

Bases anatomiques des syndromes compressifs cervico-thoraco-axillaires

Anatomical Bases of Thoracic Outlet Syndrome

Luciano A. Poitevin

Faculté de Médecine - Université de Buenos Aires - Argentina.

Résumé

La communication entre le cou et le thorax, d'un côté, et la racine du membre supérieur, de l'autre, s'établit au moyen de défilés ou passages étroits ostéo-fibro-musculaires. Ces passages appartiennent aux régions : 1) Sus-claviculaire ; 2) Du sommet du thorax ; 3) Costo-claviculaire ; 4) Axillaire.

De nombreuses structures nerveuses et vasculaires traversent ces défilés dans les deux sens.

Depuis 40 ans nous étudions ces passages, du point de vue à la fois morphologique et dynamique, et chez le vivant (au cours des opérations) et chez le cadavre (par des dissections et des épreuves fonctionnelles).

Ces études nous ont permis de déterminer :

- Que ces défilés sont extrêmement variables en nombre, disposition, forme et taille ;
- Que les descriptions classiques ne rendent pas compte de ces variations ;
- Que plusieurs constatations intra-opératoires sont interprétées à tort comme des anomalies, quand il s'agit, cependant, de simples variations anatomiques ;
- Que pour qu'une variation anatomique produise une vraie compression, il faut qu'elle rétrécisse un passage et, maintes fois, qu'elle s'associe à une position extrême de la ceinture scapulaire maintenue dans le temps ;
- Dans le cadre de ces recherches, nous avons identifié les passages suivants, qui peuvent être à l'origine de compressions neurovasculaires :

Les défilés de la membrane sus-pleurale

- défilé ou boutonnière de T1 ;
- défilé de C8-T1.

Les défilés Scaléniques

- défilé Interscalénique Postérieur, neural (C8-T1) ;
- défilé Interscalénique Antérieur.
 - étage supérieur, neural (C5-C6) ;
 - étage moyen, neural (C7) ;
 - étage inférieur, vasculaire (Artère Sous-clavière).
- défilé Pré-scalénique (Veine Sous-clavière).

Les défilés costo-claviculaires

- défilé costo-claviculaire latéral (Artère sous-clavière + Troncs secondaires du Plexus Brachial) ;
- défilé costo-claviculaire médial (Veine axillo-sous-clavière).

Les défilés axillaires

- défilé rétro-petit pectoral ;
- défilé antérieur à la tête humérale ;
- défilé du "Y" du nerf médian ;
- défilé du muscle axillaire de Langer.

-Les principales structures et variations qui peuvent produire des compressions :

- le ligament costo-septo-costal dans la boutonnière de T1 ;
- le ligament transverso-septo-costal dans le défilé de C8-T1 ;
- le Petit Scalène en agissant sur C8-T1 (en arrière) ou sur l'artère subclavière (en avant) ;
- le Scalène Intermédiaire Supérieur (contre C7) ;
- un bord tranchant du Scalène Moyen comprimant le Tronc Inférieur du Plexus Brachial ;
- une côte cervicale (anomalie osseuse de développement non incluse dans cette étude).

-Principales positions forcées qui peuvent produire des compressions :

- hyperélévation du bras (par le ligament coraco-claviculaire médial ou de Caldani) ;
- descente de la ceinture scapulaire par rapport au thorax (par étirement et plicature des racines C8-T1 autour de la 1^{ère} côte).

Mots-clés

- ◆ Syndrome de la traversée thoraco-brachiale
- ◆ Défilés cervico-thoraco-axillaires
- ◆ Petit scalène
- ◆ Hyperélévation
- ◆ Traction axiale
- ◆ Variations anatomiques
- ◆ Ligaments sus-pleuraux

Abstract

Communication between the neck and chest on one side and the root of the upper limb on the other is established through osteo-fibro-muscular or narrow passageways. These passageways belong to the regions: 1) Supra-clavicular; 2) Lung apex; 3) Costo-clavicular; 4) Axilla.

Many nerve and vascular structures pass through these passageways in both directions.

For 40 years we have been studying these passages, both morphologically and dynamically, in the living (during operations) and in the corpse (through dissections and functional tests).

These studies allowed us to determine:

- That these passageways are extremely variable in number, arrangement, shape and size.
- That the classical descriptions do not reflect these variations.

- That several intraoperative findings are misinterpreted as anomalies, when they are, conversely, mere anatomical variations.
- For an anatomical variation to produce real compression, it must narrow a passage and, often times, associate with an extreme position of the shoulder girdle maintained over time.
- Throughout this research, we have identified the following passages, which may be the cause of neurovascular compressions:
 - The passageways of the supra-pleural membrane**
 - T1 passageways or buttonhole ;
 - C8-T1 passageway.
 - The Scalene passageways**
 - Posterior Interscalene Passageway, neural (C8-T1) ;
 - Anterior Interscalene Passageway
 - *Superior Level, neural (C5-C6) ;
 - *Middle Level, neural (C7) ;
 - *Inferior Level, vascular (Subclavian Artery).
 - Pre-scalene Passageway (Subclavian Vein)
 - The costo-clavicular passageways**
 - Lateral costo-clavicular passageways (Subclavian Artery + Brachial Plexus Cords) ;
 - Medial costo-clavicular passageway (Axillo-subclavian Vein).
 - Axillary passageways**
 - Retro-Pectoralis Minor passageway ;
 - Pre-humeral head passageway. "Median nerve "Y" passageway ;
 - Langer's axillary muscle passageway.
- The main structures and variations that can produce compressions:
 - The costo-septo costal ligament at the T1 buttonhole ;
 - The transverse-septo-costal ligament at the C8-T1 passageway ;
 - The Scalene Minimus impinging on C8-T1 (backward) or on the subclavian artery (forward) ;
 - The Upper Intermediate Scalene (against C7) ;
 - A sharp edge of the Middle Scalene impinging on the Lower Trunk of the Plexus Brachial ;
 - An abnormal cervical rib (developmental bone abnormality not included in this study).
- Main unnatural positions that can produce neurovascular entrapments:
 - Hyper-elevation of the arm (by the medial or Caldani coracoclavicular ligament) ;
 - Descent of the shoulder girdle in relation to the thorax (by stretching and bending of the C8-T1 roots around the 1st rib).

Keywords

- ◆ Thoracic outlet
- ◆ Cervico-thoraco-brachial passageways
- ◆ Scalene minimus
- ◆ Hyper-elevation
- ◆ Shoulder descent
- ◆ Anatomical variations
- ◆ Suprapleural ligaments

Correspondance

Dr. Luciano A. Poitevin

Faculté de Médecine - Université de Buenos Aires - Argentine.

E-mail : lucianopoitevin@gmail.com

Introduction

Depuis 1978, nous nous penchons sur l'étude des compressions vasculo-nerveuses proximales du membre supérieur, à la fois par des recherches anatomiques et par l'analyse des cas chirurgicaux (2,26-31).

Malgré le fait que plusieurs auteurs mettent en doute l'existence de ces syndromes compressifs cervico-thoraco-axillaires (CTA), ils se présentent dans la pratique clinique, si bien qu'il faut savoir les rechercher et diagnostiquer.

Ces tableaux cliniques sont la conséquence des compressions des racines du plexus brachial et des vaisseaux Sous-clavier-Axillaires dans leur parcours par des défilés étroits étendus depuis le rachis cervical et le médiastin jusqu'au bord inférieur du grand pectoral. Nous appelons cette région cervico-thoraco- axillaire.

Or, nous avons groupé ces défilés dans quatre sous-régions :

- défilés de la Membrane Sus-Pleurale ;
- défilés Interscaléniques ;
- défilés Costoclaviculaires ;
- défilés Axillaires.

