



UNIVERSITÉ  
LIBRE  
DE BRUXELLES



# L'épaule

## Une simplicité tridimensionnelle

**Pr. Walid Salem (DO; PhD)**

**Université Libre de Bruxelles**

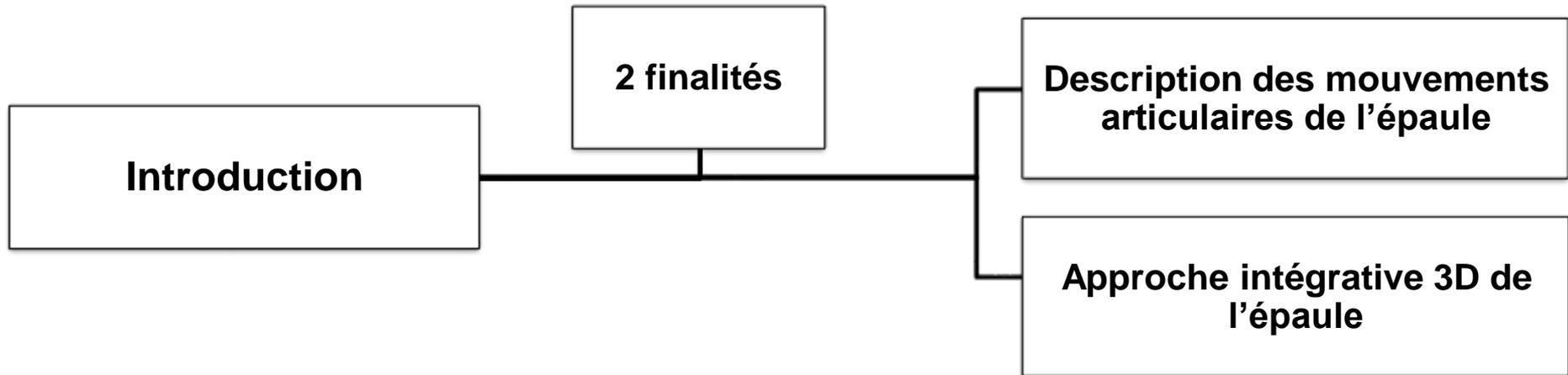
**Unité de Recherche et d'Enseignement d'Ostéopathie (URSO)**

# Pourquoi simplicité

?

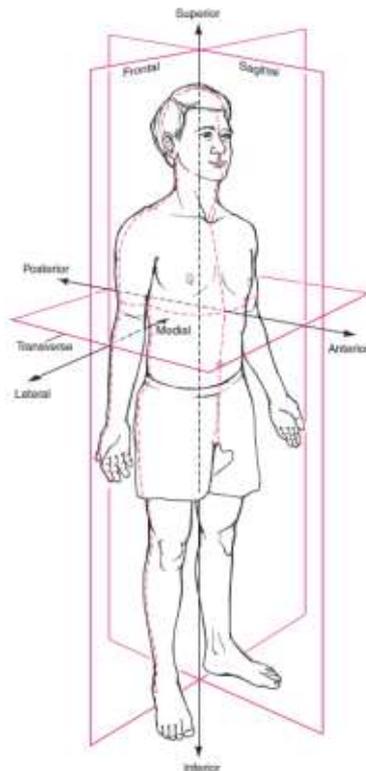
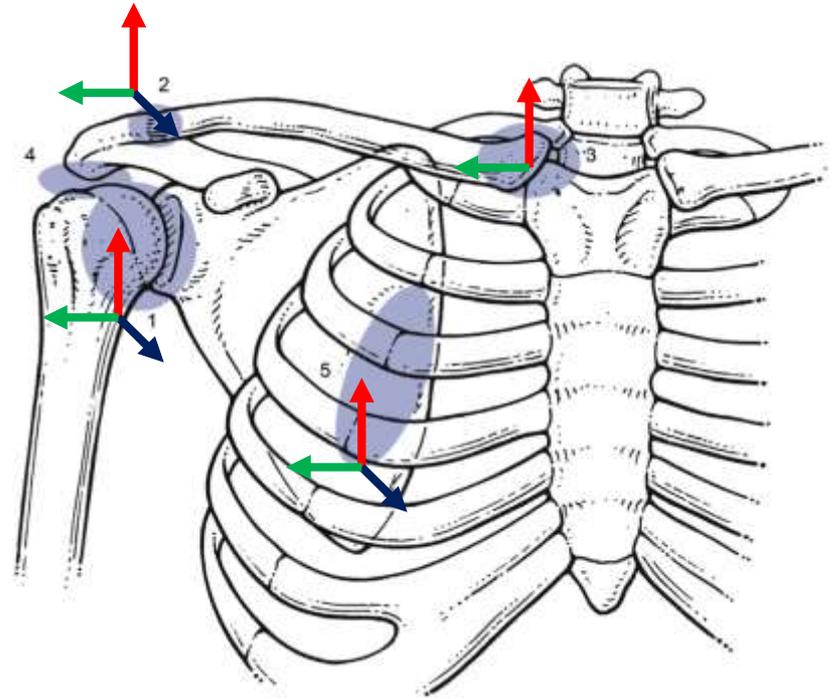
**Simplicité → ← Complexité**

# La simplicité de l'épaule



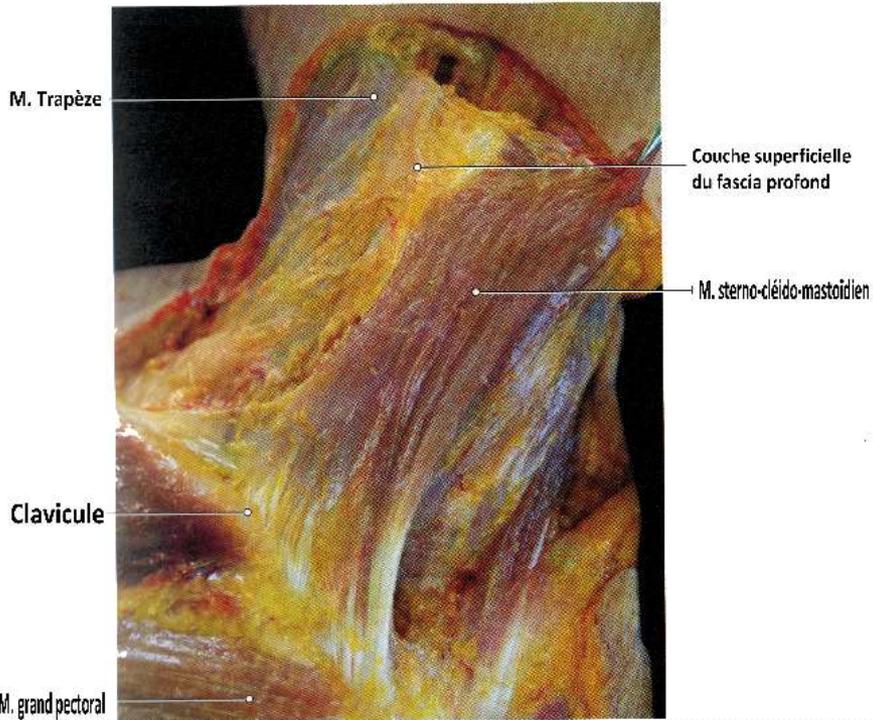
# Articulations 3! ou 4! ou 5! ou ...

1. Gléno-humérale - anatomique(énarthrose)
2. Acromio-claviculaire - anatomique (arthrodie)
3. Sterno-claviculaire - anatomique(en selle)
4. **Sous-acromiale – (espace clinique + fonctionnelle )**
5. Scapulo-thoracique - fonctionnelle (glissement )

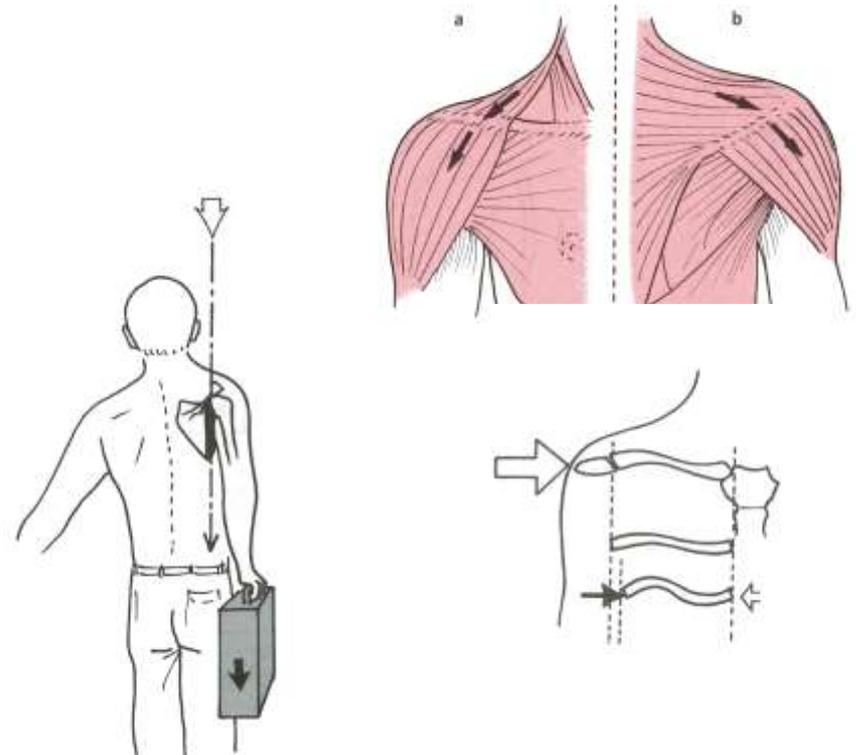


# Fonctions de la clavicule

## 1. Anatomique → insertion myofasciales → transmission des forces



C. STECCO, Atlas fonctionnel du système fascial humain

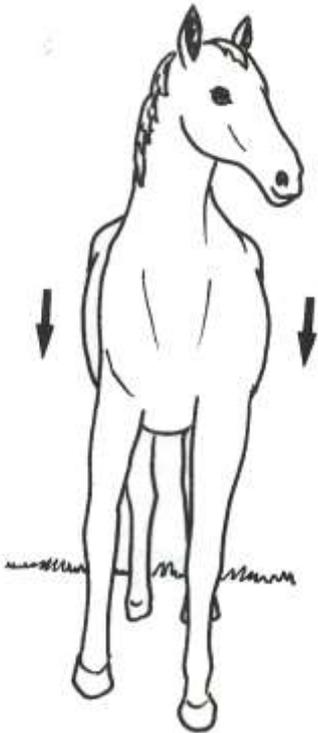


**transmission de forces verticales → transversales:**

# Fonctions de la clavicule

2- Connexion fonctionnelle la scapula au bras →

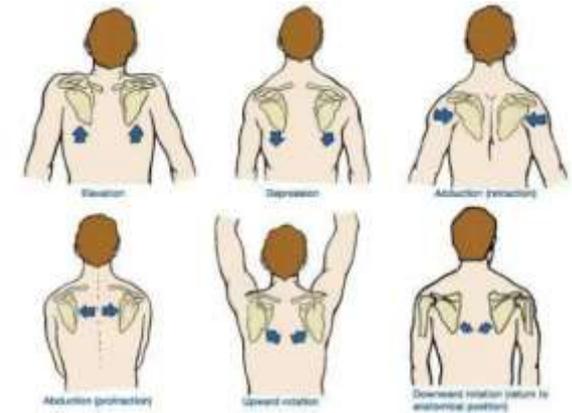
« la scapula perd en DDL, mais gagne en A° »



