

—

Neuropathies focales du membre supérieur associées à la pratique sportive

Wang
Kaux
Sauvant



Peripheral nerve entrapment syndromes

Wheelchair athletes commonly present with symptoms of peripheral nerve entrapment. The two most common conditions are **carpal tunnel syndrome** (CTS) involving the median nerve and **ulnar nerve entrapment** either at the wrist or the elbow. The prevalence of CTS in manual wheelchair users has been estimated to be 49–73% (Boninger *et al.* 1996). Many experts believe the high incidence is partly caused by repetitive trauma to carpal tunnel structures from manual propulsion of the wheelchair. Repetitive pressure over the soft tissue structures of the carpal tunnel are also thought to contribute to the development of CTS (Halpern *et al.* 2001). Ulnar neuropathy is commonly seen at Guyon's canal in the wrist and less commonly at the cubital tunnel. As in CTS, etiology is believed to be brought about by repetitive pressure from the wheelchair at this area. In addition, repetitive contraction of the flexor carpi ulnaris muscle for wheelchair propulsion increases the likelihood of entrapment at the cubital tunnel (Halpern *et al.* 2001). Because wheelchair athletes invest many hours in training and competition, some believe they may be at increased risk of peripheral nerve entrapments. However, recent studies have shown that the incidence of entrapments are no greater in the wheelchair athlete than in their non-athletic counter-parts. Furthermore, incidence of nerve condition abnormalities correlated with duration of disability (Boninger *et al.* 1996; Burnham & Steadward 1994). Prevention of peripheral nerve entrapments include the use of padded gloves to protect the volar surface of the wrist and maintaining wheelchairs in good condition. Treatment of CTS and ulnar neuropathy is similar to in able-bodied athletes. Use of wrist splints and non-steroidal anti-inflammatory agents may be beneficial. Surgery should be considered for those athletes who do not respond to conservative treatment.

THE OLYMPIC TEXTBOOK OF MEDICINE IN SPORT

EDITED BY MARTIN P. SCHWELLNUS



THE ENCYCLOPAEDIA OF SPORTS MEDICINE
AN IOC MEDICAL COMMISSION PUBLICATION



WILEY-BLACKWELL

600 pages

1983

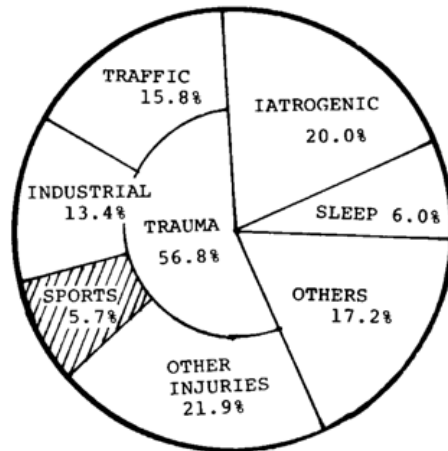


Figure 1. Various cases of peripheral nerve injury. Sixty-six cases were related to sports (5.7%). (Total, 1167 cases; April 1963 to March 1981.)

Sports and peripheral nerve injury

YASUSUKE HIRASAWA,* MD, AND KISABURO SAKAKIDA, MD

From the Department of Orthopaedic Surgery, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto, Japan

Sur les 1.167 cas de lésions nerveuses périphériques répertoriés par le département de chirurgie orthopédique de l'université de Kyoto, entre 1963 et 1981, 5,7% étaient en relation avec le sport

Dans la série de 200 cas de NF-PS publiée par Krivickas et Wilbourn, les membres supérieurs étaient concernés dans 87% des cas

2000

Peripheral Nerve Injuries in Athletes: A Case Series of Over 200 Injuries

Lisa S. Krivickas, M.D.* and Asa J. Wilbourn, M.D.†

Europe

- Tennis
- Volley-Ball
- Cyclisme
- Natation



La grande majorité de la littérature scientifique consacrée aux NF-PS est publiée par des auteurs d'outre atlantique, il n'est donc pas aisé d'avoir des informations épidémiologiques spécifiques propres à l'Europe

Amériques

- Baseball
- Football américain
- Softball

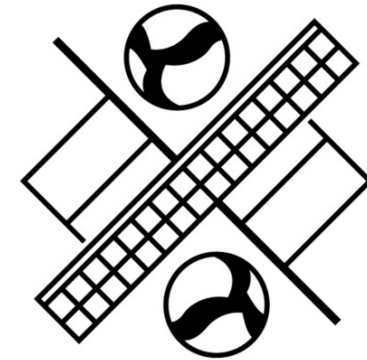


Les neuropathies focales associées à la pratique sportive se distinguent par des mécanismes lésionnels spécifiques

- par **traction/étirement** : nerfs suprascapulaire, thoracique long et ulnaire au coude
 - dans le **tennis** et le **volley-ball**
- par **compression** : nerfs ulnaire et médian au poignet
 - dans le **cyclisme** et le **handisport en fauteuil roulant**
- celles associées directement ou indirectement (ischémie) à l'**hypertrophie musculaire** : nerf axillaire et plexus brachial inférieur
 - dans la **natation** et l'**haltérophilie**

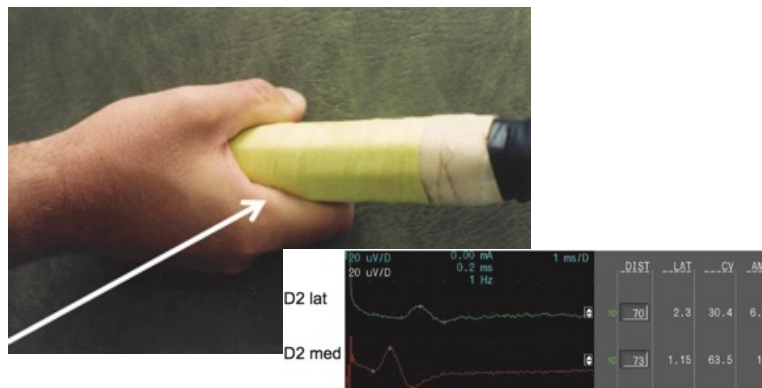
Tennis et Volley-ball

- *repetitive overhead activities*, notamment lors du service et du smash
- grande mobilité, dans les trois plans de l'espace, de l'articulation gléno-humérale
- **l'épaule**, avec ses mouvements d'amplitude et de vitesse d'exécution extrêmes, est une région à risque (autres régions à risque : poignet et pied)
- => microtraumatismes nerveux répétés par **étirement**
 - **nerf suprascapulaire**
 - **nerf thoracique long**
 - **nerf ulnaire au coude**



Tennis

- **nerf médian** au poignet (syndrome du canal carpien)
- **nerf médian** au coude (syndrome du *pronator teres*)
- **nerf radial** au bras (entre le chef vaste latéral du muscle *triceps brachii* et l'humérus)
- **nerf radial** au coude (syndrome du tunnel radial)
- **syndrome du défilé cervico-brachial**
- **nerf cutané antébrachial latéral de l'avant-bras** (conflit avec l'aponévrose du muscle *biceps brachii* lorsque le coude est en extension et l'avant-bras en pronation)
- **neuropathie digitale** (conflit entre une branche collatérale sensitive des doigts et le manche de la raquette).



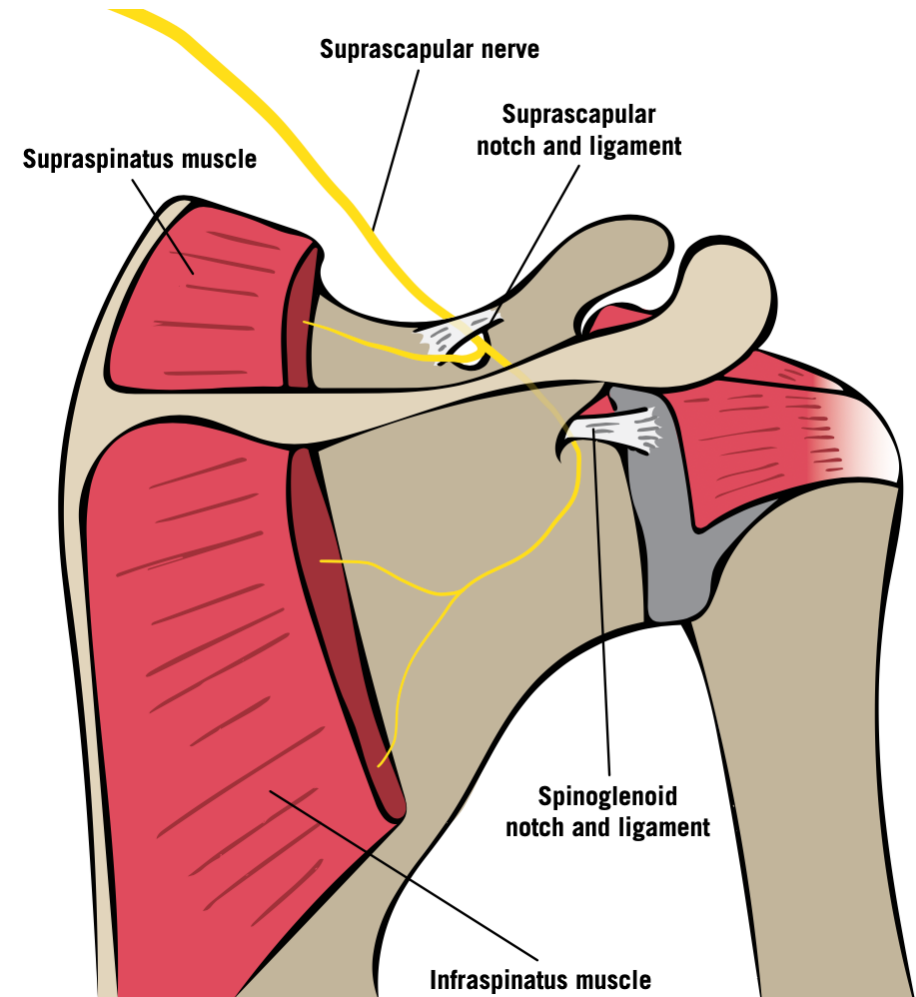
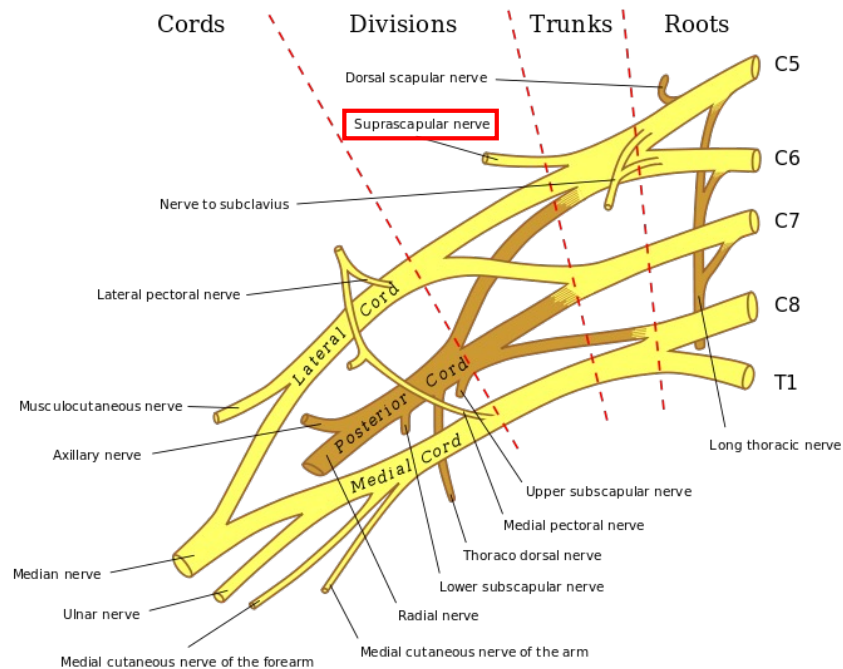
Volley-ball

