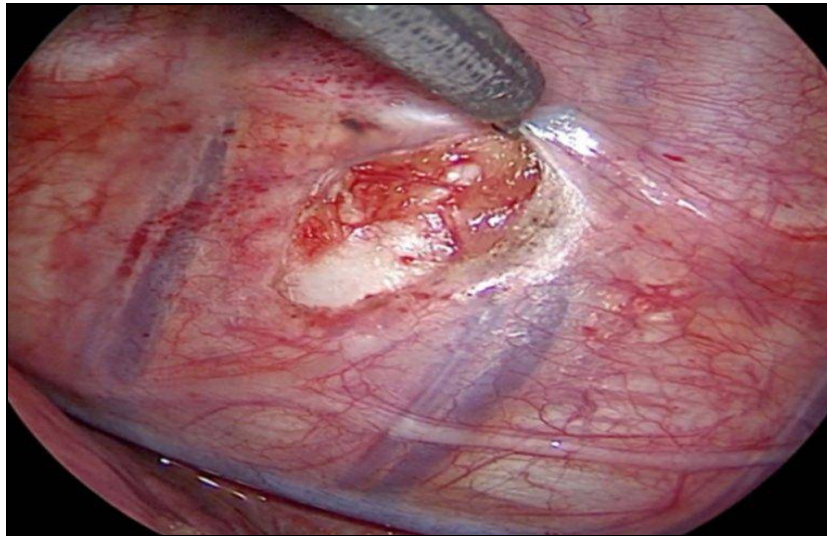


Figure 13: Vue thoracoscopique : incision de la plèvre pariétale, latérale aux corps vertébraux et antérieure aux têtes costales (52)

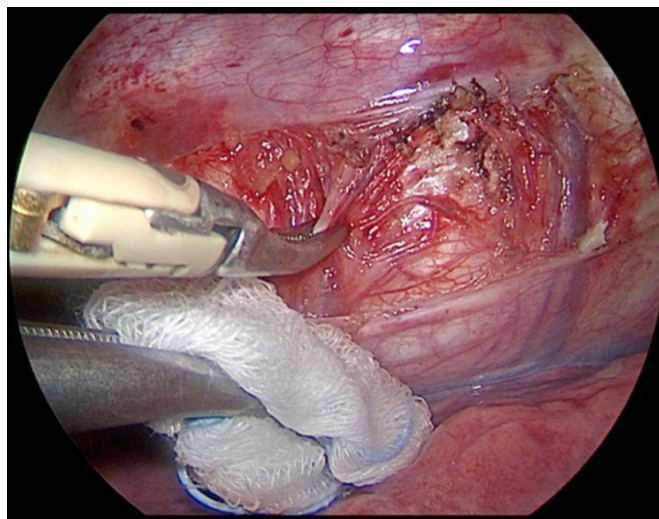


Figure 14: Les vaisseaux intercostaux sont identifiés et soigneusement disséqués avec une pince bipolaire. La dissection et la coagulation des vaisseaux sous la plèvre sont facilitées par l'accès mini-thoracotomie avec un tampon monté sur l'instrument Kelly. Cette manœuvre permet de garder le champ propre et, en cas de saignement éventuel, d'être plus rapide en hémostase.

Cette technique permet de bien visualiser et instrumenter de T4 à L2. Nous n'avons généralement pas de problèmes de visualisation et d'instrumentation jusqu'à L2, bien qu'une approche rétropéritonéale mini-ouverte puisse être nécessaire pour accéder distalement à T12 car il peut y avoir des attaches diaphragmatiques.

Une surveillance neurophysiologique peropératoire comprenant des potentiels évoqués somatosensoriels et des potentiels évoqués moteurs transcrâniens est utilisée au cours de la procédure. Le contrôle de base sera effectué une fois que les corps vertébraux et les vaisseaux segmentaires pourront être visualisés par thoracoscopie. Ils seront à nouveau évalués après ligature segmentaire des vaisseaux. Les potentiels seront évalués avant et après instrumentation à chaque niveau instrumenté. Les derniers potentiels seront évalués après correction de la courbe. La coagulation des vaisseaux segmentaires ne semble pas influencer les signaux de surveillance.

Après avoir correctement disséqué et exposé la vertèbre, nous commençons l'instrumentation. L'instrumentation est réalisée sous guidage fluoroscopique. L'instrumentation se compose d'une agrafe et d'une vis reliées par un câble. L'agrafe et la vis sont instrumentées dans les corps vertébraux. L'agrafe est d'abord installée, puis un taraud est utilisé avant l'insertion de la vis dans l'agrafe (figure 15).

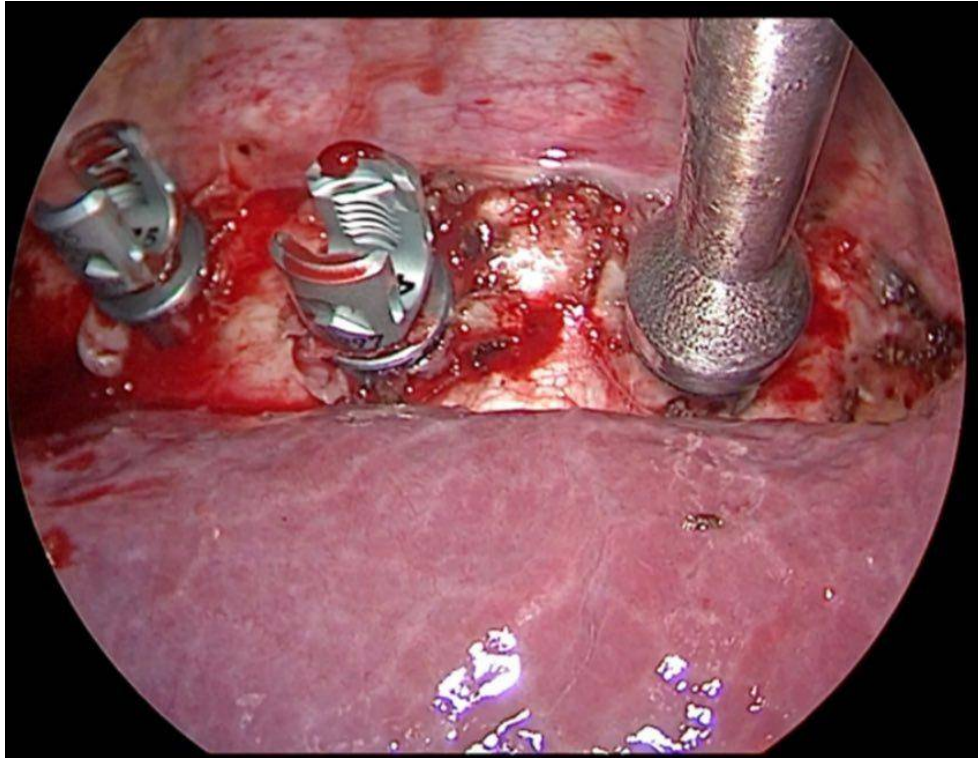


Figure 15: Les corps vertébraux sont instrumentés avec des vis revêtues d'hydroxyapatite et des agrafes à dents.

Le point d'entrée de l'agrafe et de la vis est juste en avant de la tête de côte dans le corps vertébral. La visualisation de l'ensemble du corps vertébral et de la jonction de la tête des côtes et des vertèbres doit être obtenue à l'aide du thoracoscope pour localiser le point d'entrée correct. En utilisant la fluoroscopie, un latéral parfait du corps vertébral est nécessaire pour un placement sûr de l'agrafe et de la vis afin d'éviter le foramen ou le canal rachidien. L'agrafe est d'abord installée, puis nous tapotons la trajectoire de la vis, palpons pour assurer le bon chemin de la vis, et enfin installons la vis (figure 15).