Par ailleurs, les compressions peuvent être produites par des mécanismes statiques, dynamiques ou combinés.

Si l'on prend compte de la distribution radicaire du plexus brachial (Fig. 1), on pourra interpréter la symptomatologie de ces compressions.

Les racines atteintes le plus souvent ce sont T1 et C8, ce qui peut simuler une compression du nerf ulnaire (cubital) au coude.

Moins fréquemment, c'est la racine C7 qui est atteinte, ce qui peut évoquer, à tort, un syndrome du canal carpien.

Le tableau clinique des compressions CTA est donc le suivant :

- douleur et paresthésies ;
- irradiation à l'avant-bras médial (T1), à l'auriculaire (C8) ou au majeur (C7) ;
- atrophie fréquente des muscles intrinsèques de la main (C8-T1) ;
- épreuves de Tinel (percussion) et d'Hoffmann (compression) (+) au creux sus-claviculaire ;
- des tests spécifiques pour le creux sus-claviculaire (+) ;

- compression céphalique (-) ;
- épreuves de Tinel (percussion) et d'Hoffman (compression) (-) au coude et au canal carpien ;
- électromyogramme d'interprétation difficile.

Compressions à prédominance statique

Elles se produisent surtout à niveau des défilés de la membrane sus-pleurale et des défilés interscaléniques.

Défilés de la membrane sus-pleurale

La Membrane Sus-pleurale

Elle est un feuillet conjonctif, concave en bas, qui recouvre le dôme pleural et se continue avec le fascia endothoracique. Elle fait également partie de la gaine vasculaire de l'artère sous-clavière et de ses branches (fascia de Truffert (43)) (8,11,18,43) (Fig. 3).

Cette membrane sus-pleurale, avec ses moyens d'attache que nous allons décrire, agit comme une structure de fixation des éléments vasculaires et nerveux qui la traversent.

Les Ligaments Sus-Pleuraux

Ils sont au nombre de trois (37) (Fig. 2,3).

Ligament Vertébro-Septal

C'est un ruban fibreux tendu de la face antérolatérale du corps de T1 et parfois de C7 à la membrane sus-pleurale où il se joint au ligament transverso-septo-costal (Fig. 2).

Ligament Transverso-Septo-Costal

On le retrouve chez 60 % des sujets. Il est l'équivalent du petit scalène. Il naît du tubercule antérieur de l'apophyse transverse de C7, passe entre les racines C7 et C8 et finit en éventail sur la membrane sus-pleurale à laquelle il se fixe. Il peut être court, comme on vient de décrire (s'insérant près de la racine C8), ou long, s'insérant alors sur le bord interne de la 1ère côte, après être passé entre l'artère sous-clavière, qu'il soulève (en avant) et la racine C8 ou le tronc primaire inférieur (en arrière) (Fig. 2,3).

Ligament Costo-Septo-Costal

Il est présent chez 78 % des sujets. Il se trouve dans un plan axial (horizontal). Il a une forme triangulaire à sommet postérieur. Il s'étend du col de la première côte jusqu'à son bord interne, près du tubercule de Lisfranc. Il présente un bord interne qui se confond avec la membrane sus-pleurale et un bord externe concave qui délimite, avec le bord interne de la première côte, un orifice pour le passage de la racine T1. Sa face inférieure est en rapport avec la plèvre apicale. Sa face supérieure est en rapport, d'arrière en avant, avec la racine C8, le ligament transverso-septo-costal (ou le muscle petit scalène) et l'artère sous-clavière. Il est soumis fréquemment à des variations de taille. Lorsque ce ligament, donc, est très développé, il peut comprimer la racine T1 contre le col de la 1ère côte, notamment lors des positions extrêmes du membre supérieur (Fig. 2-5).

Ces ligaments contribuent à limiter les Défilés Sus-Pleuraux suivants :

Défilé ou boutonnière de T1

Limité par le ligament costo-septo-costal, en dedans, et le bord interne de la première côte, - doublé du scalène moyen - en dehors. C'est un vrai hiatus au niveau de l'insertion périphérique de la membrane sus-pleurale. Ses dimensions sont variables et il peut comprimer la racine T1 (Fig. 5).

Défilé de C8

Il se forme entre le ligament transverso-septo-costal (en haut et en avant), et le ligament costo-septo-costal (en bas), qui forment ce que M. Sébilleau (37) a appelé le « biceps sus-pleural ». La racine C8 (ou le tronc primaire inférieur) du plexus brachial passe au travers de ce défilé. Maintes fois, le ligament transverso-septo-costal est doublé ou remplacé par le muscle petit scalène. Ce défilé sera d'autant plus étroit que l'insertion du ligament (ou du petit scalène) se fera plus en arrière (Fig. 3).

Défilés interscaléniques

Classiquement, on décrit trois muscles scalènes : antérieur, moyen et postérieur (3,5,10,14,16,17,24,25,35,41). Pourtant, nos recherches nous ont démontré que maintes fois il en existe quatre, et même cinq.

À ces variations de nombre peuvent s'ajouter des variations de forme des Scalènes. Ces variations sont à la base des possibles compressions statiques des éléments neuro-vasculaires.

Variations de nombre des scalènes : le complexe scalénique

En fait, les scalènes font partie d'un complexe scalénique, qui s'étend depuis le rachis cervical jusqu'à la première et deuxième côte et à la membrane sus-pleurale.

Il existe une explication embryologique de ce fait. Selon Orts-Llorca (23), les muscles scalènes proviennent du matériel embryonnaire de plusieurs segments primitifs qui, à cause de l'absence de côtes cervicales, se fusionnent entre eux. C'est ainsi que les muscles scalènes proviennent d'un blastème unique. Les scalènes sont donc, au début, une masse commune qui s'étend du rachis cervical jusqu'aux premières et deuxième côtes et à la membrane sus-pleurale. Nous pourrions la nommer "Masse Scalénique Primordiale". Or, l'ébauche du bourgeon du membre supérieur se développe dans la région cervicale basse

vers le trentième jour. Après l'apparition de ce bourgeon, la main commence à migrer en distal, tout en entraînant avec elle les vaisseaux et les nerfs qui nourriront et innervent le bras, l'avant-bras et cette main.

Pour cela, l'artère principale (future artère sous-clavière-axillaire) et les nerfs (futur plexus brachial et ses branches) doivent passer à travers cette masse unique et provoquer nécessairement une séparation en plusieurs faisceaux. Seule la veine principale (future axillo-sous-clavière) passe en avant de la masse scalénique primordiale. Or, toute la partie de la masse primordiale qui reste devant l'artère et les nerfs deviendra le scalène antérieur, et tout ce qui reste en arrière deviendra les scalènes moyen et postérieur.

Que deviennent donc les restes musculaires qui demeurent entre le scalène antérieur et le scalène moyen ? Ils deviennent les muscles que nous appelons scalène intermédiaire supérieur et scalène intermédiaire inférieur (Fig. 6).

En effet, dans la moitié des cas, on retrouve un scalène intermédiaire inférieur ou petit scalène, et dans 14,3 %, il existe un scalène intermédiaire supérieur.

Chez l'adulte on peut donc distinguer cinq muscles scalènes :

Le scalène antérieur

Il s'étend des tubercules antérieurs des apophyses transverses des vertèbres cervicales C3-C6 jusqu'au tubercule de Lisfranc de la face supérieure de la première côte et à la membrane sus-pleurale. Il passe entre l'artère sous-clavière en arrière, et la veine sous-clavière, en avant (Fig. 7,12,13).