- **branche sensitive distale du nerf radial** (chocs répétés du ballon sur le bord radial du poignet)



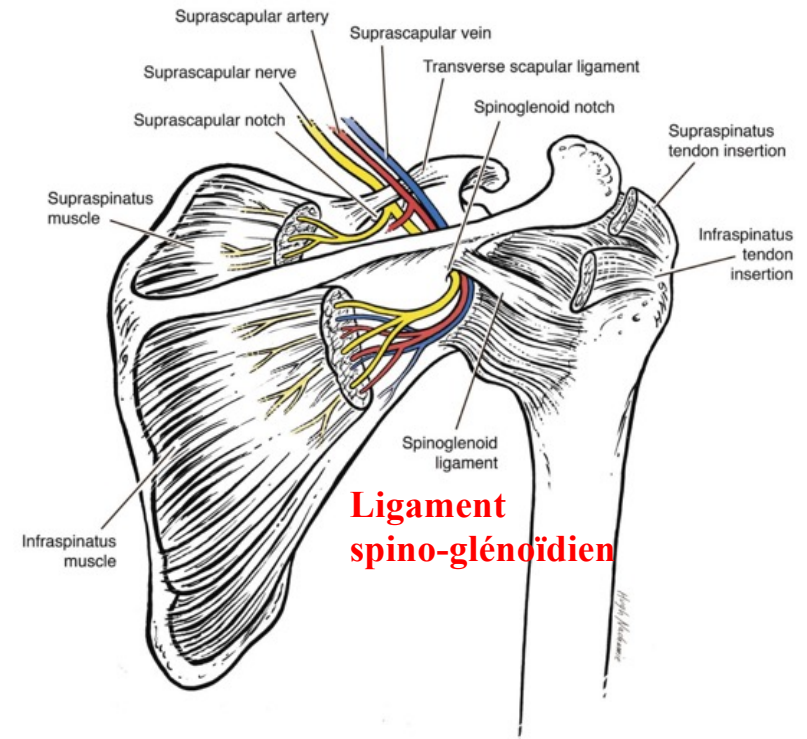
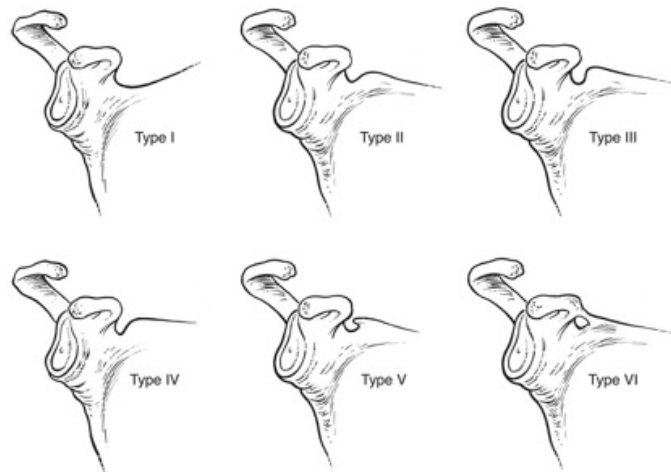
Nerf suprascapulaire

- Le nerf suprascapulaire (NSS) est issu du tronc supérieur du plexus brachial qui est lui-même formé par les racines C5 et C6.
- En dehors de rameaux sensitifs articulaires, le NSS est principalement moteur



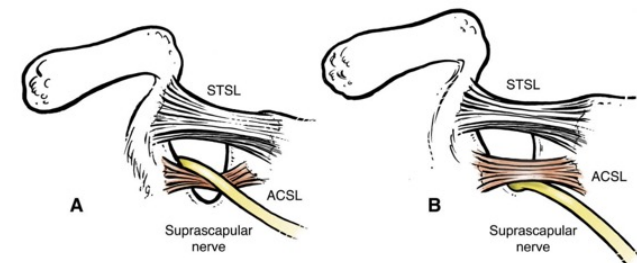
Nerf suprascapulaire

- Après son passage par l'**échancrure coracoïdienne** au bord supérieur de la *scapula* (fermée par le **ligament coracoïdien**), il abandonne une branche motrice pour le muscle *supraspinatus* (initiateur de l'abduction du bras)
- Ensuite, le nerf franchit le **défilé spino-glénoïdien** (fermé de façon inconstante par le **ligament spino-glénoïdien**)
- Il subit une angulation interne à 90° et se termine en branche motrice du muscle *infraspinatus* (rotateur externe).



Ligament spino-glénoïdien

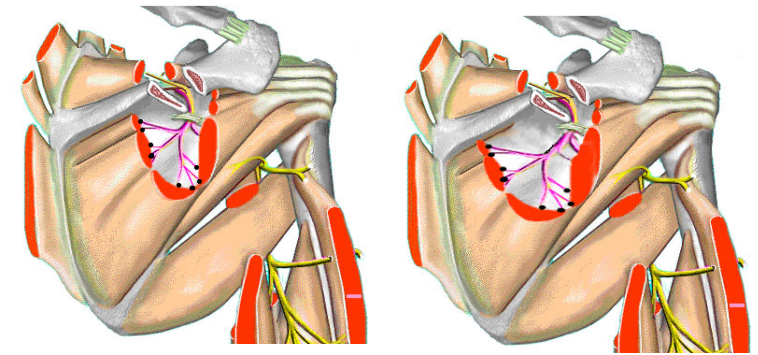
Ligament scapulaire transverse supérieur



Ligament coracoscapulaire antérieur

Plusieurs mécanismes microtraumatiques:

- la **compression/irritation** nerveuse au niveau de l'échancrure coracoïdienne et du ligament coracoïdien
 - particulièrement lors de l'abaissement violent de la ceinture scapulaire
- une **composante ischémique**
 - notamment à hauteur du défilé spino-glénoïdien
- un **étirement** du nerf entre ses différents points de passages peu mobiles:
 - origine cervico-brachiale
 - échancrure coracoïdienne
 - défilé spino-glénoïdien et le muscle *infraspinatus*

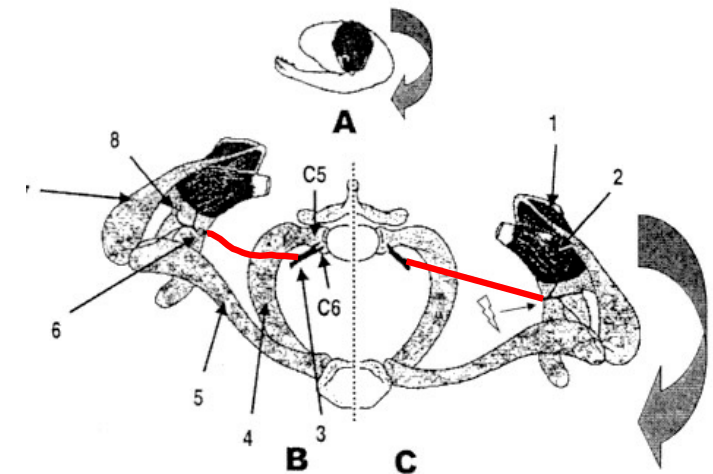


et le muscle *infraspinatus* dont la contraction excentrique est elle-même source de traction nerveuse.

Trois types de mouvement:

- la **répulsion horizontale du bras associée à une rotation externe**
 - phase initiale du service
- l'**antépulsion du moignon de l'épaule associée à une rotation interne du bras**
 - phase terminale du service et du smash
- l'**adduction horizontale du bras**
 - revers au tennis

Il n'est pas rare qu'un **kyste arthro-synovial spino-glénoïdien** ajoute un élément compressif.



Il n'est pas rare qu'un kyste arthro-synovial spino-glénoïdien ajoute un élément compressif.

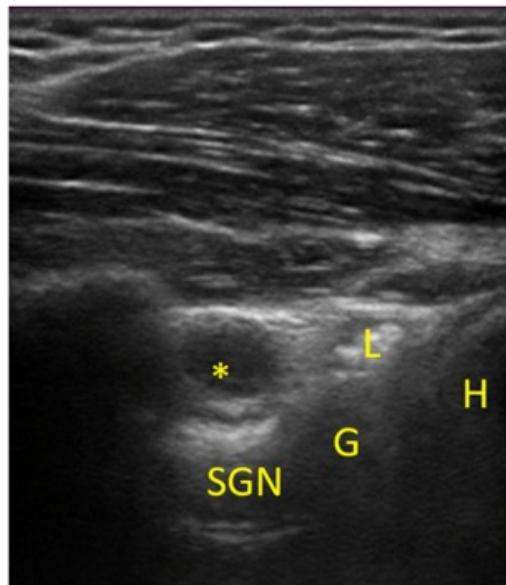


FIGURE 3 Sonographic appearance of a spinoglenoid cyst (*) relative to the humerus (H), glenoid (G), and spinoglenoid notch. The hypoechoic fluid of the cyst with the hyperechoic posterior acoustic enhancement beneath and the hyperechoic glenoid labrum (L) just distal to the cyst.



