



AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

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

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de
Médecine Spécialisée

Par

Floriane BOYER

le 21 mars 2014

Les plaies de l'artère vertébrale dans les abords antérieurs du rachis cervical

Examineurs de la thèse :

Président : M. le Professeur Jean AUQUE

Juges : M. le Professeur Jean-Claude MARCHAL
M. le Professeur Thierry CIVIT
M. le Professeur René ANXIONNAT

Vice-Doyen « Pédagogie » : **Mme la Professeure Karine ANGIOI**
Vice-Doyen Mission « Sillon lorrain » : **Mme la Professeure Annick BARBAUD**
Vice-Doyen Mission « Finances » : **Professeur Marc BRAUN**

Assesseurs :

- 1 ^{er} Cycle :	Professeur Bruno CHENUÉL
- 2 ^{ème} Cycle :	Professeur Marc DEBOUVERIE
- 3 ^{ème} Cycle :	Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI
• « DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques »	
• « DES Spécialité Médecine Générale »	Professeur Paolo DI PATRIZIO
- Commission de Prospective Universitaire :	Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT
- Développement Professionnel Continu :	Professeur Jean-Dominique DE KORWIN
- Filières professionnalisées :	M. Walter BLONDEL
- Formation Continue :	Professeur Hervé VESPIGNANI
- Recherche :	Professeur Didier MAINARD
- Relations Internationales :	Professeur Jacques HUBERT
- Universitarisation des études paramédicales et gestion des mono-appartenants :	M. Christophe NEMOS
- Vie Étudiante :	Docteur Stéphane ZUILY
- Vie Facultaire :	Mme la Docteure Frédérique CLAUDOT
- Étudiants :	M. Xavier LEMARIE

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ - Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
 Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE
 Jean-Louis BOUTROY - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT -
 François CHERRIER Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS
 Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ - Jean-Bernard DUREUX - Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH
 Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ
 Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET - Christian JANOT - Michèle KESSLER - Jacques LACOSTE
 Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Michel MANCIAUX - Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Michel MERLE
 Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN Gilbert PERCEBOIS - Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL Jean PREVOT - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER – Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques ROLAND
 René-Jean ROYER - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Claude SIMON - Danièle SOMMELET
 Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT- Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ - Gérard VAILLANT Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Gérard BARROCHE Professeur Pierre BEY - Professeur Patrick BOISSEL

Professeur Michel BOULANGE – Professeur Jean-Louis BOUTROY - Professeur Jean-Pierre CRANCE
Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ Professeure Michèle KESSLER - Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur Luc PICARD Professeur Michel PIERSON - Professeur Michel SCHMITT - Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Michel STRICKER Professeur Hubert UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeure Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET Professeur Michel WAYOFF

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (*Cytologie et histologie*)

Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Christo CHRISTOV

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE

1^{ère} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médecine*)

Professeur Michel CLAUDON – Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUÉL – Professeur Christian BEYAERT

3^{ème} sous-section : (*Biologie Cellulaire*)

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

3^{ème} sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (*Médecine et santé au travail*)

Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeur François KOHLER – Professeure Eliane ALBUISSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY - Professeur Didier PEIFFERT

Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie - réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Gérard AUDIBERT

Professeur Thomas FUCHS-BUDER – Professeure Marie-Reine LOSSER

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Faiez ZANNAD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Hervé VESPIGNANI - Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

Professeur Luc TAILLANDIER - Professeur Louis MAILLARD

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeure Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT – Professeur Thierry FOLLIGUET

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeure Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie*)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY - Professeur Athanase BENETOS
Professeure Gisèle KANNY – Professeure Christine PERRET-GUILLAUME

2^{ème} sous-section : (*Chirurgie générale*)

Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (*Pédiatrie*)

Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET
Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO – Professeure Rachel VIEUX

2^{ème} sous-section : (*Chirurgie infantile*)

Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (*Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale*)

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Olivier MOREL

4^{ème} sous-section : (*Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale*)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (*Oto-rhino-laryngologie*)

Professeur Roger JANKOWSKI – Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (*Ophtalmologie*)

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeure Karine ANGIOI

3^{ème} sous-section : (*Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie*)

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur Jean-Marc BOIVIN

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur associé Paolo DI PATRIZIO

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteure Manuela PEREZ

2^{ème} sous-section : (*Cytologie et histologie*)

Docteur Edouard BARRAT - Docteure Françoise TOUATI – Docteure Chantal KOHLER

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Docteure Aude MARCHAL – Docteur Guillaume GAUCHOTTE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE

1^{ère} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Docteur Jean-Claude MAYER - Docteur Jean-Marie ESCANYE

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médecine*)

Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN
Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Docteur Mathias POUSSEL – Docteure Silvia VARECHOVA

3^{ème} sous-section : (*Biologie Cellulaire*)

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière*)

Docteure Véronique VENARD – Docteure Hélène JEULIN – Docteure Corentine ALAUZET

3^{ème} sous-section : (*Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales*)

Docteure Sandrine HENARD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Epidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteure Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN

2^{ème} sous-section (*Médecine et Santé au Travail*)

Docteure Isabelle THAON

3^{ème} sous-section (*Médecine légale et droit de la santé*)

Docteur Laurent MARTRILLE

4^{ère} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Docteur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)*)

Docteure Lina BOLOTINE

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteure Céline BONNET

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

3^{ème} sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)

Docteure Françoise LAPICQUE – Docteur Nicolas GAMBIER – Docteur Julien SCALA-BERTOLA

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (*Rhumatologie*)

Docteure Anne-Christine RAT

3^{ème} sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)

Docteure Anne-Claire BURSZEJN

4^{ème} sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^{ème} sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire*)

Docteur Fabrice VANHUYSE

4^{ème} sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)

Docteur Stéphane ZUILY

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie*)

Docteure Laure JOLY

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

5^{ème} sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale*)

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

**Remerciements retirés à la demande de l'auteur
(pages 7 à 16)**

SERMENT

« **A**u moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure

d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».

Table des matières

Table des matières	18
I Introduction	20
II Rappels anatomiques	21
1. Structure musculaire : le longus colli	21
2. Structures fibro-ligamentaires	21
3. Structures veineuses	22
4. Structures osseuses	22
<i>a. Uncus :</i>	22
<i>b. Corps vertébral :</i>	23
<i>c. Canal cervical :</i>	24
<i>d. Processus transverse :</i>	24
<i>e. Foramen transverse :</i>	24
5. L'artère vertébrale :	25
<i>a. Trajet</i>	25
<i>b. Dominance</i>	27
<i>c. Territoire vascularisé :</i>	27
III Les apports de l'imagerie	29
1. Prévention :	29
<i>a. Radiographie :</i>	29
<i>b. Scanner :</i>	29
<i>c. Angio-scanner:</i>	30
<i>d. IRM :</i>	30
2. Diagnostic :	31
<i>a. Doppler des TSA :</i>	31
<i>b. Scanner :</i>	31
<i>c. Angio-scanner :</i>	32
<i>d. IRM :</i>	32
<i>e. Angio-IRM :</i>	32
<i>f. Angiographie :</i>	32
3. Traitement endovasculaire :	33
IV Technique chirurgicale : Smith-Robinson [45,46]	34
1. Installation	34
2. Incision	34
3. Abord du rachis	35
4. Discectomie	35
5. Arthrodèse	36
6. Fermeture	36
7. Suites opératoires	36
V Série nancéienne	37
Cas clinique n°1	37
Cas clinique n°2	41
Cas clinique n°3	44
Cas clinique n°4	47
VI Revue de la littérature	48
1. Matériels et méthode :	48
2. Résultats (Annexe 1 : Tableau récapitulatif)	49

a. Fréquence :	49
b. Côté lésé :	49
c. Circonstances de l'accident :	50
d. Traitement :	50
e. Séquelles :	52
f. Complications :	53
VII Discussion	54
1. Précautions pré-opératoires :	54
2. Précautions per-opératoires :	55
3. Réaction per-opératoire :	57
a. Hémostase :	57
b. Réanimation :	58
c. Traitement conservateur :	58
d. Traitement non conservateur :	59
4. Précautions post-opératoires immédiates :	59
5. Précautions post-opératoires à distance :	61
VIII Conclusion	62
IX Annexes	64
Annexe 1 : Tableau récapitulatif de la littérature : 47 cas et notre série, au total 51 cas étudiés [10,14–17,23,30,31,40,42,47,50–52,54–56,58,59,78]	64
X Bibliographie	66

I Introduction

La voie d'abord antérieure dans la chirurgie du rachis cervical a été développée dans les années 1950. Aujourd'hui, cette technique est fréquemment employée par de nombreux chirurgiens à travers le monde entier. Cette chirurgie a démontré plus d'une fois son efficacité, sa rapidité d'exécution, son faible taux de complications. Cependant, même si les risques qu'elle présente sont rares, leurs conséquences peuvent être dramatiques.

Parmi eux, sont décrites les plaies de l'artère vertébrale, qui sont rarement rencontrées au cours de cette voie d'abord, mais qui peuvent être lourdes de conséquences. Une bonne connaissance des circonstances et des mécanismes de ces événements devrait permettre d'en réduire la fréquence. L'élaboration d'une prise en charge de cet accident devrait également en diminuer la morbidité et mortalité.

La rareté de ces événements en fait un sujet difficile à étudier. La littérature se résume à des descriptions rétrospectives de cas ou de séries de cas qui n'ont, individuellement, qu'une faible valeur scientifique. Aujourd'hui, le nombre de cas décrits est devenu assez conséquent et des ébauches de consensus semblent se mettre en place progressivement.

L'objectif de cette thèse est de regrouper notre série de 4 cas avec les données de la littérature, afin de dépister les situations à risque, proposer des mesures de prévention et des orientations dans la prise en charge des plaies de l'artère vertébrale dans l'abord antérieur du rachis cervical.

Nous reviendrons tout d'abord sur quelques rappels de l'anatomie chirurgicale et radiologique du rachis cervical.

Nous décrirons ensuite la technique chirurgicale de Smith-Robinson utilisée au CHU de Nancy.

Nous présenterons également notre série nancéienne sous la forme de 4 cas cliniques et l'intégrerons aux séries précédemment décrites dans la littérature.

Nous discuterons enfin des facteurs prédictifs de ces accidents et des différents éléments de leur prise en charge (prévention, traitement).

II Rappels anatomiques

1. Structure musculaire : le longus colli

Le longus colli (muscle long du cou) est le plus long et médian des muscles paravertébraux. Il s'étend du tubercule antérieur de l'atlas jusqu'aux corps des vertèbres de C3 à T3, ainsi qu'aux processus transverses de C3 à C6.

Sa dissection est nécessaire dans l'abord antérieur du rachis cervical [1,2].

La distance entre les bords médians des longus colli augmente de C3 à C6 [1,3–6].

Seul, il s'agit donc d'un mauvais repère pour les limites latérales de résection du disque (la résection serait trop étroite en C3 notamment) [7].

En revanche, pour un même niveau étudié, les mesures semblent assez proches d'une série à l'autre : de C3-C4 à C5-C6 on retrouve 9 à 13 mm dans la série de Ebraheim et al. , 6,7 à 13,7 mm pour Pait et al. (et même 23,5mm en C6-C7), 9 à 14 mm pour Oh et al. [1,4,5].

La distance moyenne entre le bord médial du longus colli et le bord médial de l'artère vertébrale est d'environ 9 à 11 mm selon les séries (Güvençer, Lu, Kawashima)[6,8,9], ce qui devrait permettre selon eux une dissection de 5 mm maximum de chaque longus colli pour les limites latérales de discectomie tout en conservant 5 mm de marge de sécurité par rapport aux artères vertébrales.

Smith et al., d'après des mesures réalisées sur 25 angio-scanners pré-opératoires, s'avancent à dire qu'en disséquant 3 mm de chaque côté les longus colli, on obtiendrait en moyenne 13 mm de largeur de discectomie en C4-C5-C6 (correspondant à la largeur du cordon médullaire en regard), tout en conservant 5 mm de marge par rapport aux foramens transverses et donc aux artères vertébrales de chaque côté [10].

2. Structures fibro-ligamentaires

L'artère vertébrale et la racine sont entourées par des bandes de tissu fibro-ligamentaire au niveau de l'espace inter-transversaire [1,11], composé entre autres du ligament inter-transversaire [12]. Ces structures sont amarrées à la face latérale de l'uncus et de l'articulation

uncovertébrale et sont adhérentes à la partie antérieure de l'artère vertébrale et de la racine nerveuse [1].

Elles peuvent expliquer les risques de dilacération vasculaire (artère vertébrale ou plexus veineux) lors de la résection de l'uncus ou des ostéophytes se projetant au niveau de l'articulation uncovertébrale, si une dissection fine n'a pas été réalisée auparavant [1].

3. Structures veineuses

L'artère vertébrale est entourée d'un plexus veineux tout au long de son trajet cervical [13]. Ce plexus se draine dans les veines vertébrales [14].

Un saignement veineux peut précéder le saignement de l'artère vertébrale lors de l'effraction du foramen transverse. Il convient donc d'être attentif à tout type de saignement per-opératoire.

Ce plexus est responsable de la formation à distance des fistules artério-veineuses lors d'une lésion de l'artère vertébrale [15,16].

4. Structures osseuses

a. Uncus :

L'uncus est le processus latéral du plateau supérieur des vertèbres cervicales. Il forme, avec le bord latéral du plateau inférieur de la vertèbre sus-jacente, l'articulation de Luschka [2].

Le rôle de cette articulation est de limiter la translation antérieure et la flexion latérale du rachis cervical [17].

L'uncus mesure en moyenne 6 à 7 mm de hauteur et de largeur [2,4,11].

La distance entre l'artère vertébrale et l'uncus varie en fonction du niveau opéré, étant minimale entre C3 et C6 [1,2,11].

Les valeurs retrouvées dans la littérature, d'après des séries cadavériques, varient de 1 mm à 2,5 mm sur ces 3 niveaux. Les mesures ont systématiquement été prises entre le sommet le l'uncus et le bord médian de l'artère vertébrale [2,4,8,11].

La distance entre les sommets des 2 unci a été mesurée entre 24 mm et 28 mm de C4 à C6 par Güvençer et al. , augmentant progressivement de C4 à C6 avec l'augmentation de la taille des corps vertébraux [8].

De façon concordante, la distance mesurée entre les 2 bords médians des unci augmente progressivement de 15 mm et 20 mm de C3 à C7 dans la série de Oh et al [5].

L'uncus et le bord latéral du corps vertébral ont souvent été utilisés pour le repérage per-opératoire. Il faut cependant rappeler que la formation d'ostéophytes rend leur utilisation hasardeuse dans le contexte de rachis arthrosique [17].

Une attention particulière sera à porter au scanner préopératoire, pour étudier les modifications anatomiques liées à la dégénérescence osseuse rachidienne, avant de pouvoir se fier à ces repères au cours de l'opération.

Sadhu et al. ont cherché une corrélation entre la variation de l'index de masse corporelle liée à l'âge et celle de la distance entre 2 unci, mais leurs résultats n'ont pas été significatifs [18].

b. Corps vertébral :

Dans la série de Oh et al., le diamètre antéro-postérieur des plateaux supérieurs augmente progressivement de C3 à C7 [19], mesuré à 16 mm en C3 (min 12 max 18), 17,6 mm en C7 (min 15 max 20) [5].

La hauteur des corps vertébraux a été mesurée en moyenne à 14 mm (min 11 max 18) avec des valeurs légèrement supérieures en C4 et en C7 [5].

c. Canal cervical :

Dans la série de Oh et al., le diamètre transverse de ce canal est mesuré à 24 mm en moyenne (min 21 max 28) [5].

Celui de la moelle épinière qui passe en son sein serait d'environ 13mm de C4 à C6 [10].

d. Processus transverse :

Le processus transverse est l'apophyse latérale des corps vertébraux.