La longueur de la vis instaurée sera mesurée après que la vertèbre aura été taraudée. Les vis positionnées ont un diamètre de 6,0 ou 6,5 mm. La longueur des vis est comprise entre 35 et 40 mm. Si une vis plus courte est nécessaire, une vis de 35 mm sera mesurée et coupée à la longueur souhaitée. Les nouveaux systèmes ont maintenant différentes longueurs de vis, ce qui évite d'avoir à couper des vis. La vis sera constamment surveillée par fluoroscopie pendant l'implantation afin d'assurer la bonne longueur et d'éviter les lésions vasculaires controlatérales. Cela se voit sur un cliché de face parfait du niveau instrumenté et avec des images fluoroscopiques répétées.

Une fois tous les niveaux vertébraux instrumentés, nous procédons ensuite à l'installation du câble. Nous insérons le câble à travers le port le plus distal et le fixons dans la vis la plus proximale. Nous insérons ensuite successivement le câble à travers chaque vis suivante. La tension sur le câble est appliquée à chaque niveau instrumenté (figure 16). Nous préférons appliquer moins de tension sur les extrémités du câble pour éviter une éventuelle surcorrection. La tension maximale est appliquée au sommet de la déformation. Avec cette tension de câble, nous sommes en mesure de corriger en partie la déformation.

Cependant, la quantité exacte de tension nécessaire n'est pas encore claire et sujette à une étude plus approfondie. Après une mise en place et une tension correctes du câble, nous coupons ensuite le câble pour laisser 2 à 3 cm en proximal et en distal.

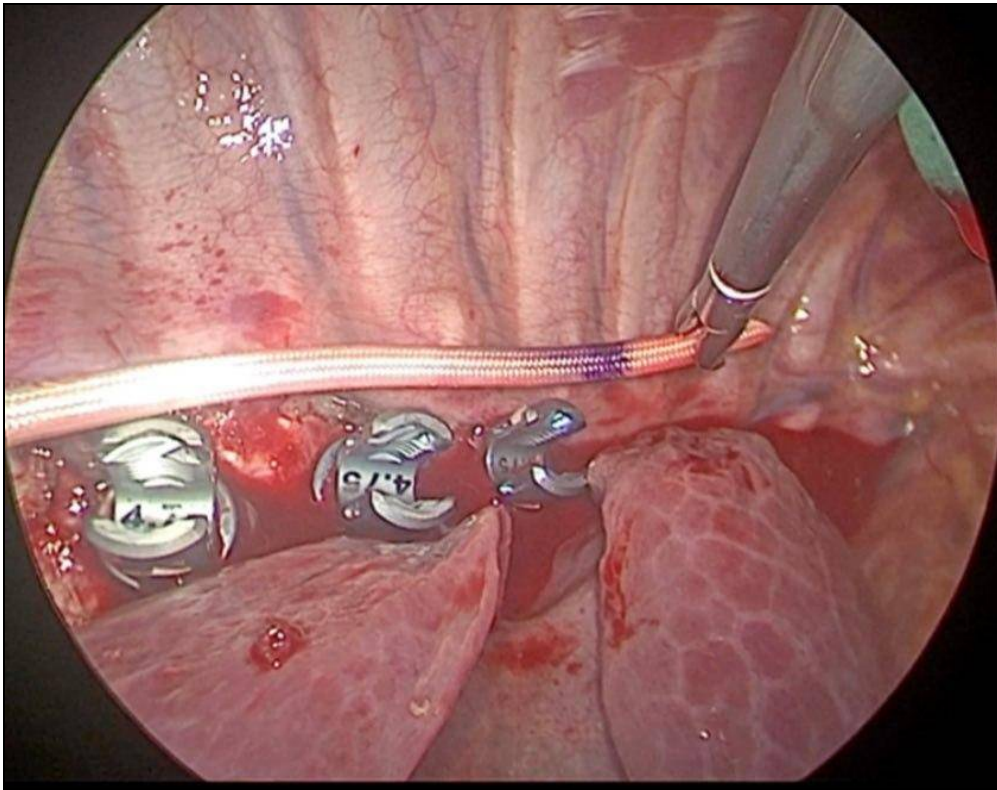


Figure 16: Une fois tous les corps vertébraux instrumentés, l'attache est insérée par l'incision la plus caudale et placée dans les vis à partir des deux positions les plus céphaliques

b-Pour les courbures lombaires:

Les techniques de modulation de croissance ne sont pas contre-indiquées dans les courbures lombaires. Cependant, la prudence s'impose car la plupart des techniques ont été décrites pour les courbures thoraciques . La scoliose idiopathique thoraco-lombaire ou lombaire (courbe de type Lenke 5) peut être une option pour l'attache vertébrale, car la perte de mobilité vertébrale dans cette zone a un impact encore plus important sur les résultats fonctionnels. Cependant, il existe peu d'études sur cette indication (33,53).

L'accès à L2-L4 se fait par une incision oblique de 4 à 6 cm sur le flanc latéral (Figure 17). La dissection est menée à l'oblique externe, l'oblique interne et les muscles transverses de l'abdomen jusqu'au rétropéritoine. Le muscle psoas est identifié, et le péritoine est carrément disséqué antérieurement pour détacher le muscle psoas du niveau du diaphragme au niveau désiré.



Figure 17: incision oblique au niveau du flanc(55)

Le muscle psoas peut être carrément rétracté vers l'arrière des corps vertébraux pour exposer la surface vertébrale latérale. Plusieurs écarteurs sont nécessaires pour fournir une visualisation à nouveau pour s'assurer que le point de départ du vis est dégagée des nerfs lombo-sacrés. Une fois un chemin dégagé et sûr vers les vertèbres lombaires a été établi, les artères segmentaires sont à nouveau sectionnées à l'aide de l'électrocoagulation. On doit s'assurer du site d'entrée du vis et de la trajectoire complète , ensuite un vis en titanium de 6 mm est ensuite mis en place. Le processus est répété pour les vertèbres lombaires restantes (Figure 18). En règle générale, les vis L2 et L3 peuvent être placées à travers la même incision. Une deuxième incision ,et une approche rétropéritonéale sont parfois nécessaires pour la vis L4.



Figure 18: vue trans-psyas du placement du vis. (55)

Il est important de vérifier fréquemment l'exactitude des instruments placés, en vérifiant l'image par rapport aux repères anatomiques. La fluoroscopie en direct peut être utilisée. Une fois toutes les vis sont placées, des contrôles de neuromonitoring doivent être réalisés.

La colonne lombaire est plus flexible que la colonne vertébrale thoracique, et plus de tension devrait être évité. La tension maximale est appliquée au niveau des vertèbres apicaux.