Absence de clavicule

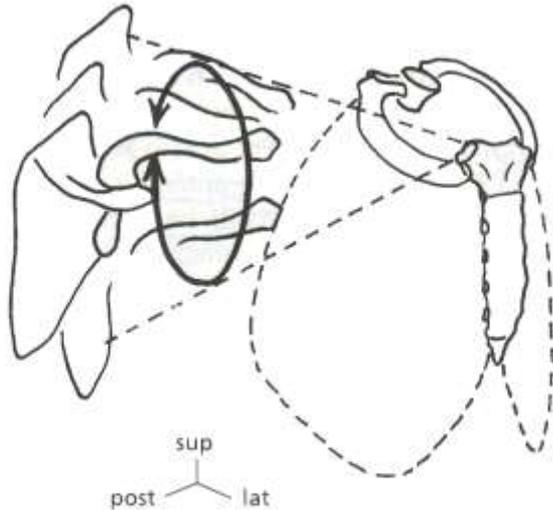


Présence de clavicule

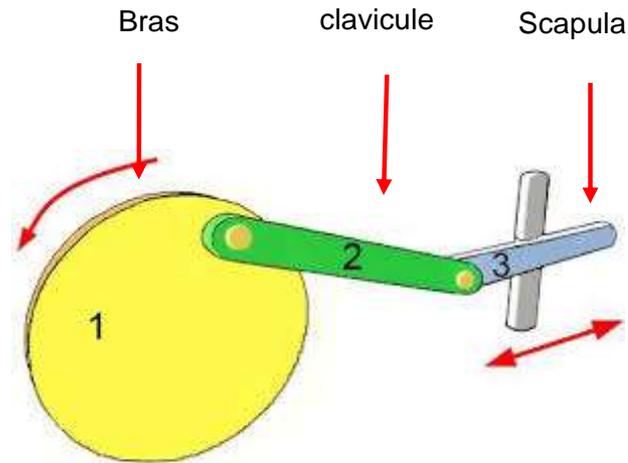


# Fonctions de la clavicule

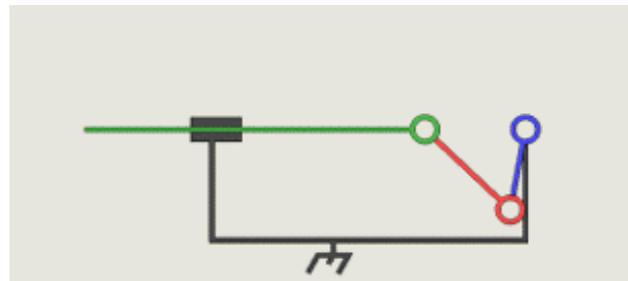
**3- Rôle d'un système asservi:** Relation entre deux grandeurs physiques dont l'une impose ses variations à l'autre sans être influencée par elle.



*Le débattement scapulaire autour du pivot sternal.*



transformation du mouvement linéaire (scapula) en un mouvement de rotation (bras)



# Comment allons-nous décrire les mouvements?

Notions de cinématiques articulaires  
Degrés de liberté (DDL)

# Description anatomique des mouvements

## DDL en Mécanique – Anatomie fonctionnelle:

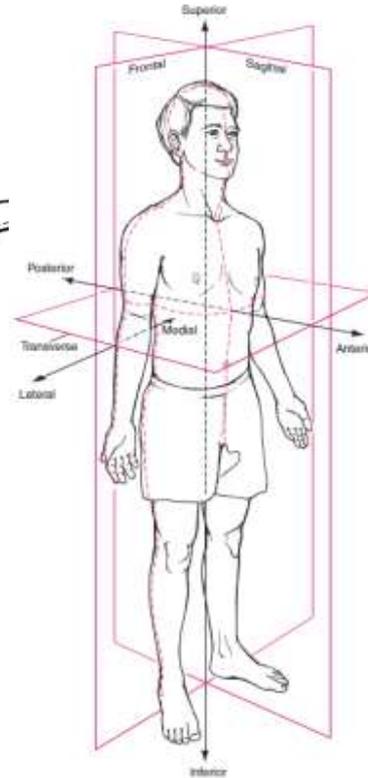
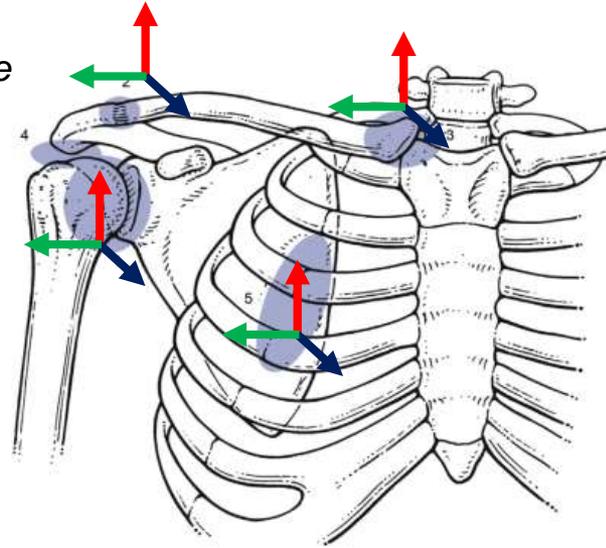
*Le nombre de degrés de liberté correspond au nombre de mouvements qu'un corps peut effectuer*

Gléno-humérale =	3 DDL
Acromio-claviculaire =	3 DDL
Sterno-claviculaire =	3 DDL
<u>Scapulo-thoracique =</u>	<u>3 DDL</u>
Somme =	12 DDL

Gléno-humérale =  
FLx-Ext  
Abd-Add  
Rot int-ext

## Scapulo-thoracique:

Glissements  
- Haut-bas  
- Int-ext (Add-Abd)  
- Rot int-ext



# Acromio-claviculaire + Sterno-claviculaire

*(dans un référentiel scapula)*

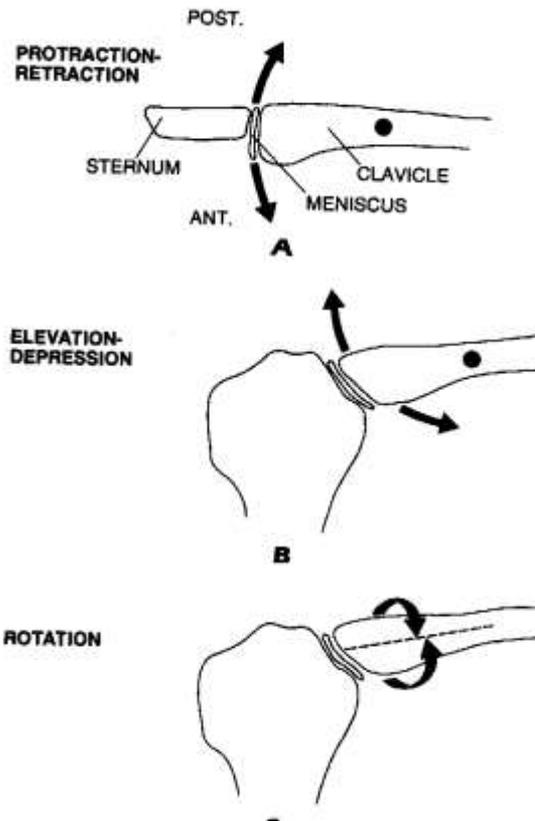
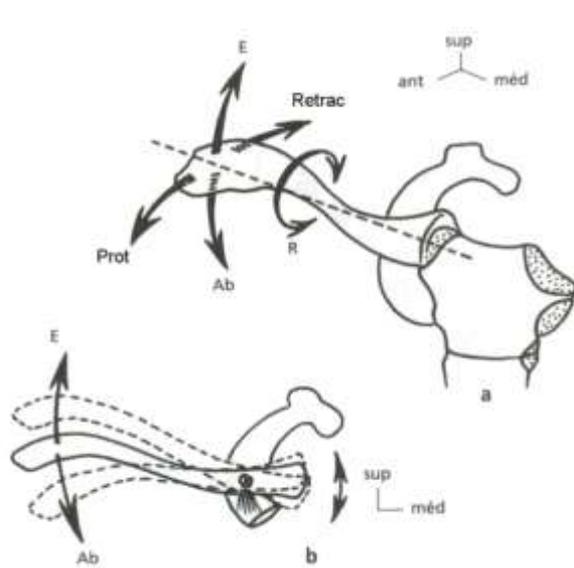
Déplacement A-P du moignon=5-12 cm →  
protraction-rétraction

Déplacement vertical du moignon de l'épaule= 8-13 cm →  
mouvements d'élévation - abaissement