L'artère vertébrale est partiellement protégée par les processus transverses de C3 à C7 (zone de sécurité) [1,3,12].

Cependant, il faut rester vigilant car l'os peut mesurer moins d'1 mm d'épaisseur à cet endroit (particulièrement fin en C3), voire même parfois être déhiscent [9] (dans 2% des cas, selon l'étude de Nourbakhsh et al. [12]).

Entre ces zones de sécurité, seul le ligament inter-transversaire recouvre l'artère, le plexus veineux et la racine nerveuse, rendant ainsi ces structures très vulnérables au sein de l'espace inter-transversaire [12].

e. Foramen transverse :

Le foramen transverse est un orifice au sein du processus transverse de la vertèbre cervicale, par lequel passe l'artère vertébrale.

Sa position est de plus en plus antérieure par rapport au corps vertébral de C3 à C6 [5].

Un petit foramen transverse doit faire suspecter une artère hypoplasique ou un point d'entrée plus haut situé. Il est recommandé de réaliser une angio-RM ou un angio-scanner systématique dans ces cas (Bruneau et al) [20].

En revanche, un diamètre symétrique des foramens transverses n'exclue pas une hypoplasie artérielle pour autant (8 à 85% d'occupation du diamètre du foramen transverse par le diamètre de l'artère vertébrale dans la série angio-scanner de Sanelli et al.) [21].

La distance entre le foramen transverse et l'uncus se modifie avec l'arthrose, parfois de façon spectaculaire.

Eskander et al. rapportent 7,6% de migration de l'artère vertébrale et donc du foramen transverse en direction de la ligne médiane sur une série de 250 IRM (19 patients) [22].

A l'extrême, le foramen transverse peut parfois être médian par rapport à l'uncus [12,23].

Pour certains, la distance entre les bords médians des 2 foramens transverses permettrait une discectomie de 16 mm à tout étage [8,12] mais d'autres études suggèrent que cette distance est trop variable pour être utilisée comme repère fiable [2].

5. L'artère vertébrale :

a. Trajet

Variabilité anatomique et sinuosité des artères vertébrales sont principalement tenues responsables des risques de dilacération artérielle per-opératoire.

De C3 à C7, l'artère vertébrale s'éloigne progressivement de la ligne médiane [6,8,12,24,25]. Sa distance par rapport à cette ligne ne descend presque jamais au dessous de 8 mm.

De C2 à C6 elle devient de plus en plus superficielle [5,6,12].

Il convient donc d'être particulièrement vigilant dans la résection des unci dans leur portion antérieure pour les niveaux les plus bas et dans leur portion postérieure pour les niveaux les plus hauts [7].

On observe une grande variabilité du point d'entrée de l'artère vertébrale au sein du foramen transverse.

On rapporte 92 à 96% d'entrée en C6 selon les séries publiées [12,17,20,22,26,27], jusqu'à 5% d'entrée en C5, mais également des points d'entrée en C4 et C7. Bruneau et al. ont même rapporté le cas d'un point d'entrée en C3 .

Lorsque son point d'entrée se situe en C6, l'artère vertébrale passe en avant du processus transverse de C7 et en dessous du longus colli, avant de pénétrer dans le processus transverse de C6. Il faut donc observer une extrême prudence lors de la dissection latérale en C6-C7.

La sinuosité de l'artère vertébrale tout au long de son trajet semble par contre imprévisible [8,12].

Sur une série cadavérique de 222 cadavres, soit 888 vertèbres de C3 à C6, Curylo et al. ont trouvé 2,7% d'artères vertébrales tortueuses [28].

Ce phénomène est plus souvent rencontré dans un contexte dégénératif [29].

Nourbakhsh et al. ont retrouvé une tortuosité des artères vertébrales dans 8,6% des rachis non dégénératifs contre 26,7% des rachis dégénératifs [12]).

L'artère est fixée aux structures fibro-ligamentaires dans sa portion intra-foraminale uniquement. Une des hypothèses avancées est que la réduction de hauteur des disques entraînerait une torsion de la portion inter-transversaire non fixée [30,31].

La présence de 8% de sinuosité dans le rachis non dégénératif suggère l'existence d'autres phénomènes responsables.

De C4 à C6 on observe une fréquence augmentée des boucles artérielles [12].

Il convient donc d'être particulièrement vigilant lorsque l'on réalise la discectomie des 4èmes et 5èmes espaces vertébraux cervicaux d'un rachis dégénératif.

Les boucles peuvent être responsables d'érosion plus ou moins étendues du corps vertébral [32], ou d'un élargissement du foramen intervertébral [33] et peuvent être bilatérales [17].

b. Dominance

Le diamètre moyen de la portion V2 de l'artère vertébrale a été mesuré à 5mm [11].

On retrouve 50% de prédominance gauche, 25% de prédominance droite, 25% de co-dominance selon Choi et al. [30].

On retrouve 10% et 11% d'artères vertébrales hypoplasiques d'après Eskander et al. (sur 250 IRM) [22] et Sano et al. (sur 100 angio-scanner) [34].

Selon Georges et al. , l'artère vertébrale gauche serait hypoplasique dans 5,7% des cas et absente dans 1,8% des cas ; l'artère vertébrale droite serait hypoplasique dans 8,8% des cas et absente dans 3,1% des cas [35].

La connaissance du statut de dominance de l'artère lésée est indispensable pour aider à la décision de sa réparation ou de son embolisation. Cette connaissance peut être acquise en pré/per/post-opératoire par la réalisation d'une séquence vasculaire d'imagerie (angio-scanner, angio-IRM, angiographie).

D'après Shintani et al. , la mortalité en cas de ligature d'artère vertébrale sans connaissance du statut de dominance s'élèverait à 12% [36], et le risque d'infarctus médullaire a été estimé à 1,8% lors d'une ligature d'artère vertébrale droite, 3,1% à gauche par Thomas et al. [37].

Cependant il est décrit qu'une artère hypoplasique peut se développer pour reprendre en charge tout le territoire basilaire à elle seule lors de l'occlusion complète de l'artère dominante [38].

c. Territoire vascularisé :

- De l'artère vertébrale naissent la PICA (dont naît l'artère spinale antérieure), le rameau méningé postérieur et l'artère spinale postérieure, avant sa fusion avec l'artère vertébrale controlatérale en tronc basilaire, donc avant la reprise en charge de la vascularisation par l'artère vertébrale controlatérale en cas d'occlusion.

Une perte sanguine massive et rapide peut résulter en une hypoperfusion de ces territoires, de même qu'un vasospasme prolongé ou une ligature de l'artère vertébrale mènera à leur ischémie.

Les conséquences en seront donc l'apparition d'un infarctus médullaire unilatéral homolatéral et un infarctus cérébelleux inférieur homolatéral.

On retrouvera alors sur le plan clinique des déficits des nerfs crâniens homolatéraux (pouvant s'étendre de la Vème à la XIIème paire crânienne), associés à un syndrome cérébelleux (à composante essentiellement statique), déficit hémicorporel moteur, sensitif profond et épicritique homolatéral et un déficit hémicorporel thermo-algique controlatéral.

- Du tronc basilaire naissent l'AICA, l'artère labyrinthique (acoustique interne), les artères du pont, les artères cérébelleuses supérieures, avant sa division en artères cérébrales postérieures, donc avant la reprise en charge de la vascularisation par le polygone de Willis en cas d'occlusion.

En cas d'hypoplasie ou absence de l'artère vertébrale controlatérale, tout le territoire vertébro-basilaire sera alors concerné.

D'une perte sanguine massive et rapide peut résulter une hypoperfusion de ce territoire, de même qu'un vasospasme prolongé ou une ligature de l'artère vertébrale mènera à son ischémie.

On retrouvera alors sur le plan clinique un syndrome de désafférentation motrice. Ce syndrome associe une tétraplégie, un déficit global bilatéral des paires crâniennes et des troubles de la vigilance (coma).

- En cas de reperméabilisation de l'artère vertébrale lésée avec projection d'embolies, tout ces territoires peuvent être concernés, mais également celui des artères cérébrales postérieures, aboutissant à des troubles de la vigilance, une hémiparésie controlatérale modérée, un déficit sensitif controlatéral, un syndrome cérébelleux, une hémianopsie latérale homonyme, des hallucinations visuelles, une agnosie visuelle, une alexie, jusqu'à une démence thalamique et une cécité corticale si l'atteinte est bilatérale et complète.

III Les apports de l'imagerie

1. Prévention :

L'objectif de l'imagerie pré-opératoire est d'aider à cibler les indications chirurgicales, dépister les variantes anatomiques et étudier les modifications anatomiques liées à l'arthrose.

a. Radiographie :

C'est un examen facile d'accès et de réalisation, rapide, de niveau d'irradiation faible.

En revanche, il n'apporte que peu d'information et n'est presque plus utilisé dans ce contexte depuis le développement du scanner.

Il permet l'étude des lésions arthrosiques (uncodiscarthrose, rétrécissements foraminaux), mais les structures molles ne sont pas visualisées.

L'élargissement d'un foramen transverse sur les clichés de profil, rarement l'érosion de la paroi latérale d'un corps vertébral sur les clichés de face, peuvent témoigner de la sinuosité d'une artère vertébrale [13,39].

b. Scanner :

C'est un examen facile d'accès et de réalisation, rapide, non invasif, précis notamment pour les structures osseuses.

Cependant, il s'agit d'un examen irradiant, même si les doses délivrées actuellement sont faibles et contrôlées.

Il permet l'étude des rapports anatomiques entre le disque, les unci, les foramens transverses. La visualisation des lésions osseuses et des parties molles est suffisante pour pouvoir poser l'indication chirurgicale.

Il permet de mesurer pour chaque étage la distance entre les foramens transverses et les unci ou la ligne médiane, les valeurs mesurées au scanner étant souvent légèrement inférieures à celle mesurées sur cadavres (série de Heary et al. de 16 cadavres) [25].

Les anomalies de position des foramens transverses par rapport à la ligne médiane peuvent orienter vers la réalisation d'une imagerie vasculaire non invasive (angio-scanner, angio-IRM) [15,20].

Les anomalies de calibre des foramens transverses doivent faire suspecter la prédominance d'une artère vertébrale par rapport à l'autre [27].

c. Angio-scanner:

C'est un examen facile d'accès, précis notamment pour les structures osseuses et vasculaires.

En revanche, il nécessite l'injection d'un produit de contraste (contre-indication en cas d'allergie ou d'insuffisance rénale), et est faiblement irradiant.

Il permet le dépistage de variantes anatomiques des artères vertébrales : sinuosité et boucles [17], entrée précoce ou tardive de l'artère dans le foramen transverse [20,34]. Il permet également de dépister une hypoplasie ou une aplasie vertébrale alors même que le diamètre du foramen transverse semble normal et symétrique (8 à 85% d'occupation du diamètre du foramen vertébral par le diamètre de l'artère vertébrale dans la série angio-scanner de Sanelli et al.) [21].

Il permet de mesurer pour chaque étage la distance entre les artères vertébrales et les structures osseuses.

d. IRM :

C'est un examen non irradiant, non invasif et précis, notamment pour les structures molles.

Cependant, c'est un examen plus difficile d'accès et de réalisation, déconseillé dans le premier trimestre de grossesse.

Il permet de préciser les rapports entre le disque et les racines. Il peut mettre en évidence des lésions discales non visualisées au scanner, et ainsi aider à la décision chirurgicale en cas de discordance clinico-scanographique.

L'IRM peut suffire chez un patient jeune, non arthrosique, mais un scanner est souvent indispensable pour une bonne étude des structures osseuses en présence d'arthrose, nécessitant alors la réalisation de 2 examens.

Néanmoins, il semble difficile de dépister les anomalies de trajet des artères vertébrales sur des séquences classiques T1/T2 (échec de diagnostic par 7 neuroradiologues d'une artère vertébrale médiane par rapport à l'uncus dans le cas rapporté de Rosenthal et al.)[40]. Il est donc recommandé d'effectuer des séquences vasculaires en cas de doute.

2. Diagnostic :

Le but de l'imagerie post-opératoire est de diagnostiquer et surveiller les dissections artérielles, dépister et suivre les fistules artério-veineuses et pseudo-anévrysmes.

a. Doppler des TSA :

Cet examen est facile d'accès, non invasif, non irradiant [41].

En revanche, il s'agit d'un examen peu sensible, opérateur dépendant donc peu reproductible, et ne permet de visualiser que les portions inter-transversaires de l'artère vertébrale.

Selon Pugliese et al., cet examen ne présente que 66% de sensibilité, et 70,5% de valeur prédictive négative (VPN) [41].

b. Scanner :

Il peut permettre de visualiser les complications ischémiques parenchymateuses constituées [41], donc évaluer les conséquences de la dissection, des embolies et leur évolution (dépistage de récurrence ischémique ou transformation hémorragique), mais sa résolution reste faible en fosse postérieure. Il est conseillé de lui préférer l'IRM dans l'exploration du territoire vertébro-basilaire.

c. Angio-scanner :

Il permet de visualiser la lumière et la paroi des vaisseaux [41], d'évaluer l'étendue de la dissection, de dépister l'apparition de fistule artério-veineuse, de pseudo-anévrisme.

Cependant, il ne permet pas de visualiser un hématome de paroi.

Selon Pugliese et al., cet examen présente 100% de sensibilité, 95% de spécificité, et 100% de VPN [41].

Il ne représente cependant pas le Gold Standard, et est considéré comme insuffisant pour affirmer l'absence de lésion d'une artère vertébrale.

d. IRM :

Cet examen permet de visualiser les complications ischémiques parenchymateuses en cours de constitution et les hématomes de paroi récemment constitués [41]. En revanche, il ne permet pas une visualisation de la paroi elle-même.

e. Angio-IRM :

Cet examen permet d'évaluer l'étendue de la dissection, de dépister l'apparition de fistules artério-veineuses ou de pseudo-anévrismes [42] grâce à la réalisation de séquences vasculaires.

f. Angiographie :

Cet examen représente le Gold Standard [41,43].

Cependant, il s'agit d'un examen difficile d'accès (équipe de neuroradiologie interventionnelle), invasif, et présentant des risques de complications (saignement, dissection, embolies) même si elles ne sont pas fréquentes. Il ne permet pas la visualisation des hématomes de paroi [41].

Il permet le diagnostic et le traitement endovasculaire des dissections, des pseudo-anévrysmes et des fistules artério-veineuses. Il permet d'étudier la reprise en charge des différents territoires vasculaires par la circulation collatérale. Il permet de vérifier la perméabilité d'un vaisseau réparé [7].

3. Traitement endovasculaire :

Son intérêt est de contrôler l'hémorragie, traiter les fistules artério-veineuses et les pseudo-anévrysmes.

L'angiographie permet le traitement endovasculaire immédiat par ballonnet en cas d'hémorragie incontrôlable (plus souvent décrit dans la littérature pour les plaies d'artères vertébrales traumatiques par agression [44]), la pose de stent, l'embolisation de l'artère disséquée pour prévenir le resaignement et la formation d'embolies.

A distance, il permet également le traitement des pseudo-anévrysmes et des fistules artério-veineuses.

IV Technique chirurgicale : Smith-Robinson [45,46]

Cette technique permet une décompression des racines nerveuses et de la moelle épinière sans avoir à les mobiliser, limitant ainsi les risques de complication neurologique [47–49].

Elle permet également d'éviter de désinsérer ou de sectionner les muscles cervicaux [47].

La fibrose post-opératoire est minime.

L'arthrodèse est aisée.

L'incision latérale permet un résultat cosmétique très intéressant.

1. Installation

Le patient est installé en décubitus dorsal. La tête est placée dans une têtère classique, en légère extension afin de favoriser l'accès à l'espace intervertébral, sans rotation pour faciliter le repérage per-opératoire de la ligne médiane.