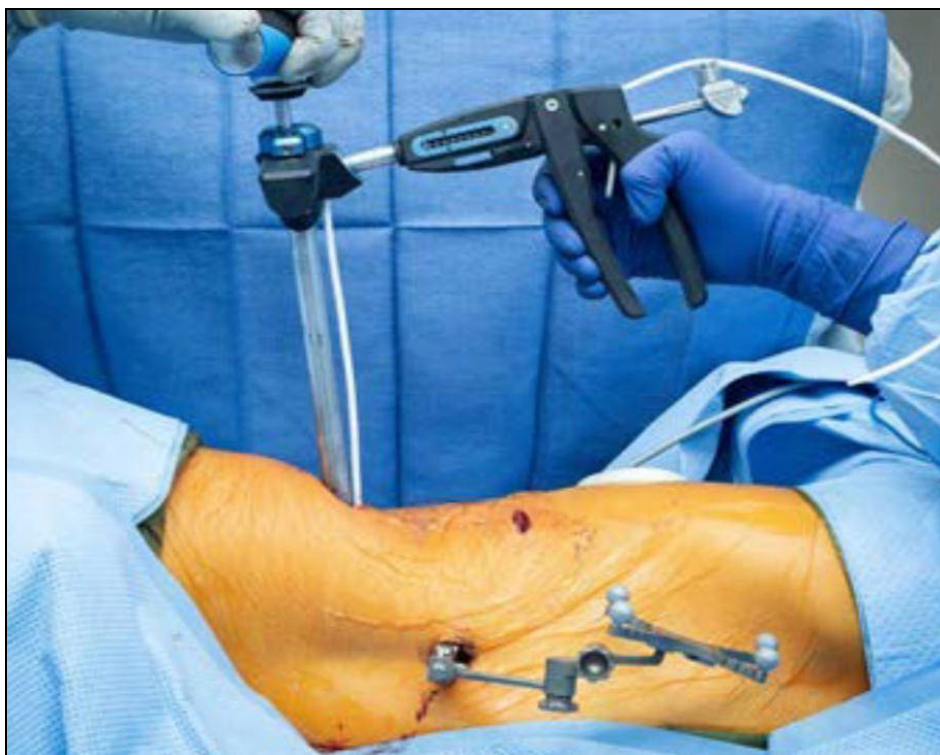


Figure 19: mise de l'attache lombaire sous tension, in situ (55)

Lorsque la courbure et la tension sont jugées appropriées, les vis de réglage sont enfin serrées et l'excédent de cordon proximal est coupé. Une évaluation finale de neuromonitoring est réalisée. Avant la fermeture, l'ouverture dans le diaphragme est fermée par thoracoscopie, un drain thoracique est placé à travers le portail thoracoscopique inférieur, et le poumon homolatéral est ventilé sous visualisation directe. Le rétropéritoine est fermé. Une radiographie thoracique postopératoire est obtenue pour surveillance du pneumothorax. La durée de la procédure est de 3-4 heures.

c-Nature du matériel:

Les vis et agrafes utilisées sont habituellement en titanium , tandis que l'attache est en polyéthylène téréphtalate ce qui permet une bonne flexibilité et mobilité. Les deux principales entreprises qui produisent actuellement le matériel pour la modulation de croissance sont Zimmer Biomet et Globus Medical.

2-Avantages:

La modulation de croissance est une technique émergente prometteuse pour le traitement chirurgical de la SI chez les patients en croissance . Il vise principalement la correction 3D de la déformation scoliotique, sans revenir à la fusion vertébrale . En 2019, le premier système d'instrumentation pour la modulation de croissance a reçu l'autorisation de la FDA, dans le cadre d'une exemption de dispositif humanitaire, sur la base des résultats d'une étude pilote de phase 2A, réalisée par Wong et al (46). Bien que la modulation de croissance ait montré des résultats encourageants dans le traitement de la SI chez les patients en croissance, il existe peu de données publiées sur cette procédure favorable à la croissance et les résultats à long terme ne sont pas encore

disponibles. Cette revue systématique visait à résumer les preuves actuelles sur l'efficacité et l'innocuité de cette technique dans la prise en charge de la SI chez les patients au squelette immature.

Bien qu'il n'y ait pas encore de consensus universel sur ses indications, les essais cliniques ont montré les caractéristiques du patient idéal pour l'attache vertébrale, c'est-à-dire un patient au squelette immature, idéalement Sanders 3, avec une courbe thoracique idiopathique primaire et flexible(Lenke 1) . Des études cliniques plus récentes (25-30-31) ont également étudié le rôle de la modulation de croissance dans des schémas de scoliose autres que Lenke 1. Baker et al (25) dans une étude rétrospective analysant les résultats de 19 procédures de modulation de croissance réalisées chez 17 patients, comparées à 13 procédures thoraciques à celles lombaires. Les deux groupes présentaient des caractéristiques démographiques comparables en termes de sexe, d'indice de masse corporelle et d'âge squelettique. Ces auteurs ont observé dans les AVBT lombaires un pourcentage de correction immédiate plus important que dans les courbures thoraciques. Néanmoins, une seule reprise chirurgicale (8 %) a été réalisée dans le groupe thoracique, alors que trois reprises chirurgicales ont été nécessaires dans l'AVBT lombaire (50 %).

Hoernschemeyer et al (30) dans une étude rétrospective recrutant 29 patients, ont identifié cinq sous-groupes distincts de patients au squelette immature, chacun recevant des traitements différents. Les patients avec une seule courbure thoracique principale n'ont reçu que l'AVBT thoracique. Chez ces patients, la courbe structurelle et les deux courbes compensatoires ont démontré une amélioration postopératoire continue et un bon contrôle au dernier suivi . Les patients recevant une AVBT thoracique et un corset lombaire ont également montré une amélioration postopératoire des deux courbes .

L'approche antérieure de la colonne vertébrale nécessaire à l'attache vertébrale pourrait être une autre préoccupation. Au cours des dernières décennies, les approches postérieures ont largement remplacé l'accès antérieur à la colonne vertébrale, par conséquent, plusieurs chirurgiens n'ont pas été formés pour effectuer une approche antérieure de la colonne vertébrale. Cependant, Baroncini et al (26) dans une étude rétrospective qui a recruté 90 patients, ont récemment observé que la modulation de croissance a une courbe d'apprentissage rapide. Ces auteurs ont montré que le temps d'intubation et le temps chirurgical diminuaient de $> 50 \%$ pour chaque patient traité ; la perte de sang estimée a diminué de 66% pour chaque intervention chirurgicale ; et l'intubation et l'hospitalisation ont diminué de 32% .

Peu d'études ont étudié la mobilité vertébrale après la modulation de croissance . Buyuk et al. (47) ont étudié la mobilité vertébrale à l'aide de radiographies en flexion-extension et en flexion latérale chez 32 enfants après VBT thoracique. Ces patients ont maintenu à la fois un arc de mouvement coronal (moyenne de 7 degrés) et sagittal (21 degrés) à un an de suivi, même si le mouvement coronal était particulièrement réduit de manière significative par rapport à une valeur préopératoire de 30 degrés. Une autre étude récente a démontré que la modulation de croissance dans les courbes thoraco-lombaires produisait une amplitude de mouvement lombaire et une flexibilité lombaire antérieure et latérale significativement supérieures par rapport aux patients avec fusion vertébrale. De plus, l'endurance des fléchisseurs-extenseurs du tronc et la force motrice du tronc étaient meilleures en AVBT qu'en PSF (33).

La modulation de croissance est également moins invasive que l'arthrodèse postérieure . Ainsi, un retour plus rapide à la vie quotidienne normale et au sport peut être attendu, surtout si une technique peu invasive est appliquée (26). De plus, l'opération thoracoscopique est susceptible d'être associée à des problèmes respiratoires minimes ainsi qu'à une perte de sang minimale (48). De plus, éviter la fusion vertébrale offre l'avantage de préserver au moins une certaine mesure de la mobilité de la colonne vertébrale.