Le scalène moyen

Il est fixé sur les tubercules antérieurs des apophyses transverses des vertèbres cervicales C2-C7, puis va s'attacher à la face supérieure de la première côte -en arrière du tubercule de Lisfranc- et à la membrane sus-pleurale. Il passe derrière le plexus brachial et l'artère sous-clavière (Fig. 7).

Le scalène postérieur

Il s'insère sur les tubercules postérieurs des vertèbres C4-C6 et se fixe aux premières et deuxième côtes, derrière le scalène moyen.

Le scalène intermédiaire supérieur

Il est présent dans 14,3 %, se détache du scalène moyen, chemine entre les racines C6 et C7 du plexus brachial, passe devant l'artère sous-clavière-axillaire et s'attache finalement au tubercule de Lisfranc avec le scalène antérieur.

Ce muscle peut comprimer la racine C7 du plexus brachial, et produire des paresthésies au doigt majeur, ce qui peut confondre avec un syndrome du canal carpien (Fig. 7-8).

Le scalène intermédiaire inférieur ou petit scalène (50%)

Il se fixe sur le tubercule antérieur de l'apophyse transverse de C7, passe entre les racines C8 et T1 (en arrière) et l'artère sous-clavière (en avant). Il s'insère en distal sur la membrane sus-pleurale. Il peut également s'attacher à la face supérieure de la première côte, derrière l'artère sous-clavière (19,20) (Fig. 6,9).

Lorsqu'il s'insère près du Scalène Antérieur, il peut comprimer l'artère sous-clavière (Fig. 10A). Quand il s'attache près du Scalène Moyen, il peut comprimer le tronc inférieur et produire un syndrome semblable à la compression du nerf cubital (ulnaire) au coude, avec des paresthésies le long du bord interne de l'avant-bras et du V doigt. (Fig. 10B,11).

Ces constatations anatomiques démontrent qu'il n'y a pas qu'un seul défilé interscalénique, mais plusieurs, à savoir :

Le Défilé Interscalénique Postérieur

Il est purement neural, limité par le scalène moyen en arrière, le scalène intermédiaire inférieur (petit scalène) en avant, et le ligament costo-septo-costal, la membrane sus-pleurale et la 1ère côte en bas. Le petit scalène peut être remplacé par un faisceau fibreux : le ligament transverso-septo-costal. Ce défilé laisse passer les racines C8 et T1 du plexus brachial (Fig. 6,9,12,13).

Le Défilé Interscalénique Antérieur

Il est vasculaire en bas, entre le scalène antérieur en avant et le scalène intermédiaire inférieur en arrière, traversé par l'artère sous-clavière. Il est neural en haut, entre les scalènes antérieur et moyen, pour le passage des racines C5, C6 et C7 (Fig. 6,12,13).

Or, lorsqu'il existe un scalène intermédiaire supérieur, qui passe entre les racines C6 et C7, ce défilé antérieur devient subdivisé en (Fig. 13) :

- un **étage supérieur, neural**, entre le scalène antérieur, en avant, et le scalène moyen, en arrière. Il laisse passer les racines nerveuses C5 et C6 ;
- un **étage moyen, neural**, entre le scalène intermédiaire supérieur, en avant, et le scalène moyen, en arrière. C'est la racine C7 qui passe à travers de ce défilé. Sa compression à ce niveau peut simuler un syndrome du canal carpien ;
- un **étage inférieur, vasculaire**, entre le scalène intermédiaire supérieur, en avant, et le scalène intermédiaire inférieur (petit scalène), en arrière. Cet étage permet le passage de l'artère sous-clavière. Ce défilé sera d'autant plus étroit que l'insertion du petit scalène se fera plus en avant.

Compte tenu de l'évolution embryologique du complexe scalénique et de ses conséquences chez l'adulte, on conçoit aisément que des variations anatomiques individuelles et/ou des positions extrêmes et soutenues de la ceinture scapulaire arrivent à produire des compressions neuro-vasculaires dans ces nombreux défilés scaléniques.

Variations de forme et de disposition des scalènes

L'insertion du scalène antérieur sur la première côte peut s'étendre anormalement en arrière et se chevaucher avec le scalène moyen, voire former avec celui-ci une vraie fronde qui soulève l'artère sous-clavière et le tronc primaire inférieur (19,20).

Le tendon du scalène moyen peut présenter une disposition falciforme, avec un bord antérieur tranchant qui soulève l'artère sous-clavière et surtout peut mettre sous tension le tronc primaire inférieur. Son expression clinique ressemble à la compression du nerf ulnaire (cubital) au coude, mais qui s'accompagne d'une paralysie de tous les muscles intrinsèques (13) (Fig. 14-15).

Compressions à prédominance dynamique

La traction verticale ou axiale

Cet effet se matérialise dans la Chute ou descente de la ceinture scapulaire :

Cette circonstance est fréquente chez des patients qui portent des charges lourdes avec les bras collés au corps.

De même, dans le processus de vieillissement, les muscles releveurs de la ceinture scapulaire deviennent plus faibles, d'où la chute de l'omoplate par rapport au thorax (34,42).

On reproduit de façon expérimentale ces situations au moyen de la Traction Axiale, le bras le long du corps. La racine T1 devient la structure la plus atteinte.

-Étirement de la racine T1 : Pour expliquer le mécanisme d'action de cette manœuvre, il faut tenir compte des rapports de la racine nerveuse T1 avec la 1ère côte (Fig. 16).

En effet, cette racine naît de la charnière cervico-thoracique, au-dessous de la septième vertèbre cervicale. Son trajet débute en bas, en arrière et en dedans ; ensuite elle monte, en avant et en dehors, pour arriver à la face supérieure de la première côte, après avoir traversé la boutonnière entre le ligament costo-septo-costal et la première côte. Puis, elle doit s'incurver une deuxième fois en dehors et en bas, pour atteindre l'aisselle et enfin le bras. La racine décrit donc un trajet en "S", ce qui, ajouté à l'étroitesse de sa boutonnière et à la tension imposée par la force axiale, produira un étirement de cette racine, avec une irradiation cervico-brachiale jusqu'à la face interne du tiers distal de l'avant-bras.

Plusieurs auteurs y trouvent la base pour la résection systématique de la première côte (1,9,12,21,32,33,44), avis que nous ne partageons pas (4).

-La racine C8, même si elle a un trajet plus rectiligne peut également subir l'effet de cette traction, si bien que les paresthésies peuvent arriver au cinquième doigt simulant une compression du nerf ulnaire (cubital) au coude.

-Quand il existe un petit scalène (50 % des cas), celui-ci peut comprimer le tronc primaire inférieur contre le scalène moyen, ce qui peut se confondre de même avec une compression du nerf ulnaire au coude.

-Les racines C5, C6 et C7 se tendent, bien que leur trajet soit tout à fait droit.

-L'artère sous-clavière-axillaire se tend aussi du fait de sa fixation au rachis cervical par le fascia de Truffert et par ses branches ascendantes.

L'hyperélévation

Cette position extrême s'associe à des postures incorrectes pendant le sommeil ou à des causes liées au travail (peintres de plafonds) (47). Les défilés costo-claviculaires sont le site le plus fréquent de localisation des compressions lors de l'hyperélévation.

Le ligament de caldani (coraco-claviculaire médial - LCCM)

Avant de décrire les défilés costo-claviculaires, il nous a semblé opportun faire la description d'une importante structure ligamentaire à présent négligé, qui est le ligament de Caldani (7,26-31,38,39,45,46) ou ligament coraco-claviculaire-médial (LCCM) (Fig. 17) qui se trouve du côté axillaire de ces passages et qui est en rapport étroit avec les vaisseaux et les nerfs.