FIG. 3-A



FIG. 3-B

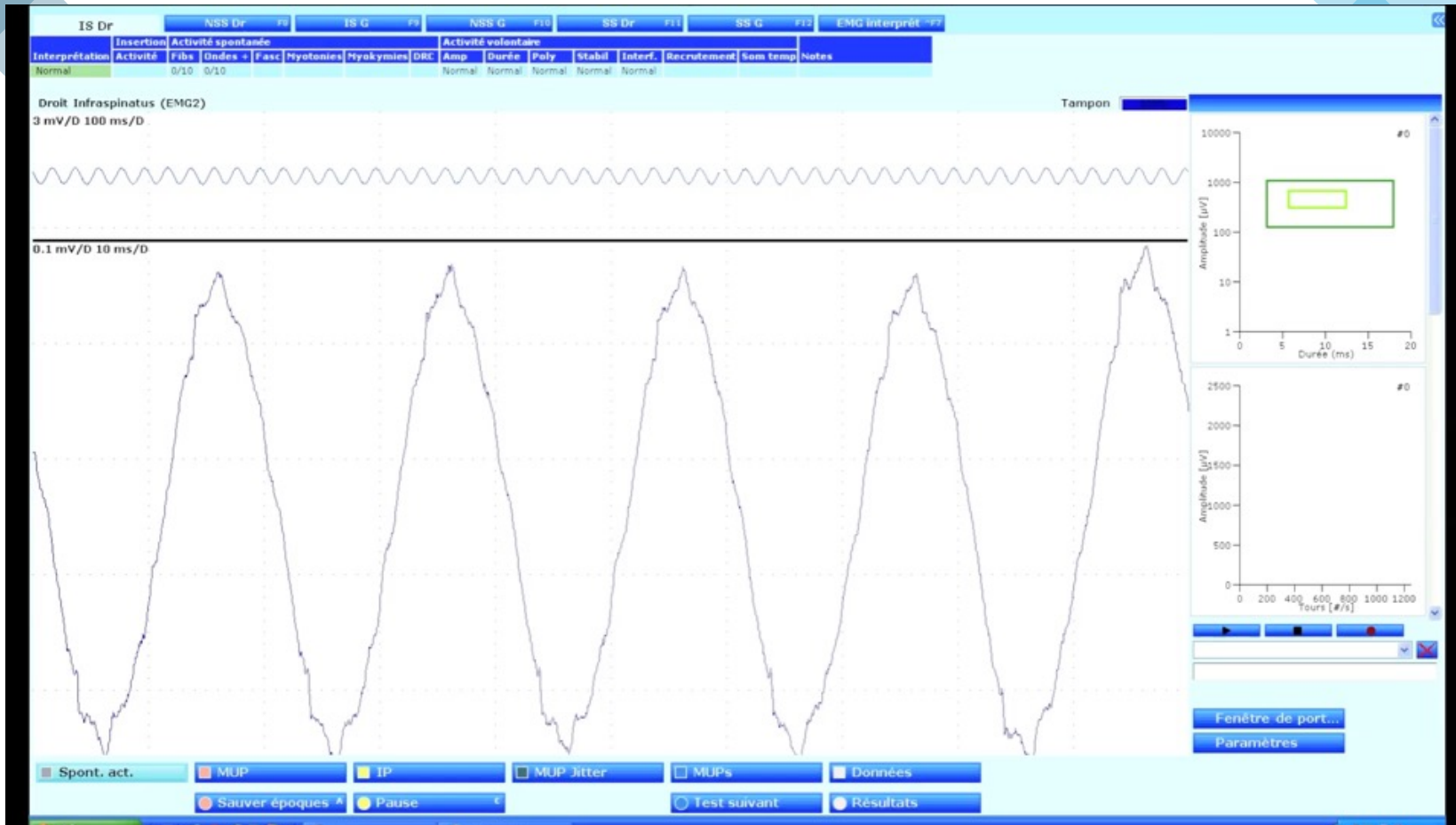
Figs. 3-A and 3-B: Coronal and axial T2-weighted magnetic resonance images of the right shoulder, demonstrating a ganglion cyst (arrow) in the region of the spinoglenoid notch. The cyst appears to be originating from the posterosuperior aspect of the glenohumeral joint.

- l'incidence de l'amyotrophie de l'*infraspinatus* est élevée
 - un tiers des volleyeurs
 - la moitié des joueurs de tennis du côté dominant
- le déficit moteur n'est pas systématique, le nerf axillaire compensant le déficit d'abduction du bras (muscle *deltoideus*) et de rotation externe (muscle *teres minor*)
- une douleur sourde, parfois lancinante, à prédominance nocturne, à la face postéro-latérale de l'épaule est souvent rapportée
- deux manœuvres réveillent électivement cette douleur scapulaire:
 - la pression profonde rétro-claviculaire à hauteur de l'échancrure coracoïdienne (**signe de la sonnette**)
 - la mise en adduction horizontale croisée du bras devant le thorax (**test de Koppel et Thompson**)



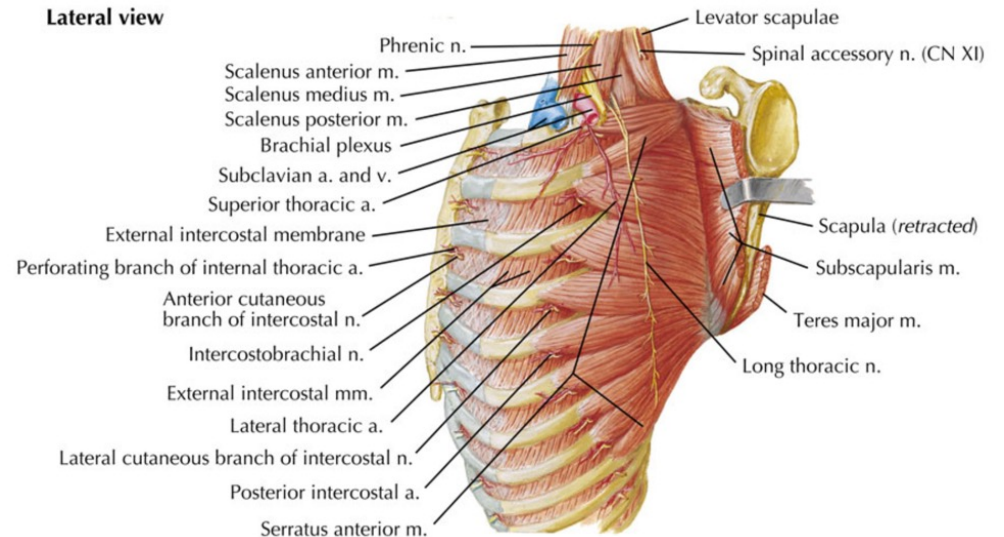
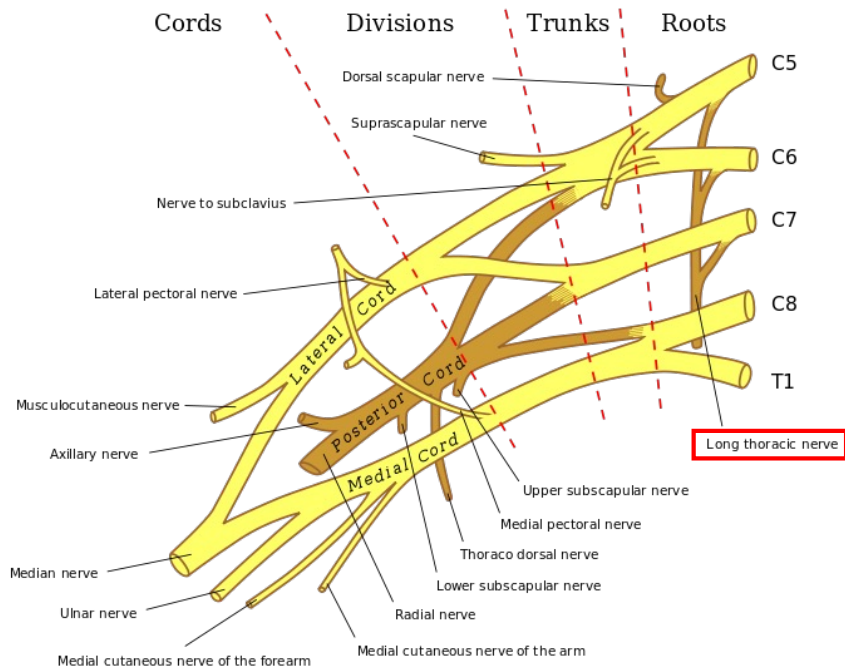
**Anamnèse très différente du
Syndrome de **Parsonage & Turner****





Nerf thoracique long

- Le nerf thoracique long est issu des branches ventrales des 5-7^{èmes} nerfs rachidiens cervicaux juste proximale par rapport aux troncs du plexus brachial

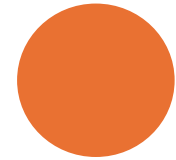


- Il innerve exclusivement le muscle *serratus anterior* qui stabilise la *scapula* en permettant le glissement de celle-ci contre le grill costal lors des mouvements d'élévation du bras
- Le TL est **gracile et long** (16-20 cm), ce qui le rend vulnérable lors de son étirement entre son **point proximal fixe** (passage à travers le muscle *scalenus medius*) et l'abord du faisceau supérieur du muscle *serratus anterior*

Nerf thoracique long

Lors du service et du smash:

- la scapula décrit un mouvement de sonnette très rapide et de grande amplitude
- le moignon de l'épaule passe d'une rétropulsion forcée à une antépulsion maximale => le TL subit un étirement dans ces deux positions extrêmes
- la traction exercée sur le nerf est encore accrue lors du service au tennis lorsque **la tête du joueur est tournée et infléchie latéralement en direction opposée au bras dominant**