3-Inconvénients:

Les événements indésirables les plus courants de la modulation de croissance sont ceux liés à la chirurgie thoracique en général, tels que l'atélectasie et le pneumo-, l'hémo- et le chylothorax, la nécessité de convertir l'approche endoscopique en approche ouverte et la douleur post-thoracotomie. D'autres événements indésirables incluent une surcorrection, un arrachement de vis et une attache cassée ; qui peuvent tous nécessiter une nouvelle opération. De plus, il existe peu de rapports publiés sur les résultats cliniques , et les résultats à long terme restent insaisissables. Actuellement, seul un petit nombre d'équipes ont publié leurs données et les résultats restent à être étayés par des tiers. Les inconvénients théoriques incluent des préoccupations sur la durabilité à long terme des résultats. Actuellement, nous sommes incapables de prédire le sort des disques intervertébraux attachés et les effets de la modulation de croissance sur le développement et la croissance du canal rachidien.

Le taux de rupture après VBT lombaire est élevé, mais a été amélioré avec l'utilisation d'une construction à 2 attaches. Malgré la rupture d'attache, la perte de correction était limitée et le taux de révision faible. L'utilisation d'une double attache n'a pas d'effet cyphotique sur le rachis lombaire(53).

Contrairement à la fusion vertébrale et au traitement par corset, nous ne connaissons pas encore les résultats à long terme de la modulation de croissance. Pekmezci et al. (49) ont observé une réduction de l'élargissement du canal rachidien par croissance sur un modèle porcin de fusion antérieure. Même si cela n'a pas été démontré dans un modèle d'attache, il est possible que les patients se retrouvent avec des vertèbres thoraciques dégénérées rigides associées à une sténose vertébrale dans ces segments après modulation de croissance. Récemment, Hoernschemeyer et al. (50) ont rapporté de manière rassurante que la modulation de croissance n'a pas produit de changements dégénératifs dans les disques intervertébraux ou l'articulation facettaire au cours du suivi de deux ans.

Une seule étude a été retrouvée dans la littérature concernant les coûts des deux différentes techniques aux États-Unis(54). Elle a suggéré que la modulation de croissance pourrait être une alternative beaucoup plus coûteuse que la fusion, le coût de l'arthrodèse postérieure avoisine 51000 dollars , alors que pour la modulation de croissance ça avoisine 96000 dollars.

4-Limites de l'étude:

Il n'y a pas eu d'essais cliniques contrôlés randomisés ou même d'études de suivi prospectives de la modulation de croissance . Ainsi, nous manquons actuellement de recommandations fondées sur des données probantes sur lesquelles traiter les patients avec fusion vertébrale et utiliser la modulation de croissance. De plus, les résultats à long terme de cette technique font actuellement défaut.

Malgré des résultats très prometteurs, force est de constater que les données actuelles ne satisfont pas encore à l'exigence de haute qualité. L'accent des études ultérieures devrait inclure la question du moment optimal de la chirurgie par rapport à l'âge du patient et de l'os. La question de l'efficacité de la modulation de croissance pour les courbes lombaires est également toujours sans réponse.



Conclusion



V-Conclusion:

Les résultats de cette revue de littérature et méta analyse montrent que la modulation de croissance est une technique très prometteuse pour le traitement de la scoliose idiopathique ,néanmoins , un consensus et des guidelines paraissent nécessaires pour choisir les meilleurs candidats pour cette technique , et pour cela on a besoin d'études avec un long suivi (au moins jusqu'à la fin de croissance) , et on a besoin également de former les chirurgiens pour cette technique et d'améliorer la qualité du matériel pour éviter les cassures.



Résumé



VI-Résumé

Titre: La place de la modulation de croissance dans le traitement des déformations rachidiennes chez l'enfant (scoliose)

Auteur : BERRAJ Issam

Mots clés : scoliose idiopathique , adolescent , modulation de croissance, rachis, chirurgie

Introduction:

La scoliose idiopathique de l'adolescent (AIS) est la déformation de la colonne vertébrale la plus courante traitée par les chirurgiens orthopédiques pédiatriques. Le gold standard actuel du traitement chirurgical est la fusion postérieure.

La modulation de croissance est une nouvelle technique chirurgicale reposant sur le principe de Hueter- Volkmann et qui peut être utilisée dans la scoliose idiopathique de l'adolescent (AIS) pour éviter la rigidité postopératoire imposée par la fusion vertébrale postérieure.

À travers cette revue de littérature on visait à résumer les preuves actuelles sur l'efficacité et l'innocuité de la modulation de croissance (anterior vertebral body tethering : AVBT) dans la prise en charge de la scoliose idiopathique (SI) chez les patients au squelette immature. Une attention particulière a été accordée aux indications chirurgicales, aux résultats cliniques et radiologiques, aux complications postopératoires, aux taux de réintervention et aux taux de conversion en arthrodeuse postérieure .

Matériel et méthodes:

La recherche bibliographique a été effectuée sur Pubmed , Web of science et Scopus , pour enfin sélectionner 21 articles , incluant 787 patients . Les données concernant l'âge , le sexe , l'angle de Cobb ont été récoltés , ainsi que les complications , le taux de reprises et de conversion vers l'arthrodèse postérieure. La qualité des études incluses a été évaluée en utilisant le score de Newcastle-Ottawa.

Résultats:

Sur les 787 patients , 87% avaient une courbure thoracique , 86% avaient un Risser<3 , 88% avaient un Sanders <3 , et 91% étaient Lenke 1 ou 2 . L'angle de Cobb en préopératoire était de 48° et corrigé à 24° au moment du dernier suivi . Le taux de reprise était de 6% (49/787), il est dû principalement aux cassures du matériel (22 malades) , suivi par l'hypercorrection (15 malades). Le taux de complications était de 16% alors que le recours à l'arthrodèse postérieure n' était nécessaire que pour 4% des malades.

Discussion:

La modulation de croissance permet d'éviter l'arthrodèse postérieure, et permet une meilleure mobilité, néanmoins, ses complications ne sont pas rares , surtout l'hypercorrection et les cassures du matériel.

Conclusion:

La modulation de croissance est une technique très prometteuse , qui peut nous épargner les complications de l'arthrodèse postérieure mais il faut être strict dans la sélection des malades qui peuvent en bénéficier.

Abstract

Title : The place of growth modulation in the treatment of spinal deformities in children (scoliosis).

Author : BERRAJ Issam

Keywords : Idiopathic scoliosis, Adolescent, Growth modulation, Spine, Surgery

Introduction:

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is the most common spinal deformity treated by pediatric orthopedic surgeons. The current gold standard of surgical treatment is posterior spinal fusion.

Anterior vertebral body tethering is a new surgical technique based on the Hueter-Volkman principle and it can be used to avoid the postoperative stiffness imposed by posterior spinal fusion.

This literature review aimed to summarize the current evidence on the efficacy and safety of growth modulation (anterior vertebral body tethering: AVBT) in the management of idiopathic scoliosis (IS) in patients with an immature skeleton. Particular attention was paid to surgical indications, clinical and radiological outcomes, postoperative complications, reoperation rates, and rates of conversion to posterior fusion.

Methods:

The literature search was carried out on Pubmed, Web of science and Scopus, to finally select 21 articles, including 787 patients. Data concerning age, sex, Cobb angle were collected, as well as complications, revision rate and conversion to posterior spinal fusion. The quality of included studies was assessed using the Newcastle-Ottawa scale.

Results:

Of the 787 patients, 87% had thoracic curve, 86% had Risser<3, 88% had Sanders <3, and 91% were Lenke 1 or 2. Preop Cobb angle was 48° and corrected to 24° at last follow-up. The revision rate is 6% (49/787), it is mainly due to tether breakage (22 patients), followed by overcorrection (15 patients). The complication rate was 16%, while conversion to posterior spinal fusion was only necessary for 4% of patients.

Discussion:

The growth modulation allows to avoid posterior spinal fusion, and gives a better mobility, nevertheless, its complications are not rare, especially the overcorrection and tether breakages.