- Il s'agit d'un ligament qui unit le bord interne de l'apophyse coracoïde avec le bord antérieur de la clavicule ;
- Son insertion latérale se fait par deux faisceaux d'origine qui s'attachent au bord interne de l'apophyse coracoïde, l'un devant et l'autre derrière l'insertion du petit pectoral ;
- Ces deux faisceaux s'unissent pour former le corps du ligament, qui suit un trajet oblique en haut et en dedans, et s'épanouit finalement pour s'attacher au bord antérieur de la clavicule, et s'entremêler aux fibres de la gaine du muscle sous-clavier. Le corps du ligament présente un bord inférieur tranchant proche de la face antérieure des vaisseaux axillaires et des troncs du plexus brachial ;
- Le ligament présente trois expansions aponévrotiques :
 - une expansion supérieure qui part de sa partie latérale et monte vers le bord antérieur et la face inférieure de la clavicule en renforçant la gaine du muscle sous-clavier ;
 - une expansion inférieure qui naît aussi de sa partie latérale et descend derrière le muscle petit pectoral ;
 - une expansion médiale qui part de l'extrémité interne du corps, se dirige vers le bas, décrit une courbe à concavité latérale et s'attache sur l'extrémité interne de la 1ère côte. Cette expansion est en rapport étroit avec la veine axillaire.

Défilés costo-claviculaires

L'espace costo-claviculaire est limité par la clavicule (doublée du muscle sous-clavier et de sa gaine fibreuse) en haut et la première côte en bas. Il fait communiquer le creux sus-claviculaire et le thorax avec l'aisselle. Il existe deux défilés costo-claviculaires en dedans de l'apophyse coracoïde :

Le Défilé costo-claviculaire latéral

Qui laisse passer les troncs secondaires du plexus brachial et l'artère sous-clavière-axillaire. Il est délimité latéralement par l'apophyse coracoïde, en médial par le scalène antérieur, en haut par le ligament coraco-claviculaire médial, le muscle subclavier et sa gaine fibreuse, et la clavicule, et en bas, par la première côte.

Le Défilé costo-claviculaire médial ou conduit de la veine axillo-sous-clavière

il est parcouru par la veine axillo-sous-clavière (15,44) (Fig. 18).

Ses limites sont :

- En haut :
 - d'abord, l'expansion aponévrotique médiale du ligament de Caldani, qui maintes fois s'adhère à l'adventice de la veine ;
 - ensuite, la face inférieure de la clavicule doublée du muscle subclavier et sa gaine fibreuse qui la croisent en X.
- En bas, la face supérieure de la première côte, en avant du scalène antérieur.
- En dedans et en avant : l'insertion costale de l'expansion aponévrotique médiale du ligament de Caldani, le tendon d'origine du muscle subclavier et sa gaine, le fort ligament costo-claviculaire et l'articulation sterno-claviculaire.

- En dehors et derrière : le scalène antérieur.

L'hyperélévation (Fig. 19)

-Dans cette position, tout le paquet vasculo-nerveux se coude autour du ligament coraco-claviculaire médial (Caldani).
-La plus comprimée est la veine axillaire. La distance Veine/LCCM devient 0 chez 89,5 % des sujets. Les racines nerveuses les plus atteintes sont C5, C6 et C7.
-Le bord postérieur de la clavicule s'appuie fortement contre les racines les plus hautes du plexus brachial.
-Le petit pectoral ne comprime les éléments vasculo-nerveux que chez 14,3 % des sujets (48).
-La racine interne du nerf médian peut rouler devant l'artère axillaire et la comprimer (40).
Parfois (9 %), un muscle axillaire de Langer6, étalé entre le muscle grand dorsal et le grand pectoral, peut contribuer à la compression du paquet vasculo-nerveux.
Chez environ 1 % des personnes il existe une côte cervicale surnuméraire qui s'articule avec l'apophyse transverse de C7. Cette côte cervicale réduit les défilés interscaléniques et peut produire des symptômes.

Conclusions

La transition thoraco-cervico-axillaire se compose de plusieurs passages étroits parcourus par les vaisseaux sous-clavier-axillaires et le plexus brachial et ses branches dans les quatre régions : le creux sus-claviculaire, le sommet du thorax, la région costo-claviculaire, l'aisselle. Il s'agit de défilés ostéo-fibro-musculaires dont les parois peuvent présenter de nombreuses variations anatomiques, de forme, taille, nombre et disposition (facteurs statiques). Des postures forcées (facteurs dynamiques) peuvent réduire les dimensions de ces défilés et soumettre les structures vasculo-nerveuses à des compressions, angulations et étirements.

Chez quelque peu de sujets, la présence d'une côte cervicale s'en ajoute.

Une simple variation anatomique favorise mais ne suffit pas pour produire une atteinte nerveuse et/ou vasculaire.

Cependant, il faut qu'ils s'en ajoutent d'autres facteurs, statiques et/ou dynamiques qui augmentent l'étroitesse du défilé.

La connaissance de l'anatomie des défilés et de leurs variations, permet de bien planifier les différents gestes opératoires et de ne pas manquer aucun endroit de compression.

Discussions en séance

Commentaire de A Gilbert

Ce travail, présenté par Luciano Poitevin, fait partie de ces quelques travaux qui ont véritablement influencé la chirurgie. Je crois que tous les chirurgiens qui s'intéressent et traitent les défilés thoraco-brachiaux sont amenés un jour à se référer à ce monument.

Je le commente avec d'autant plus de plaisir que j'étais présent lorsque Luciano a présenté cette œuvre au laboratoire d'Anatomie de la rue des Saint-Père en 1980. En près de 40 ans il n'y a pas eu de modifications majeures mais seulement des raffinements.

Les niveaux potentiels de compression sont parfaitement décrits avec à chaque fois des conseils pour les chirurgiens, ce qui n'est pas étonnant puisque Luciano Poitevin n'était pas seulement un excellent et minutieux anatomiste, mais aussi un brillant chirurgien orthopédiste, qui fut Président de la société Argentine d'Orthopédie en 2006

Je retiens trois points essentiels dans son intervention :

- Le démembrement des défilés interscaléniques, qui impliquent pour le chirurgien une exploration complète et la recherche de tous les points potentiels de compression ainsi que des incisions assez étendues.
- Ses explications sur les défilés dynamiques et en particulier du rôle du ligament de Caldani.
- Enfin on ne saurait trop insister sur l'importance des compressions sous claviculaires et du rôle du petit Pectoral dans les récurrences voir exclusif dans certains cas à bien reconnaître.

Références

1. Atasoy E. Combined surgical treatment of thoracic outlet syndrome: transaxillary first rib resection and transcervical scalenectomy. *Hand Clin.* 2004, 20:71-82.
2. Azulay G, Mamone A, Moya D, Poitevin L, Postan D. Identification of medial coraco-clavicular (Caldani's) ligament by magnetic resonance imaging. Original procedure and clinical applications. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2017, 82,1:71-77.
3. Blandin J. *Traité d'Anatomie topographique des régions du corps humain.* Auger-Méquignon, Paris, France. 1826.
4. Borrelli J, Merle M: Nouvelle approche thérapeutique chirurgicale des syndromes neurogéniques du défilé thoraco-cervico-axillaire. «Paix à la première côte» À propos d'une série homogène et continue de 104 cas (juillet 2010- mai 2013), *Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire* 2014,18(3): 143-148.
5. Bourguery JM. *Traité complet d' Anatomie de Homme.* T. I, Delaunay, Baillet, Paris, France. 1866.
6. Caix M, Outrequin G et al. Un cas d'arc axillaire de Langer. *CR Assoc Anat,* 1967: 1423-424.
7. Caldani Leopoldo Marco Antonio *Iconum anatomicarum explicatio: Ossa,* Volume 1. Venice, 1802.
8. Cordier-Devos. Le dôme pleural. Aspect endothoracique. *Ann Anat Pathol.* 1938, 15: 465-488.
9. Cormier F, Brun JP, Marzelle J, Fichelle JM, Cormier JM. Syndrome du défilé thoraco-brachial. *Actualités d'Angéiologie.* 1994,19: 62-69.
10. Cruveilhier J. *Traité d' Anatomie descriptive.* 4° ed. 1862. I. Asselin, Paris, France.
11. Delmas A. L'orifice supérieur du thorax. Etude morphogénétique de ses éléments constitutifs osseux et fibreux. Thèse Médecine. Montpellier. 1938.
12. Falconer MA, Li WP: Resection of the first rib in costoclavicular compression of the brachial plexus. *Lancet* 1996, 2: 59-63.
13. Fernández LL. Compresiones vásculo-nerviosas supraclaviculares. *Técnica de la exploración quirúrgica.* *Pr.Med.Arg.* 1957,44: 871-878.
14. Gerard G. *Manuel d'anatomie humaine.* Steinheil, Paris, France. 1912.