**mouvements sont inversement réciproques dans  
AC + SC**

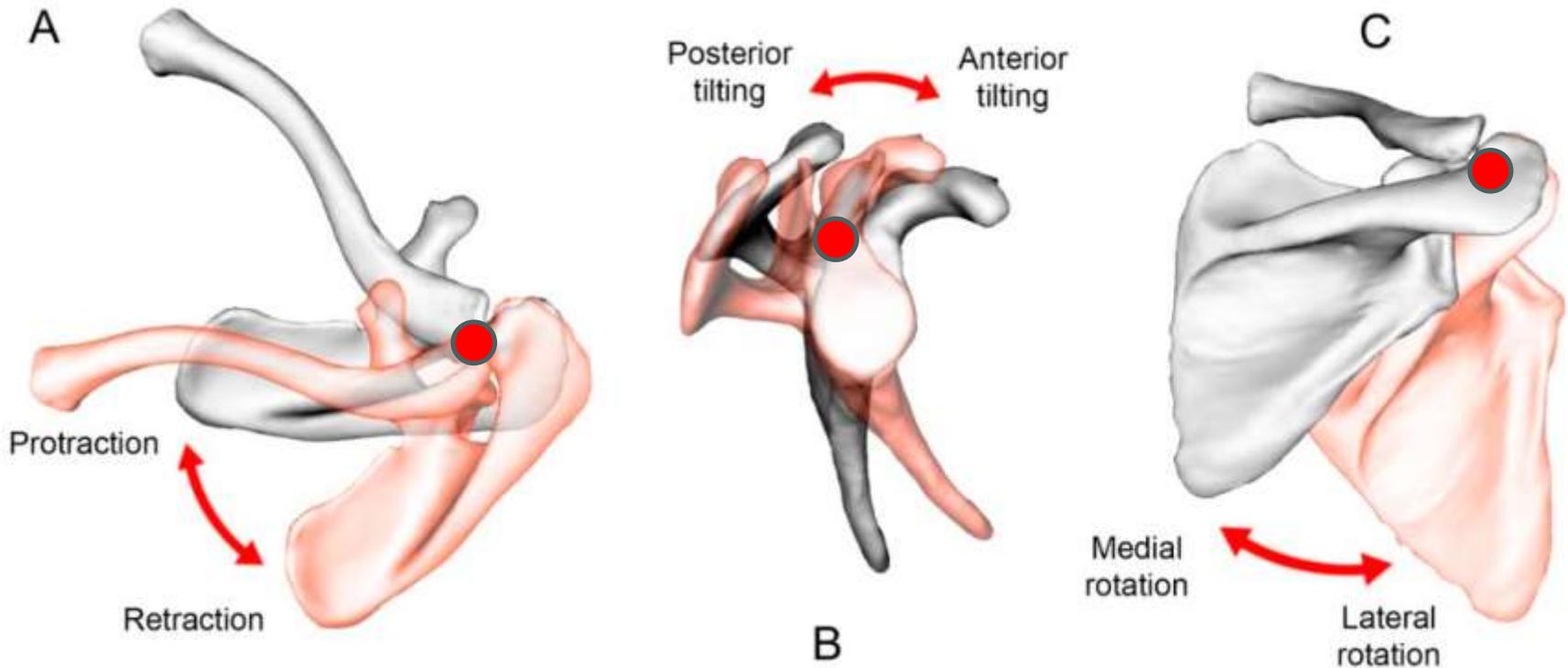
transversalement (axialement)

Amplitude  $\pm 30^\circ$  → directement réciproque



# Acromio-claviculaire

(dans un référentiel claviculaire)



(A)= Rot C<sub>axe vertical</sub> = Protraction-rétraction : bâillement avant en arrière

(B)= Rot C<sub>axe T</sub> = Inclinaison ant – post: bâillement avant en arrière

(C)= Rot C<sub>axe A-P</sub> = Rotation lat –médiale : bâillement haut-bas

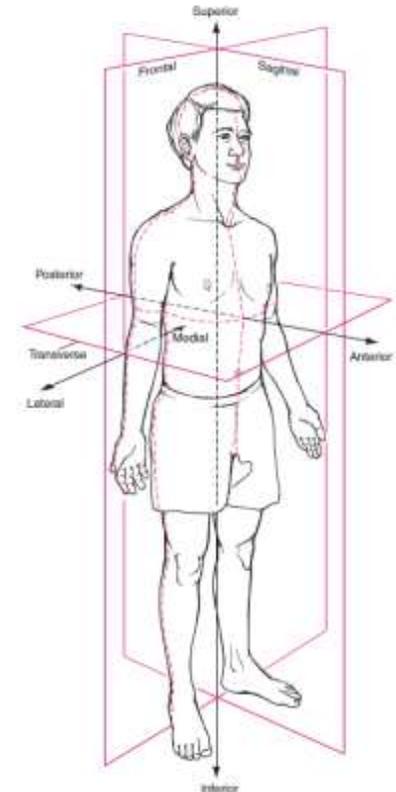
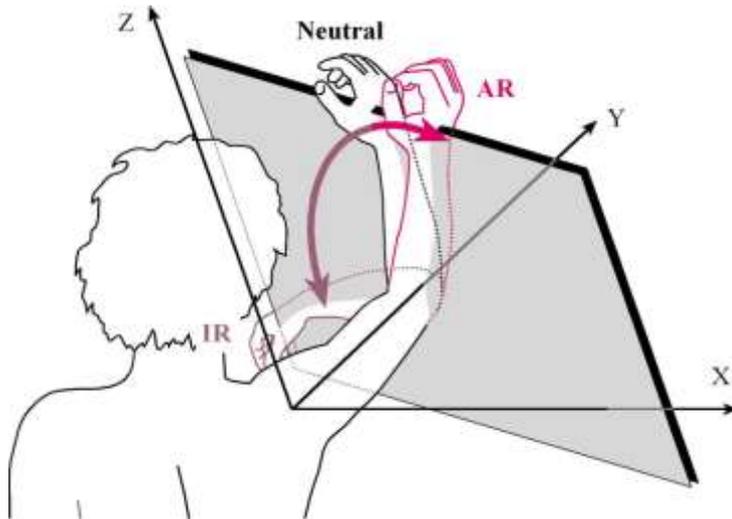
# description anatomique des mouvements

## Avantage

- Simple utilisation en clinique
- Permet de nommer les fonctions musculaires.
- Permet de nommer les fonctions des nerfs.

## Inconvénients

- Fonction par plan
- Pseudo 3D
- Incohérence/ambiguïté dans la définition de certains mouvements?

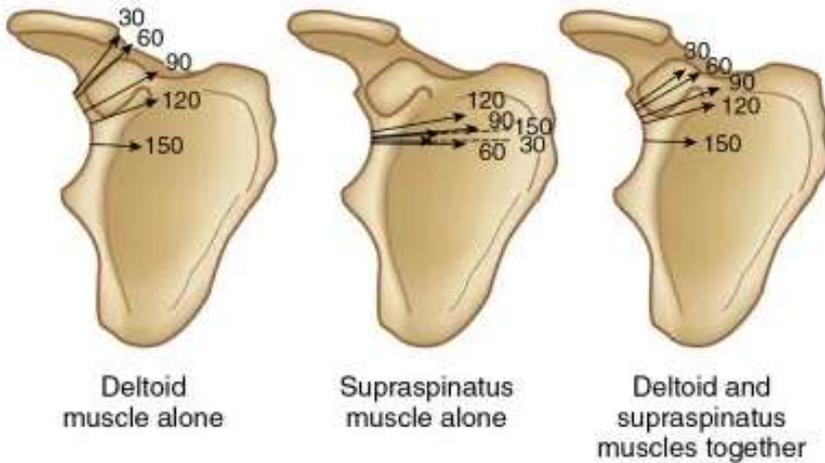
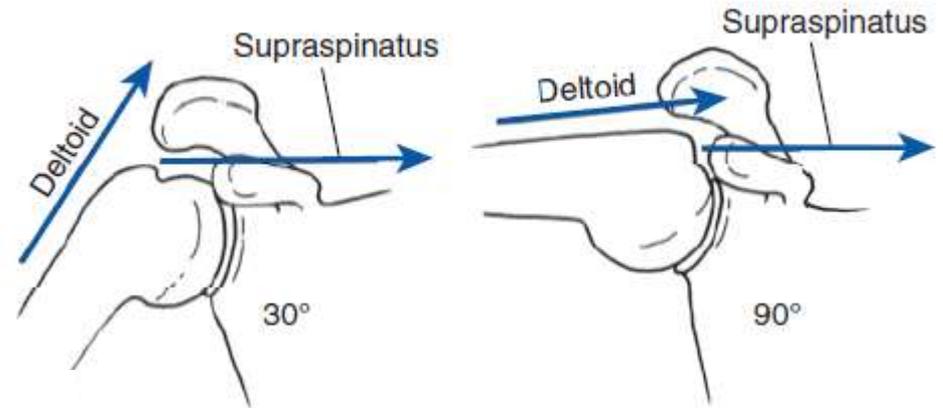