Conclusion:

Growth modulation is a very promising technique, which can spare us the complications of posterior spinal fusion, but we must be strict in the selection of patients who can benefit from it.

ملخص

العنوان: مكان تعديل النمو في علاج تشوهات العمود الفقري عند الأطفال (الجنف).

الكاتب: البراج عصام

الكلمات الأساسية: الجنف مجهول السبب ، المراهق ، تعديل النمو ، العمود الفقري ، الجراحة

مقدمة:

يعد الجنف مجهول السبب عند المراهقين أكثر تشوهات العمود الفقري شيوعاً التي يعالجها جراحو عظام الأطفال. المعيار الذهبي الحالي للعلاج الجراحي هو الاندماج اللاحق.

تعديل النمو هو أسلوب جراحي جديد يعتمد على مبدأ Hueter-Volkman الذي يمكن استخدامه في جنف المراهقين مجهول السبب لتجنب تصلب ما بعد الجراحة الذي يفرضه الالتحام الخلفي للعمود الفقري.

تهدف مراجعة الأدبيات هذه إلى تلخيص الأدلة الحالية على فعالية وسلامة تعديل النمو في إدارة الجنف مجهول السبب في المرضى الذين لديهم هيكل عظمي غير واضح. تم إيلاء اهتمام خاص لمؤشرات الجراحة والنتائج السريرية والشعاعية ومضاعفات ما بعد الجراحة ومعدلات إعادة الجراحة ومعدلات التحول إلى إيثاق المفصل الخلفي.

المواد والطرق:

تم إجراء البحث البليوغرافي على Pubmed و Web of science و Scopus، الذي انتهى باختيار 21 مقالة ، بما في ذلك 787 مريضاً. تم جمع البيانات المتعلقة بالعمر والجنس وزاوية كوب ، بالإضافة إلى المضاعفات ومعدل المراجعة والتحويل إلى إيثاق المفصل الخلفي. تم تقييم جودة الدراسات المشمولة باستخدام درجة نيوكاسل أوتوا.

نتائج:

من بين 787 مريضاً ، كان 87 ٪ لديهم انحناء في الصدر ، و 86 ٪ لديهم Risser > 3 ، و 88 ٪ لديهم Sanders > 3 ، و 91 ٪ كان Lenke 1 أو 2. كانت زاوية كوب قبل الجراحة 48 درجة وتم تصحيحها إلى 24 درجة في آخر متابعة. معدل المراجعة 6 ٪ (787/49) ، ويرجع ذلك أساساً إلى كسر المواد (22 مريضاً) ، يليه التصحيح الزائد (15 مريضاً). كان معدل المضاعفات 16 ٪ ، بينما كان اللجوء إلى إيثاق المفصل الخلفي ضرورياً فقط لـ 4 ٪ من المرضى.

مناقشة:

يسمح تعديل النمو بتجنب الالتحام الخلفي للعمود الفقري ، ويعطي حركة أفضل ، ومع ذلك ، فإن مضاعفاته ليست نادرة ، خاصة التصحيح المفرط وانكسار الحبل.

استنتاج:

يعد تعديل النمو أسلوباً واعداً للغاية ، ويمكن أن يجنبنا مضاعفات اندماج العمود الفقري الخلفي ، ولكن يجب أن نكون صارمين في اختيار المرضى الذين يمكنهم الاستفادة منه.



Annexes



VII-Annexes:

Methodological quality assessment of included studies(Newcastle Ottawa scale)

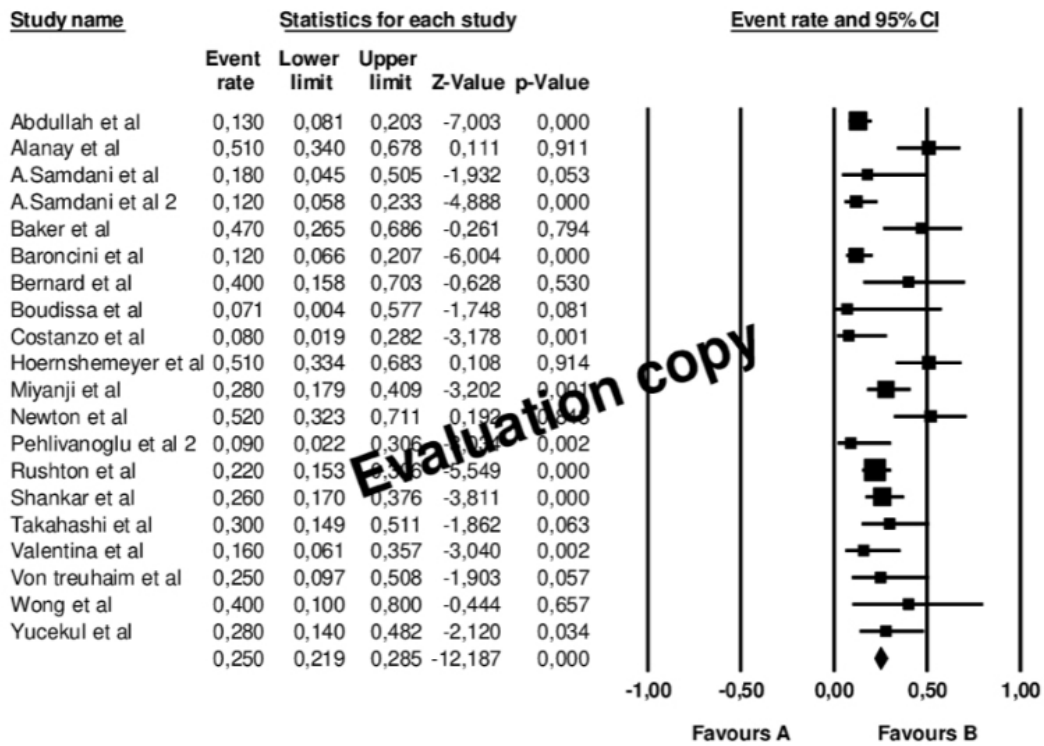
Study	Selection(max 4)	Comparability(max 2)	Outcome(max3)	Total(max 9)
Abdullah et al	4	1	2	7
Alanay et al	4	2	2	8
A.Samdani et al	4	2	3	9
A.Samdani et al	4	2	3	9
Baker et al	4	1	3	8
Baroncini et al	4	1	3	8
Bernard et al	4	1	3	8
Boudissa et al	3	2	3	8
Costanzo et al	4	2	3	9
Hoernshemeyer et al	4	1	3	8
Miyanji et al	4	2	3	9
Newton et al	4	1	3	8
Pehlivanoglu et al	4	2	3	9
Pehlivanoglu et al	4	2	3	9
Rushton et al	4	2	3	9
Shankar et al	4	2	3	9
Takahashi et al	4	2	3	9
Valentina et al	4	2	3	9
Von treuhaim et al	4	1	3	8
Wong et al	3	1	3	7
Yucekul et al	4	2	3	9