Le repérage du niveau à opérer sera effectué grâce à un amplificateur de brillance, en disposant un instrument en regard du disque à opérer, pour guider le traçage cutané au feutre indélébile. Les membres supérieurs peuvent être légèrement tractés par des bandes élastiques comme de l'Elastoplast® si l'étage abordé est bas situé, pour bien dégager la charnière cervico-thoracique.

Le choix du côté de l'abord chirurgical dépend essentiellement des habitudes du chirurgien : un chirurgien droitier sera plus à l'aise pour travailler du côté droit et inversement.

Certains auteurs recommandent, pour le niveau C7-T1, de passer par la gauche pour éviter les tractions du nerf laryngé inférieur plus vulnérable que le gauche car moins médial.

2. Incision

L'incision cutanée est horizontale pour aborder un ou deux niveaux, d'environ 5cm, dans un pli du cou, centrée sur le bord antérieur du sterno-cléido-mastoïdien (SCM).

Pour un abord de plus de deux niveaux, l'incision oblique suivant le bord antérieur du SCM rend le geste plus aisé, et sa longueur sera à adapter au nombre d'étages à aborder.

3. Abord du rachis

Après incision du tissu sous-cutané, puis du platysma (muscle peaucier du cou), on dissèque en dedans du SCM.

L'omo-hyoïdien est soit sectionné, soit récliné. L'axe jugulo-carotidien sera repéré puis récliné en dehors et l'abord se poursuivra en dedans de celui-ci.

La trachée et l'oesophage sont réclinés du côté opposé à l'incision et le rachis ainsi exposé.

Parfois, des ligatures vasculaires sont nécessaires, notamment en C6-C7 pour l'artère thyroïdienne inférieure, ou en C4-C5 pour les branches inférieures de la carotide externe. On réalise une dissection à la rugine des muscles longs du cou bilatéraux.

L'hémostase des saignements osseux doit être obtenue à l'aide de la cire de Horsley. On met en place des rétracteurs, si possible autostatiques et radiotransparents. Le ligament longitudinal antérieur et la partie antérieure de l'annulus sont incisés au bistouri mécanique.

Si le bord antéro-inférieur du corps vertébral supérieur (ou rostre) est trop recouvrant sur l'espace discal, il faut l'abriter soigneusement à l'aide d'un rongeur de type Kerrison ou à l'aide d'une fraise.

4. Discectomie

Elle se fait d'avant en arrière, avec des pinces à disque de type Spurling, des curettes ou un moteur rapide équipé d'une fraise.

Il faut abriter le cartilage des plateaux supérieur de la vertèbre sous-jacente et inférieur de la vertèbre sus-jacente. Il est primordial de s'arrêter dès l'os sous-chondral atteint, pour éviter l'enfoncement du greffon dans les corps vertébraux par la suite.

Le positionnement de l'écarteur intersomatique de Cloward ou d'un distracteur de Caspar est nécessaire pour progresser dans la partie postérieure de l'espace discal. Le distracteur nécessitera la mise en place de deux fiches intra-corporeales.

Le curetage soigneux se poursuit vers la partie postérieure des corps vertébraux. S'il existe des ostéophytes postérieurs, il est nécessaire de les ôter avec un moteur rapide ou un rongeur

de type Kerrison. Quand le ligament longitudinal postérieur est visible sur une hauteur suffisante de 2 millimètres, il peut enfin être ouvert.

5. Arthrodèse

Il convient de repérer le centre du disque afin de bien positionner la cage inter-somatique par la suite. Des mesures peuvent être effectuées sur le scanner pour aider au choix des dimensions de la cage inter-somatique. Pour le choix définitif, des fantômes sont utilisés, de tailles variables.

Classiquement, on essaie de choisir la hauteur du fantôme équivalente aux hauteurs des disques avoisinants, s'ils sont peu dégénérés. Une cage trop haute risque de mettre en tension le système articulaire, et ainsi provoquer des douleurs articulaires postérieures post-opératoires. Des cages trop petites exposent au risque d'apparition d'une cyphose locale, d'une ouverture insuffisante des foramens, d'une migration du matériel inter-somatique.

On contrôle de visu la position médiane du matériel dans le plan frontal.

On contrôle à l'aide de l'amplificateur de brillance sa position antéro-postérieure, idéalement centrée par rapport à la distance antéro-postérieure des plateaux.

6. Fermeture

La fermeture s'effectue en deux plans: points de rapprochement du muscle peaucier du cou, puis fermeture cutanée en points séparés, surjet intradermique ou avec des agrafes.

7. Suites opératoires

Dans les suites opératoires, le patient n'a pas obligation de porter de collier cervical. La durée d'hospitalisation est de 72h au total, en l'absence d'événement intercurrent. Les mouvements raisonnables du cou sont autorisés (éviter les mouvements brusques).

Les patients sont ensuite revus en consultation à 6 semaines et 3 mois pour un contrôle radiographique et clinique.

Un arrêt de travail de 3 mois est en général nécessaire.

Le suivi peut être prolongé s'il persiste des douleurs.

Le résultat esthétique est très bon si l'incision a pu être réalisée dans un pli du cou [10].

V Série nancéienne

Cas clinique n°1

Mme D., 72 ans, a été opérée en septembre 2011 d'une arthrodèse du rachis cervical de C4-C5 et C5-C6, par voie d'abord antérieure, dans le cadre d'une uncarthrose C4-C5 et C5-C6 avec sténoses foraminales bilatérales associées.

La décision chirurgicale a été prise après échec d'un traitement médical bien conduit, suite à 2 consultations auprès du neurochirurgien. La patiente présentait une névralgie cervico-brachiale droite depuis 3 mois, associée à une hypoesthésie des 3 premiers doigts de la main droite, et une abolition des réflexes tricipitaux.

Le traitement par PLAVIX a été stoppé pour l'intervention.

Au cours de l'opération, une plaie de l'artère vertébrale droite est survenue lors du fraisage latéral de l'étage C4-C5. Une perte sanguine massive et rapide (1L), du fait d'un saignement abondant et d'une hémostase difficilement réalisable, a abouti à un désamorçage de la pompe cardiaque avec arrêt cardio-circulatoire (par fibrillation ventriculaire) rapidement rattrapé (par massage cardiaque externe, choc électrique externe, noradrénaline IV puis adrénaline IVSE, remplissage vasculaire et transfusion de 3 CGR).

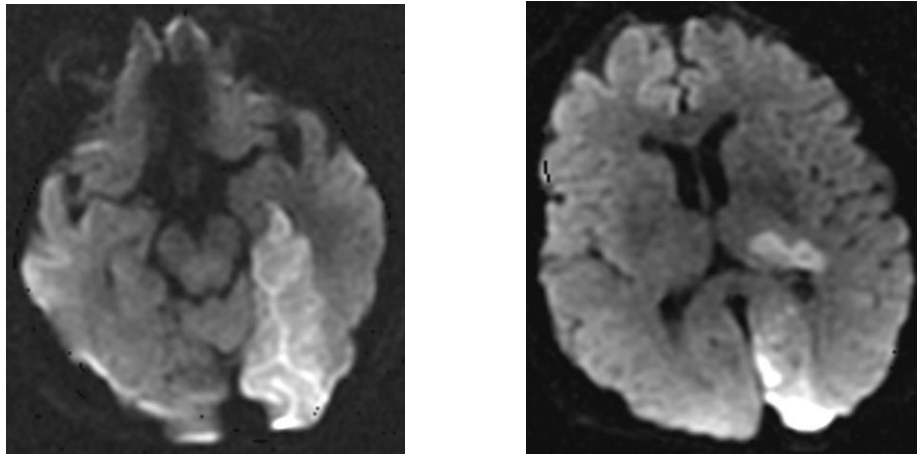
La présence de troubles hémodynamiques au réveil sans déficit neurologique, a mené au transfert de la patiente en service de réanimation.

L'angio-scanner post-opératoire immédiatement réalisé retrouvait un « aspect occlus ou spasmé de l'artère vertébrale droite, non visualisée », et objectivait un réseau vertébral gauche suppléant fonctionnel.

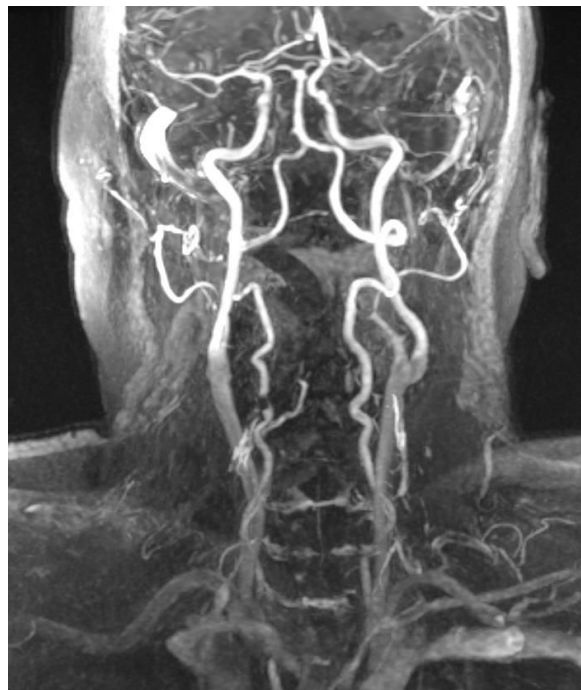
Dans la nuit de J1 à J2 post-opératoire, l'apparition d'un déficit hémicorporel droit brutal a motivé la réalisation en urgence d'un scanner.

Le scanner retrouvait un AVC ischémique en voie de constitution, occipital gauche, du bras postérieur de la capsule interne gauche et de la partie postérieure du thalamus gauche, au sein du territoire de l'artère cérébrale postérieure gauche.

L'angio-IRM mettait en évidence une interruption proximale du flux de l'artère cérébrale postérieure gauche et des lésions ischémiques en aval.

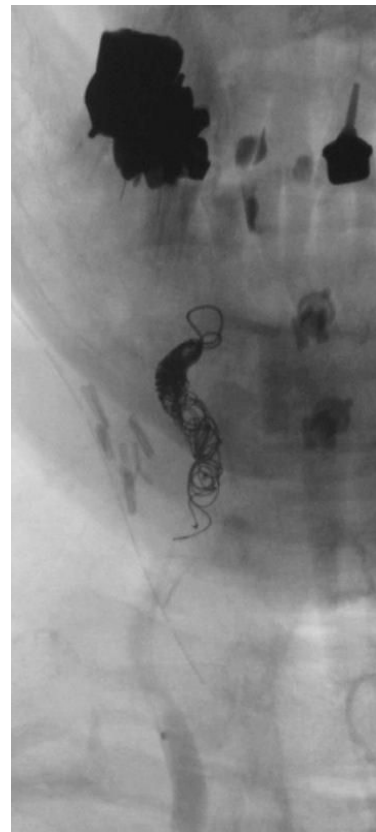
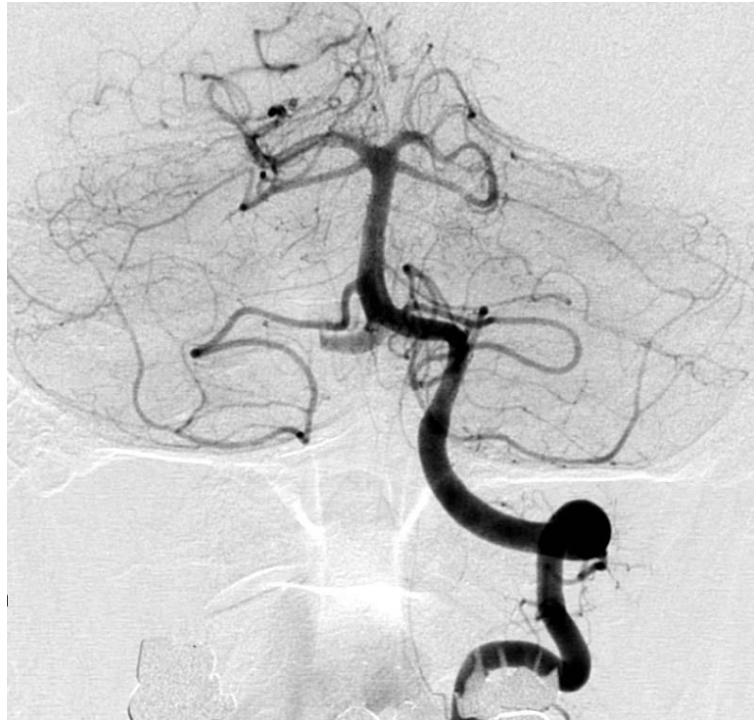


L'artère vertébrale droite semblait perméable, avec un défaut visualisé en V2 en regard de la plaie pouvant correspondre à un thrombus.

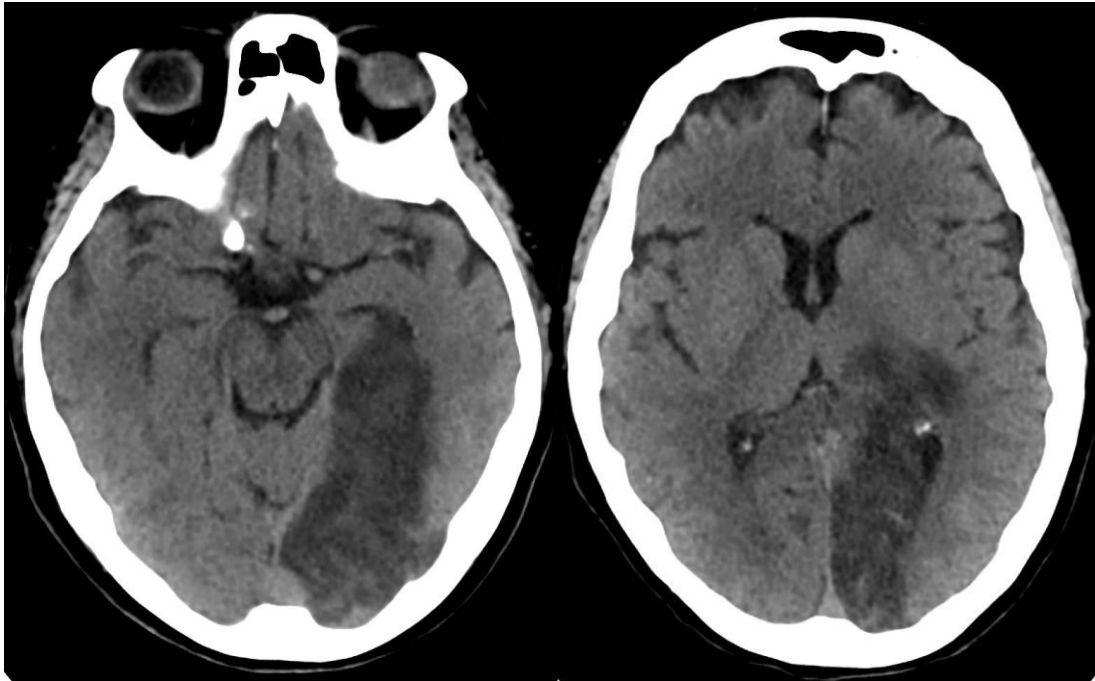


L'angiographie réalisée alors confirmait la persistance d'un flux dans l'artère vertébrale droite, associé à une sténose importante mais non occlusive, focale et irrégulière de 10 mm de longueur, en regard du corps vertébral de C4.

Après vérification de la fonctionnalité du système vertébral gauche, l'occlusion complète de l'artère vertébrale droite par embolisation (coils) a été effectuée pour prévenir la survenue de nouveaux emboles.