15. Green RM, Waldman D, Ouriel K, Riggs P, DeWeese JA. Claviclectomy for subclavian venous repair: long-term functional results. *J Vasc Surg.* 2000,32:315-21.
16. Gruber W: Ueber die Halsrippen des Menschen mit vergleichenden anatomischen Bemerkungen. *Mem Acad Imper Sciences, Saint-Petersbourg,* 1869: 12.
17. Henle J. *Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen (Handbuch der Muskellehre),* 2° ed. Vieweg und Sohn. Braunschweig, Allemagne. 1872.
18. Leblanc G. L'appareil musculo-fibreux du septum cervico-thoracique et le petit scalène. *Ann. Anat Pathol,* 1937, 14:809-830.
19. Merte M, Borrelli J, Villani F, Parra L. Bilan de la chirurgie des défilés cervico-thoraco-axillaires, E-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2011, 10 (1): 84-94.
20. Merte M: Syndromes compressifs thoraco-cervico-axillaires. Diagnostic et traitements. In: Merle M, Jager T: *Chirurgie de la Main. Affections rhumatismales, dégénératives. Syndromes canalaire.* Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux, 2017: 532-576.
21. Molina JE. Operative technique of first rib resection via subclavicular approach. *Vascular Surgery* 1993;27:667-72.
22. Ockert B, Braunstein V, Sprecher C et al Attachment sites of the coracoclavicular ligaments are characterized by fibrocartilage differentiation: a study on human cadaveric tissue. *Scand JMed Sci Sports.* 2010. 22,(1): 12-17.
23. Orts-Llorca F. *Anatomía Humana.* 1970. Científico Médica, Barcelona.
24. Paturet G. *Traité d'Anatomie humaine. T. I y II.* 1951. Masson, Paris, France.
25. Poirier P, et Charpy A. *Traité d'Anatomie humaine. T. I,* 4° ed. Masson. Paris, France.
26. Poitevin L: Les défilés thoraco-cervico-brachiaux. *Mem Lab Anat Paris,* 1980, 42.
27. Poitevin L: Los desfiladeros tóraco-cérvico-braquiales. *Investigaciones anatómicas, dinámicas y radiológicas. Aplicaciones clínicas. Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires,* 1986. II, 334-335.
28. Poitevin L. Proximal compressions of the upper limb neurovascular bundle. An anatomic research study. *Hand Clinics.* 1988. Vol 4. Nro. 4:575-584.
29. Poitevin L: Compressions à la confluence cervico-brachiale. In: Tubiana R. *Traité de Chirurgie de la Main.* Masson, Paris, 1991. Volume 4:368-369.
30. Poitevin L: Proximal compressions of the upper limb neurovascular bundle. *The Hand.* Tubiana R. WB Saunders Volume IV, 1993 Chapter 20: 338-339.
31. Poitevin L: Syndromes compressifs thoraco-cervico-axillaires. *Anatomie chirurgicale.* In: Merle M, Jager T: *Chirurgie de la Main. Affections rhumatismales, dégénératives. Syndromes canalaire.* Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux, 2017: 512-532.
32. Qvarfordt PG, Ehrenfeld WK, Stoney RJ. Supraclavicular radical scalenectomy and transaxillary first rib resection for the thoracic outlet syndrome. *Am J Surg.* 1984,148:11-116.
33. Roos DB. Transaxillary approach for the first rib resection to relieve thoracic outlet syndrome. *Ann Surg.* 1966,163:354.
34. Rosati LM, Lord JW. *Neurovascular compression syndromes of the shoulder girdle p.XX.* Grune and Stratton, New York, 1961.
35. Rouvière H. *Anatomie Humaine,* 2° edition. Masson, Paris, France. 1927.
36. Sanders RJ, Pearce WH. The treatment of thoracic outlet syndrome: a comparison of different operations. *J Vasc Surg.* 1989,10: 626-634.
37. Sébilleau P. L'appareil suspenseur de la plèvre. *Bull Soc Anat Paris.* LXVI 1891: 410-445.
38. Souteyrand-Boulanger. Les formations fibreuses et les ligaments du triangle clavi-coraco-pectoral chez les primates. *Mammalia,* 1966,30: 645-666.
39. Stimec et al. Medial coraco-clavicular ligament revisited: an anatomic study and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012 Aug;132(8):1071-5
40. Telford ED, Mottershead S. Pressure at the cervicobrachial juncture. *J Bone Jt Surg* 1948, 30b: 249-265.
41. Testut L, Latarjet A: *Tratado de Anatomía Humana,* 9° ed, T I, Salvat, Barcelona. 1965.
42. Todd TW. The descent of the shoulder after birth. *Anat Anz,* 1912, 41: 385.
43. Truffert P. *Le cou. Anatomie topographique. Les aponévroses. Les loges.* Arnette. Paris. 1922.
44. Urschel HC JF, Patel AN. Surgery Remains the Most Effective Treatment for Paget-Schroetter Syndrome: 50 Years' Experience, *Ann Thorac Surg.* 2008,86: 254-60.
45. Vallois HV. Le ligament coraco-claviculaire interne. *C. R. Ass. Anat.,* 18e réunion, Lyon : 1923: 485-490.
46. Vallois, HV, Thomas, L. Les formations fibreuses du triangle clavipectoral. *Arch Anato Hist Embr.* 1924,3: 363-396.
47. Wright IS. The neurovascular syndrome produced by hyperabduction of the arm. *Am Heart J,* 1945, 29:1-8.
48. Zancolli E.A. Síndrome del pectoral menor. *Bol y Tr. Soc.Arg.Ortop y Traum.* 1963,28: 482.

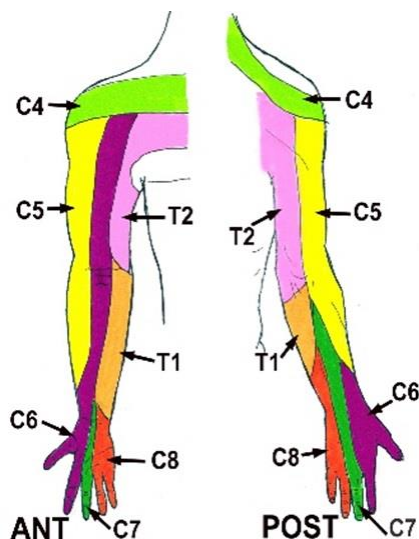


Figure 1 : Distribution Radiculaire du Plexus Brachial.