Étude de mauvaise qualité : 3-5

Étude de qualité moyenne : 6-7

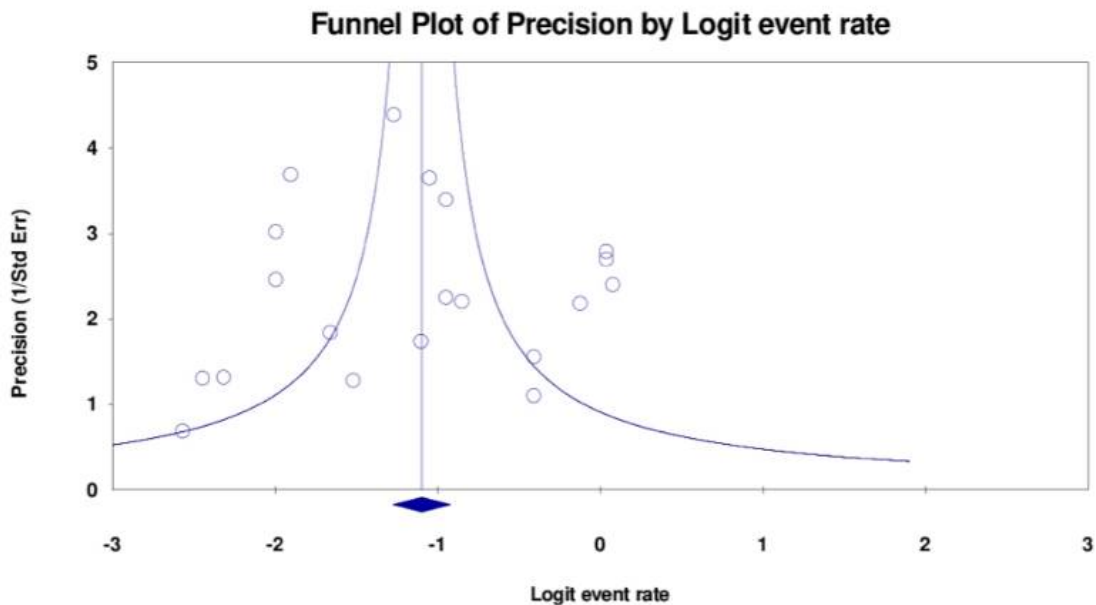
Étude de bonne qualité : 8-9

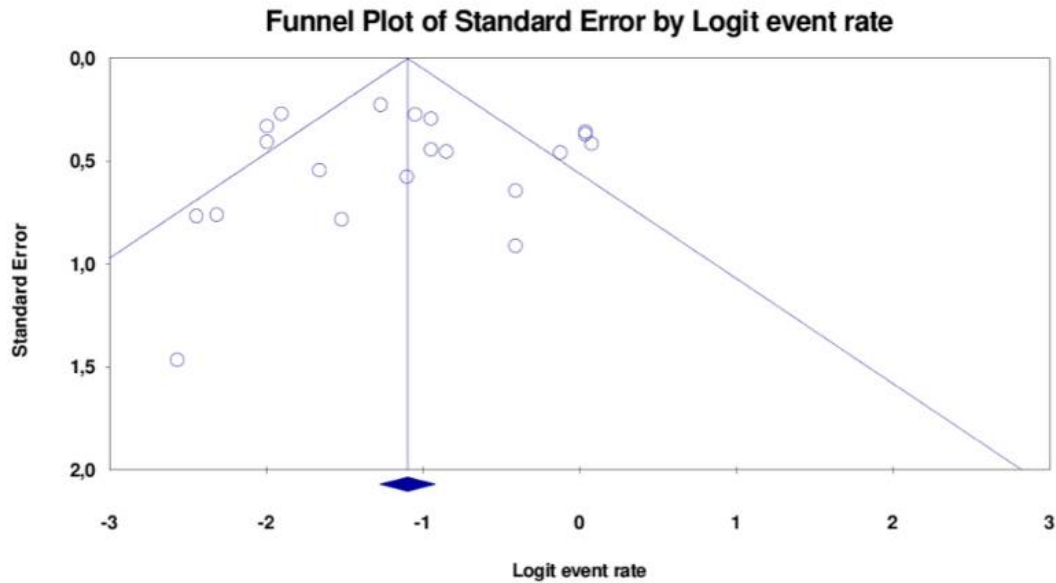
Meta Analysis



Meta Analysis

Forrest plot du taux des complications de la modulation de croissance dans les études incluses





Funnel plot pour le biais de publication

EGGERS TEST:

Egger suggests that we assess this same bias by using precision (the inverse of the standard error) to predict the standardized effect (effect size divided by the standard error). In this equation, the size of the treatment effect is captured by the slope of the regression line (B1) while bias is captured by the intercept (B0).

This approach may offer a number of advantages over the rank correlation approach. Under some circumstances this may be a more powerful test. Additionally, this approach can be extended to include more than one predictor variable, which means that we can simultaneously assess the impact of several factors, including sample size, on the treatment effect.

In this case the intercept (B0) is 0,02540, 95% confidence interval (-2,26263, 2,31344), with $t=0,02332$, $df=18$. The 1-tailed p-value (recommended) is 0,49082, and the 2-tailed p-value is 0,98165.

So there is symmetry in the funnel plot -> no publication bias



Bibliographie



VIII-Bibliographie:

- [1] Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent idiopathic scoliosis. *Open Orthop J.* 2016 May 30;10:143-54.
- [2] Ghandhari H, Ameri E, Nikouei F, Haji Agha Bozorgi, Majdi S, Salehpour M. Long- term outcome of posterior spinal fusion for the correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018 Aug 2;13:14.
- [3] Kwan KYH, Koh HY, Blanke KM, Cheung KMC. Complications following surgery for adolescent idiopathic scoliosis over a 13-year period. *Bone Joint J.* 2020 Apr;102- B(4):519-23
- [4] Suk, I.S.; Lee, S.M.; Chung, E.R.; Kim, J.H.; Kim, S.S. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: More than 5-year follow-up. *Spine* 2005, 30, 1602–1609.
- [5] Karol, L.A. Early definitive spinal fusion in young children: What we have learned. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2011, 469, 1323–1329.
- [6] Kepler CK, Meredith DS, Green DW, Widmann RF. Long-term outcomes after posterior spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Curr Opin Pediatr.* 2012 Feb;24(1):68-75.
- [7] Green DW, Lawhorne TW 3rd, Widmann RF, Kepler CK, Ahern C, Mintz DN, Rawlins BA, Burke SW, Boachie-Adjei O. Long-term magnetic resonance imaging follow-up demonstrates minimal transitional level lumbar disc degeneration after posterior spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011 Nov 1;36(23):1948-54.

- [8] Stokes IA, Spence H, Aronsson DD, Kilmer N: Mechanical modulation of vertebral body growth. Implications for scoliosis progression. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996; 21:1162-1167.
- [9] Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP. The pathogenesis of [idiopathic scoliosis biplanar spinal asymmetry. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66B:8–15.
- [10] McCarroll HR, Costen W. Attempted treatment of scoliosis by unilateral vertebral epiphyseal arrest. *J Bone Joint Surg* 1960;42A:965–78
- [11] ROAF R. Vertebral growth and its mechanical control. *J Bone Joint Surg Br* 1960; 42-B: 40-59 [PMID: 13854527 DOI: 10.1302/0301-620x.42b1.40]
- [12] Newton PO, Farnsworth CL, Faro FD, Mahar AT, Odell TR, Mohamad F, Breisch E, Fricka K, Upasani VV, Amiel D. Spinal growth modulation with an anterolateral flexible tether in an immature bovine model: disc health and motion preservation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008; 33: 724-733 [PMID: 18379398 DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816950a0]
- [13] Newton PO, Fricka KB, Lee SS, Farnsworth CL, Cox TG, Mahar AT. Asymmetrical flexible tethering of spine growth in an immature bovine model. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002; 27: 689-693 [PMID: 11923660 DOI: 10.1097/00007632-200204010-00004]
- [14] Crawford CH 3rd, Lenke LG. Growth modulation by means of anterior tethering resulting in progressive correction of juvenile idiopathic scoliosis: a case report. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92: 202-209 [PMID: 20048114 DOI: 10.2106/JBJS.H.01728]