# NOTIONS DYNAMIQUES

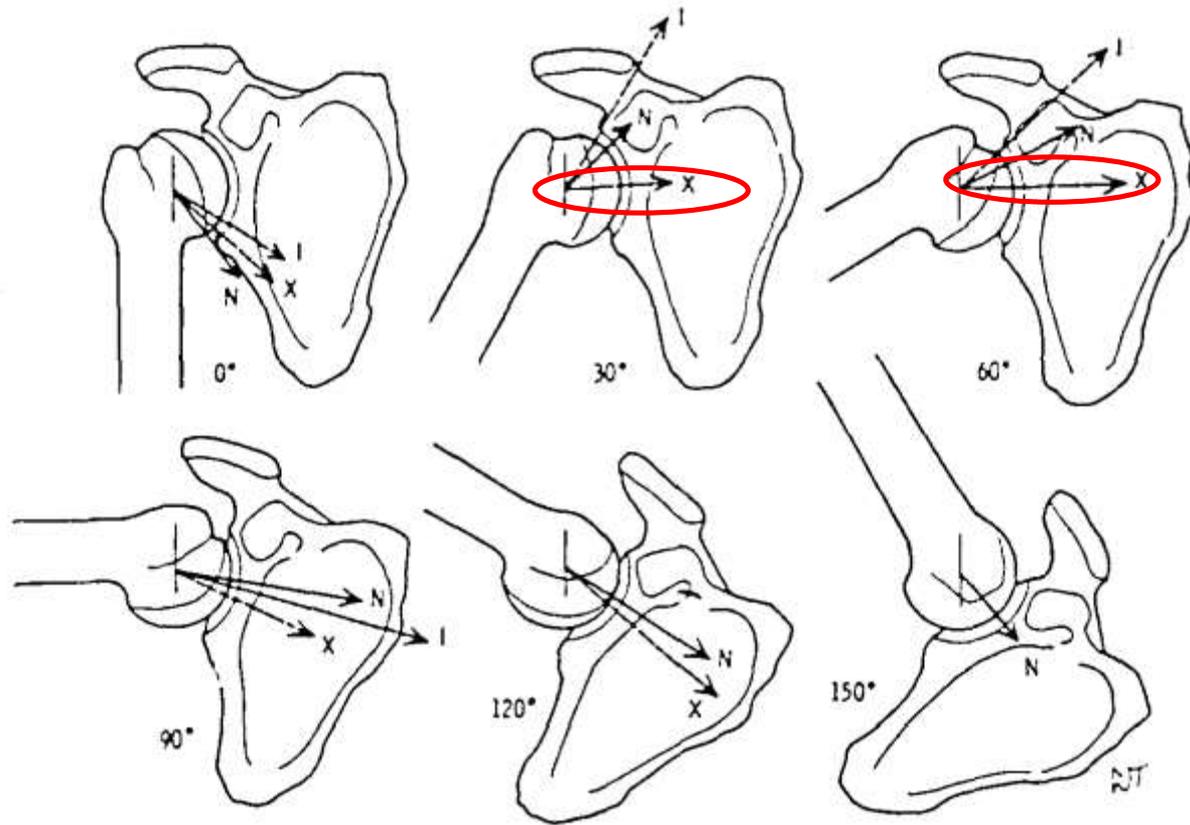
La gléno-humérale

# Gléno-humérale

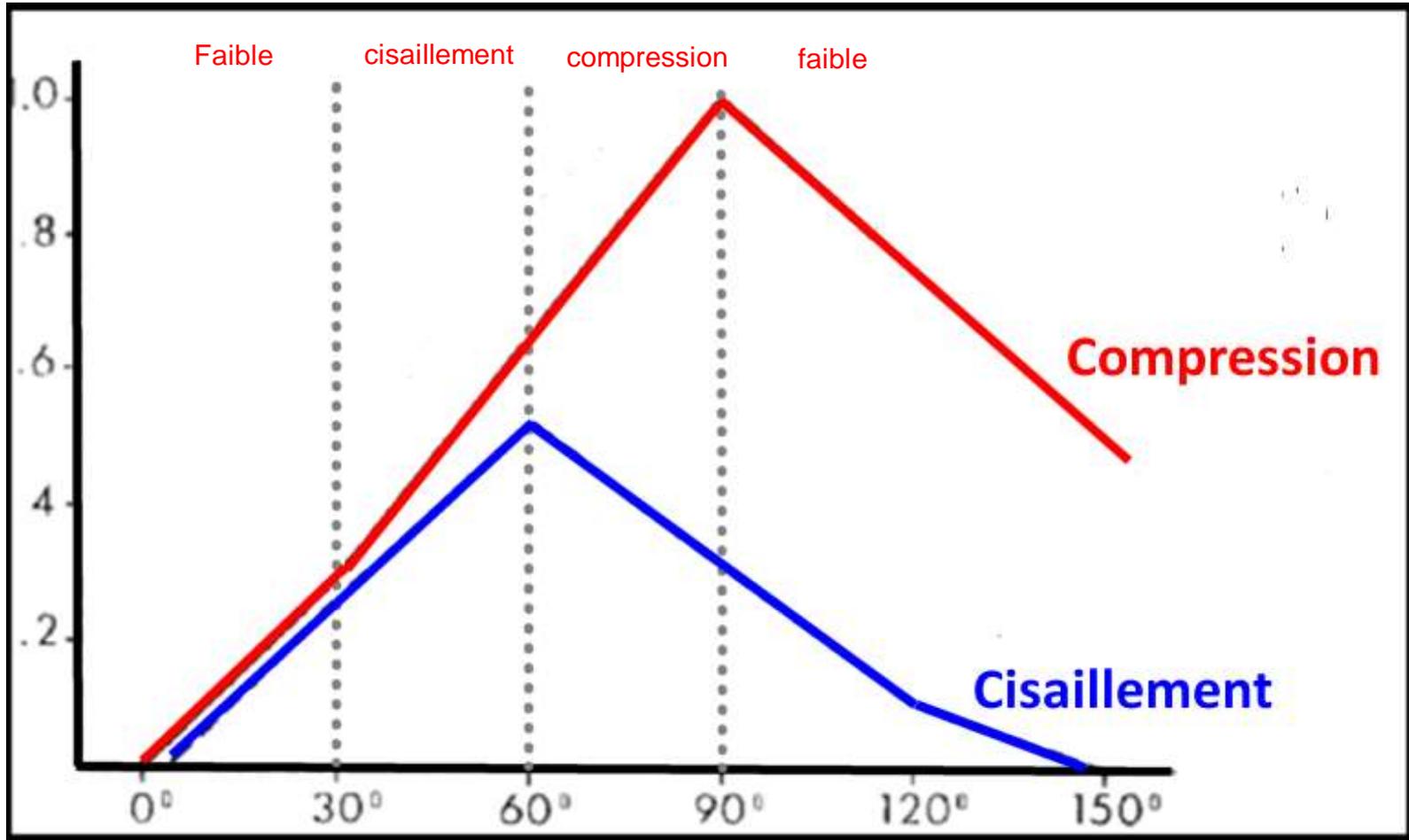
- L'élévation du bras → 2 types de contraintes physiologiques :
  - Cisaillement vertical
  - Compression



# Influence de la Rotation int et ext sur l'orientation de vecteur de force



# Compression et cisaillement



# **complexe**

3D à 6 DDL

# Notion de métrique de l'espace (3D) et le degré de liberté (Riemann 1826-1866)

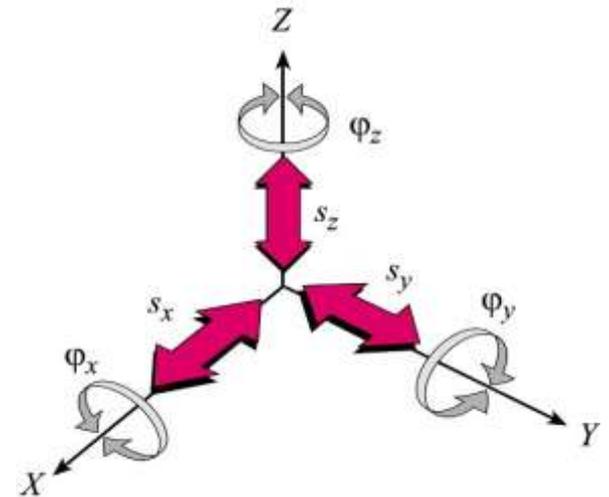
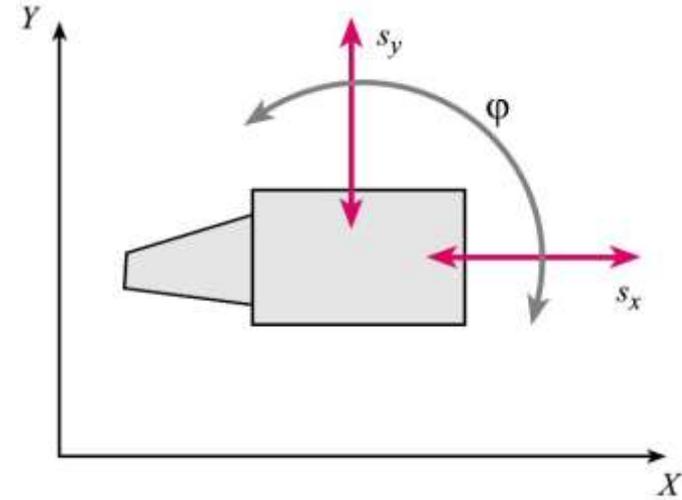
## 2° En cinématique:

*Le nombre de degrés de liberté correspond au nombre de paramètres nécessaires pour qu'un mouvement puisse être décrit sans équivoque ni redondance.*

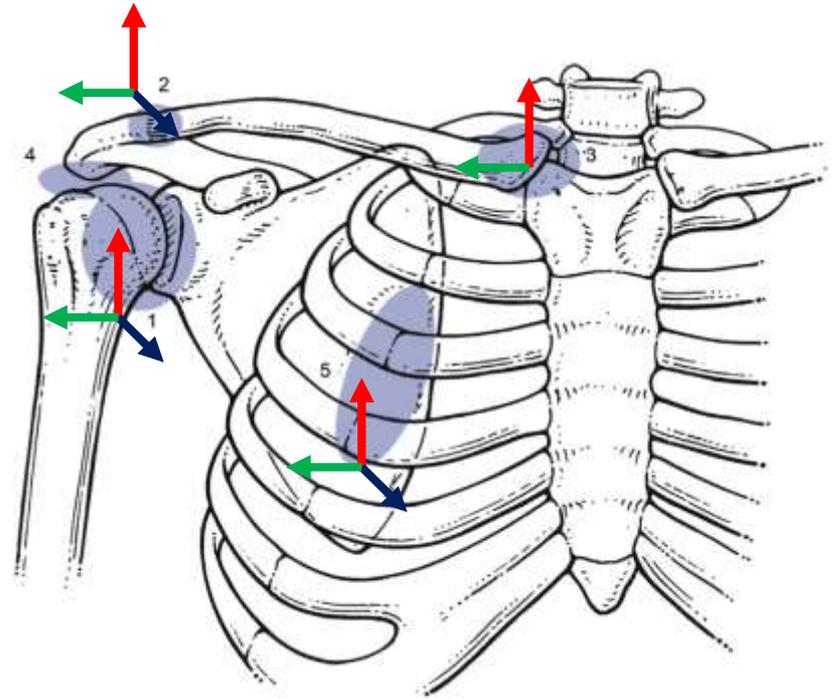
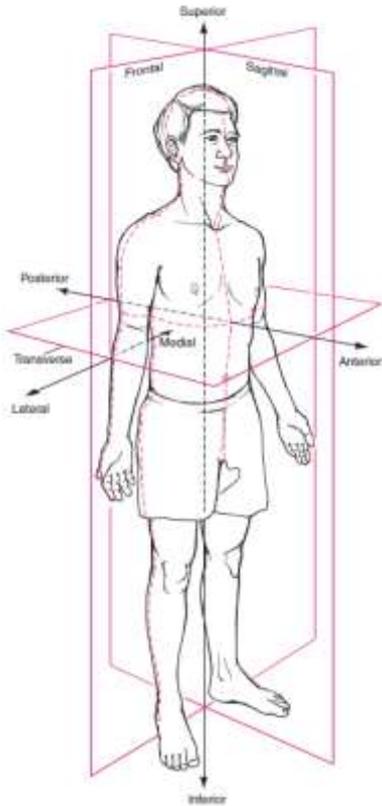
Calcul:

$$DDL = \frac{1}{2} NDim (NDim + 1)$$

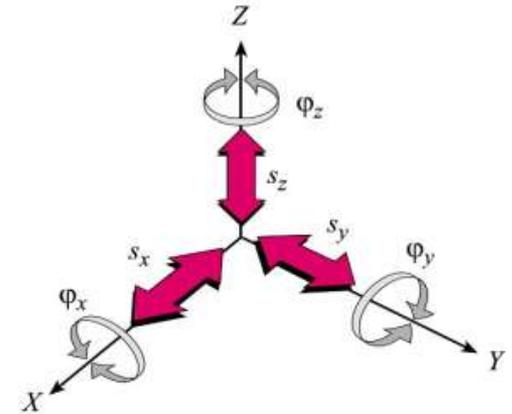
- DDL = Degrés de liberté = nombre paramètres
- NDim = le nombre de dimensions