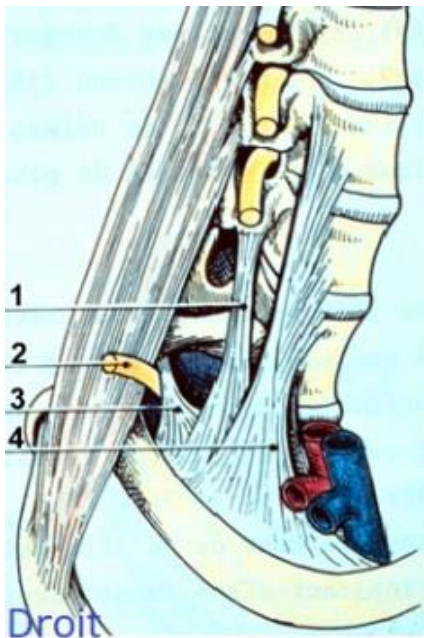


Figure 2 : Les Ligaments Sus-Pleuraux : 1: Lig. Transverso-Septo-Costal ; 2 : Racine T1 ; 3 : Lig. Costo-Septo-Costal ; 4 : Lig. Vertébro-Septal.

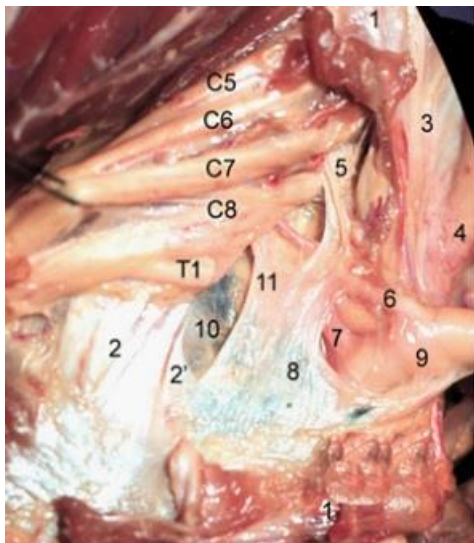


Figure 3 : Les Ligaments Sus-Pleuraux - Côté Droit : 1 : Scalène Ant. Sectionné ; 2, 2' : Scalène 1/2, Insertion Costale et Septale ; 3 : Veine Jugul. Int; 4 : Artère Carotide Primitive ; 5 : Lig. Transverso-Septo- Costal ; 6 : Tronc tiro-cervical ; 7 : Artère Vertébrale ; 8 : Membrane Sus-pleurale ; 9 : Artère Sous-clavière sectionnée et écartée vers médial ; 10 : Dôme pleural. C5-C6-C7-C8-T1: Racines d'origine du Plexus Brachial ; 11 : Ligament Costo-septo-costal.

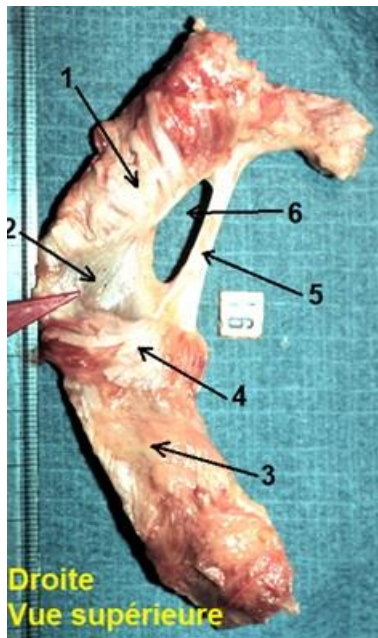


Figure 4 : La 1ère côte et le ligament costo-septo-costal : 1 : Scalène Moyen ; 2 : Gouttière de la Artère Sous-clavière ; 3 : Gouttière de la Veine Sous-clavière ; 4 : Scalène Antérieur ; 5 : Ligament Costo-Septo-Costal ; 6 : Boutonnière de la racine T1 du Plexus Brachial.

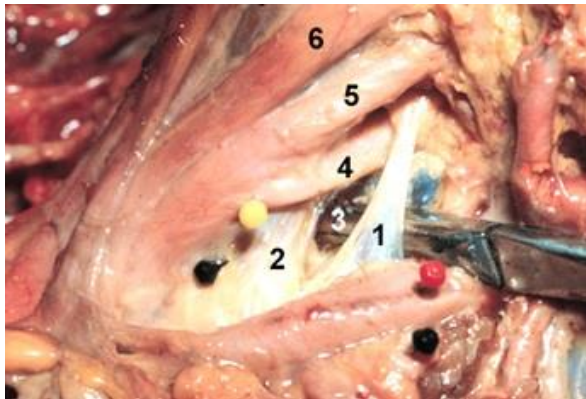


Figure 5 : Boutonnière de T1. Côté Droit : 1 : Lig. Costo-Septo-Costal ; 2 : 1ère Côte et Scalène 1/2 ; 3 : Boutonnière de T1 ; 4 : Racine T1 ; 5 : Tronc 1/2 ; 6 : Tronc Sup.

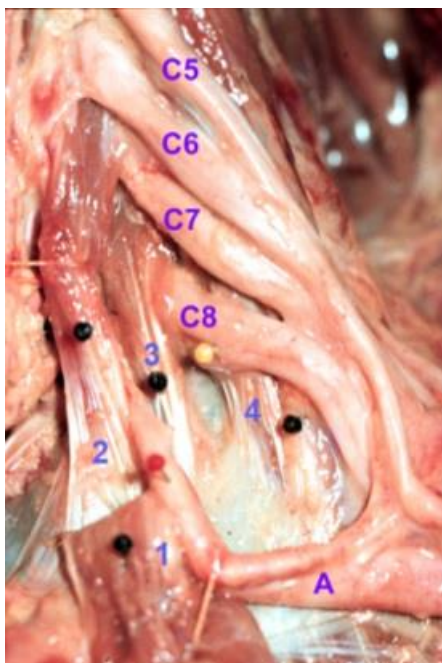


Figure 6 : Le Complexe Scalénique - Côté Gauche : C5-T1 : Racines du Plexus Brachial ; 1 : Scalène Antérieur ; 2 : Scal. Intermédiaire Supérieur ; 3 : Scalène Intermédiaire Inférieur ; 4 : Scalène Moyen ; 5 - A : Artère Sous-clavière.

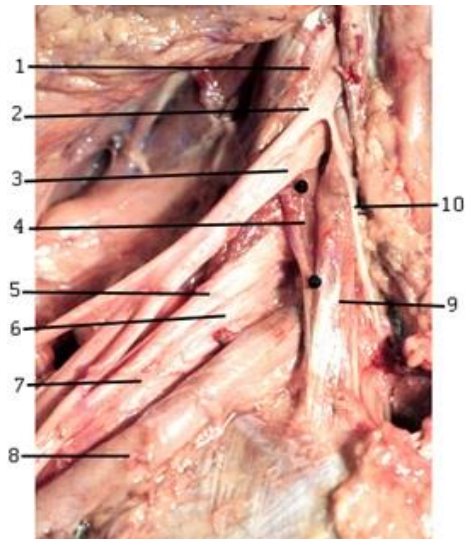


Figure 7 : Le Scalène Intermédiaire Supérieur. Côté Droit : 1 : Scalène Moyen ; 2 : Racine C5 du plexus brachial ; 3 : Racine C6 ; 4 : Scalène Intermédiaire Supérieur ; 5 : Racine C7 ; 6 : Racine C8 ; 7 : Tronc Inférieur ; 8 : Artère Sous-clavière ; 9 : Scalène Antérieur ; 10 : Nerf phrénique.