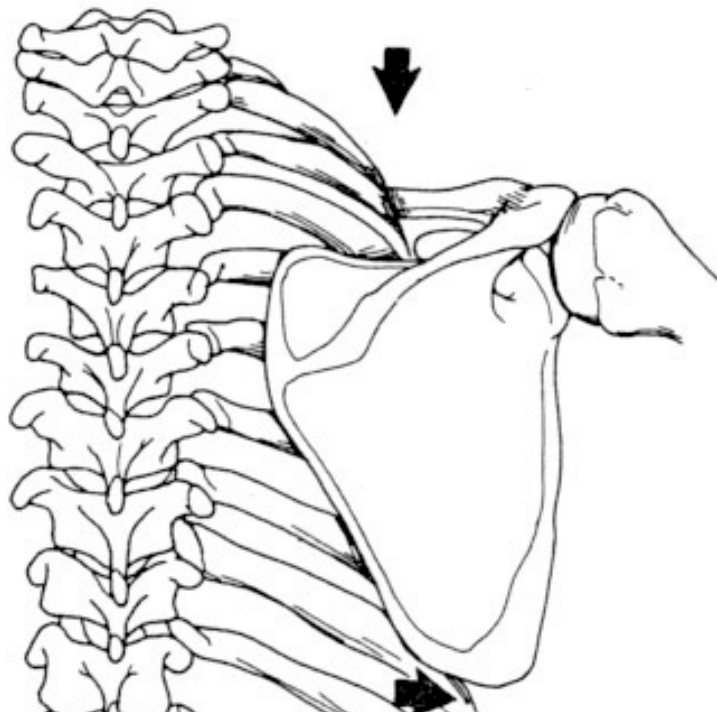


Nerf thoracique long

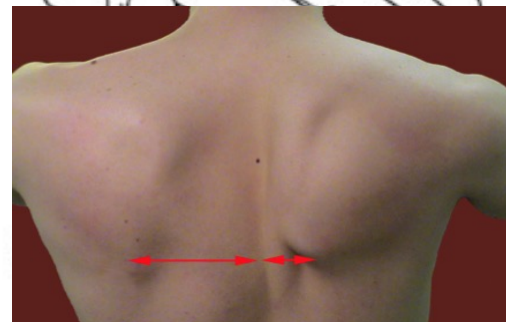
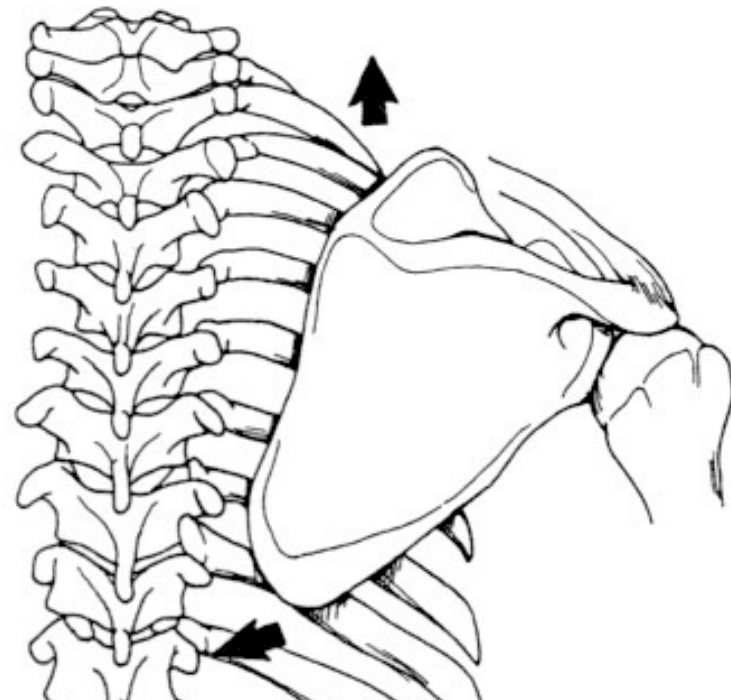
- dans les cas sévères, l'élévation latérale ou antérieure du bras est impossible au-delà de 60-90°.
- dans des situations moins sévères, c'est le décollement de la *scapula*, qui intrigue ou inquiète le patient et son entourage



Lésion du n. spinal



Lésion du n. de Charles Bell



Droit Thoracique long
Thorac longus
Stm.: Axillaire
SmV/D
Sms/D

0.0mA 0.2ms 1.0Hz

Serratus ant
EMG1

Grand dorsal (aiguille)
EMG2

Axillaire - Serratus ant
Erb - Serratus ant

Droit Moteur Thorac longus | Serratus ant

Sites	Lat [ms]	Amp [mV]	Dur [ms]	Area [ms*mV]	Stim [mA]

Segments

Segments	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [%]	Dur [%]	Area [%]

Droit Moteur Thorac longus | Serratus ant (aiguille)

Sites	Lat [ms]	Amp [mV]	Dur [ms]	Area [ms*mV]	Stim [mA]

Segments

Segments	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [%]	Dur [%]	Area [%]

Droit Moteur Thorac longus | Grand dorsal (aiguille)

Sites	Lat [ms]	Amp [mV]	Dur [ms]	Area [ms*mV]	Stim [mA]

Segments

Segments	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [%]	Dur [%]	Area [%]

Historique

- Moyenne
- Afficher tout
- Afficher les plus récents 5
- Déplacement auto. vers historique

Nouveau Site

Effacer

Autre côté

Données CN

Afficher avec Minuterie

Gauche

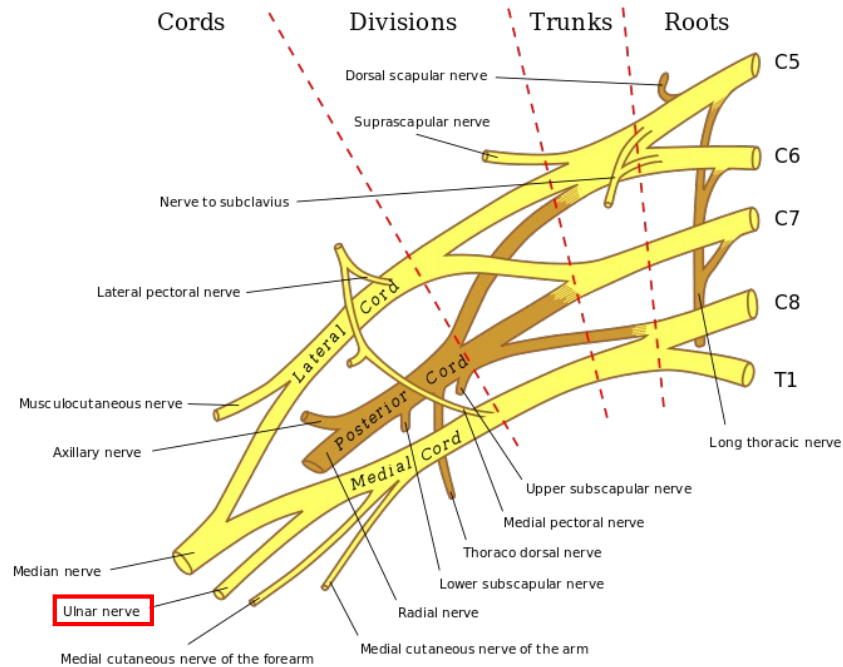
Nouveau nerf

Superposer

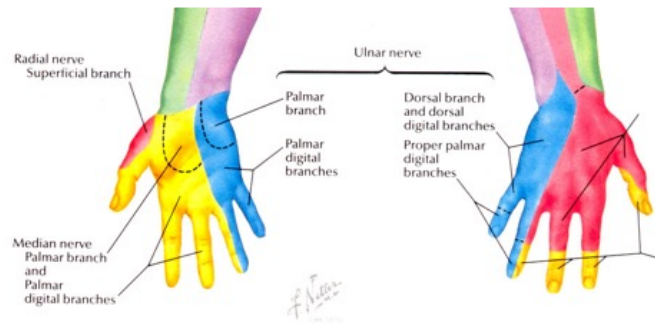
Paramètres

Nerf ulnaire au coude

- Le nerf ulnaire a pour origine le faisceau médial et le tronc inférieur du plexus brachial, ainsi que les racines cervicales C8 et D1



Nerf ulnaire au coude



- le territoire cutané sensitif est assuré par les branches cutanées dorsale (partie médiale de la face dorsale de la main) et palmaire (partie médiale de la paume) qui se dégagent à l'avant-bras et, après le passage du nerf ulnaire dans le canal de Guyon, par la branche terminale superficielle (R5 et moitié médiale de R4).
- concernant la motricité de la main, la contribution du nerf ulnaire est majeure
 - muscles hypothénariens
 - interosseux dorsaux et palmaires
 - lombricaux,
 - adducteur du pouce

Nerf ulnaire au coude

Dans le contexte sportif, l'atteinte du nerf ulnaire au coude provient :

- des mouvements répétés de flexion/extension
- de l'exagération du valgus dynamique du coude lors de la flexion
- de l'hypermobilité du nerf ulnaire (subluxation/luxation) favorisée par l'hypertrophie du chef vaste médial du muscle *triceps brachii*

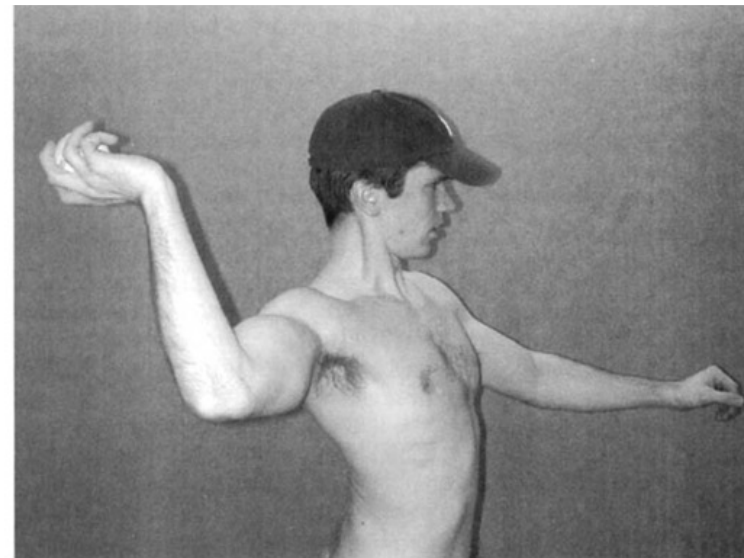
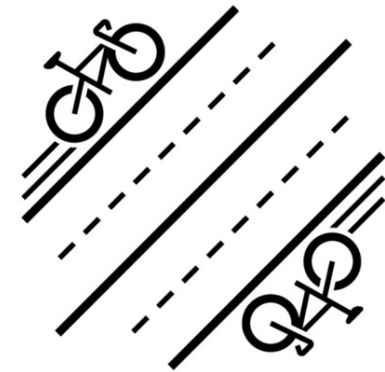


Figure 6. Late cocking. Valgus stress and tension overloading of the medial elbow joint seen. (Courtesy of R. J. Bruno, MD, New York, NY.)