# DDL → nomenclature



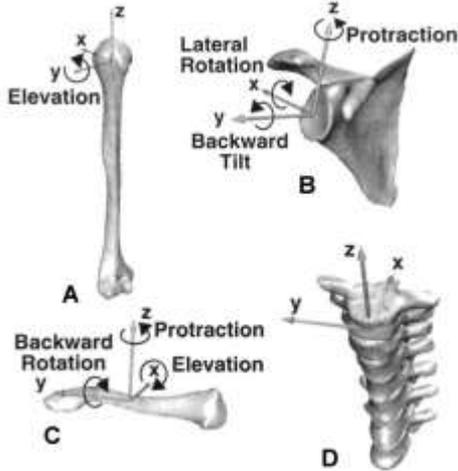
Gléno-humérale =	6 DDL
Acromio-claviculaire =	6 DDL
Sterno-claviculaire =	6 DDL
<u>Scapulo-thoracique =</u>	<u>6 DDL</u>
Somme =	24 DDL



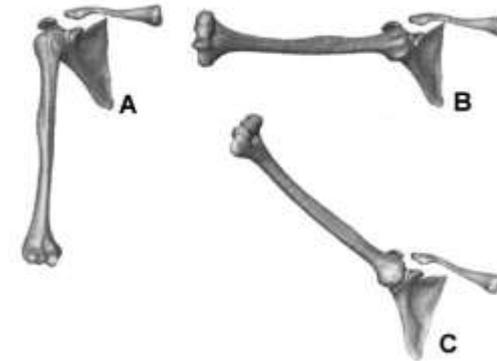
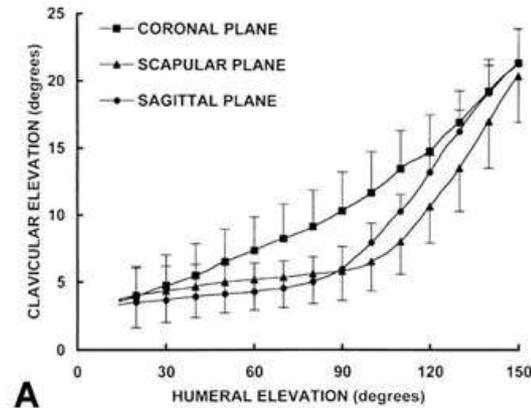
Original Articles

# Scapular and clavicular kinematics during humeral elevation: A study with cadavers <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>

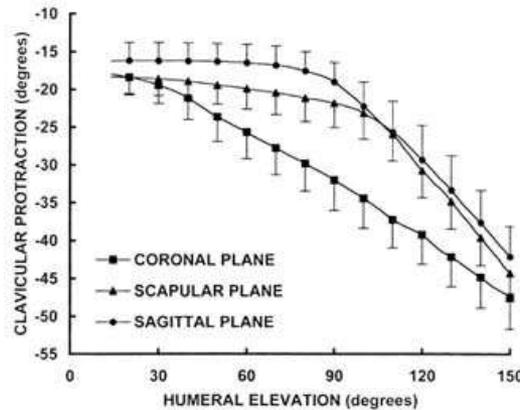
Mansheung Fung MS, Sadafumi Kato MD, Peter J. Barrance MS, John J. Elias PhD, Edward G. McFarland MD, Katsuya Nobuhara MD, Edmund Y. Chao PhD



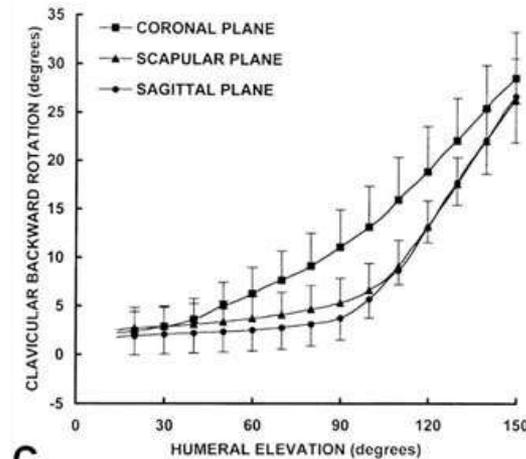
élévation ±20°



Rétraction ± 30°



B



C

Rot post ± 28°

# Three-Dimensional Clavicular Motion During Arm Elevation: Reliability and Descriptive Data

AUTHORS ^

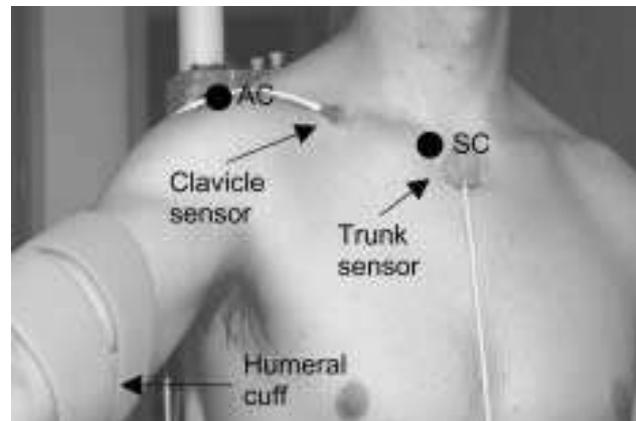
[Paula M. Ludewig, PT, PhD<sup>1</sup>](#), [Stacy A. Behrens, PT, MS<sup>2</sup>](#), [Susan M. Meyer, PT, MS<sup>3</sup>](#), [Shawn M. Spoden, PT, MS<sup>4</sup>](#),  
[Laura A. Wilson, PT, MS<sup>5</sup>](#)

AFFILIATIONS v

Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy

Published Online: March 1, 2004 | Volume 34 Issue 3 | Pages 140-149

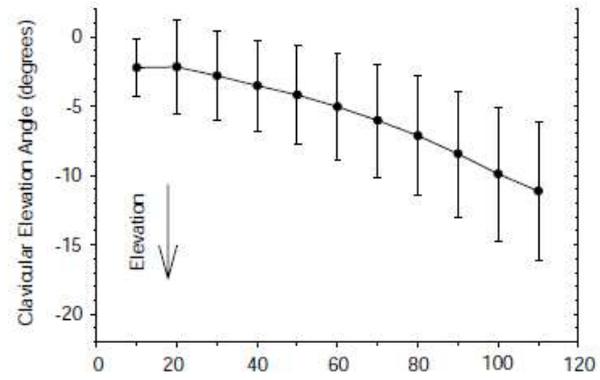
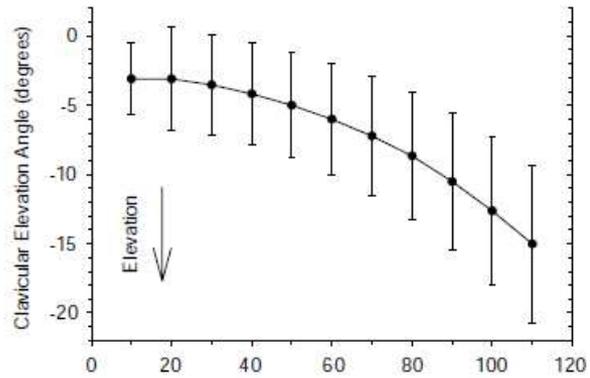
<https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2004.34.3.140>



ABD = 0° - 120°

Elévation

12°

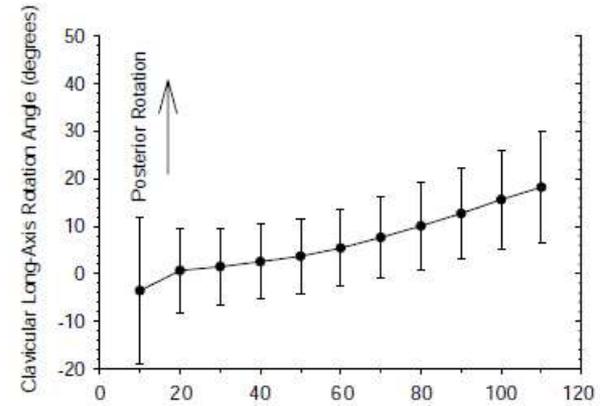
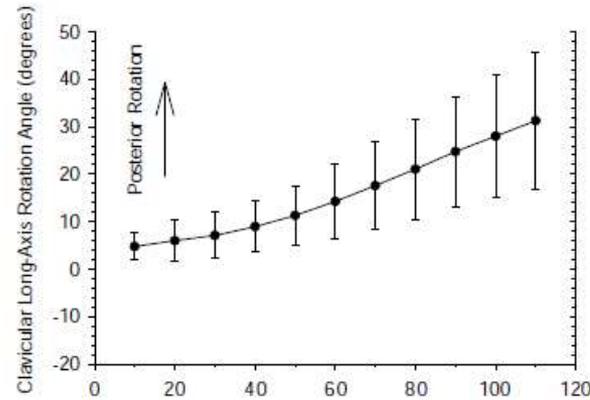


Elévation

7°

Rot post.

28°

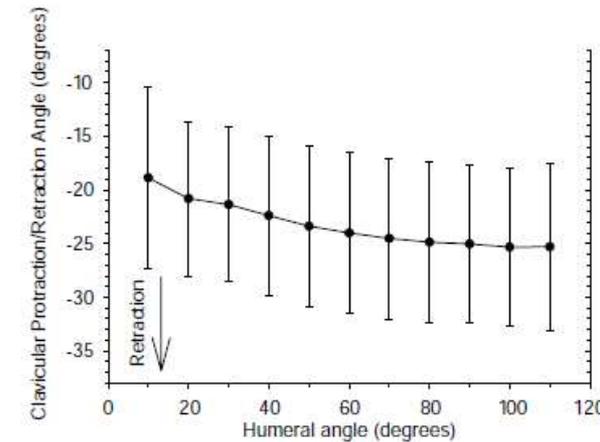
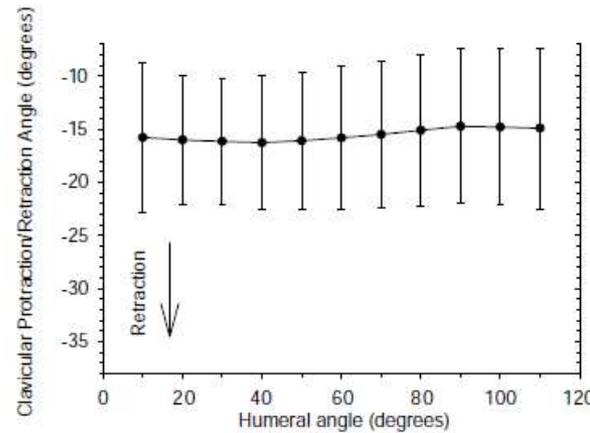


Rot post.