- [15] Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, Pahys JM, Grewal H, Pelletier GJ, Betz RR. Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: two-year results. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014; 39: 1688-1693 [PMID: 24921854 DOI: 10.1097/BRS.0000000000000472]
- [16] Jeszenszky D, Kaiser B, Meuli M, Fekete TF, Haschtmann D. Surgical growth guidance with non-fused anchoring segments in early-onset scoliosis. *Eur Spine J* 2019; 28: 1301-1313 [PMID: 30848364 DOI: 10.1007/s00586-019-05934-1]
- [17] McCarthy RE, Luhmann S, Lenke L, McCullough FL. The Shilla growth guidance technique for early-onset spinal deformities at 2-year follow-up: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 2014; 34: 1-7 [PMID: 23934092 DOI: 10.1097/BPO.0b013e31829f92dc]
- [18] Cuddihy L, Danielsson AJ, Cahill PJ, Samdani AF, Grewal H, Richmond JM, Mulcahey MJ, Gaughan JP, Antonacci MD, Betz RR. Vertebral Body Stapling versus Bracing for Patients with High-Risk Moderate Idiopathic Scoliosis. *Biomed Res Int* 2015; 2015: 438452 [PMID: 26618169 DOI: 10.1155/2015/438452]
- [19] Moher D, Shamseer L, Clarke M et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev* 2015; 4: 1
- [20] Pallot A, Rostagno S. Newcastle-Ottawa Scale : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les études de cohorte. *Kinesither Rev* (2019), <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2019.12.046>

- [21] Abdullah A, Parent S, Miyanji F, Smit K, Murphy J, Skaggs D, Gupta P, Vitale M, Ouellet J, Saran N, Cho RH, Group PSS, El-Hawary R. Risk of early complication following anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2021 Sep;9(5):1419-1431. doi: 10.1007/s43390-021-00326-2. Epub 2021 Apr 9. PMID: 33837516.
- [22] Alanay A, Yucekul A, Abul K, Ergene G, Senay S, Ay B, Cebeci BO, Yalinay Dikmen P, Zulemyan T, Yavuz Y, Yilgor C. Thoracoscopic Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Follow-up Curve Behavior According to Sanders Skeletal Maturity Staging. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020 Nov 15;45(22):E1483-E1492. doi: 10.1097/BRS.0000000000003643. PMID: 32756290.
- [23] Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, Pahys JM, Grewal H, Pelletier GJ, Betz RR. Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: two-year results. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014 Sep 15;39(20):1688-93. doi: 10.1097/BRS.0000000000000472. PMID: 24921854.
- [24] Samdani AF, Pahys JM, Ames RJ, Grewal H, Pelletier GJ, Hwang SW, Betz RR. Prospective Follow-up Report on Anterior Vertebral Body Tethering for Idiopathic Scoliosis: Interim Results from an FDA IDE Study. *J Bone Joint Surg Am.* 2021 Sep 1;103(17):1611-1619. doi: 10.2106/JBJS.20.01503. PMID: 34185722.
- [25] Baker CE, Kiebzak GM, Neal KM. Anterior vertebral body tethering shows mixed results at 2-year follow-up. *Spine Deform.* 2021 Mar;9(2):481-489. doi:10.1007/s43390-020-00226-x. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33113121.

- [26] Baroncini, A., Courvoisier, A., Berjano, P. et al. The effects of vertebral body tethering on sagittal parameters: evaluations from a 2-years follow-up. *Eur Spine J* 31, 1060–1066 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00586-021-07076-9>
- [27] Bernard J, Bishop T, Herzog J, Haleem S, Lupu C, Ajayi B, Lui DF. Dual modality of vertebral body tethering : anterior scoliosis correction versus growth modulation with mean follow-up of five years. *Bone Jt Open*. 2022 Feb;3(2):123-129. doi: 10.1302/2633-1462.32.BJO-2021-0120.R1. PMID: 35119295; PMCID: PMC8886322.
- [28] Boudissa, M., Eid, A., Bourgeois, E. et al. Early outcomes of spinal growth tethering for idiopathic scoliosis with a novel device: a prospective study with 2 years of follow-up. *Childs Nerv Syst* 33, 813–818 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00381-017-3367-4>
- [29] Costanzo, S.; Pansini, A.; Colombo, L.; Caretti, V.; Popovic, P.; Lanfranchi, G.; Camporesi, A.; Pelizzo, G. Video-Assisted Thoracoscopy for Vertebral Body Tethering of Juvenile and Adolescent Idiopathic Scoliosis: Tips and Tricks of Surgical Multidisciplinary Management. *Children* 2022, 9, 74. <https://doi.org/10.3390/children9010074>
- [30] Hoernschemeyer DG, Boeyer ME, Robertson ME, Loftis CM, Worley JR, Tweedy NM, Gupta SU, Duren DL, Holzhauser CM, Ramachandran VM. Anterior Vertebral Body Tethering for Adolescent Scoliosis with Growth Remaining: A Retrospective Review of 2 to 5-Year Postoperative Results. *J Bone Joint Surg Am*. 2020 Jul 1;102(13):1169-1176. doi: 10.2106/JBJS.19.00980. PMID: 32618924.

- [31] Miyanji F, Pawelek J, Nasto LA, Rushton P, Simmonds A, Parent S. Safety and efficacy of anterior vertebral body tethering in the treatment of idiopathic scoliosis. *Bone Joint J.* 2020 Dec;102-B(12):1703-1708. doi: 10.1302/0301-620X.102B12.BJJ-2020-0426.R1. PMID: 33249889; PMCID: PMC7954148.
- [32] Newton, Peter O. MD1,2,a; Bartley, Carrie E. MA1; Bastrom, Tracey P. MA1; Kluck, Dylan G. MD2; Saito, Wataru MD, PhD3; Yaszay, Burt MD1,2. Anterior Spinal Growth Modulation in Skeletally Immature Patients with Idiopathic Scoliosis: A Comparison with Posterior Spinal Fusion at 2 to 5 Years Postoperatively. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 102(9):p 769-777, May 6, 2020. | DOI: 10.2106/JBJS.19.01176
- [33] Pehlivanoglu T, Oltulu I, Erdag Y, Akturk UD, Korkmaz E, Yildirim E, Sarioglu E, Ofluoglu E, Aydogan M. Comparison of clinical and functional outcomes of vertebral body tethering to posterior spinal fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life: preliminary results. *Spine Deform.* 2021 Jul;9(4):1175-1182. doi: 10.1007/s43390-021-00323-5. Epub 2021 Mar 8. PMID: 33683642.
- [34] Pehlivanoglu T, Oltulu I, Ofluoglu E, Sarioglu E, Altun G, Korkmaz M, Yildirim K, Aydogan M. Thoracoscopic Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Minimum of 2 Years' Results of 21 Patients. *J Pediatr Orthop.* 2020 Nov/Dec;40(10):575-580. doi: 10.1097/BPO.0000000000001590. PMID: 32427800.