Cyclisme et Handisport (fauteuil roulant)



- Les appuis prolongés du poignet et/ou de la paume sur le guidon expliquent l'incidence élevée des syndromes du canal carpien et du canal de Guyon observée chez les cyclistes
- Une étude de cohorte portant sur 14 cyclistes (28 mains), ayant bénéficié d'un bilan électroneuromyographique (ENMG) avant et après une course de 6 jours (650 km) a montré :
 - aggravation de 3 syndromes du canal carpien
 - un nouveau syndrome du canal carpien après la course
 - un allongement significatif, après la course, de la latence distale motrice de la réponse évoquée sur le muscle 1^{er} interosseux dorsal

=> microtraumatismes nerveux répétés par **compression**

- **nerf médian au poignet**
- **nerf ulnaire au poignet**

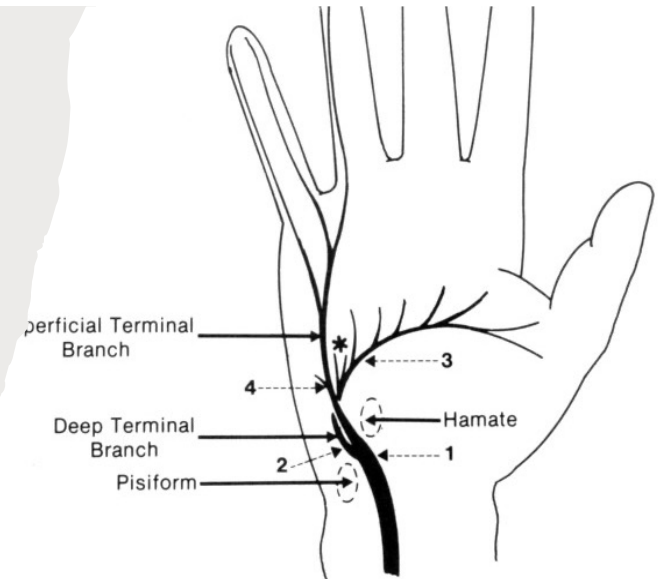
- Dans le handisport en fauteuil roulant, ce sont les **mouvements répétés**, notamment de flexion/extension des poignets, qui expliquent l'incidence élevée de ces neuropathies



Nerf ulnaire au poignet

Le syndrome du canal de Guyon se décline en cinq tableaux distincts selon le site de compression:

- allant de l'atteinte complète
 - branche hypothénarienne
 - branches terminales superficielle et profonde
- à l'atteinte isolée de la branche motrice profonde



D Syndrome du canal de Guyon

E Branche motrice profonde

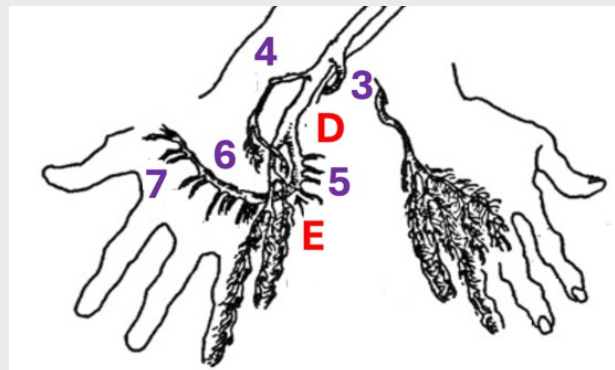
3 branche cutanée dorsale

4 branche cutanée palmaire

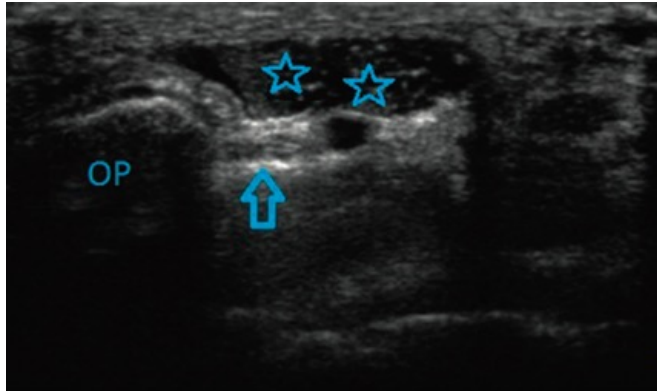
5 branches hypothénariennes

6 branche motrice profonde

7 n. du 1^{er} *interosseus* dorsal et
n. du 1^{er} *interosseus* palmaire



Nerf ulnaire au poignet



Ryc. 4. Nerw łokciowy na poziomie kanału Guyona (strzałka), dodatkowy odwodzielnik palca V (gwiazdki), OP – kość grochowata

Fig. 4. Ulnar nerve at the level of Guyon's canal (arrow), accessory abductor digiti minimi muscle (asterisks), OP – pisiform bone

Le mécanisme de compression du nerf par l'appui du poignet ou de la paume sur le guidon est souvent associé à une compression par un **kyste arthro-synovial**, qu'il ne faut pas oublier de rechercher par imagerie

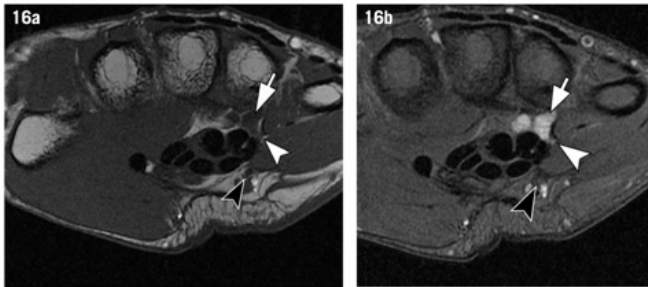
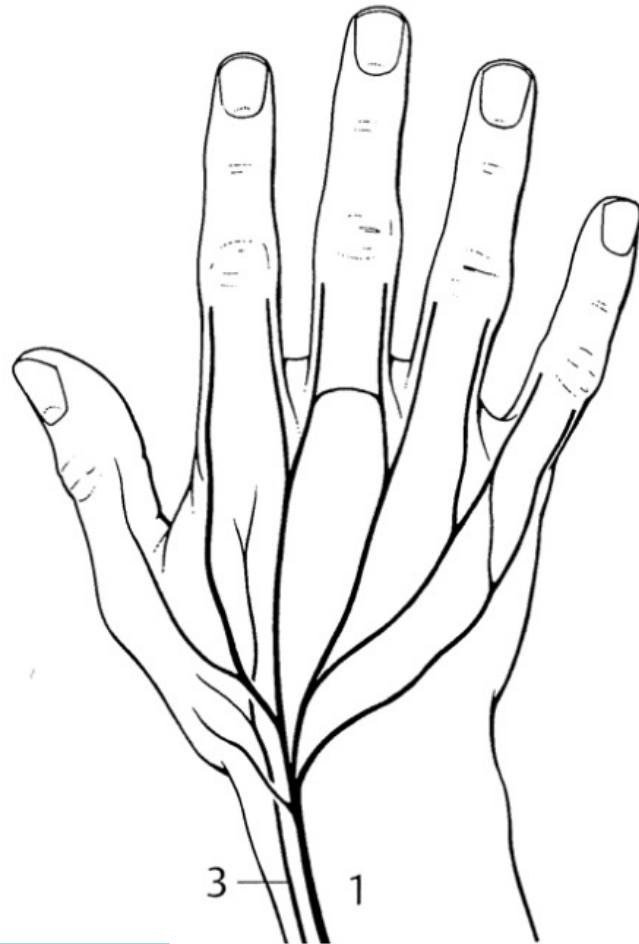


Figure 16: Ulnar nerve entrapment at the wrist. Axial T1-weighted (a) and T2-weighted fat-suppressed (b) images of the wrist. There is a cyst (arrow) compressing the deep branch of the ulnar nerve (white arrowhead). The superficial branch of the ulnar nerve is normal (black arrowhead).

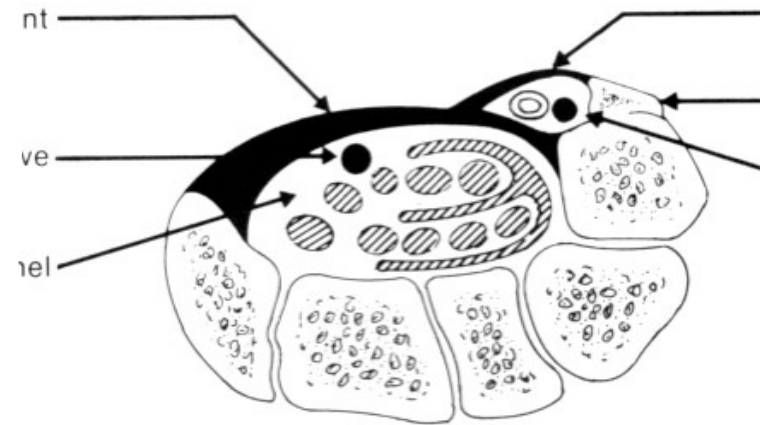
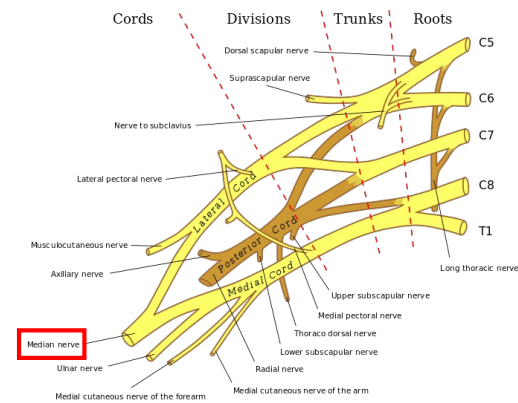
Syndrome du canal de Guyon



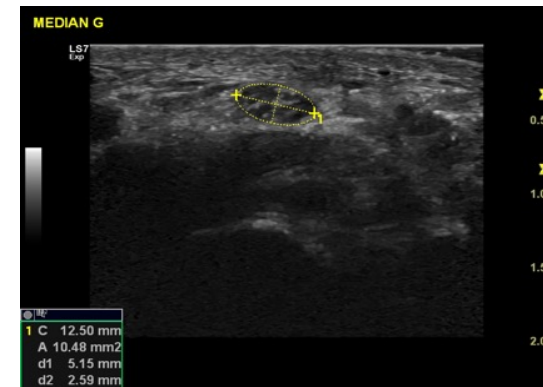
- le diagnostic clinique et ENMG n'est pas toujours facile
- il faut se souvenir que la composante sensitive se limite à R4R5
- en ENMG, le ralentissement focal de la conduction nerveuse est parfois discret et la perte axonale à la main n'a pas de valeur localisatrice.
- lors d'une atteinte au poignet, l'exploration de la branche cutanée dorsale de la main doit être normale
- néanmoins, au vu de la distribution somatotopique des fibres nerveuses, la réponse sensitive peut être préservée en cas d'atteinte au coude
- il en est de même pour les fibres motrices innervant le muscle *flexor carpi ulnaris* qui peuvent être épargnées
- par ailleurs, l'absence de réponse dans le territoire de la branche cutanée dorsale, évocatrice d'une neuropathie ulnaire au coude, est parfois liée à une variante anatomique où le territoire médial de la face dorsale de la main est pris en charge par le nerf radial

Nerf médian au poignet

- Le nerf médian se forme à partir du faisceau médial (racines C8-D1) et du faisceau latéral (racines C5-C7) du plexus brachial.
- Le syndrome du canal carpien chez le sportif est parfois en relation avec le dopage
- L'auto-administration d'**hormone de croissance recombinante** est citée dans ce cadre ou dans celui d'une neuropathie avec enclavements nerveux multiples, en relation avec une hypertrophie osseuse et des tissus mous