Le scanner réalisé à J8 retrouvait l'évolution attendue vers l'hypodensité des territoires ischémiés cérébelleux droit, capsulaire interne et thalamique gauche, occipital gauche (territoire complet de l'artère cérébrale postérieure gauche).



Par la suite, la patiente a été transférée en centre spécialisé de rééducation.

A 2 ans post-opératoires, il persiste des séquelles partielles de l'accident ischémique de l'artère cérébrale postérieure gauche.

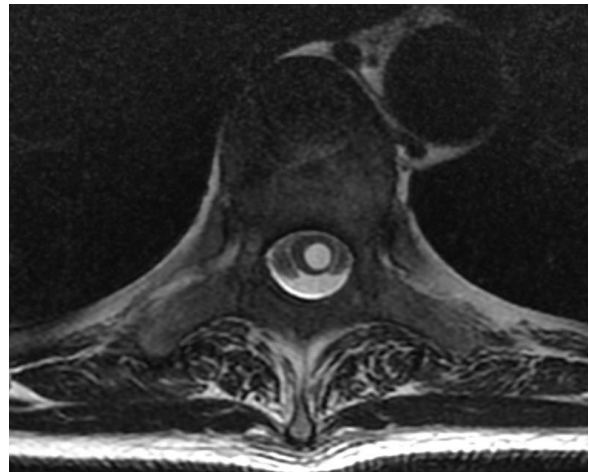
La prise en charge de cette patiente a fait l'objet d'une expertise médicale concluant à une bonne prise en charge, avec alea thérapeutique, mais soulevant la qualité insuffisante de l'angioscanner qui aurait dû conduire à la réalisation d'une angiographie immédiate (Gold standard).

Après relecture a posteriori de l'imagerie pré et post-opératoire, aucune anomalie vasculaire préexistante ni aucun latéralité excessive du geste n'ont été mis en évidence.

Cas clinique n°2

Mr B., 50 ans, sans antécédents, a été opéré en décembre 2012 d'une arthrodèse du rachis cervical de C3-C4, C4-C5 et C5-C6 par voie d'abord antérieure, dans le cadre d'une uncodiscarthrose C3-C4, C4-C5 et C5-C6.

Cette arthrose cervicale était associée à un oedème médullaire sus et sous-jacent et une cavité syringomyélique étendue de T1 à T10, sans malformation de CHIARI à l'IRM.

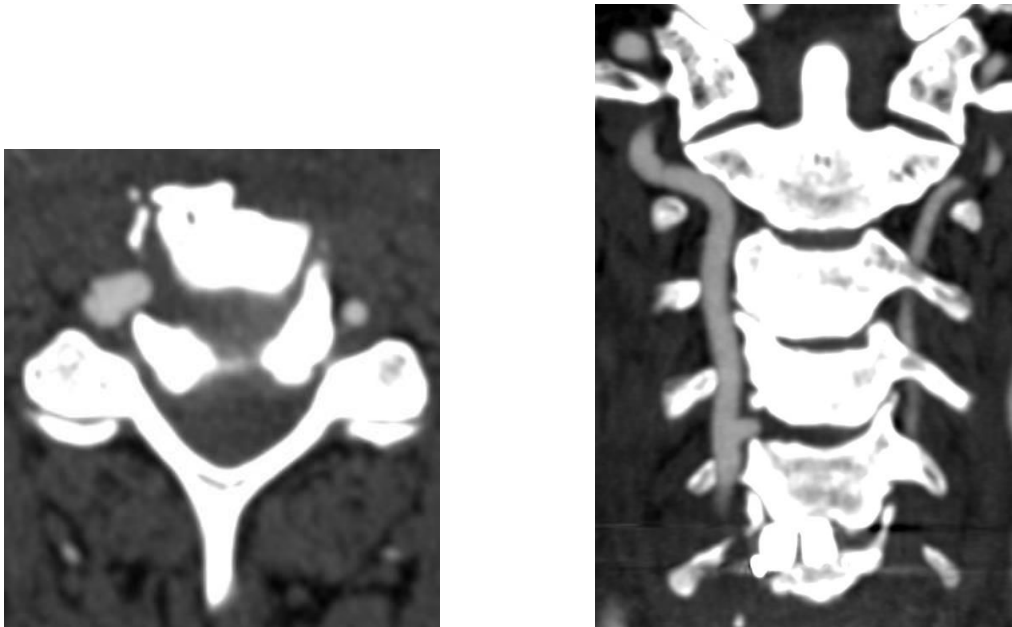


Le patient était initialement suivi par un rhumatologue. Il présentait une névralgie cervico-brachiale gauche, mal systématisée (C6-C7-C8), parésthésiante, insomnante, depuis 7 mois, associée à une anesthésie thermo-algique du membre supérieur gauche, une abolition des réflexes stylo-radial et bicipital gauches, sans syndrome pyramidal. Cette présentation clinique était plus typique d'une syringomyélie que d'une uncodiscarthrose, raison pour laquelle une prise en charge par un neurologue spécialisé dans le traitement de la douleur a été organisée, mais s'est malheureusement soldée par un échec.

La décision chirurgicale a donc été prise après l'échec d'un traitement médical bien conduit, d'un suivi par un rhumatologue et un neurologue et au décours de nombreuses consultations auprès du neurochirurgien.

Au cours de l'intervention, après réalisation de la discectomie en C5-C6, une plaie de l'artère vertébrale droite est survenue lors du fraisage du disque C4-C5. Un saignement brutal, suivi d'une hémostase par tamponnement à l'aide de Surgicel[®], a abouti à une perte sanguine de 500 mL, une baisse de 2 points de tension systolique transitoire vite récupérée (après remplissage vasculaire et injection d'Ephédrine). L'arthrodèse C5-C6 a alors été effectuée, mais aucune cage n'a été posée au niveau concerné et l'espace C3-C4 n'a pas été abordé.

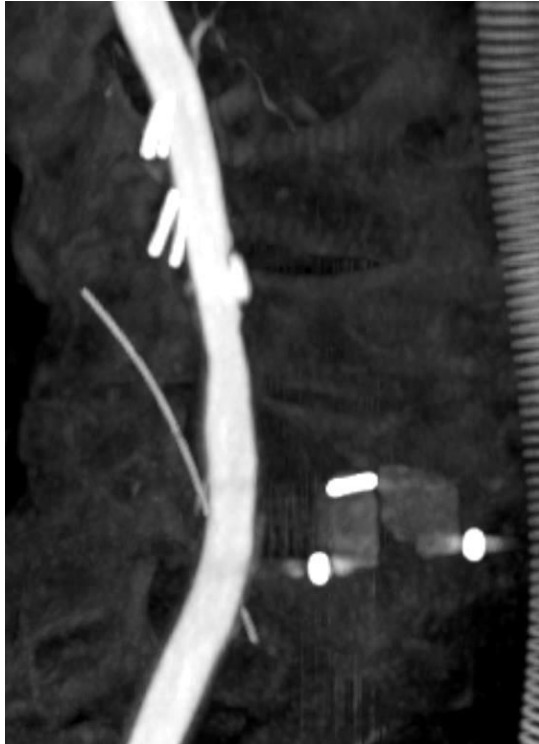
L'angio-scanner réalisé immédiatement objectivait le statut dominant de l'artère vertébrale lésée et une irrégularité de sa paroi antérieure.



L'angiographie réalisée en urgence retrouvait une image pseudo-anévrysmale de 2 mm de grand axe au niveau de l'artère vertébrale droite. L'examen objectivait également la terminaison en PICA de l'artère vertébrale gauche. Une décision de ne pas occlure l'artère vertébrale droite a donc été prise, associée à une surveillance rapprochée en réanimation.

Un traitement par Héparine IVSE a été immédiatement mis en place pour prévenir la projection d'embolies.

Une décision de maintenir la sédation 48h a été prise du fait d'un risque majeur d'hématome cervical post-opératoire immédiat sous anti-coagulation et devant la connaissance des difficultés de ré-intubation dans ce contexte.



L'arrêt des sédations a pu être effectué à J2. Le patient agité s'est extubé de lui-même. Il ne présentait alors aucun déficit neurologique. Il présentait une douleur persistante au niveau du membre supérieur gauche, ainsi qu'une dysphonie et une dysphagie liées à un oedème laryngé avec fuite d'air au niveau de la commissure postérieure, sans paralysie récurrentielle d'après l'examen ORL à J16.

Les angio-scanners à J3 et J9 objectivaient une stabilité du pseudo-anévrisme.

Les écho-dopplers à J4 et J11 retrouvaient une bonne perméabilité du système vertébro-basilaire et du polygone de Willis, mais ne permettaient pas la visualisation de l'anévrisme.

Un traitement endovasculaire était prévu ultérieurement.

Le traitement par héparine IV a été poursuivi jusqu'à J14 et un relais par KARDEGIC a été effectué sur prescription des neurologues. Une surveillance par doppler à 6 semaines et angioscanner à 10 jours ont été organisés.

Aucune séquelle n'était observée à la sortie du patient, ni lors de son suivi à distance.

Après relecture a posteriori de l'imagerie pré et post-opératoire, aucune anomalie vasculaire préexistante n'a été mise en évidence. En revanche, la position très latéralisée à droite de la cage intersomatique en C5-C6 et le fraisage excessif des plateaux à droite en C4-C5 font présager d'une perte des repères de la ligne médiane per-opératoire.

Devant la persistance des symptômes à 2 mois et l'apparition d'une allodynie, une décision de stimulation transcutanée (T.E.N.T.S) a été prise par le neurologue, mais ce traitement n'a pas été supporté par le patient.

Une décision de stimulation rolandique corticale a été prise, mais le test de stimulation trans-crânienne s'est soldé par un échec.

Le patient est encore actuellement suivi par le neurologue spécialisé dans la douleur.

Cas clinique n°3

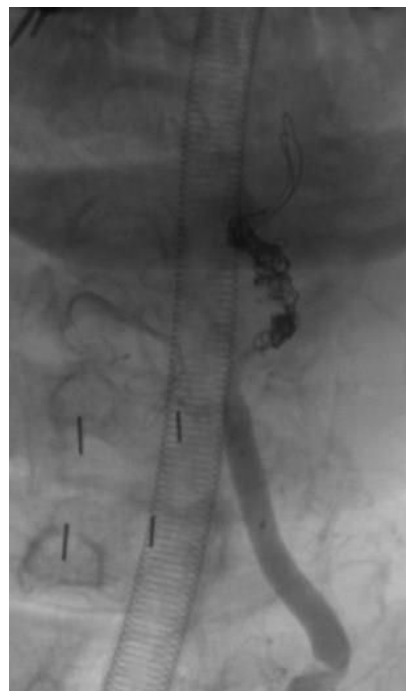
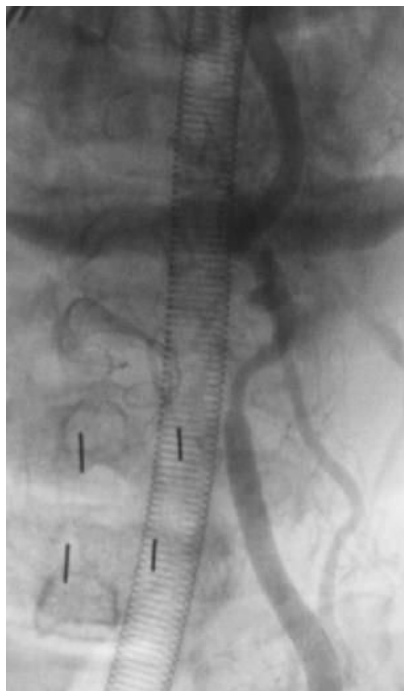
Mr C., 73 ans, a été opéré le 31/01/12 d'une arthrodèse C4-C5 par voie d'abord antérieure, dans le cadre d'une compression médullaire sur hernie discale associée à une arthrose serrée en C4-C5.

Le patient avait déjà bénéficié 4 ans auparavant d'une arthrodèse cervicale C5-6-7. La décision chirurgicale a été prise devant l'apparition de troubles fonctionnels de la marche depuis 5 mois ayant évolué vers une tétraparésie débutante.

L'IRM réalisée retrouvait un rétrécissement arthrosique C4-C5 associé à une hernie discale C4-C5 latéralisée à droite, et un hypersignal de souffrance médullaire.

Au cours de l'opération, une plaie de l'artère vertébrale gauche est survenue lors du fraisage du disque C4-C5. Le saignement brutal et la difficulté à obtenir l'hémostase ont abouti à une chute de la pression artérielle ayant nécessité de multiples transfusions, l'injection d'éphédrine et un remplissage vasculaire de 2,5L au total. Des compresses stériles ont dû être laissées in situ pour maintenir l'hémostase difficilement obtenue.

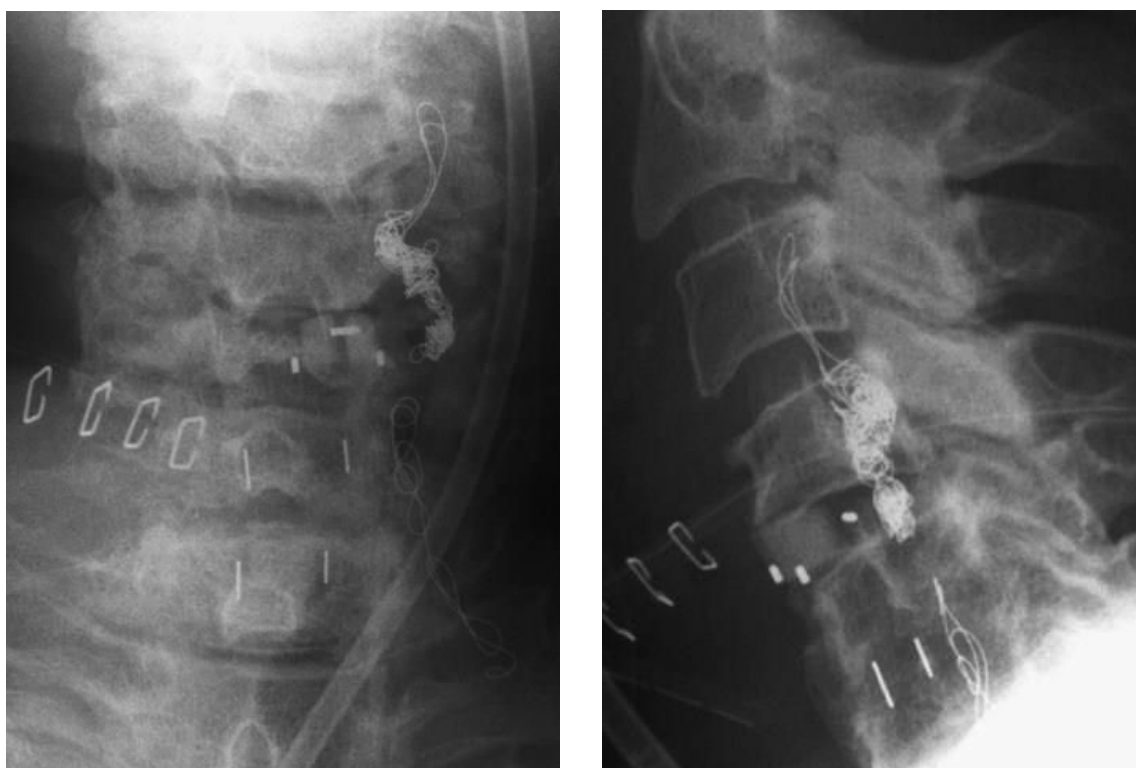
L'artériographie réalisée en urgence retrouvait un faux anévrysme de l'artère vertébrale gauche se projetant en regard du disque C4-C5, au niveau de la plaie réalisée. L'artère vertébrale droite était de calibre suffisant. L'occlusion totale de l'artère vertébrale gauche a été effectuée à l'aide de coils.