35°

Tendance  
Protraction?

1°



Rétraction

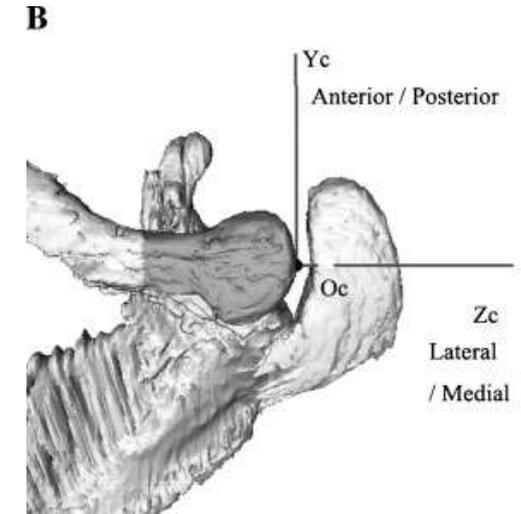
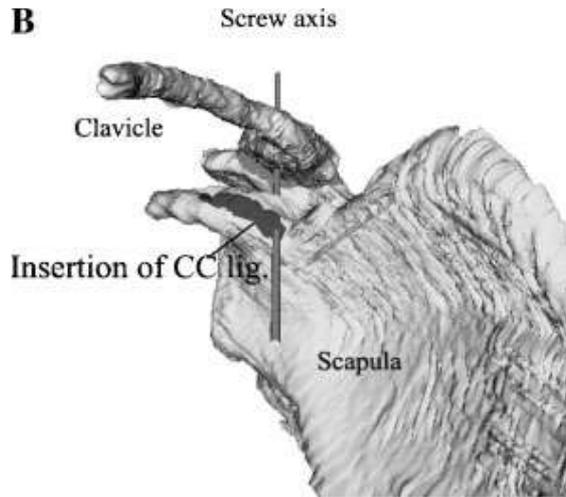
7°

Flexion

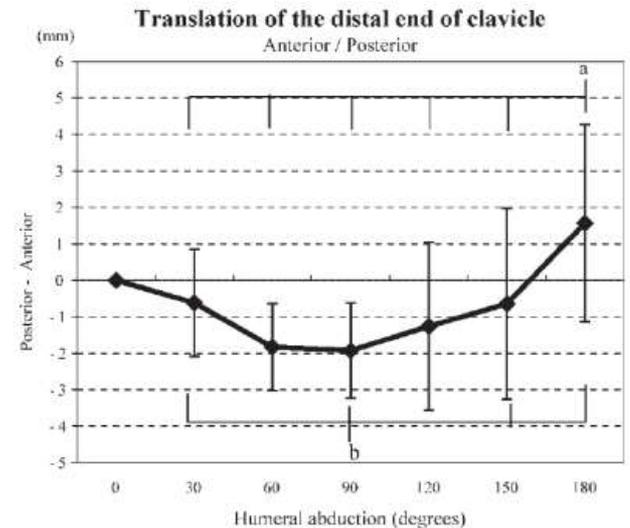
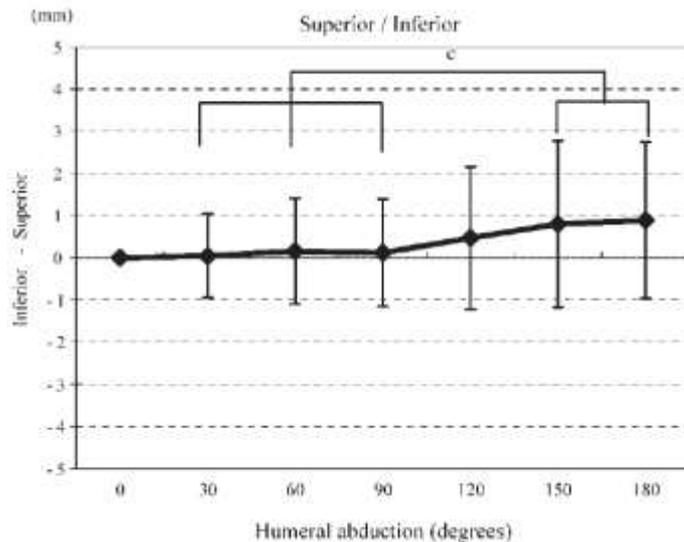
Abduction

# 3D kinematic analysis of the acromioclavicular joint during arm abduction using vertically open MRI

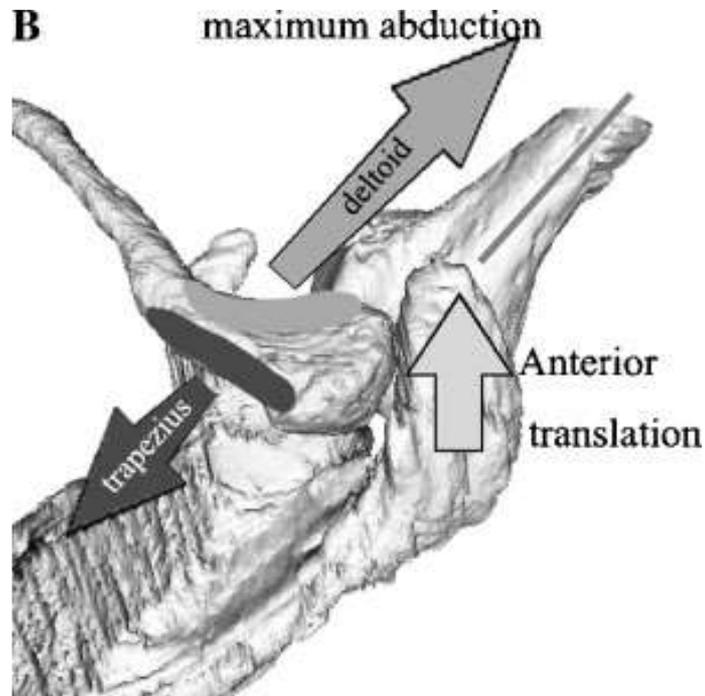
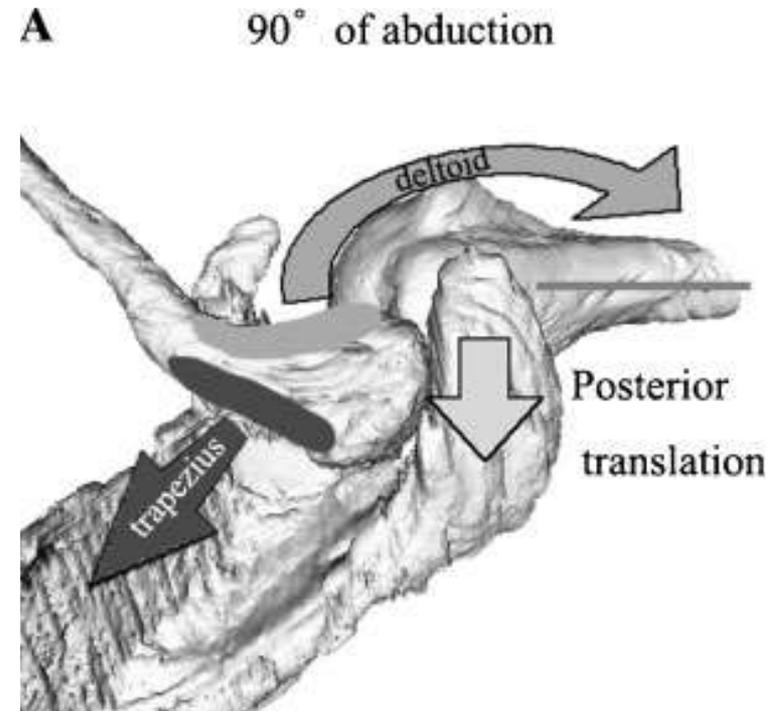
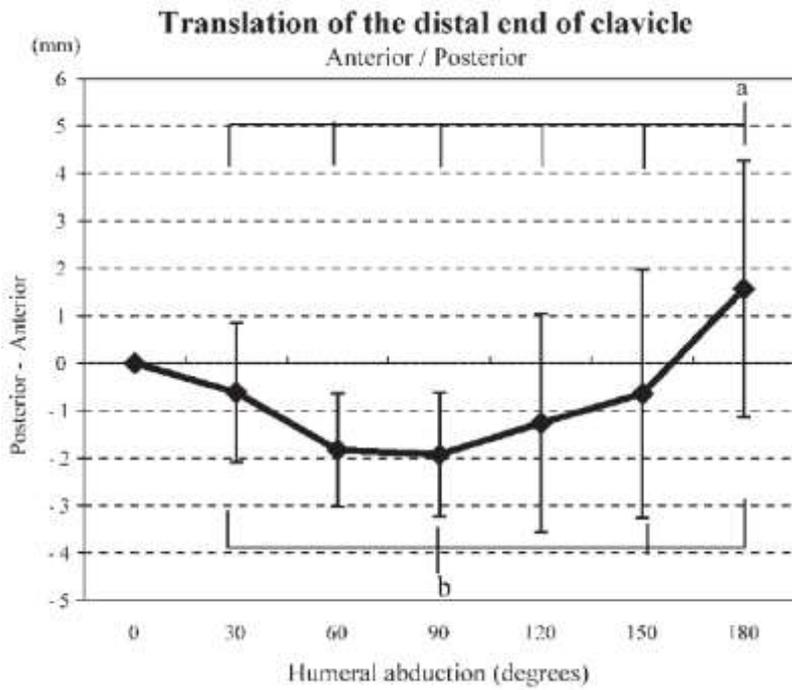
Wataru Sahara<sup>1</sup>, Kazuomi Sugamoto, Masakazu Murai, Hiroyuki Tanaka, Hideki Yoshikawa



T a-p= 4 mm  
T sup= 1 mm



## Explication



Rotation post. de la scapula → 35° autour d'un axe hélicoïdal oblique passant par les insertions ligament AC par fois CC + d'autres variations