Nerf médian au poignet



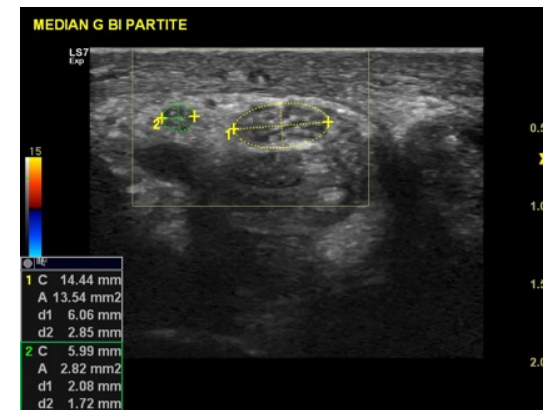
Absence de sensitive,
LDM = 13 ms



Absence de neuropathie

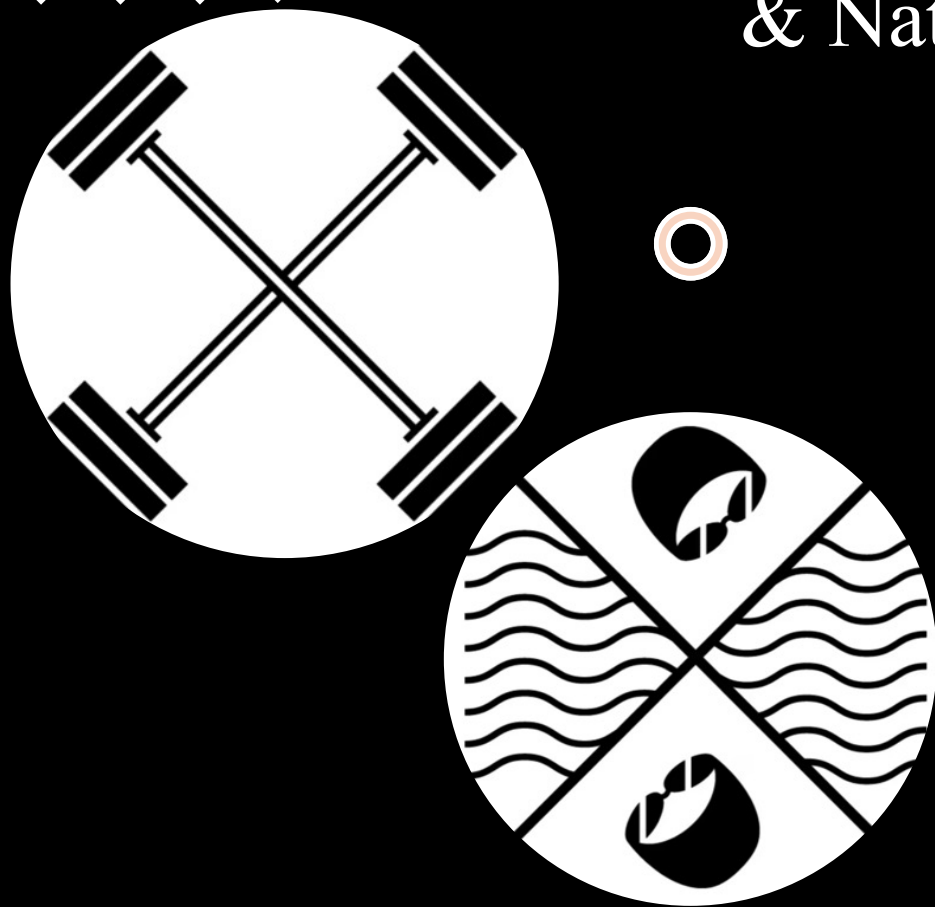


Absence de sensitive,
LDM = 6,7 ms



Absence de sensitive,
LDM = 6,1 ms

Haltérophilie/*Body Building* & Natation



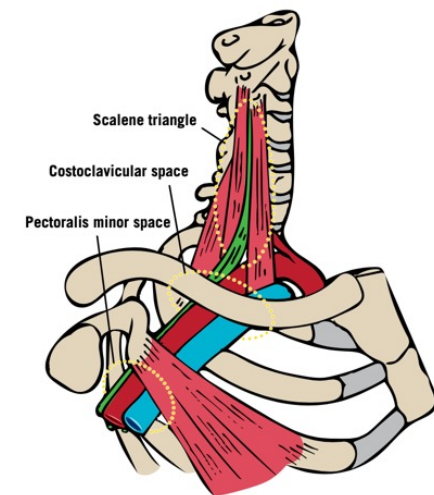
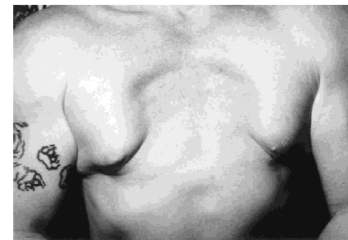
L'**hypertrophie musculaire** peut par elle-même être responsable de microtraumatismes nerveux soit directement, soit indirectement via une compression vasculaire induisant une **composante ischémique**

=> microtraumatismes nerveux répétés par **compression/ischémie**

- **nerf axillaire** (quadrilatère de Velpeau)
- **plexus brachial inférieur**

Hypertrophie musculaire

- une hypertrophie du chef vaste médial du **triceps brachii** => hypermobilité du **nerf ulnaire** au coude
- Une hypertrophie du muscle **pectoralis minor** peut
 - comprimer le **nerf pectoral médial** et induire une atrophie de la portion sternale du muscle *pectoralis major*
 - favoriser un syndrome de compression proche du **défilé cervico-brachial** neurologique
- L'hypertrophie du muscle **teres major** peut entraîner une compression du **nerf radial** dans l'espace triangulaire huméro-tricipital



Nerf axillaire

- le nerf axillaire est issu du faisceau postérieur et du tronc supérieur du plexus brachial qui est lui-même formé par les racines C5 et C6
- le nerf, accompagné par l'artère circonflexe postérieure, traverse l'espace quadrilatère de Velpeau, abandonne une branche motrice pour le muscle *teres minor*, puis le nerf cutané latéral supérieur du bras, il contourne ensuite le col chirurgical de l'humérus et se termine par les trois rameaux d'innervation du muscle *deltoideus*

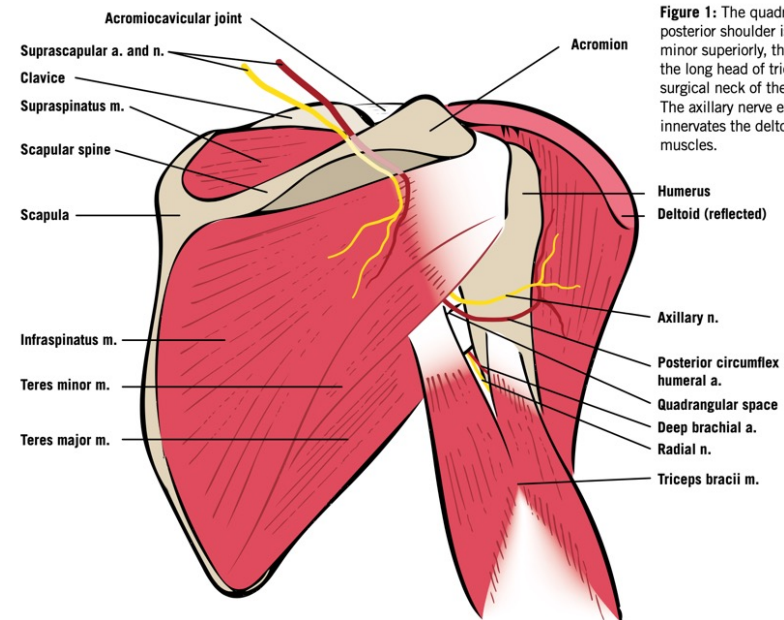
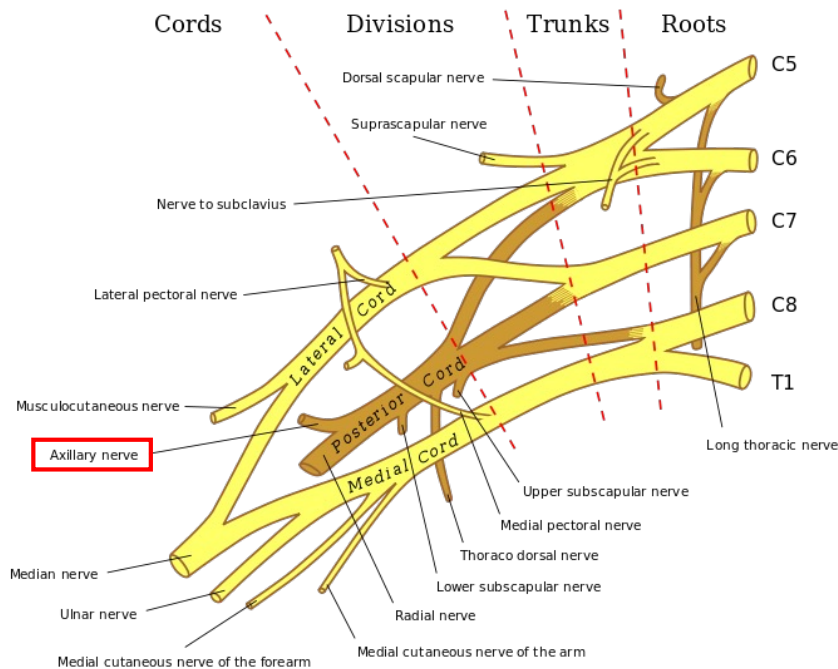


Figure 1: The quadrangular space of the posterior shoulder is bounded by the teres minor superiorly, the teres major inferiorly, the long head of triceps medially, and the surgical neck of the humerus laterally. The axillary nerve exists the QS To The innervates the deltoid and teres minor muscles.