La surveillance initiale a été réalisée en service de réanimation. Après une discrète majoration des troubles neurologiques au réveil, une amélioration a pu être observée rapidement. Il a été décidé de ne pas mettre en place de traitement anticoagulant ni anti-agrégant plaquettaire initialement.

Une nouvelle intervention à J3 a pu permettre le retrait des compresses stériles et la mise en place d'une cage intersomatique.

Un transfert en service de rééducation a pu être organisé à J6 de la seconde intervention.



Après relecture a posteriori de l'imagerie pré et post-opératoire, aucune anomalie vasculaire préexistante n'a été mise en évidence. En revanche, la position très latéralisée à gauche de la cage intersomatique en C4-C5 laisse présager d'une perte des repères de la ligne médiane peropératoire.

Cas clinique n°4

Mr B., 59 ans a été opéré en février 2006 d'une corporectomie C4 avec arthrodèse par greffon autologue et mise en place d'une plaque et de 4 vis, dans le cadre d'une déformation en cyphose, dans les suites d'une arthrodèse C3-C4 post-traumatique.

Le patient a été victime d'un AVP en juin 2005, et a bénéficié d'une arthrodèse C3-C4 en août 2005 devant la persistance de cervicalgies et la découverte d'une subluxation C3-C4 avec antélisthesis de C3 sur C4.

Dans les suites il a été traité par antibiothérapie IV pour une infection du site opératoire à Staphylocoque avec lyse osseuse de C4, dont la guérison a été objectivée par scintigraphie osseuse au Gallium et PET-scanner.

Il présentait des cervicalgies invalidantes associées à une hyper réflexie et des paresthésies des 4 membres sans déficit sensitivomoteur associé.

Au scanner on retrouvait une déformation en cyphose centrée sur l'espace C3-C4 avec antélisthesis de C3 sur C4, une lyse osseuse d'une partie du corps vertébrale de C4.

Une décision de ré-opérer a donc été prise.

Au cours de l'opération, après réalisation de la corporectomie C4, une plaie de l'artère vertébrale gauche a été occasionnée lors du fraisage du plateau supérieur de C5. L'hémostase a été rapidement réalisée par tamponnement avec du Surgicel[®], et le geste a pu être complété.

Aucun complément d'imagerie ou de traitement n'a été effectué à l'époque.

Le patient n'a présenté aucune complication liée à cet accident dans les suites post-opératoires immédiates et à distance.

VI Revue de la littérature

1. Matériels et méthode :

Une recherche systématique a été conduite jusqu'au 1^{er} février 2014, sans limite de date antérieure, à partir de la base de données Pubmed.

Les mots clefs utilisés étaient : « anterior approach », « cervical spine surgery », « vertebral artery injury », « iatrogenic » or « complication ». Des articles supplémentaires ont été sélectionnés à partir des références des articles trouvés.

Afin d'être inclus dans l'étude, les articles devaient concerner des plaies de l'artère vertébrale per-opératoires, survenues au cours de voies d'abord antérieures du rachis cervical de C3 à C7. Ils devaient être rédigés en français ou en anglais.

21 articles répondaient aux critères de sélection, réunissant 47 cas, en y ajoutant notre série de 4 cas, la présente étude a donc concerné 51 cas au total.

Nous avons recueilli les informations suivantes :

- Fréquence de l'accident
- Diagnostic initial
- Technique chirurgicale
- Cause de l'accident
- Côté de la lésion
- Traitement primaire
- Traitement secondaire
- Séquelles
- Statut final de l'artère vertébrale

2. Résultats (Annexe 1 : Tableau récapitulatif)

a. Fréquence :

La fréquence des lésions de l'artère vertébrale durant une chirurgie du rachis cervical par voie d'abord antérieure, dans les indications de rachis dégénératif ou de hernie discale, a été évaluée à 0,3% (Burke et al. , Golfinos et al.), et 0,5% (Smith et al.) [10,50,51].

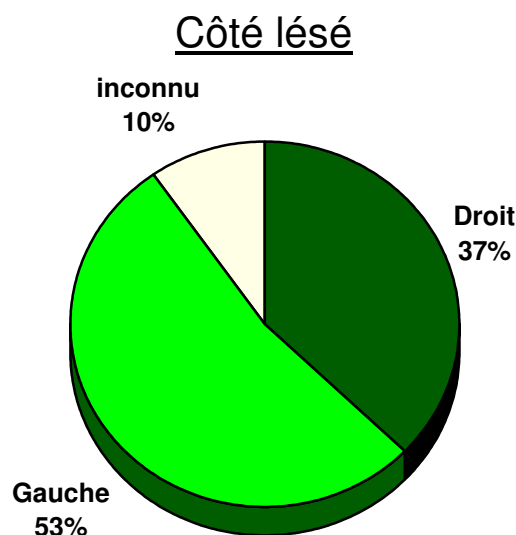
Pour Gantwerker et al. cet accident est survenu dans 0,06% des discectomie et 0,5% des corporectomies.[17]

La fréquence totale était de 0,1% pour Maughan et al. (6 cas sur 5715 patients), avec 0,08% des discectomies et plaques (4 cas sur 5137), 0,35% des corporectomies (2 cas sur 578) [52].

Eleraky et al. ont rencontré 2,2% de plaies d'artères vertébrales parmi les 185 corporectomies effectuées, mais les 4 cas concernés étaient parmi les 6 patients instrumentés par des vis et plaques [53].

Neo et al. ne retrouvaient que 0,18% d'accident, mais ces résultats sont biaisés, car seuls les centres qui voulaient participer étaient pris en compte [54].

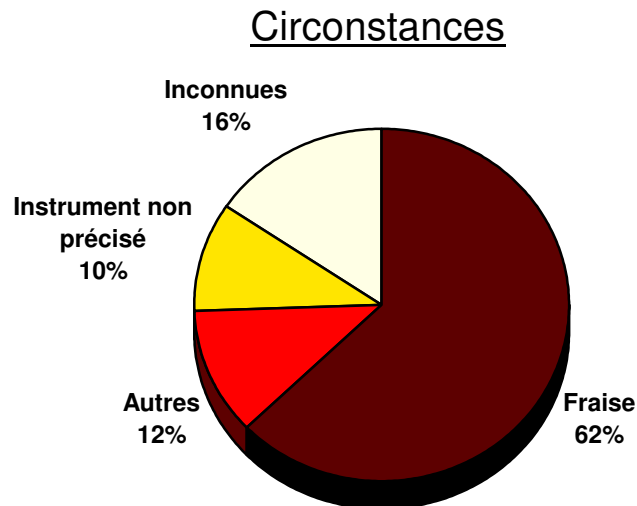
b. Côté lésé :



On retrouve dans la littérature légèrement plus de lésions de l'artère vertébrale gauche.

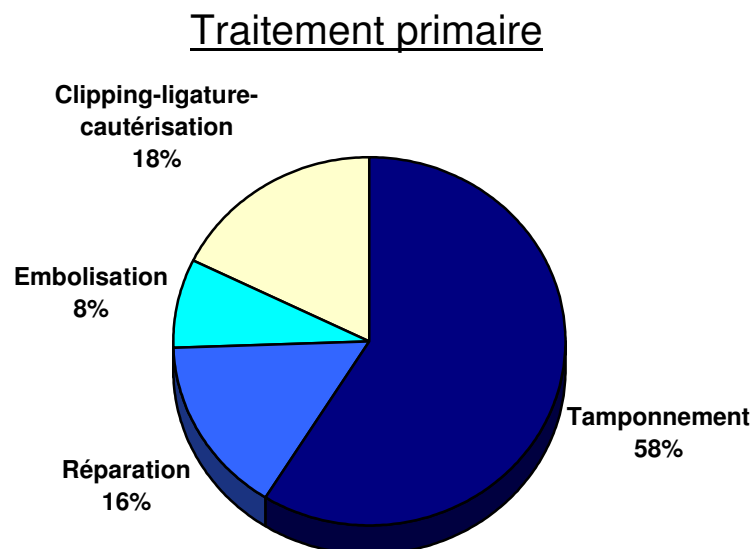
Le côté de la voie d'abord n'est pas souvent précisé. Dans notre série de 4 cas, tous abordés par la droite, il y a le même nombre d'atteinte de l'artère homolatérale et controlatérale à la voie d'abord.

c. Circonstances de l'accident :



Les principales circonstances d'accident décrites sont une extension trop latérale de la discectomie [51] , une foraminotomie excessive [51] , l'utilisation d'une fraise pour la discectomie [10,15,17,23,30,31,47,50,54–56] ou la foraminotomie [42] , la sinuosité d'une artère vertébrale ou des deux [51] , un ramollissement pathologique de l'os le plus souvent tumoral ou infectieux [10,30,50,51] .

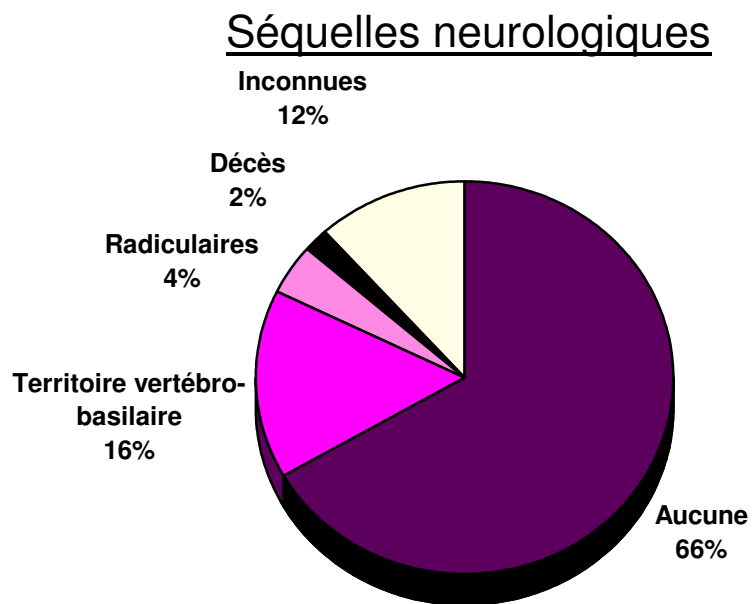
d. Traitement :



La prise en charge de la plaie d'artère vertébrale repose sur 3 grands principes : faire l'hémostase, prévenir l'ischémie vertébro-basilaire, prévenir la projection d'embolies [7,49,57].

- Le tamponnement est la technique la plus utilisée pour obtenir l'hémostase puisque c'est un geste simple à réaliser et souvent rapidement efficace. Cependant, il présente un risque d'hémorragie différée [15], de formation précoce ou tardive de fistule artério-veineuse [14,16] ou de pseudo-anévrisme [17,30,40,42,52,54,56].
- La cautérisation est rarement efficace.
- L'embolisation, le clipping ou la ligature permettent l'occlusion de l'artère pour éviter un resaignement ou une projection d'embolies. En revanche, ils peuvent entraîner une ischémie vertébro-basilaire si l'artère sacrifiée est dominante [10,31,47].
- La réparation vasculaire semble ne présenter aucun risque lorsqu'elle est bien conduite [50,51,55], cependant il s'agit d'une technique très spécialisée et requiert la disponibilité d'une équipe de chirurgie vasculaire. Les 2 échecs présentés par Maughan et al. sont probablement liés à un défaut de réalisation de ce geste (absence de flux dans l'artère dès le premier contrôle) [52].
- La pose de stent en première intention dans les 6 premières heures est décrite dans la littérature mais aucun cas n'est rapporté. Plusieurs traitements secondaires lors de la formation d'un pseudo-anévrisme ont été réalisés avec succès [40,42,58], permettant ainsi d'éviter l'ischémie vertébro-basilaire, mais nécessitant la mise en place d'une anti-agrégation plaquettaire.
- La ligature trans-osseuse peut permettre d'obtenir l'hémostase en dernier recours lorsque le tamponnement est insuffisant [16,50], mais il existe un risque de lésion radiculaire [10].

e. Séquelles :

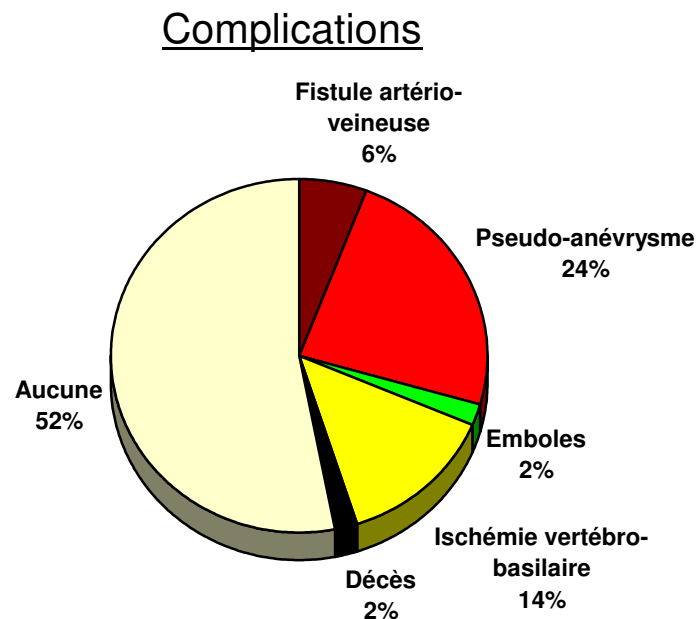


Un seul cas de décès per-opératoire par hypovolémie a été rapporté [51].

Les 2 cas de déficits radiculaires sont liés à une ligature trans-osseuse [10].

Les séquelles neurologiques du territoire vertébro-basilaire sont survenues dans les suites des occlusions artérielles par thrombose suite à la dissection de l'artère, ou après sacrifice de l'artère par embolisation, ligature ou clipping [10,23,31,47,51,59].

f. Complications :



Les conséquences d'une plaie de l'artère vertébrale sont très variables, en fonction du statut de dominance de l'artère lésée et du choix du traitement.

L'absence de complication est le plus souvent obtenue lorsque le saignement est rapidement contrôlé, que le vaisseau endommagé n'est pas dominant ou qu'il est réparé avec succès.

Un resaignement local différé après un tamponnement isolé ou la projection d'emboles dans le territoire vertébro-basilaire après reperméabilisation d'un vaisseau spasmé peuvent être observés lors des premiers jours post-opératoires [15] [cas n°1 de notre série].

On peut observer l'apparition de fistule artério-veineuse [14,16] ou de pseudo-anévrisme [17,30,40,42,52,54,56] de façon précoce ou à distance.

Les conséquences les plus lourdes sont rencontrées en cas d'occlusion d'une artère co-dominante (syndrome de Wallenberg), dominante ou unique (ischémie vertébro-basilaire).

Un décès per-opératoire a également été décrit suite à un choc hypovolémique lors d'un saignement non contrôlé [51]. Nous avons eu un cas d'arrêt cardio-circulatoire récupéré à temps dans notre série [cas n°1].

VII Discussion

L'étude des facteurs de risque de plaie de l'artère vertébrale dans la voie d'abord antérieure du rachis cervical et la comparaison de l'efficacité des différentes prises en charge sont limitées par le fait qu'il s'agit d'un événement rare. La rareté de ces accidents rend difficile la réalisation d'études prospectives. De ce fait, seules des études de cas sont publiées, avec un niveau de preuve faible (classe III d'Evidence Based Medicine) [49].

De plus, les conséquences dramatiques qui peuvent être rencontrées sont probablement responsables d'un biais de publication important.

Heureusement, les rapports de cas sont de plus en plus nombreux dans la littérature, et un consensus semble apparaître progressivement sur la prévention et le traitement de cette complication.

La prise en charge des plaies d'artères vertébrales post-traumatique, bien plus rapportée dans la littérature, peut aider dans la décision thérapeutique [43,60–64].