Bas → Haut (X)

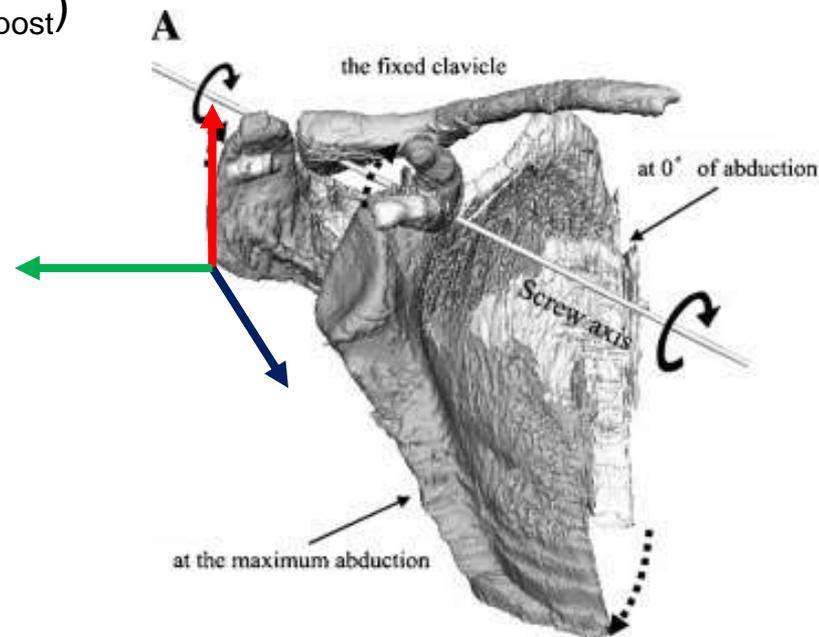
( $C_v$  = Protraction-rétraction)

Ant → Post (Y)

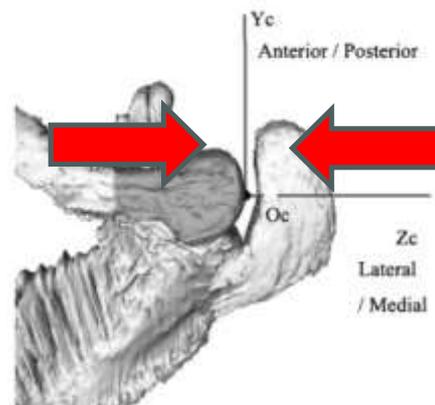
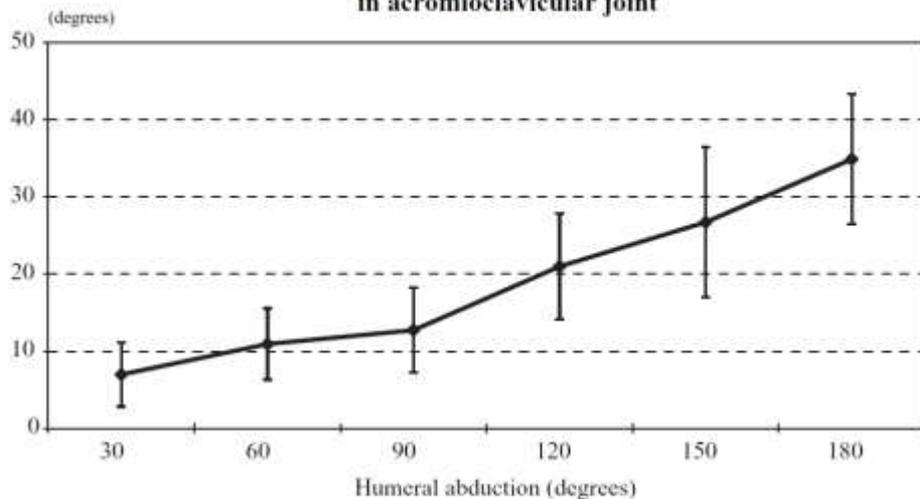
( $C_{a-p}$  = Rotation lat - médiale)

Lat → Médiale (Z)

( $C_T$  = Inclinaison ant - post)



Rotation around screw axis in acromioclavicular joint



Compression ?

# Mobilité manuelle passive de la clavicule *in vivo*

## Jeux articulaires A-P max= 10-15 mm ; Fmax = 70-105 N

2022-Theunissenn Yech chou, Smal Van Slijp and Salem- en cours de ...



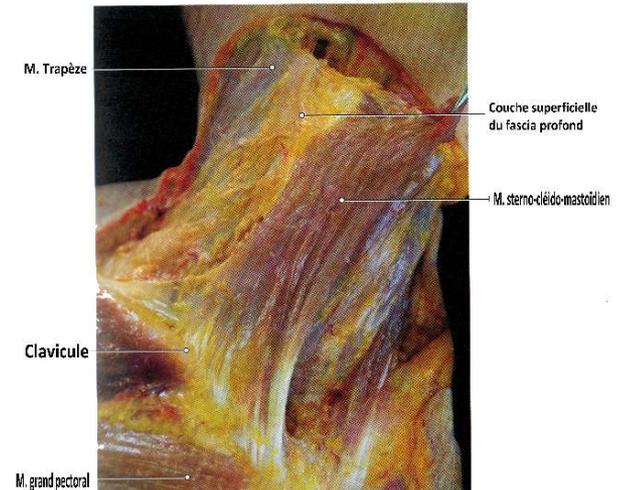
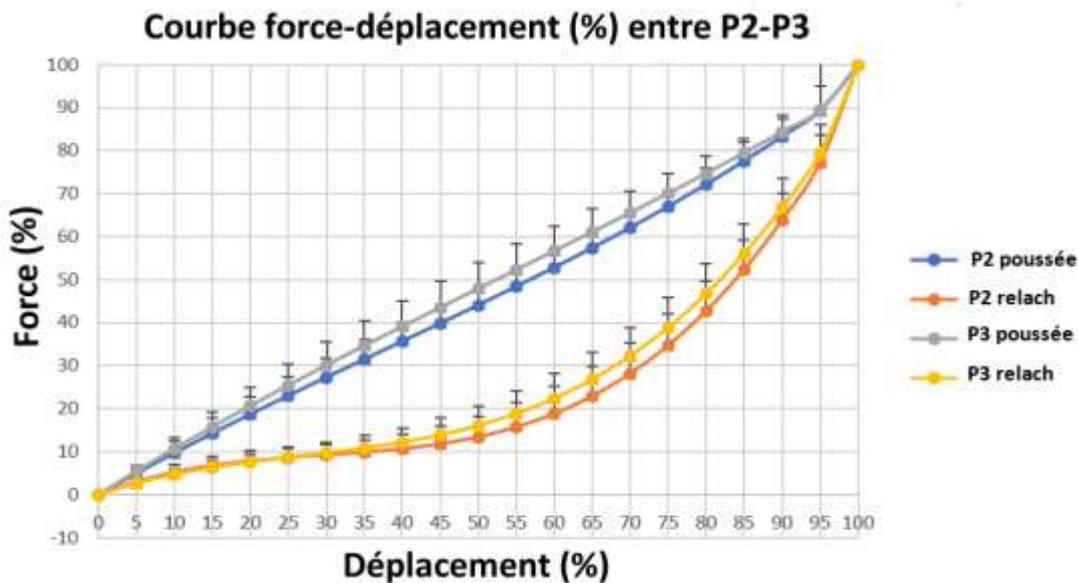
P1= Position Neutre.