Nerf axillaire (vue latérale)

A Espace quadrilatère de Velpeau

B Col chirurgical de l'humérus

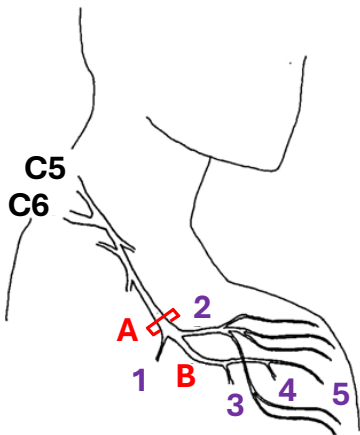
1 n. du muscle *teres minor*

2 n. cutané latéral supérieur du bras

3 n. du chef postérieur du muscle *deltoideus*

4 n. du chef moyen du muscle *deltoideus*

5 n. du chef antérieur du muscle *deltoideus*



- en dehors de l'hypertrophie musculaire, l'espace quadrilatère peut être occupé par des bandes fibreuses, un kyste ou tout autre processus tumoral
- le déficit moteur en abduction et rotation externe est accompagné de paresthésies à la face latérale de l'épaule

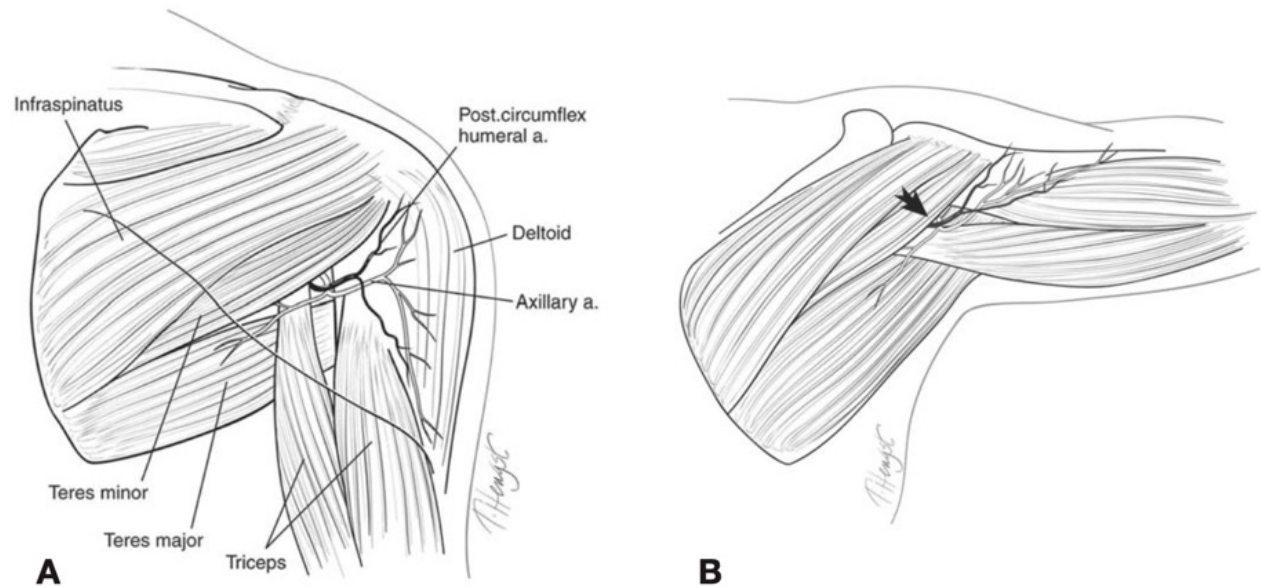
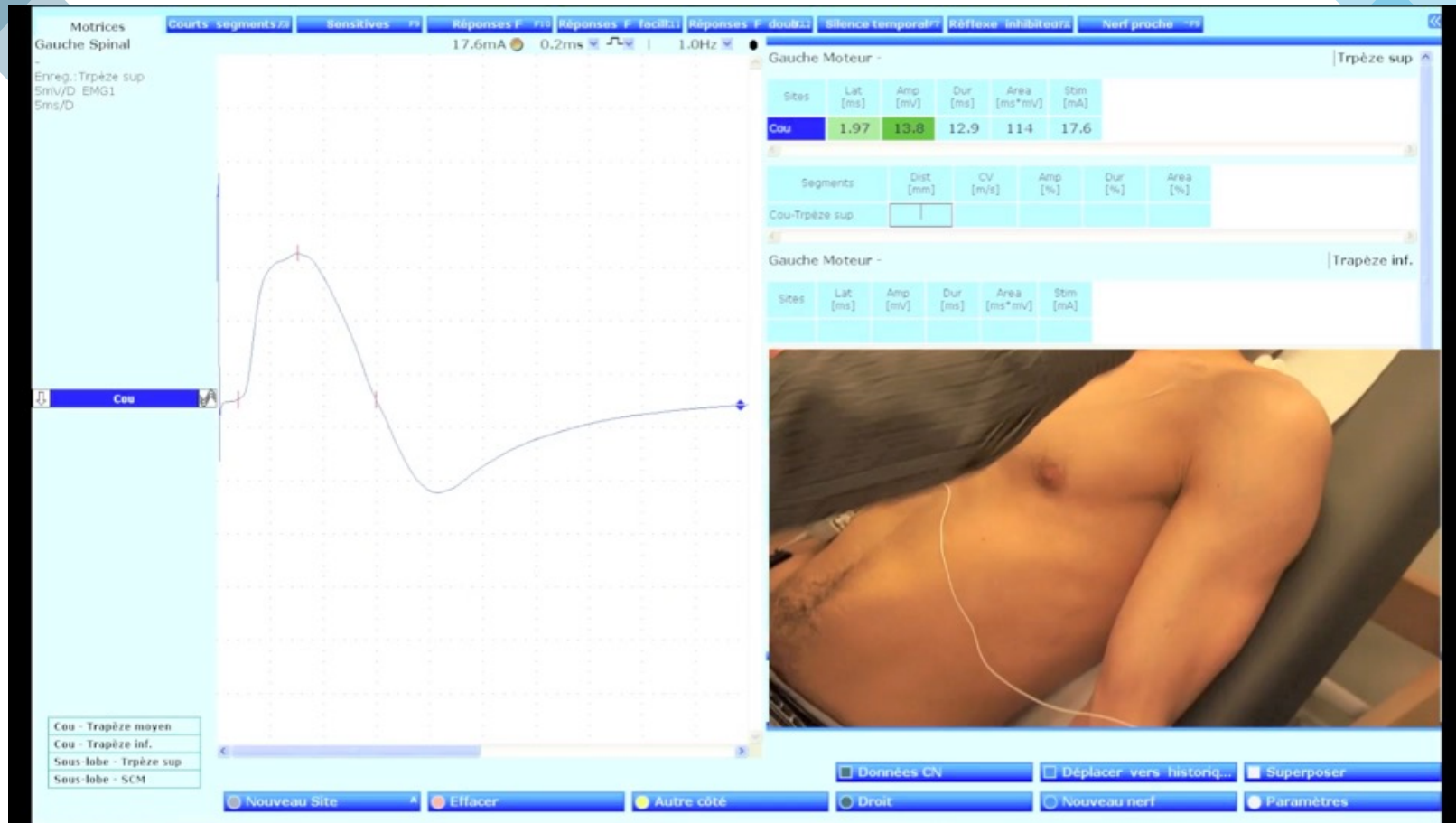
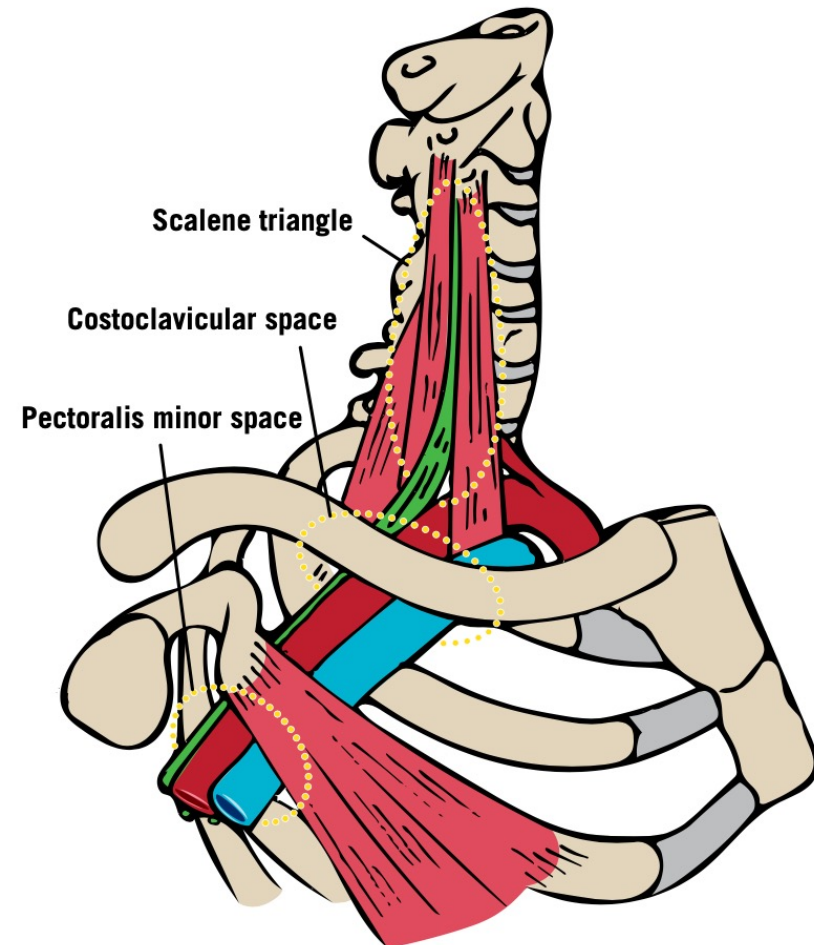
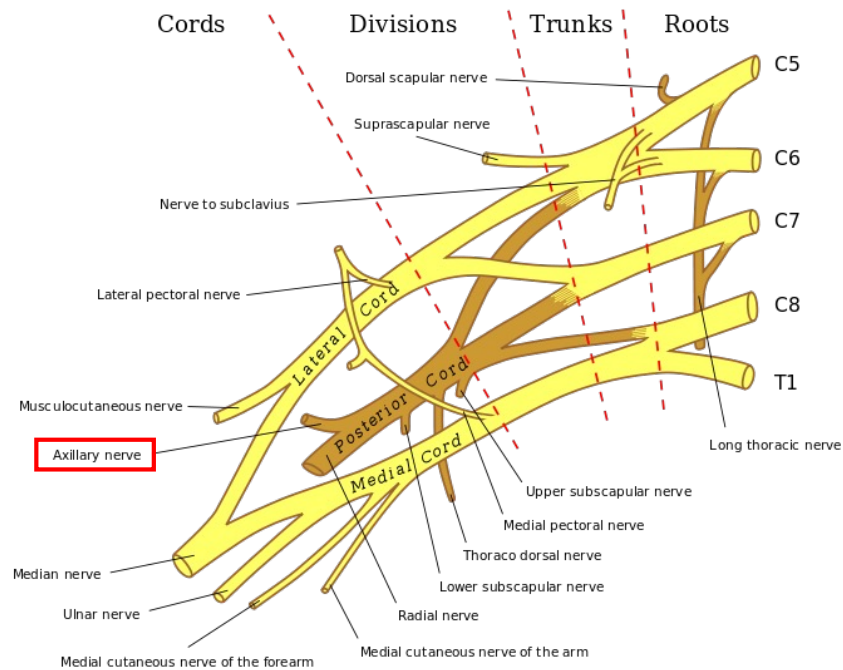


Figure 9. Quadrilateral space entrapment, posterior view of shoulder. A, with the arm in adduction or at the side, there is no compression of the axillary nerve and posterior circumflex humeral artery; B, a proposed mechanism of intermittent compression of the nerve and artery as a result of shearing and closing down of the space by the teres major and teres minor.