1. Précautions pré-opératoires :

Il s'agit avant tout de limiter les indications chirurgicales, le nombre d'étages et de côtés à opérer.

Il faut savoir opter pour une alternative chirurgicale lorsqu'une anomalie est dépistée en pré-opératoire (voie d'abord postérieure [29,31], clipping de la boucle artérielle quand il ne s'agit pas de l'artère dominante [17]). Eskander et al. vont même jusqu'à proposer la pose de stent préopératoire dans une artère tortueuse [31].

Il est même régulièrement décrit qu'une boucle artérielle peut être responsable à elle seule d'une radiculopathie [13,65–67] et devrait faire revoir la prise en charge thérapeutique.

De plus, il est indispensable de maîtriser l'anatomie cervicale et les rapports entre les différentes structures [1,48,68], les repères permettant à chaque étape chirurgicale de retrouver la ligne médiane.

Une attention particulière est à porter en cas de rachis arthrosique (perte des repères anatomiques, augmentation du risque de sinuosité des artères).

Devant le moindre doute, la réalisation d'un bilan radiologique adapté doit permettre la recherche de signes directs ou indirects de sinuosité des artères vertébrales [47,51] et la détermination de caractère prédominant ou unique de l'artère vertébrale.

La mesure de la distance entre la ligne médiane et le bord médian de l'artère vertébrale, ainsi que celle de la largeur de décompression à effectuer pour décompresser la moelle au niveau concerné, permettent de limiter les risques inutiles [7].

Le plateau technique doit comporter idéalement des équipes de chirurgie vasculaire et de neuroradiologie interventionnelle disponibles.

Un mauvais positionnement per-opératoire du rachis cervical entraînerait une augmentation du risque de thrombose et dissection. Une rotation et une hyper extension dans un contexte d'artère vertébrale hypoplasique augmenteraient le risque d'infarctus vertébro-basilaire [69].

2. Précautions per-opératoires :

Il semble important d'utiliser la même technique, la reproductibilité du geste diminuant la fréquence de tous les risques confondus.

La désinsertion du longus colli ne doit pas excéder les 5 mm de chaque côté.

Il faut limiter l'extension latérale de l'uncodisectomie et de la corporectomie [1,47,51].

Pour cela, on pourra s'aider des repères anatomiques latéraux : l'uncus (attention, très modifié dans le rachis dégénératif), l'incurvation du sac dural, la visualisation des veines épidurales voire de la graisse épidurale, la visualisation des racines nerveuses, la palpation des pédicules [10,15,53].

Une dissection soigneuse des structures fibro-ligamentaires doit être réalisée avant d'entreprendre la résection d'ostéophytes marginaux [1] .

Il est indispensable de repérer régulièrement la ligne médiane à l'aide d'un marquage (cautérisation médiane, mise en place d'un coton médian) ou de repères anatomiques (fourchette sternale) [8,47,51].

La place du microscope [70] dans la prévention des plaies des artères vertébrales est controversée : la diminution du risque n'a pas été prouvée, les structures sont visualisées de façon plus précise, certes, mais le zoom favorise la perte des repères de la ligne médiane. Il est donc recommandé de régulièrement réduire l'agrandissement [51].

Le scanner per-opératoire pour évaluer l'efficacité du geste dans les rachis malformatifs, permettrait d'aller plus loin dans le geste avec moins de risque de complication et de ré-intervention (17 sur 31 patients contrôlés ont nécessité un complément de geste qui a pu être réalisé dans le même temps opératoire dans la série de Freidberg et al.) [71].

L'utilisation de la fluoroscopie peut être utile dans les cas complexes [15].

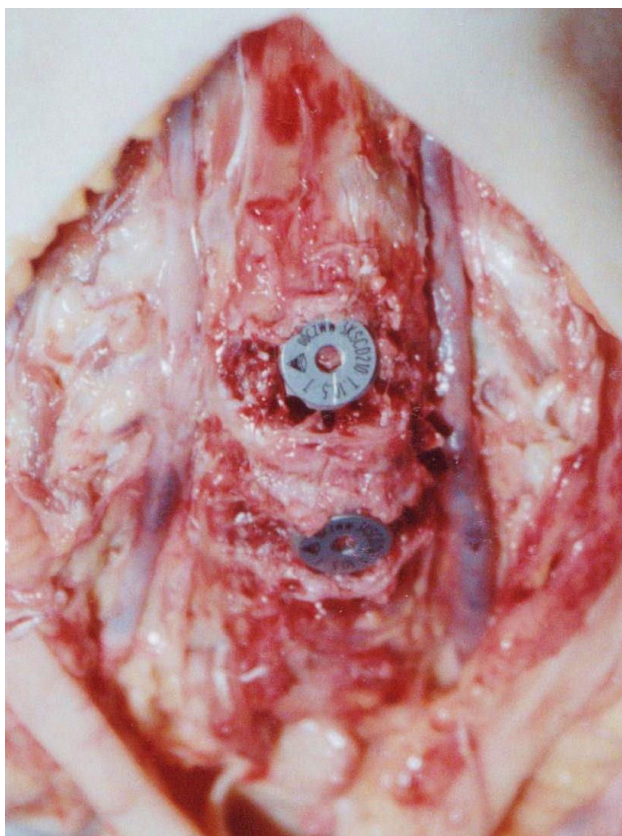
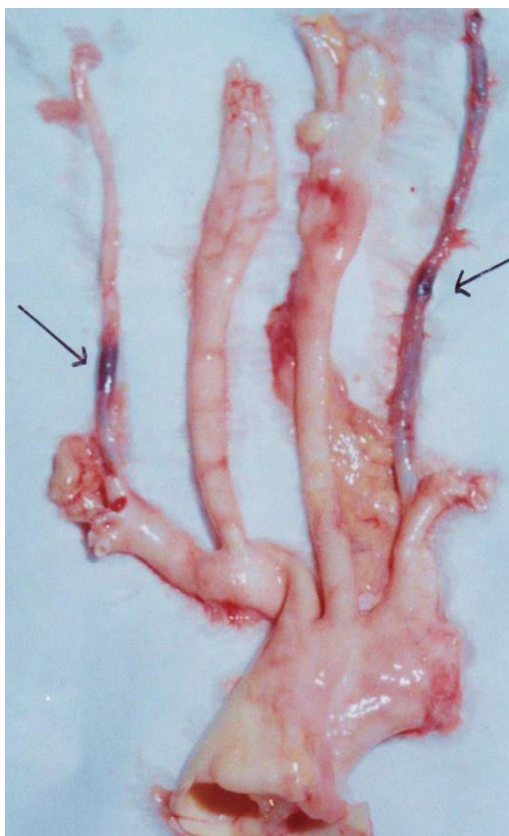
Vérifier la disponibilité de l'équipe de neuroradiologie interventionnelle, si possible dans la même salle opératoire.

L'utilisation de la fraise est risquée [10,55,56], et doit être limitée au maximum dans le temps opératoire, en lui préférant l'utilisation des curettes et rongeurs dans la latéralité.

Une attention particulière sera portée dans les contextes infectieux et tumoraux du fait de l'altération de l'os et de la modification de sa consistance.

Tsai et al. rapportent un AVC complet du tronc basilaire lors d'une discectomie chez un homme de 55 ans par simple manipulation des artères vertébrales sans saignement per-opératoire dans un contexte de terrain vasculaire (HTA, diabète) et d'infection para-vertébrale [69].

Manaounil et al. rapportent un cas de dissection bilatérale des artères vertébrales qui serait lié d'après leur article à une traction excessive sur le rachis cervical lors de la mise en place des cages intersomatiques. Cependant, ce cas a fait l'objet d'une expertise concluant à une compression directe des artères vertébrales par les écarteurs avant leur entrée dans les foramens transverses [72].



3. Réaction per-opératoire :

a. Hémostase :

Elle peut être obtenue par cautérisation (peu efficace [73]), tamponnement simple (cotons), ou associée à l'utilisation d'agents hémostatiques locaux (FloSeal[®], Surgicel[®] tissé/fibrillaire, cire de Horsley...).

Cependant, si aucun geste complémentaire n'est effectué, il y a un risque majeur de complication à distance [10,14,47,56].

Le saignement est parfois interrompu par la mise en place du greffon intersomatique (probablement par extension de l'artère vertébrale) [10] ou de la vis (lorsque la plaie est réalisée lors du vissage) [52].

A l'extrême, Cosgrove et al. ont eu recours à l'utilisation d'un ballon endovasculaire per-opératoire afin d'obtenir l'hémostase chez un de leur patient [14].

b. Réanimation :

L'équipe d'anesthésiologie doit être informée dans les plus brefs délais pour permettre une réanimation rapide et adaptée. Un remplissage vasculaire sera effectué si nécessaire et des culots globulaires commandés.

2370 cc de saignement en moyenne sont rapportés dans les 3 cas de Smith et al. dont 1 arrêt cardiaque récupéré [10].

Nous avons rencontré un cas d'arrêt cardio-circulatoire récupéré suite à un choc hypovolémique [cas n°1].

Un cas de décès par choc hypovolémique est rapporté par Burke et al. [51].

c. Traitement conservateur :

La plupart des auteurs recommandent l'exposition de l'artère lésée et sa réparation dès que possible [10,17,49,56,74,75]. Certains l'ont fait avec succès [50,51,55].

Cependant, un abord antérieur ne permet pas la réparation d'une plaie postérieure ou postéro-médiane [10].

De plus, il s'agit d'un geste technique très spécialisé qui nécessite souvent la disponibilité d'une équipe vasculaire [31,51].

Nam et al. suggèrent même la réalisation d'une « anastomose bout à bout » si la lésion est étendue [76], mais ce geste nécessite une exposition large rarement réalisable en pratique.

L'exposition de l'artère lésée est réalisée grâce à la résection de la partie antérieure des processus transverses. L'incision directe du ligament inter-transversaire est décrite comme trop dangereuse [12]. Un contrôle proximal et distal est obtenu, permettant la ligature proximale et distale de l'artère pour éviter le resaignement, la formation de pseudo-anévrysme et la projection d'embolies [10,14,16,50,56,62].

Quand la lésion a lieu sur l'artère homolatérale à la voie d'abord, son exposition peut-être facilitée par une dissection plus latérale des muscles longus colli et longus capitis au delà du processus transverse pour exposer le foramen transverse.

Dans ces circonstances, une « trans-section » du muscle sterno-cléido-mastoïdien peut faciliter la rétraction de ces muscles et élargir le champ opératoire. Un rapprochement des 2 berges du sterno-cléido-mastoïdien lors de la fermeture par 1 ou 2 points de suture devra être réalisé pour limiter les conséquences esthétiques (Southwick and Robinson 1957). L'artère carotide pourra être mobilisée médialement ou latéralement selon les besoins. (Riley et al. 1989).

Une exposition plus large de l'artère vertébrale pourra également être obtenue grâce à la résection d'une portion du muscle longus colli (Verbiest et al. 1969) [10].

Si la lésion a lieu sur l'artère vertébrale controlatérale à la voie d'abord, le chirurgien a le choix entre prolonger son incision au delà de la ligne médiane ou réaliser une incision séparée controlatérale.

d. Traitement non conservateur :

La ligature de l'artère vertébrale est parfois nécessaire.

Hoshino et al. rapportent leur expérience de 15 ligatures dans un contexte tumoral d'artères hypoplasiques ou co-dominantes sans aucune séquelle [77].

Thomas et al. ont observé 3,1% de risque d'infarctus du tronc cérébral en cas de ligature de l'artère vertébrale gauche, contre 1,8% pour la droite [37], en accord avec l'article de Gantwerker et al. [17] où il est spécifié que 25% des artères droites sont dominantes, contre 75% de codominance (25%) ou dominance gauche (50%).

La suture trans-osseuse présente un risque important de lésion radiculaire puisque réalisée à l'aveugle [10].

4. Précautions post-opératoires immédiates :

Elles reposent sur la prévention de l'ischémie et des embolies vertébro-basilaires.

L'angiographie est l'examen Gold standard à réaliser en urgence. Elle permet de vérifier la présence de l'artère vertébrale controlatérale et l'étendue du territoire qu'elle vascularise.

Elle permet également le traitement de la dissection artérielle (stent si inférieur à 6h, coils si plus) [58,78].

Attention, le stent peut paraître une thérapeutique idéale, mais par rapport aux techniques occlusives, il présente un risque de migration d'embolies lors de la reperméabilisation du vaisseau et ne prévient pas les complications à distance (resaignement, pseudo-anévrisme, fistule artério-veineuse). Il nécessite également un traitement anticoagulant et anti-agrégant plaquettaire [78] et est difficile à poser [58]. Un traitement anticoagulant de 3 jours, puis anti-agrégants plaquettaires 6 mois est mis en place pour un stent couvert par l'équipe de Katsaridis [58].

Quand l'artère controlatérale est hypoplasique ou inexistante, on préférera la pose de stent ou la réparation [49] aux techniques non conservatrices.

Attention, l'embolisation systématique peut paraître tentante [14,15,17,30,31,47,54,59,78], mais il ne faut pas oublier les risques d'infarctus du territoire vertébro-basilaire [31].

Une hospitalisation en unité de surveillance continue est fortement recommandée du fait du risque de resaignement et d'ischémie vertébro-basilaire [42,49].

En cas d'accident vasculaire ischémique, un traitement anticoagulant par héparine devra être mis en place. Du fait du risque de resaignement local et de transformation hémorragique de la zone infarctée, une surveillance en unité de surveillance continue est indispensable.

Pour Burke-Prabhu et al. , l'anticoagulation est mise en route dès la 6^{ème} heure post-opératoire quand un déficit neurologique lié à un phénomène thrombo-embolique apparaît. Une anti-agrégation plaquettaire de 3 mois est débutée après décision commune avec un neurologue vasculaire, selon la balance bénéfice/risque du moment. L'angiographie post-opératoire et l'angio-scanner à distance permettront d'établir la durée du traitement [7,51].

Il faut noter qu'un traitement anticoagulant préventif et curatif a été prouvé efficace dans une longue série de 47 dissections post-traumatiques. Mais aucun consensus n'existe encore pour le traitement anticoagulant préventif des plaies des artères vertébrales post-traumatiques (alors qu'il existe pour les dissections carotidiennes post-traumatiques) [43].

A l'extrême, un bypass par une veine saphène peut être proposé lorsque l'artère vertébrale lésée est dominante ou unique, et que le traitement de la dissection échoue (embolies à répétition, insuffisance vertébro-basilaire...) [79].

5. Précautions post-opératoires à distance :

En prenant en compte les diverses complications à distance des plaies d'artères vertébrales iatrogènes et en se référant à la prise en charge des plaies d'artères carotides iatrogènes plus connues et décrites dans la littérature [42], on proposera la surveillance de l'apparition de complications secondaires (fistule artério-veineuse, pseudo-anévrisme...) par consultations cliniques et réalisation d'angio-IRM régulières [7,30,49,54].

La découverte d'une fistule artério-veineuse devra conduire à son traitement [14,16].

En revanche, un pseudo-anévrisme pourra être surveillé de façon rapprochée dans un premier temps [56].

VIII Conclusion

Cette revue de la littérature nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de mesures à mettre en œuvre afin de limiter le risque de plaie de l'artère vertébrale dans les abords antérieurs du rachis cervical.

Tout d'abord, une parfaite maîtrise de l'anatomie paraît indispensable, avec une connaissance des rapports entre les différentes structures fibro-ligamentaires, osseuses, vasculaires et discales.

Ensuite, le chirurgien doit repérer la ligne médiane tout au long de son geste à l'aide de moyens diverses : dispositif de repérage (cautérisation/coton sur la ligne médiane), indices d'éloignement par rapport à la ligne médiane (incurvation du sac dural et des plateaux vertébraux, visualisation des racines, des veines épidurales, de la graisse épidurale).