- [35] Rushton PRP, Nasto L, Parent S, Turgeon I, Aldebeyan S, Miyanji F. Anterior Vertebral Body Tethering for Treatment of Idiopathic Scoliosis in the Skeletally Immature: Results of 112 Cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021 Nov 1;46(21):1461-1467. doi: 10.1097/BRS.0000000000004061. PMID: 34091563; PMCID: PMC8500278.
- [36] Shankar, D., Eaker, L., von Treuheim, T.P. et al. Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: how well does the tether hold up?. *Spine Deform* 10, 799–809 (2022). <https://doi.org/10.1007/s43390-022-00490-z>
- [37] Takahashi Y, Saito W, Yaszay B, Bartley CE, Bastrom TP, Newton PO. Rate of Scoliosis Correction After Anterior Spinal Growth Tethering for Idiopathic Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2021 Sep 15;103(18):1718-1723. doi: 10.2106/JBJS.20.02071. PMID: 34288633.
- [38] Caretti, V., Andreacchio, A., & Colombo, L. (2022). Anterior vertebral body tethering as a treatment for scoliosis in skeletally immature patients. *La Pediatria Medica E Chirurgica*, 44(s1). <https://doi.org/10.4081/pmc.2022.291>
- [39] Treuheim TDPV, Eaker L, Markowitz J, Shankar D, Meyers J, Lonner B. Anterior Vertebral Body Tethering for Scoliosis Patients With and Without Skeletal Growth Remaining: A Retrospective Review With Minimum 2-Year Follow-Up. *Int J Spine Surg*. 2022 Sep 16:8357. doi: 10.14444/8357. Epub ahead of print. PMID: 36113952.

- [40] Wong HK, Ruiz JNM, Newton PO, Gabriel Liu KP. Non-Fusion Surgical Correction of Thoracic Idiopathic Scoliosis Using a Novel, Braided Vertebral Body Tethering Device: Minimum Follow-up of 4 Years. *JB JS Open Access*. 2019 Dec 12;4(4):e0026. doi: 10.2106/JBJS.OA.19.00026. PMID: 32043058; PMCID: PMC6959921.
- [41] Yucekul A, Akpunarli B, Durbas A, Zulemyan T, Havlucu I, Ergene G, Senay S, Yalinay Dikmen P, Turgut Balci S, Karaarslan E, Yavuz Y, Yilgor C, Alanay A. Does vertebral body tethering cause disc and facet joint degeneration? A preliminary MRI study with minimum two years follow-up. *Spine J*. 2021 Nov;21(11):1793-1801. doi: 10.1016/j.spinee.2021.05.020. Epub 2021 May 23. PMID: 34033932.
- [42] Newton, O.P.; Takahashi, Y.; Yang, Y.; Yaszay, B.; Bartley, C.E.; Bastrom, T.P.; Munar, C. Anterior vertebral body tethering for thoracic idiopathic scoliosis leads to asymmetric growth of the periapical vertebrae. *Spine Deform*. 2022, 10, 553–561.
- [43] Yucekul, A.; Karaman, I.; Zulemyan, T.; Ergene, G.; Senay, S.; Balci, S.; Yavuz, Y.; Yilgor, C.; Alanay, A. Thoracoscopic and Mini- open Lumbotomy Vertebral Body Tethering for Thoracolumbar/Lumbar Curves: Two to Three Years Follow-up. In *Proceedings of the 28th International Meeting on Advanced Spine Techniques, Virtual Meeting, 23–25 April 2021*
- [44] Trobisch, D.P.; Baroncini, A. Preliminary outcomes after vertebral body tethering (VBT) for lumbar curves and subanalysis of a 1- versus 2-tether construct. *Eur. Spine J*. 2021, 30, 3570–3576.

- [45] Newton PO. Spinal growth tethering: indications and limits. *Ann Transl Med* 2020;8(2):27. doi: 10.21037/atm.2019.12.159
- [46] Wong HK, Ruiz JNM, Newton PO, Gabriel Liu KP. Non-Fusion Surgical Correction of Thoracic Idiopathic Scoliosis Using a Novel, Braided Vertebral Body Tethering Device: Minimum Follow-up of 4 Years. *JB JS Open Access* 2019; 4: e0026 [PMID: 32043058 DOI: 10.2106/JBJS.OA.19.00026]
- [47] Buyuk, F.A.; Milbrandt, T.A.; Mathew, S.E.; Larson, A.N. Measurable Thoracic Motion Remains at 1 Year Following Anterior Vertebral Body Tethering, with Sagittal Motion Greater Than Coronal Motion. *J. Bone Jt. Surg. Am.* 2021, 103, 2299–2305. [CrossRef]
- [48] Samdani, F.A.; Ames, R.J.; Kimball, J.S.; Pahys, J.M.; Grewal, H.; Pelletier, G.J.; Betz, R.R. Anterior vertebral body tethering for immature adolescent idiopathic scoliosis: One-year results on the first 32 patients. *Eur. Spine J.* 2015, 24, 1533–1539. [CrossRef] [PubMed]
- [49] Pekmezci, M.; Yilmaz, G.; Daglioglu, K.; Gulsen, M.; Alanay, A.; Acaroglu, E.; Yazici, M. The effect of anterior spinal fusion on spinal canal development in an immature porcine model. *Spine* 2009, 34, E501–E506. [CrossRef]
- [50] Hoernschemeyer, G.D.; Boeyer, M.E.; Tweedy, N.M.; Worley, J.R.; Crim, J.R. A preliminary assessment of intervertebral disc health and pathoanatomy changes observed two years following anterior vertebral body tethering. *Eur. Spine J.* 2021, 30, 3442–3449. [CrossRef]

- [51] Bean, T.M. (2012). Thoracic Positioning and Incisions. In: Hartigan, P. (eds) *Practical Handbook of Thoracic Anesthesia*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-88493-6_7
- [52] Costanzo, Sara, Andrea Pansini, Luca Colombo, Valentina Caretti, Petar Popovic, Giulia Lanfranchi, Anna Camporesi, and Gloria Pelizzo. 2022. "Video-Assisted Thoracoscopy for Vertebral Body Tethering of Juvenile and Adolescent Idiopathic Scoliosis: Tips and Tricks of Surgical Multidisciplinary Management" *Children* 9, no. 1: 74. <https://doi.org/10.3390/children9010074>
- [53] Trobisch, D.P.; Baroncini, A. Preliminary outcomes after vertebral body tethering (VBT) for lumbar curves and subanalysis of a 1- versus 2-tether construct. *Eur. Spine J.* 2021, 30, 3570–3576
- [54] Polly, W.D.; Larson, A.N.; Samdani, A.F.; Rawlinson, W.; Brechka, H.; Porteous, A.; Marsh, W.; Ditto, R. Cost-Utility Analysis of Anterior Vertebral Body Tethering versus Spinal Fusion in Idiopathic Scoliosis from a US Integrated Healthcare Delivery System Perspective. *Clin. Outcomes Res.* 2021, 13, 175–190. [CrossRef]
- [55] Baker CE, Milbrandt TA, Larson AN. Anterior Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Early Results and Future Directions. *Orthop Clin North Am.* 2021 Apr;52(2):137-147. doi: 10.1016/j.ocl.2021.01.003. PMID: 33752835.

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 بوانع 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



أطروحة رقم: 83

سنة : 2023

مكان تعديل النمو في علاج تشوهات العمود الفقري عند الأطفال (الجنف)

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : / / 2023

من طرف

السيد عصام البراج

المزاد في 13 دجنبر 1996 بطنجة

طبيب داخلي بالمركز الاستشفائي الجامعي ابن سينا بالرباط

لنيل شهادة

دكتور في الطب

الكلمات الأساسية : الجنف مجهول السبب؛ المراهق؛ تعديل النمو؛ العمود الفقري؛ الجراحة

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس

السيد عبد الصمد الوهابي

أستاذ في جراحة الدماغ والأعصاب

مشرف

السيد عبد الواحد عمراني

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل عند الأطفال

عضو

السيد محمد أنور دندان

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل عند الأطفال

عضو

السيدة نعيمة الحفيظي

أستاذة في طب الأطفال

عضو

السيد محمد رامي

أستاذ في جراحة الأطفال