Plexus brachial inférieur

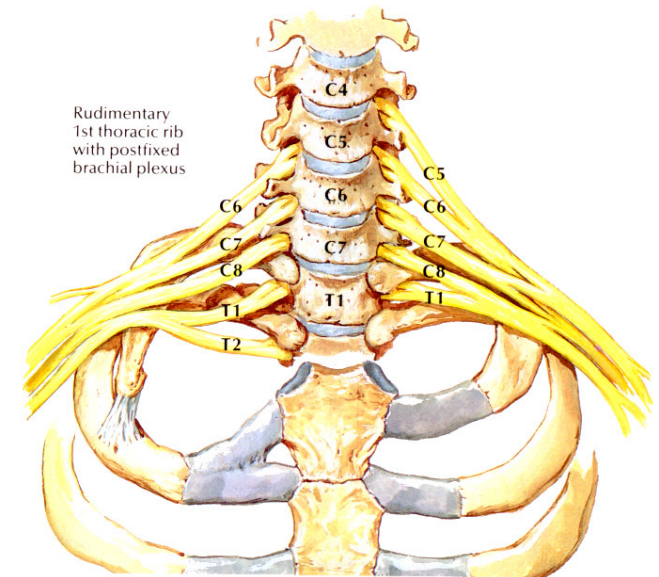
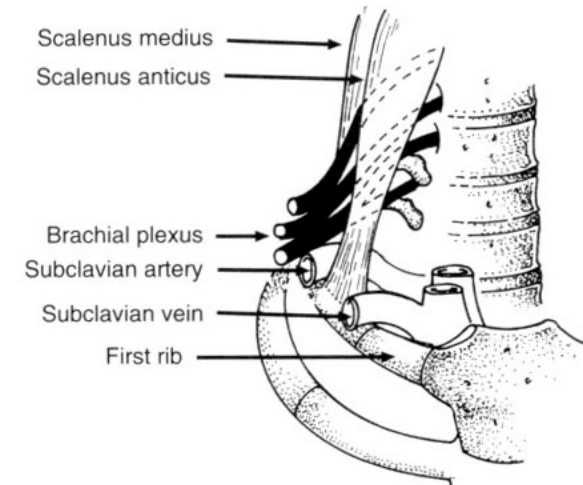
- l'espace interscalénique et celui situé en arrière du muscle *pectoralis minor* constituent des zones de conflit potentielles avec le plexus brachial inférieur.



Plexus brachial inférieur

Les microtraumatismes nerveux liés au sport sont multifactoriels:

- l'**hypertrophie** musculaire
 - muscles scalènes
- les **mouvements répétés** en abduction et rotation externe de l'épaule (mouvements de lancer)
- présence de **bandes fibreuses** ou d'une **anomalie osseuse** bien visible à la radiographie standard
 - côte cervicale,
 - apophysomégalie transverse de C7
- le développement asymétrique de la musculature respiratoire accessoire, dont les muscles *scaleni*, est incriminé dans la survenue d'un **syndrome du défilé cervico-brachial neurologique** chez le **nageur de crawl**

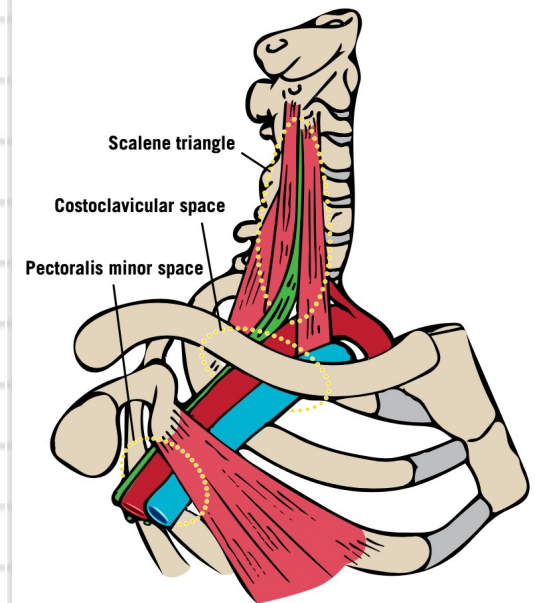


Plexus brachial inférieur

- le déficit moteur prédomine dans le territoire des muscles thénariens
- le déficit et les plaintes sensibles se situent au bord interne du membre supérieur dans le territoire du nerf ulnaire et surtout du nerf cutané antébrachial médial
- En ENMG, la perte axonale sensitive dans ce territoire est très évocatrice



	TOS	SCC	C8	Ulnaire coude
Réd. Ampl PEM C.Abd.I	Oui +++	Oui	Oui	Non
Réd. Ampl PEM Abd V	Non	Non	Oui	Oui
Réd. Ampl PEM 1er IO	Non	Non	Oui	Oui
Aug. LDM médian	Non	Oui	Oui/Non	Non
Aug. LDM ulnaire	Non	Non	Oui/Non	Non
Altération médian sensi.	Non	Oui	Non	Non
Altération ulnaire sensi.	Oui +	Non	Non	Oui
Altération BCI	Oui +++	Non	Non	Non
C.Abd.I neurogène +++	Oui +++	Oui	Oui	Non
Abd V et 1er IO neurogène	Oui ±	Non	Oui	Oui



Droit Médian mixte/Ulnaire mixte 0.0mA 0.1ms 3Hz

Médian/Ulnaire mixte
 0µV/D 10µV/D EMG1
 ms/D

Médian Poignet -
 Moy.:0 Rejets:0

Ulnaire Poignet -
 Ulnaire Poignet -

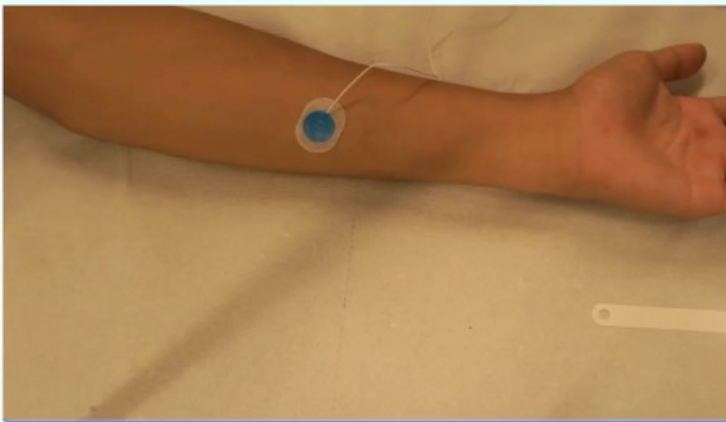
Droit Sensitif Médian/Ulnaire mixte

Sites	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [µV]	Lat [ms]	pLat [ms]	Area [ms*µV]	Stim [mA]	Temp [°C]

Imp. / pair

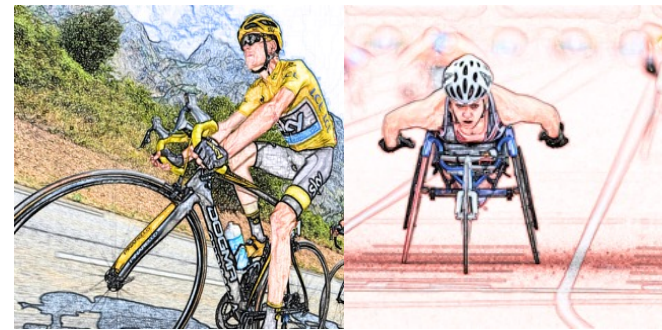
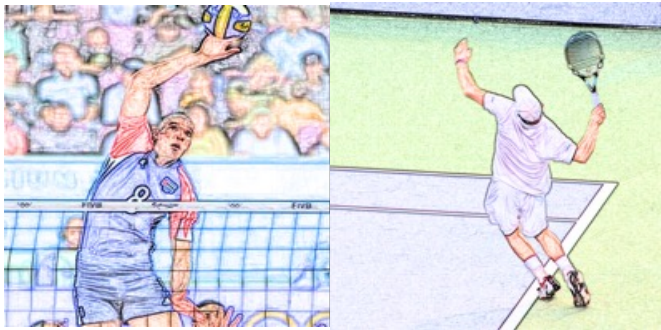
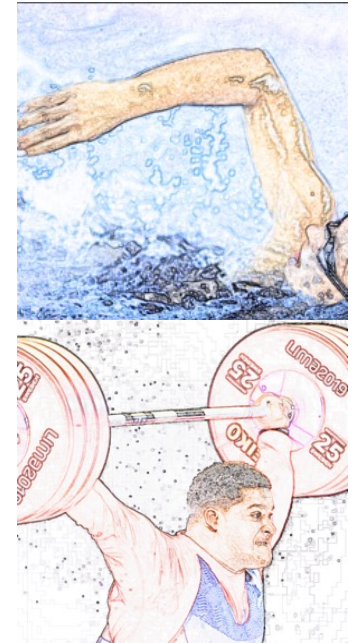
Lancer moyennur Sens. d'entrée Sensibilité du moy. Données CN Déplacer zone de sondage Superposer

Nouveau Site Effacer Autre côté Gauche Nouveau nerf Paramètres



Diagnostic et prise en charge des neuropathies focales associées au sport

- véritable prolongement de l'anamnèse et de l'examen clinique, l'évaluation fonctionnelle du système nerveux périphérique par **ENMG** s'impose
- il s'agit d'une part d'établir le diagnostic positif de la neuropathie, et d'autre part de faire le diagnostic différentiel
- l'étude électromyographique des muscles profonds est parfois facilitée par un **guidage échographique**
- **l'imagerie** (RX standard, IRM et échographie) constitue l'autre facette indispensable du bilan d'exploration
- **l'échographie** a de nombreux avantages (disponibilité et coût), dont la possibilité de réaliser un **examen dynamique**, ce qui prend toute son importance en pathologie sportive.



Diagnostic et prise en charge des neuropathies focales associées au sport

- sur le plan thérapeutique, un traitement conservateur est systématiquement privilégié (sauf si l'imagerie a révélé un élément compressif évident)
- la **kinésithérapie** et la **réadaptation fonctionnelle** jouent ici un rôle primordial :
 - soulager et relaxer l'athlète
 - renforcer, étirer et rééquilibrer la musculature
 - corriger et améliorer le geste sportif : **isocinétisme** et **évaluation tridimensionnelle du mouvement**
- contrôler la douleur et l'inflammation : voie médicamenteuse, **infiltrations** locales d'anesthésique ou de corticoïdes, celles-ci sont également parfois facilitées par un **guidage échographique**
- quand l'hypertrophie musculaire est l'élément compressif principal, des injections de **toxine botulique** peuvent être envisagées de façon itérative.