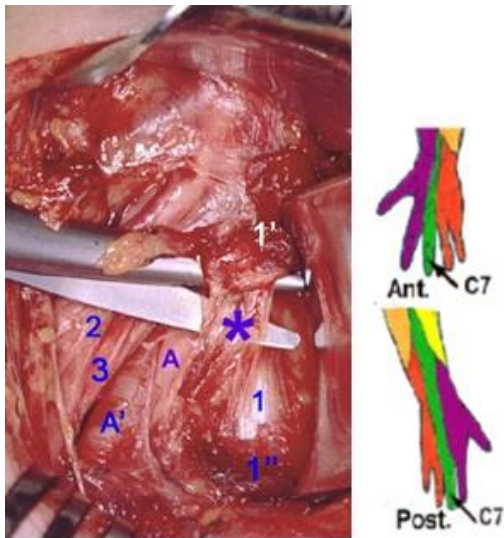


Figure 8 : Le Scalène Intermédiaire Sup. Chirurgie - Côté Droit : 1-1' : Scalène Antérieur ; 2 : Tronc Supérieur du plexus brachial ; 3 : Racine C7 et Tronc ½ du plexus brachial ; A-A' : Artère Sous-clavière ; * : Scalène Interméd. Supérieur comprimant l'artère.

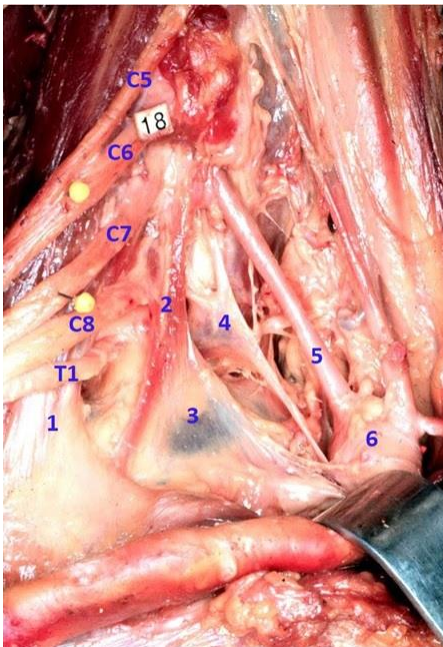


Figure 9 : Le Petit Scalène (Scalène Intermédiaire Inférieur) - Côté Droit : C5-T1 : Racines du Plexus Brachial ; 1 : Scalène Moyen ; 2 : Scalène Intermédiaire Inférieur (Petit Scalène) ; 3 : Membrane Sus-Pleurale ; 4 : Ganglion étoilé ; 5 : Artère Vertébrale ; 6 : Artère Sous-clavière.

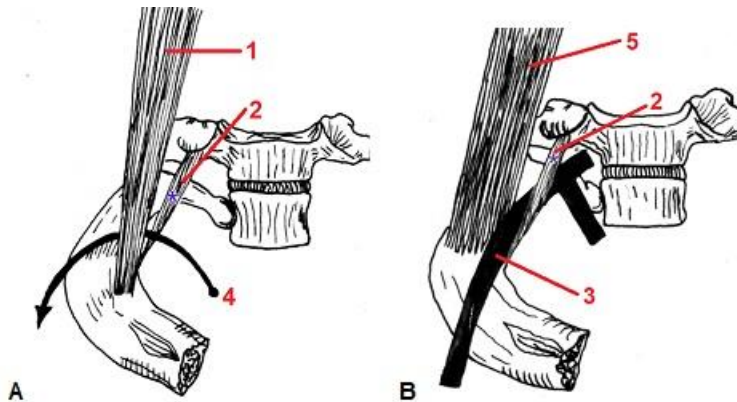


Figure 10 : Le Petit Scalène (Scalène Intermédiaire Inférieur) - Côté Droit - Schéma : A : Insertion près du Scal. Antérieur ; B : Insertion près du Scal. Moyen. 1 : Scalène Moyen ; 2 : Scalène Intermédiaire Inférieur (Petit Scalène) ; 3 : Tronc Inférieur du Plexus Brachial ; 4 : Artère Sous-clavière ; 5 : Scalène Moyen.

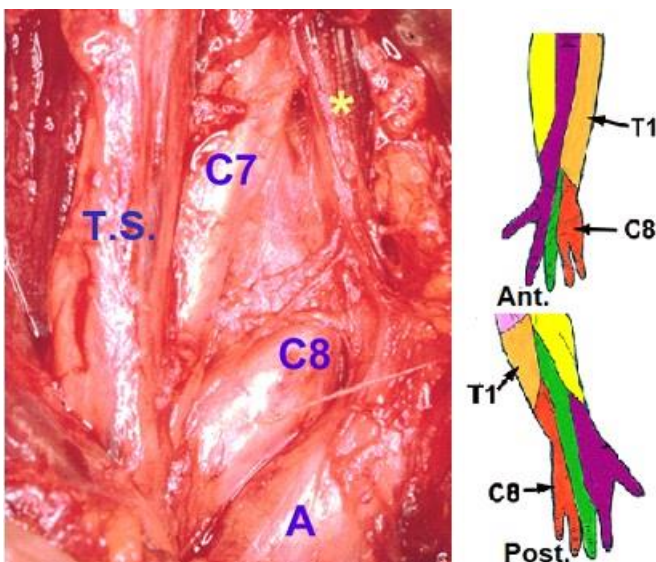


Figure 11 : Le Petit Scalène (Scalène Intermédiaire Inférieur) - Côté Droit - Chirurgie. TS : Tronc Supérieur du Plexus Brachial ; C7-C8 : Racines du Plexus Brachial ; A : Artère Sous-clavière ; * : Scalène Intermédiaire Inférieur (Petit Scalène).

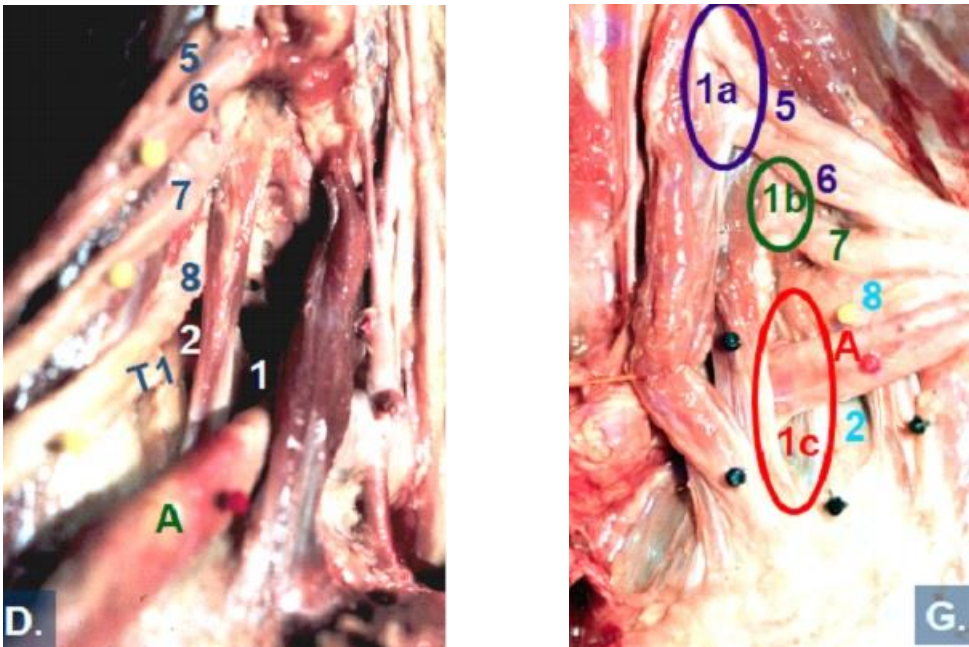


Figure 12 : Défilés Interscaléniques Postérieur (Neural) et Antérieur (Vasculaire). Secteur Inférieur. Côté Droit.