2= Position Abduction - Rotation Externe du bras



P3= Rotation-inclinaison hétérolatérale de la tête

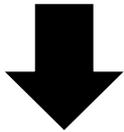


STECCO, 2020 Atlas fonctionnel du système fascial humain

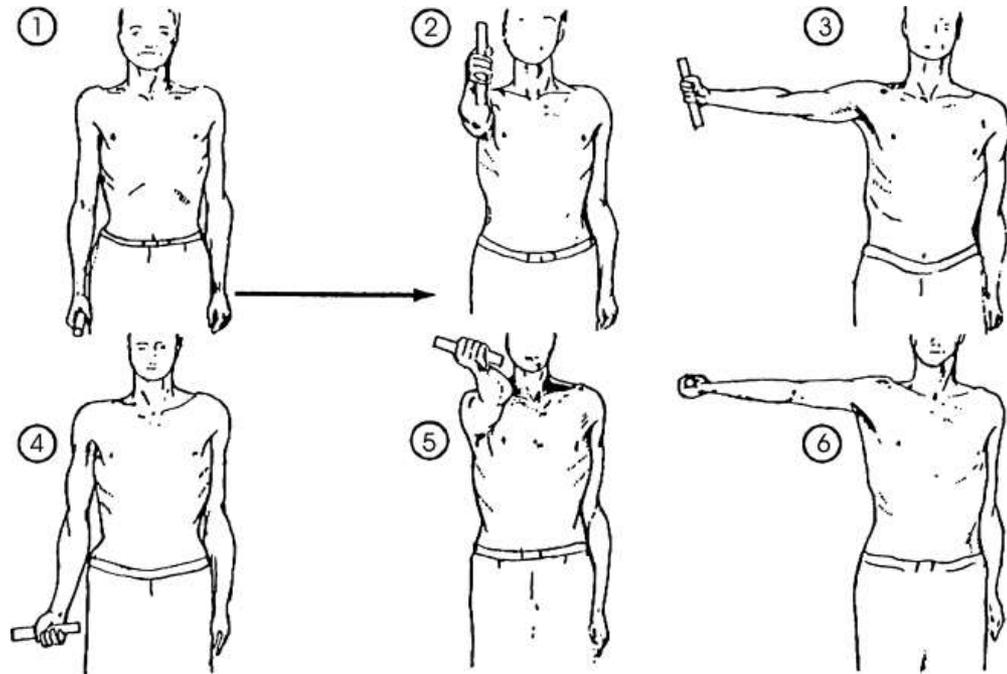
# Paradoxe de Codman

- 1= Neutre
- 2= élévation
- 3= Swing (abd horiz)
- 4= position finale

Si cycle continu



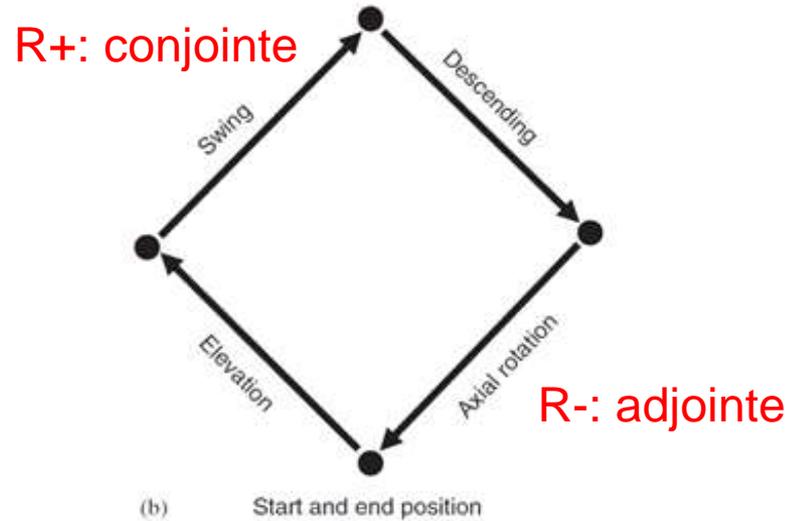
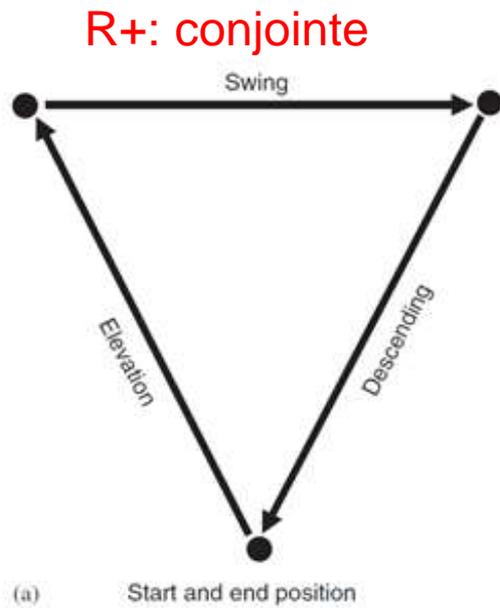
5, 6, 7 et ... difficiles  
voir impossible



Pour pouvoir continuer à répéter le même cycle complet il faut neutraliser la rotation **conjointe** en ajoutant la rotation **adjoite** au sens opposé



cycle ergonomique fonctionnel du membre supérieur



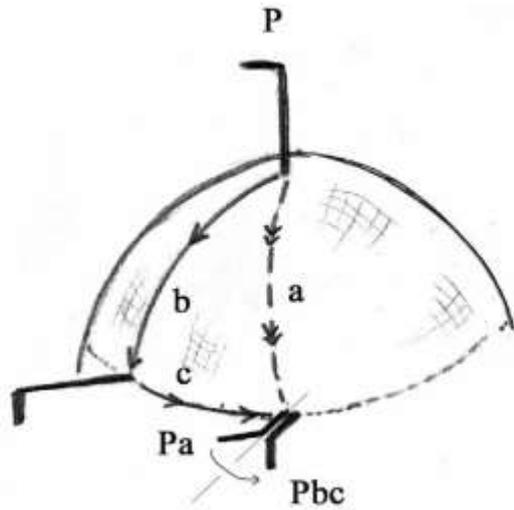
a= closed-loop 3  
séquences →  
(R+ conjointe)

b= closed-loop 4 séquences →  
(R+ conjointe) - (R- adjointe) = Neutre  
*Mcconnail 1964*

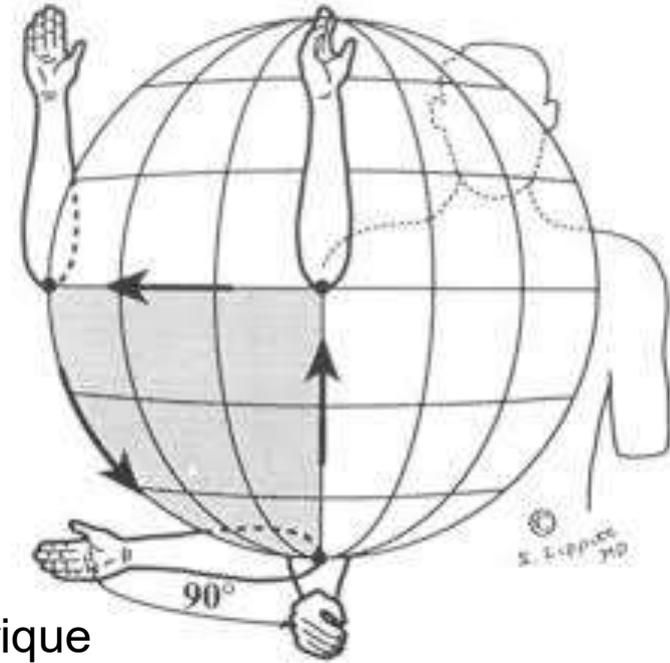


**Cette rotation conjointe est induite par le swing autour de l'axe du bras**

## Tentative d'explication!



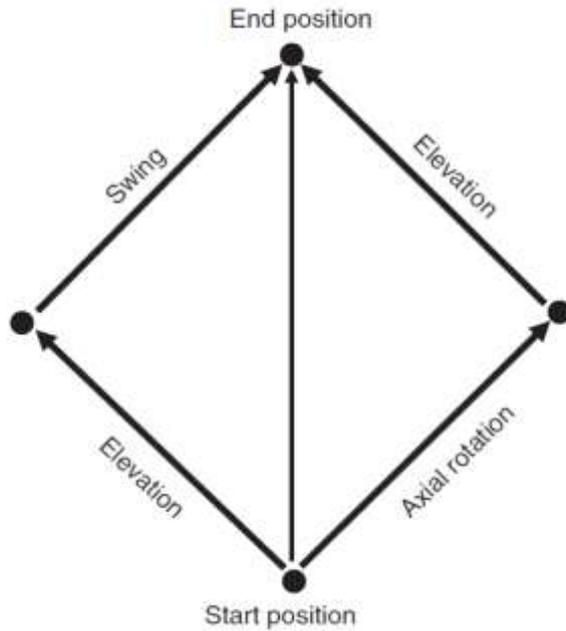
L'espace euclidien  
Triangle=  $180^\circ$



L'espace sphérique  
Triangle  $270^\circ$

$270^\circ - 180^\circ = +90^\circ =$  Rotation conjointe  
rotation conjointe  $+90^\circ =$  rotation adjointe  $-90^\circ$  (Rot. Adjointe)

# Applications TTT ?



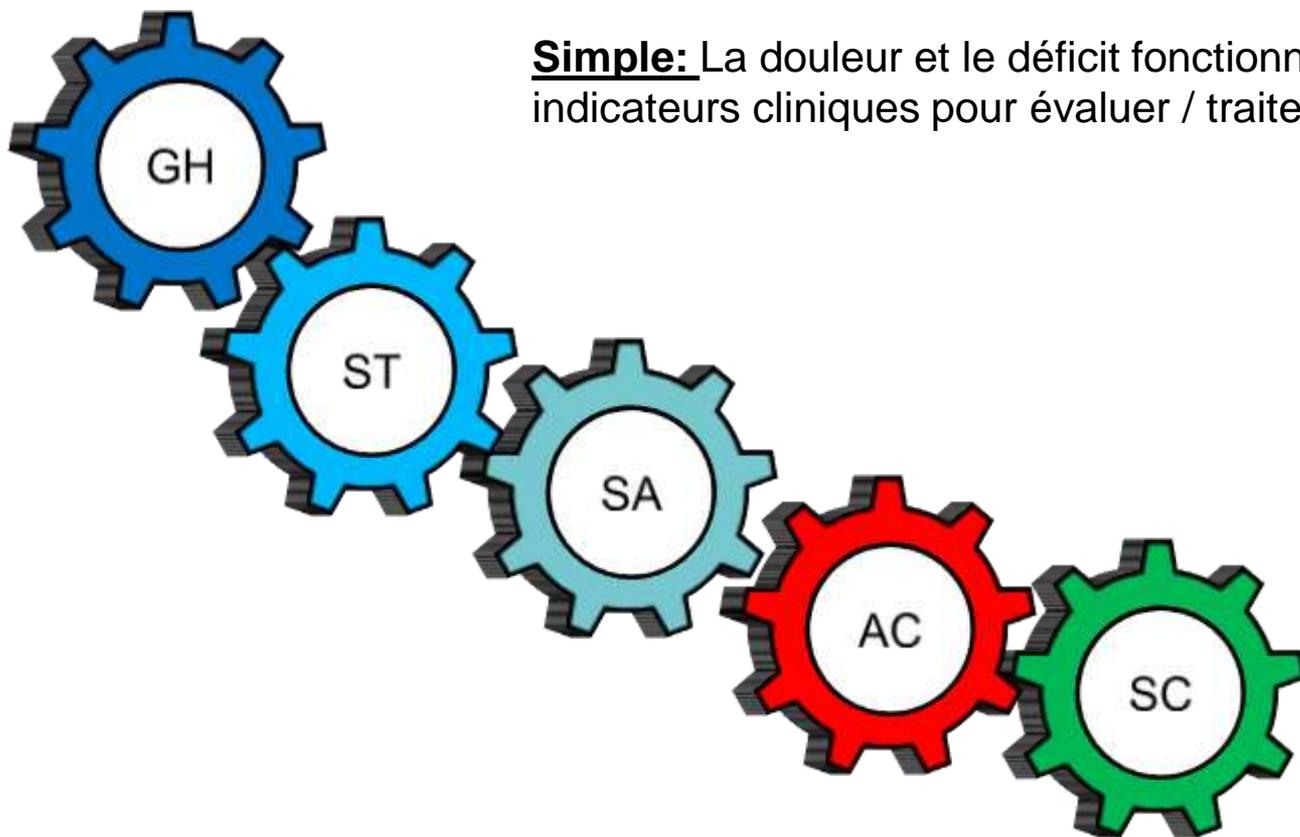
Les deux premières rotations (élévation et swing) peuvent également être obtenus par une rotation axiale et une élévation





**Complexe:** Nous pouvons tous lever le bras da la même façon →  
Toutefois, le nombre de possibilité de l'interaction articulaire  
peuvent dépasser les 4000 possibilités

**Simple:** La douleur et le déficit fonctionnel seraient les meilleurs  
indicateurs cliniques pour évaluer / traiter / réévaluer le patient.



# Conclusion

Simplexité !

**Complexité → ← Simplicité**

La simplicité n'est pas accidentelle, c'est une pensée hautement intentionnelle, et provient de la compréhension profonde de la complexité!

*Lockton et al 2020:*

*Tangible Thinking*

*La pensée palpable !*

**MERCI**