Le fraisage doit être limité dans sa latéralité. L'utilisation de curettes ou rongeurs sera préférée en périphérie du disque et des plateaux vertébraux à l'utilisation d'un moteur. Les foraminotomies ne doivent pas être menées au delà du nécessaire pour libérer la racine concernée.

Idéalement, un bilan par angio-IRM ou angio-scanner sera réalisé quand une anomalie est dépistée au scanner (foramen transverse excentré, de petit diamètre...).

Enfin, au décours de cet examen complémentaire, une alternative thérapeutique pourra être proposée si le risque est estimé trop élevé pour un abord antérieur (abstention thérapeutique, voie d'abord postérieure avec laminectomie).

Cet accident peut malheureusement se produire malgré le respect de toutes ces précautions.

Dans ce cas, la prise en charge doit avant tout être multidisciplinaire : neurochirurgien, anesthésiste (surveillance tensionnelle, remplissage vasculaire voire transfusion), chirurgien vasculaire (réparation de l'artère vertébrale), neuroradiologue (hémostase en urgence par ballon, évaluation des 2 artères vertébrales, confirmation diagnostique de la lésion d'une artère vertébrale, traitement par embolisation, surveillance post-opératoire immédiate et à distance) réanimateur (surveillance continue neurologique et tensionnelle, prévention du resaignement et de la projection d'embolies vertébro-basilaires).

La réaction de l'opérateur doit être rapide et consiste dans un premier temps à effectuer l'hémostase à l'aide de moyens divers : agents hémostatiques locaux (Surgicel®, Floseal®, cotons, cire de Horsley), cautérisation, voire ligature si saignement incontrôlable. Dans le

même temps, l'anesthésiste réalisera un remplissage précoce et un équilibrage tensionnel continu.

Dans un second temps, la réparation de la plaie est à envisager si l'artère vertébrale lésée est dominante, unique ou si son statut est inconnu, et une fois que l'hémostase a été obtenue. Pour ce faire, une équipe de chirurgie vasculaire peut-être contactée.

Ensuite, il est indispensable de prévenir les complications liées à la dissection. La prévention de l'ischémie vertébro-basilaire repose sur l'intervention des neuroradiologues avec la réalisation d'une angiographie à la fois diagnostique (visualisation d'un saignement actif, d'une dissection, d'un thrombus, d'un vasospasme) et thérapeutique (ballon d'hémostase, embolisation, stent). La prévention de la projection d'embolies dans le territoire vertébro-basilaire passe quant à elle par l'anticoagulation, l'anti-agrégation plaquettaire, voire le sacrifice de l'artère lésée si le statut de l'artère vertébrale contralatérale le permet (embolisation, ligature). L'utilisation des anti-agrégants plaquettaires et anticoagulants est à adapter au contexte post-opératoire immédiat, au risque de resaignement local et de transformation hémorragique d'un territoire ischémié.

La surveillance post-opératoire immédiate sera réalisée en unité de soins continus pour un monitoring rapproché de la tension et de l'examen neurologique afin de dépister toute récurrence hémorragique locale ou constitution d'un accident ischémique vertébro-basilaire.

Enfin, la surveillance à distance sera à la fois clinique et radiologique, avec réalisation dans l'idéal d'angio-IRM de contrôle (non invasif en comparaison à l'angiographie) pour le dépistage du développement de fistule artério-veineuse ou pseudo-anévrisme et leur traitement.

IX Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif de la littérature : 47 cas et notre série, au total 51 cas étudiés [10,14–17,23,30,31,40,42,47,50–52,54–56,58,59,78]

Référence	Cas	Diagnostic	Technique chirurgicale	Cause de l'accident	Côté	Traitement primaire	Complication	Traitement secondaire	Statut final de l'AV	Séquelles
Weinberg et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	-	G	Tamponnement	FAV à 1 mois	Ligature	Occluse	Aucune
Cosgrove et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Instrument	G	Tamponnement	FAV à 1 an	Clipping puis Embolisation	Occluse	Aucune
	2	Uncodiscarthrose	Discectomie	Instrument	Dt	Tamponnement	FAV à J6	Ballon endovasculaire	Flux normal	Aucune
De Los Reyes et al.	1	Ossification du LVCP	DAAA et résection du LVCP	Fraise	Dt	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à J3	Réparation	Flux diminué	Aucune
Smith et al.	1	Kyste osseux anévrysmal	Corpectomie	Instrument	Dt	Tamponnement	Aucune	Aucun	Flux normal	Aucune
	2	Uncodiscarthrose	Corpectomie	Fraise	Dt	Coagulation	Aucune	Aucun	-	Aucune
	3	Abcès épidual ostéomyélite	Corpectomie	Instrument	Dt	Tamponnement	Aucune	Aucun	Flux normal	Aucune
	4	Uncodiscarthrose	DAAA	Instrument	G	Clipping	Insuffisance vertébro-basilaire	Aucun	-	Dysphagie transitoire
	5	Ossification du LVCP	Corpectomie	Fraise	G	Clipping	-	Aucun	-	Tétraparésie Syndrome cérébelleux
	6	Uncodiscarthrose	Corpectomie	Fraise	Dt	Ligature transosseuse	-	Aucun	-	Paralysie C5
	7	Métastase corps vertébral de C3	Corpectomie	Ultrasons	Dt	Ligature transosseuse	Aucune	Aucun	-	Aucune
	8	Pseudarthrose	Corpectomie	Fraise	Dt	Ligature	-	Aucun	-	Déficit C5 transitoire
	9	Pseudarthrose	Corpectomie	Fraise	Dt	Tamponnement	Aucune	Aucun	-	Aucune
Pfeifer et al.	1	Uncodiscarthrose	Corpectomie	Fraise	G	Réparation	Aucune	Aucun	Flux normal	Aucune
Golfinos et al.	1	Uncodiscarthrose	Décompression	Fraise Tortuosité de l'AV	Dt	Réparation	Aucune	Aucun	Flux normal	Aucune
	2	Uncodiscarthrose	Décompression	Fraise	G	Réparation	Aucune	Aucun	Flux normal	Aucune
	3	Uncodiscarthrose	Décompression	Vis	Dt	Réparation	Aucune	Aucun	-	Aucune
	4	Plasmocytome	Décompression	Mobilisation de tissu mou irradié	Dt	Ligature	Aucune	Aucun	-	Aucune
Daentzer et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise	G	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à J2 et hématome	Embolisation	Flux normal	Aucune
Epstein et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Dissection	G	Tamponnement	-	Embolisation	Occlusion	Aucune
Tumalian et al.	1	Uncodiscarthrose et polyarthrite rhumatoïde	Corpectomie	Fraise Tortuosité de l'AV	G	Tamponnement	-	Aucun	Occlusion	Infarctus étendu
Burke et al.	1	Uncodiscarthrose	Corpectomie	-	G	Réparation	Aucune	Aucun	-	Aucune
	2	Uncodiscarthrose	DAAA	-	G	Ligature	Aucune	Aucun	-	Aucune
	3	Uncodiscarthrose	Corpectomie	-	G	Réparation	Aucune	Aucun	-	Aucune
	4	Uncodiscarthrose	Corpectomie	-	G	Tamponnement	Décès per-opératoire	-	-	-
	5	Uncodiscarthrose	Corpectomie	-	Dt	Tamponnement	Aucune	Aucun	-	Aucune
	6	Uncodiscarthrose	DAAA	-	G	Tamponnement	-	Anticoagulation	Occlusion de la PICA	Infarctus cérébelleux et médullaire
Garcia Alzamora et al.	1	Uncodiscarthrose	Foraminotomie	Fraise	G	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à J2 et hématome	Stent	-	Aucune

Choi et al.	1	Ostéite	Lavage et drainage	Mobilisation de tissu mou infecté	Gauche	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à J10	Golden valve	Occlusion	Aucune
	2	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise	Dt	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à J4	Embolisation	Occlusion	Aucune
Neo et al.	1	Uncodiscarthrose et ossification du LVCP	DAAA	Fraise	-	Embolisation	Aucune	Aucun	Occlusion	Aucune
	2	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise	-	Tamponnement	Pseudo-anévrisme	Aucun	Flux normal	Aucune
	3	Exostose du processus transverse	Résection de l'exostose	Fraise	-	Tamponnement	Aucune	Aucun	Occlusion	Aucune
	4	Uncodiscarthrose	DAAA	-	-	Tamponnement	Aucune	Aucun	-	Aucune
	5	Uncodiscarthrose	Foraminotomie	Fraise	-	Tamponnement	Aucune	Aucun	Flux normal	Aucune
Eskander et al.	1	Myélopathie cervicarthrosique	Corporectomie	Fraise	G	Embolisation	-	Aucun	Occlusion	Infarctus médullaire unilatéral
Gantwerker et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise Tortuosité bilatérale des AV	G	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à J4	Embolisation	-	Aucune
Bilbao et al.	1	Uncodiscarthrose	Corporectomie	Fraise	G	Embolisation	-	Aucun	Occlusion	Infarctus multiples, tétraparésie
Jung et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise	Dt	Embolisation	-	Aucun	Occlusion	Infarctus cérébelleux
Katsaridis et al.	1	Uncodiscarthrose	Corporectomie	Fraise	Dt	Tamponnement	Pseudo-anévrisme à H12	Stent	-	Aucune
Rosenthal et al.	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise Tortuosité de l'AV	G	Tamponnement	Pseudo-anévrisme précoce	Stent	-	Aucune
Maughan et al.	1	Hernie discale	DAAA et plaque	Vis	Dt	Clipping	-	Aucun	Occlusion	-
	2	Myélopathie cervicarthrosique	DAAA et plaque	Fraise	G	Tamponnement	Pseudo-anévrisme précoce	Embolisation	Occlusion	-
	3	Fracture et spondylarthrite ankylosante	Corporectomie	Fraise	G	Réparation	-	Aucun	Occlusion	-
	4	Fracture	Corporectomie	Fraise	G	Tamponnement	-	Aucun	Occlusion	-
	5	Myélopathie cervicarthrosique	DAAA et plaque	Fraise	G	Tamponnement	Pseudo-anévrisme précoce	Embolisation	Occlusion	-
	6	Myélopathie cervicarthrosique	DAAA et plaque	Fraise	G	Réparation	Sténose serrée	Embolisation	Occlusion	-
Notre série	1	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise	Dt	Tamponnement	Emboles multiples	Embolisation	Occlusion	Infarctus multiples
	2	Uncodiscarthrose	DAAA	Fraise	Dt	Tamponnement	Pseudo-anévrisme	Aucun	Flux normal	Aucune
	3	Uncodiscarthrose et hernie discale	DAAA	Fraise	G	Tamponnement	Aucune	Embolisation	Occlusion	Aggravation neuro transitoire
	4	Subluxation C3-C4	Corporectomie	Fraise	G	Tamponnement	Aucune	Aucun	-	Aucune

- = non renseigné

DAAA = discectomie et arthrodèse par voie d'abord antérieure

AV = artère vertébrale

G = gauche

Dt = droit

X Bibliographie

- 1 Ebraheim NA, Lu J, Haman SP, *et al.* Anatomic basis of the anterior surgery on the cervical spine: relationships between uncus-artery-root complex and vertebral artery injury V. *Surg Radiol Anat SRA* 1998;**20**:389–92.
- 2 Kim S-H, Lee JH, Kim JH, *et al.* Anatomical Morphometric Study of the Cervical Uncinate Process and Surrounding Structures. *J Korean Neurosurg Soc* 2012;**52**:300. doi:10.3340/jkns.2012.52.4.300
- 3 Hegazy RM, Azab WA, Attia HM, *et al.* Computed tomographic evaluation of the distance between the medial border of longus colli muscle and foramen transversarium in ventral approaches to the subaxial cervical spine. *Turk Neurosurg* 2012;**22**:624–9. doi:10.5137/1019-5149.JTN.5821-12.1
- 4 Pait TG, Killefer JA, Arnautovic KI. Surgical anatomy of the anterior cervical spine: the disc space, vertebral artery, and associated bony structures. *Neurosurgery* 1996;**39**:769–76.
- 5 Oh SH, Perin NI, Cooper PR. Quantitative three-dimensional anatomy of the subaxial cervical spine: implication for anterior spinal surgery. *Neurosurgery* 1996;**38**:1139–44.
- 6 Lu J, Ebraheim NA, Georgiadis GM, *et al.* Anatomic considerations of the vertebral artery: implications for anterior decompression of the cervical spine. *J Spinal Disord* 1998;**11**:233–6.
- 7 Peng CW, Chou BT, Bendo JA, *et al.* Vertebral artery injury in cervical spine surgery: anatomical considerations, management, and preventive measures V. *Spine J Off J North Am Spine Soc* 2009;**9**:70–6. doi:10.1016/j.spinee.2008.03.006
- 8 Güvençer M, Men S, Naderi S, *et al.* The V2 segment of the vertebral artery in anterior and anterolateral cervical spinal surgery: a cadaver angiographic study. *Clin Neurol Neurosurg* 2006;**108**:440–5. doi:10.1016/j.clineuro.2005.04.006
- 9 Kawashima M, Tanriover N, Rhoton AL Jr, *et al.* The transverse process, intertransverse space, and vertebral artery in anterior approaches to the lower cervical spine. *J Neurosurg* 2003;**98**:188–94.
- 10 Smith MD, Emery SE, Dudley A, *et al.* Vertebral artery injury during anterior decompression of the cervical spine. A retrospective review of ten patients V. *J Bone Joint Surg Br* 1993;**75**:410–5.
- 11 Russo VM, Graziano F, Peris-Celda M, *et al.* The V2 segment of the vertebral artery: anatomical considerations and surgical implications: Laboratory investigation. *J Neurosurg Spine* 2011;**15**:610–9.
- 12 Nourbakhsh A, Yang J, Gallagher S, *et al.* A safe approach to explore/identify the V(2) segment of the vertebral artery during anterior approaches to cervical spine and/or arterial repairs: anatomical study. *J Neurosurg Spine* 2010;**12**:25–32. doi:10.3171/2009.7.SPINE08504

- 13 Duthel R, Tudor C, Motuo-Fotso MJ, *et al.* Cervical root compression by a loop of the vertebral artery: case report V. *Neurosurgery* 1994;**35**:140–2.
- 14 Cosgrove GR, Théron J. Vertebral arteriovenous fistula following anterior cervical spine surgery. Report of two cases. *J Neurosurg* 1987;**66**:297–9.
doi:10.3171/jns.1987.66.2.0297
- 15 Daentzer D, Deinsberger W, Böker D-K. Vertebral artery complications in anterior approaches to the cervical spine: report of two cases and review of literature V. *Surg Neurol* 2003;**59**:300–309; discussion 309.
- 16 Weinberg PE, Flom RA. Traumatic vertebral arteriovenous fistula. *Surg Neurol* 1973;**1**:162–7.
- 17 Gantwerker BR, Baaj AA, Maughan PH, *et al.* Vertebral artery injury during cervical discectomy and fusion in a patient with bilateral anomalous arteries in the disc space: case report V. *Neurosurgery* 2010;**67**:E874–875; discussion E875.
doi:10.1227/01.NEU.0000374858.18717.33
- 18 Sadhu A, Ahn NU. Parameters for Lateral Extent of Dissection During Anterior Cervical Decompression and Fusion. *Orthopedics* 2012;**35**:e1524–e1527. doi:10.3928/01477447-20120919-23
- 19 Ebraheim NA, Lu J, Brown JA, *et al.* Vulnerability of vertebral artery in anterolateral decompression for cervical spondylosis. *Clin Orthop* 1996;:146–51.
- 20 Bruneau M, Cornelius JF, George B. Microsurgical cervical nerve root decompression by anterolateral approach. *Neurosurgery* 2006;**58**:ONS108–113; discussion ONS108–113.
doi:10.1227/01.NEU.0000193521.98836.C5
- 21 Sanelli PC, Tong S, Gonzalez RG, *et al.* Normal variation of vertebral artery on CT angiography and its implications for diagnosis of acquired pathology. *J Comput Assist Tomogr* 2002;**26**:462–70.
- 22 Eskander MS, Drew JM, Aubin ME, *et al.* Vertebral artery anatomy: a review of two hundred fifty magnetic resonance imaging scans. *Spine* 2010;**35**:2035–40.
doi:10.1097/BRS.0b013e3181c9f3d4
- 23 Tumialan LM, Wippold FJ 2nd, Morgan RA. Tortuous vertebral artery injury complicating anterior cervical spinal fusion in a symptomatic rheumatoid cervical spine. *Spine* 2004;**29**:E343–348.
- 24 Vaccaro AR, Ring D, Scuderi G, *et al.* Vertebral artery location in relation to the vertebral body as determined by two-dimensional computed tomography evaluation. *Spine* 1994;**19**:2637–41.
- 25 Heary RF, Albert TJ, Ludwig SC, *et al.* Surgical anatomy of the vertebral arteries. *Spine* 1996;**21**:2074–80.
- 26 Wakao N, Takeuchi M, Kamiya M, *et al.* Variance of Cervical Vertebral Artery Measured by CT Angiography and Its Influence on C7 Pedicle Anatomy. *Spine* Published Online First: 18 November 2013. doi:10.1097/BRS.0000000000000120