Figure 13 : Défilés Interscaléniques. Côté Gauche.

1 : Défilé Antérieur ; 1a : Étage supérieur ; 1b : Étage moyen ; 1c : Étage inférieur ; 2 : Défilé Postérieur ; 5-8 : Racines C5-C8 du Plexus Brachial ; T1 : Racine T1 ; A : Artère sous-clavière.

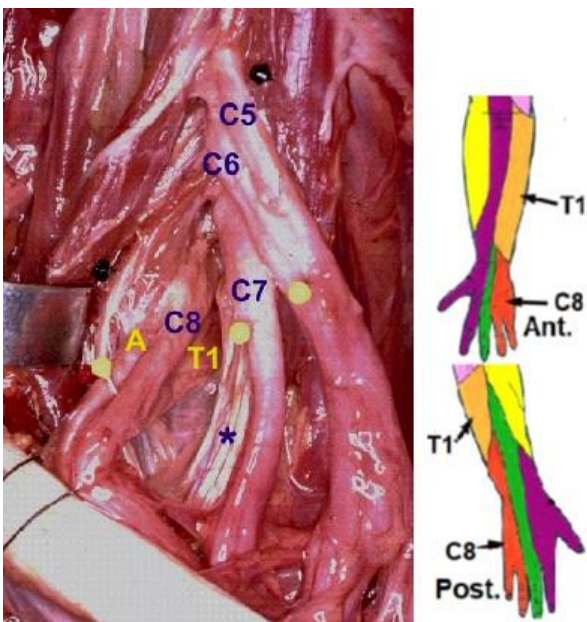


Figure 14 : Bord Tranchant du Sc. Moyen (*). Côté Gauche - Dissection. C5-C6-C7-C8-T1 : Racines du Plexus Brachial ; A : Artère sous-clavière ; * : Scalène Moyen.

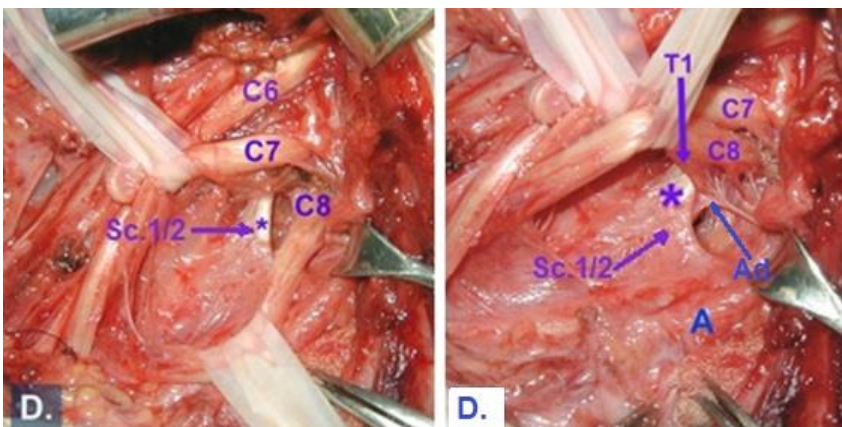


Figure 15 : Chirurgie : Bord tranchant du Scalène ½ (*). Côté Droit. C6-C7-C8-T1 : Racines du Plexus Brachial ; A : Artère sous-clavière ; Sc. ½ : Scalène Moyen ; Ad. : Adhérences de T1.

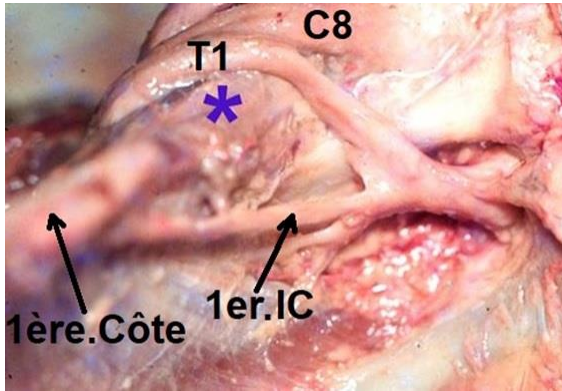


Figure 16 : Le boucle de T1 autour de la 1ère côte (*). Côté Droit ; C8-T1 : Racines du Plexus Brachial ; 1er IC : 1er Nerf Intercostal.

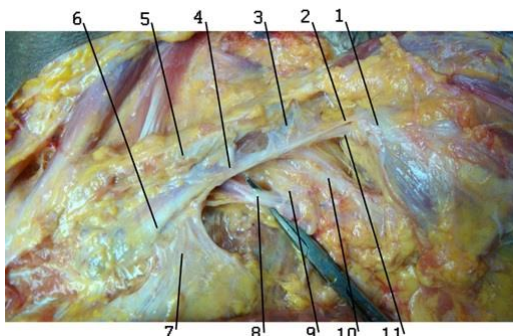


Figure 17 : Le Ligament Coraco-Claviculaire Médial (LCCM) (Caldani). Coté gauche. 1 : Apophyse coracoïde ; 2 : Faisceau antérieur d'origine du LCCM ; 3 : Expansion Aponévrotique supérieure ; 4 : Corps du LCCM ; 5 : Clavicule ; 6 : Muscle sous-clavier ; 7 : Expansion Aponévrotique médiale ; 8 : Veine axillaire ; 9 : Artère axillaire ; 10 : Plexus brachial ; 11 : Faisceau postérieur d'origine du LCCM.

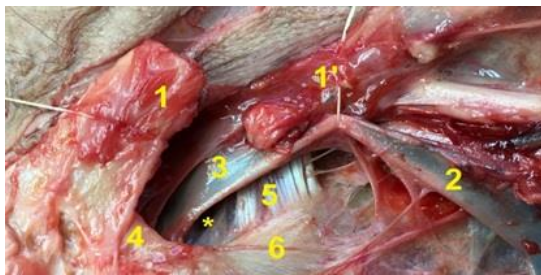


Figure 18 : Conduit de la Veine Sous-clavière (Défilé Pre-Scalénique). Côté gauche. 1-1' : Clavicule ostéotomisée ; 2 : Veine axillaire ; 3 : Veine sous-clavière ; 4 : Ligament costo-claviculaire ; 5 : Tendon du Scalène Antérieur ; 6 : 1ère Côte ; * : Conduit de la veine sous-clavière.

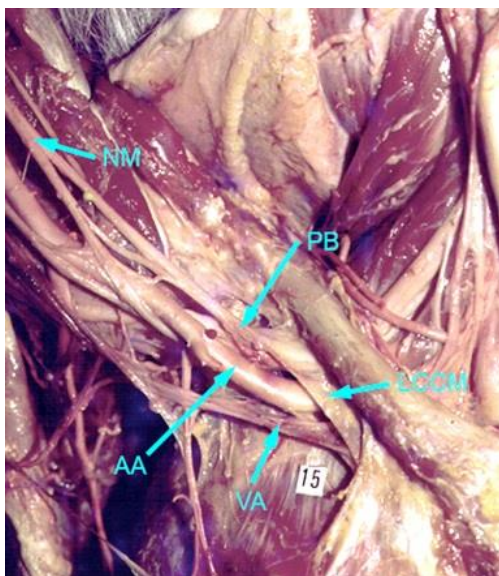


Figure 19 : Hyperélévation - Côté Droit. NM : Nerf Médian ; PB : Plexus Brachial ; AA : Artère Axillaire ; VA : Veine axillaire ; LCCM : Ligament Coraco-claviculaire Médial.