- 27 Hong JT, Park DK, Lee MJ, *et al.* Anatomical variations of the vertebral artery segment in the lower cervical spine: analysis by three-dimensional computed tomography angiography. *Spine* 2008;**33**:2422–6. doi:10.1097/BRS.0b013e31818938d1
- 28 Curylo LJ, Mason HC, Bohlman HH, *et al.* Tortuous course of the vertebral artery and anterior cervical decompression: a cadaveric and clinical case study. *Spine* 2000;**25**:2860–4.
- 29 Oga M, Yuge I, Terada K, *et al.* Tortuosity of the vertebral artery in patients with cervical spondylotic myelopathy. Risk factor for the vertebral artery injury during anterior cervical decompression. *Spine* 1996;**21**:1085–9.
- 30 Choi J-W, Lee J-K, Moon K-S, *et al.* Endovascular embolization of iatrogenic vertebral artery injury during anterior cervical spine surgery: report of two cases and review of the literature. *Spine* 2006;**31**:E891–894. doi:10.1097/01.brs.0000244614.84685.c2
- 31 Eskander MS, Connolly PJ, Eskander JP, *et al.* Injury of an aberrant vertebral artery during a routine corpectomy: a case report and literature review V. *Spinal Cord* 2009;**47**:773–5. doi:10.1038/sc.2009.29
- 32 Cooper DF. Bone erosion of the cervical vertebrae secondary to tortuosity of the vertebral artery: case report V. *J Neurosurg* 1980;**53**:106–8. doi:10.3171/jns.1980.53.1.0106
- 33 Schima W, Stiglbauer R, Trattng S, *et al.* Case report: cervical intervertebral foramen widening caused by vertebral artery tortuosity--diagnosis with MR and colour-coded Doppler sonography. *Br J Radiol* 1993;**66**:165–7.
- 34 Sano A, Hirano T, Watanabe K, *et al.* Preoperative evaluation of the vertebral arteries and posterior portion of the circle of Willis for cervical spine surgery using 3-dimensional computed tomography angiography. *Spine* 2013;**38**:E960–967. doi:10.1097/BRS.0b013e318296e542
- 35 George B, Laurian C. *The vertebral artery: pathology and surgery.* 1987.
- 36 Shintani A, Zervas NT. Consequence of ligation of the vertebral artery. *J Neurosurg* 1972;**36**:447–50. doi:10.3171/jns.1972.36.4.0447
- 37 THOMAS GI, ANDERSON KN, HAIN RF, *et al.* The significance of anomalous vertebral-basilar artery communications in operations on the heart and great vessels: an illustrative case with review of the literature. *Surgery* 1959;**46**:747–57.
- 38 Zhang W, Tanaka M, Sugimoto Y, *et al.* Dominant vertebral artery injury during posterior atlantoaxial transarticular screw fixation in a juvenile rheumatoid arthritis patient with atlantoaxial subluxation V. *Acta Med Okayama* 2012;**66**:77–81.
- 39 Hyyppä SE, Laasonen EM, Halonen V. Erosion of cervical vertebrae caused by elongated and tortuous vertebral arteries V. *Neuroradiology* 1974;**7**:49–51.
- 40 Rosenthal P, Latchaw RE, Kim KD. Anomalous vertebral artery injured during anterior cervical discectomy: a case report. *Spine* 2013;**38**:E1567–1570. doi:10.1097/BRS.0b013e3182a528e9

- 41 Pugliese F, Crusco F, Cardaioli G, *et al.* CT angiography versus colour-Doppler US in acute dissection of the vertebral artery V. *Radiol Med (Torino)* 2007;**112**:435–43. doi:10.1007/s11547-007-0152-6
- 42 Garcia Alzamora M, Rosahl SK, Lehmborg J, *et al.* Life-threatening bleeding from a vertebral artery pseudoaneurysm after anterior cervical spine approach: endovascular repair by a triple stent-in-stent method. Case report V. *Neuroradiology* 2005;**47**:282–6. doi:10.1007/s00234-005-1343-2
- 43 Biffi WL, Moore EE, Elliott JP, *et al.* The devastating potential of blunt vertebral arterial injuries V. *Ann Surg* 2000;**231**:672–81.
- 44 Cohen JE, Rajz G, Itshayek E, *et al.* Endovascular management of exsanguinating vertebral artery transection V. *Surg Neurol* 2005;**64**:331–334; discussion 334. doi:10.1016/j.surneu.2004.11.029
- 45 SMITH GW, ROBINSON RA. The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. *J Bone Joint Surg Am* 1958;**40-A**:607–24.
- 46 CLOWARD RB. The anterior approach for removal of ruptured cervical disks V. *J Neurosurg* 1958;**15**:602–17. doi:10.3171/jns.1958.15.6.0602
- 47 Jung HJ, Kim DM, Kim SW, *et al.* Emergent Endovascular Embolization for Iatrogenic Vertebral Artery Injury during Cervical Discectomy and Fusion. *J Korean Neurosurg Soc* 2011;**50**:520. doi:10.3340/jkns.2011.50.6.520
- 48 Graham JJ. Complications of cervical spine surgery. A five-year report on a survey of the membership of the Cervical Spine Research Society by the Morbidity and Mortality Committee. *Spine* 1989;**14**:1046–50.
- 49 Park H-K, Jho H-D. The management of vertebral artery injury in anterior cervical spine operation: a systematic review of published cases V. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc* 2012;**21**:2475–85. doi:10.1007/s00586-012-2423-8
- 50 Golfinos JG, Dickman CA, Zabramski JM, *et al.* Repair of vertebral artery injury during anterior cervical decompression. *Spine* 1994;**19**:2552–6.
- 51 Burke JP, Gerszten PC, Welch WC. Iatrogenic vertebral artery injury during anterior cervical spine surgery V. *Spine J Off J North Am Spine Soc* 2005;**5**:508–514; discussion 514. doi:10.1016/j.spinee.2004.11.015
- 52 Maughan PH, Ducruet AF, Elhadi AM, *et al.* Multimodality Management of Vertebral Artery Injury Sustained During Cervical or Craniocervical Surgery. *Neurosurgery* 2013;**73** **OPERATIVE NEUROSURGERY** 2:ons271–ons282. doi:10.1227/01.neu.0000431468.74591.5f
- 53 Eleraky MA, Llanos C, Sonntag VK. Cervical corpectomy: report of 185 cases and review of the literature. *J Neurosurg* 1999;**90**:35–41.

- 54 Neo M, Fujibayashi S, Miyata M, *et al.* Vertebral artery injury during cervical spine surgery: a survey of more than 5600 operations. *Spine* 2008;**33**:779–85. doi:10.1097/BRS.0b013e31816957a7
- 55 Pfeifer BA, Freidberg SR, Jewell ER. Repair of injured vertebral artery in anterior cervical procedures. *Spine* 1994;**19**:1471–4.
- 56 De los Reyes RA, Moser FG, Sachs DP, *et al.* Direct repair of an extracranial vertebral artery pseudoaneurysm: case report and review of the literature. *Neurosurgery* 1990;**26**:528–33.
- 57 Schroeder GD, Hsu WK. Vertebral artery injuries in cervical spine surgery. *Surg Neurol Int* 2013;**4**:S362–S367. doi:10.4103/2152-7806.120777
- 58 Katsaridis V, Papagiannaki C, Violaris C. Treatment of an iatrogenic vertebral artery laceration with the Symbiot self expandable covered stent. *Clin Neurol Neurosurg* 2007;**109**:512–5. doi:10.1016/j.clineuro.2007.02.017
- 59 Bilbao G, Duarte M, Aurrecoechea JJ, *et al.* Surgical results and complications in a series of 71 consecutive cervical spondylotic corpectomies. *Acta Neurochir (Wien)* 2010;**152**:1155–63. doi:10.1007/s00701-010-0660-3
- 60 Demetriades D, Theodorou D, Asensio J, *et al.* Management options in vertebral artery injuries. *Br J Surg* 1996;**83**:83–6.
- 61 Golueke P, Sclafani S, Phillips T, *et al.* Vertebral artery injury--diagnosis and management. *J Trauma* 1987;**27**:856–65.
- 62 Hatzitheofilou C, Demetriades D, Melissas J, *et al.* Surgical approaches to vertebral artery injuries. *Br J Surg* 1988;**75**:234–7.
- 63 Landreneau RJ, Weigelt JA, Meier DE, *et al.* The anterior operative approach to the cervical vertebral artery. *J Am Coll Surg* 1995;**180**:475–80.
- 64 Yee LF, Olcott EW, Knudson MM, *et al.* Extraluminal, transluminal, and observational treatment for vertebral artery injuries. *J Trauma* 1995;**39**:480–484; discussion 484–486.
- 65 Chibbaro S, Mirone G, Yasuda M, *et al.* Vertebral artery loop--a cause of cervical radiculopathy V. *World Neurosurg* 2012;**78**:375.e11–13. doi:10.1016/j.wneu.2011.12.002
- 66 Horgan MA, Hsu FP, Frank EH. Cervical radiculopathy secondary to a tortuous vertebral artery. Case illustration V. *J Neurosurg* 1998;**89**:489. doi:10.3171/jns.1998.89.3.0489
- 67 Detwiler PW, Porter RW, Harrington TR, *et al.* Vascular decompression of a vertebral artery loop producing cervical radiculopathy. Case report V. *J Neurosurg* 1998;**89**:485–8. doi:10.3171/jns.1998.89.3.0485
- 68 Grabowski G, Cornett CA, Kang JD. Esophageal and vertebral artery injuries during complex cervical spine surgery--avoidance and management. *Orthop Clin North Am* 2012;**43**:63–74, viii. doi:10.1016/j.ocl.2011.08.008

- 69 Tsai Y-F, Doufas AG, Huang C-S, *et al.* Postoperative coma in a patient with complete basilar syndrome after anterior cervical discectomy. *Can J Anaesth J Can Anesth* 2006;**53**:202–7. doi:10.1007/BF03021828
- 70 Hankinson HL, Wilson CB. Use of the operating microscope in anterior cervical discectomy without fusion V. *J Neurosurg* 1975;**43**:452–6. doi:10.3171/jns.1975.43.4.0452
- 71 Freidberg SR, Pfeifer BA, Dempsey PK, *et al.* Intraoperative computerized tomography scanning to assess the adequacy of decompression in anterior cervical spine surgery. *J Neurosurg* 2001;**94**:8–11.
- 72 Manaouil C, Graser M, Delcour J, *et al.* Postoperative bilateral vertebral artery dissection: a case report. *J Clin Forensic Med* 2003;**10**:81–4. doi:10.1016/S1353-1131(03)00008-7
- 73 Daniels AH, Riew KD, Yoo JU, *et al.* Adverse events associated with anterior cervical spine surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2008;**16**:729–38.
- 74 Tew JM Jr, Mayfield FH. Complications of surgery of the anterior cervical spine. *Clin Neurosurg* 1976;**23**:424–34.
- 75 Devin CJ, Kang JD. Vertebral artery injury in cervical spine surgery. *Instr Course Lect* 2009;**58**:717–28.
- 76 Nam K-H, Sung J-K, Park J, *et al.* End-to-End Anastomosis of an Unanticipated Vertebral Artery Injury during C2 Pedicle Screwing. *J Korean Neurosurg Soc* 2010;**48**:363–6. doi:10.3340/jkns.2010.48.4.363
- 77 Hoshino Y, Kurokawa T, Nakamura K, *et al.* A report on the safety of unilateral vertebral artery ligation during cervical spine surgery. *Spine* 1996;**21**:1454–7.
- 78 Epstein NE. From the neurointerventional lab...intraoperative cervical vertebral artery injury treated by tamponade and endovascular coiling V. *Spine J Off J North Am Spine Soc* 2003;**3**:404–5.
- 79 Morgan MK, Sekhon LH. Extracranial-intracranial saphenous vein bypass for carotid or vertebral artery dissections: a report of six cases. *J Neurosurg* 1994;**80**:237–46. doi:10.3171/jns.1994.80.2.0237

VU

NANCY, le **20 novembre 2013**

Le Président de Thèse

NANCY, le **28 novembre 2013**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur J. AUQUE

Professeur H. COUDANE

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE / 6708

NANCY, le 3 décembre 2013

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Professeur P. MUTZENHARDT

RÉSUMÉ

Introduction :

La voie d'abord antérieure dans la chirurgie du rachis cervical est une technique efficace, rapide d'exécution, adoptée par de nombreux chirurgiens dans le monde entier. Cependant, elle présente un risque de plaie de l'artère vertébrale, certes rare, mais dont les conséquences peuvent être dramatiques.

Matériel et méthode :

Une étude des circonstances de cet accident et de sa prise en charge a été effectuée à partir d'une revue de la littérature jusqu'en février 2014 et de 4 cas de notre centre de Neurochirurgie de Nancy.

Résultats :

Au total, 51 cas ont été analysés. Les circonstances principales des plaies de l'artère vertébrale sont le fraisage, la perte des repères de la ligne médiane et les tortuosités artérielles. L'hémostase et la réalisation d'une angiographie sont les étapes initiales primordiales de leur prise en charge. Le traitement conservateur de l'artère lésée est celui qui présente le moins de complication secondaire. Le sacrifice du vaisseau est souvent nécessaire pour prévenir une projection d'embolies lors de la reperméabilisation, mais ne présente que peu de risques si l'artère controlatérale est dominante. Une surveillance initiale en service de soins intensifs est recommandée. Un suivi par consultations et angio-IRM est indispensable pour dépister l'apparition d'une fistule artério-veineuse ou d'un pseudo-anévrisme.

Conclusion :

Une bonne connaissance de l'anatomie du rachis cervical et un bilan d'imagerie pré-opératoire sont les clefs de la prévention de cet incident. La voie d'abord postérieure peut-être parfois proposée comme alternative lorsque le risque paraît trop élevé. Un traitement conservateur doit être réalisé dès que cela est possible.

TITLE : Vertebral artery injury during anterior approach of the cervical spine

THÈSE : Médecine spécialisée, Neurochirurgie – Année 2014

MOTS CLEFS : Rachis cervical, artère vertébrale, plaie vasculaire, abord antérieur, chirurgie, iatrogène

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex
