

Marqueurs anatomiques

RFHD : Os frontal côté droit
LFHD : Os frontal côté gauche
RBHD : Os occipital côté droit
LBHD : Os occipital côté gauche

CLAV : Incisure jugulaire du sternum (Jonction des clavicules)
STRN : processus xyphoïde
C7 : processus épineux de la 7^{ème} cervicale
T10 : processus épineux de la 10^{ème} dorsale
RSHO : acromion droit
LSHO : acromion gauche
RBAC : marqueur dissymétrique sur scapula droit

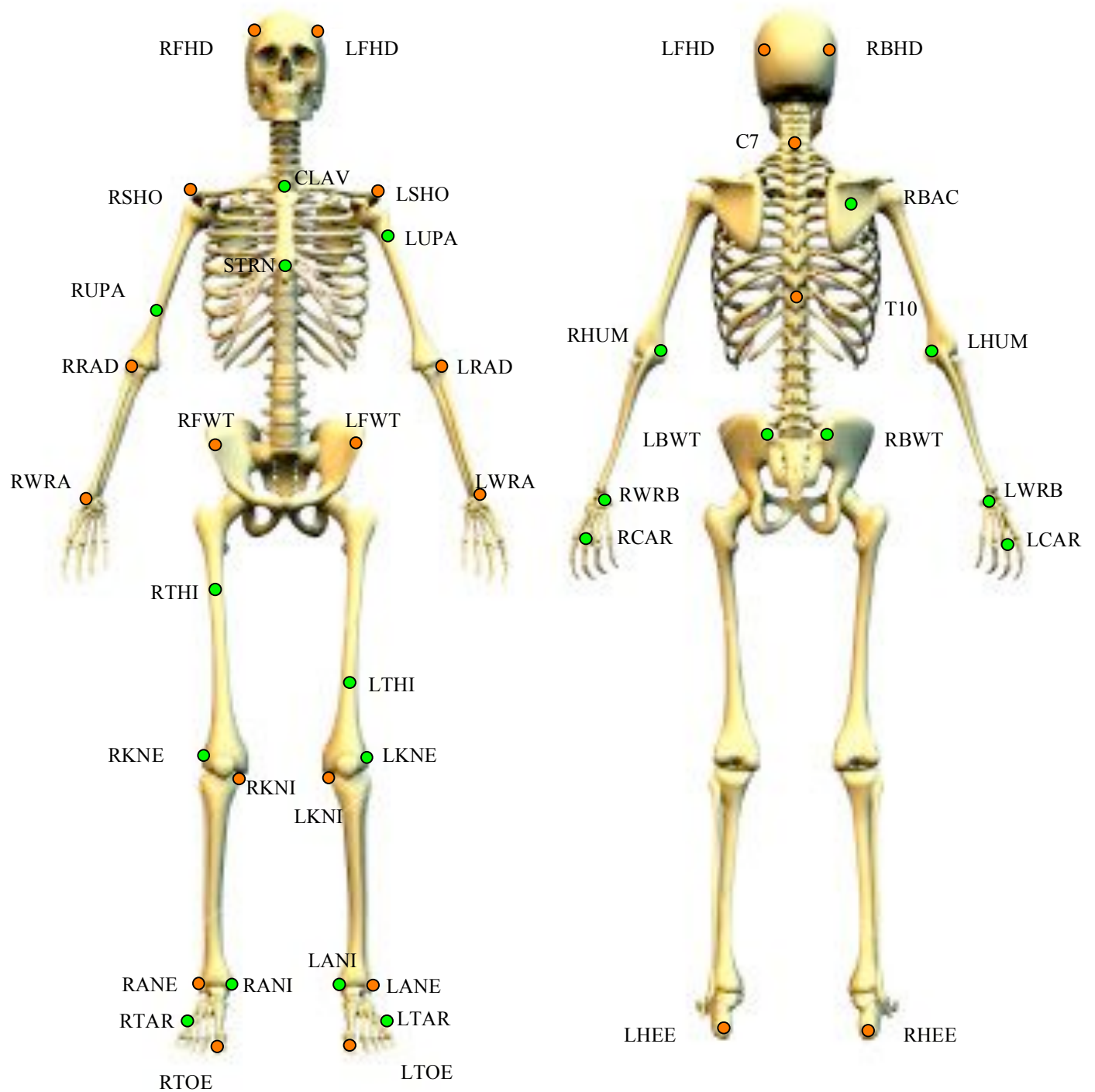
RUPA : marqueur dissymétrique sur le bras droit
LUPA : marqueur dissymétrique sur le bras gauche
RHUM : épicondyle médial de l'humérus droit
LHUM : épicondyle médial de l'humérus gauche
RRAD : tête du radius droit
LRAD : tête du radius gauche
RWRA : processus styloïde du radius droit (côté pouce)
LWRA : processus styloïde du radius gauche (côté pouce)
RWRB : processus styloïde de l'ulna droit (côté auriculaire)
LWRB : processus styloïde de l'ulna gauche (côté auriculaire)
RCAR : troisième processus métacarpien de la main droite
LCAR : troisième processus métacarpien de la main gauche

RFWT : épine iliaque antéro-supérieure droite
LFWT : épine iliaque antéro-supérieure gauche
RBWT : épine iliaque postéro-supérieure droite
LBWT : épine iliaque postéro-supérieure gauche

RTHI : marqueur dissymétrique sur la cuisse droite
LTHI : marqueur dissymétrique sur la cuisse gauche

RKNE : condyle latéral du fémur droit
LKNE : condyle latéral du fémur gauche
RKNI : condyle médial du tibia droit
LKNI : condyle médial du tibia gauche

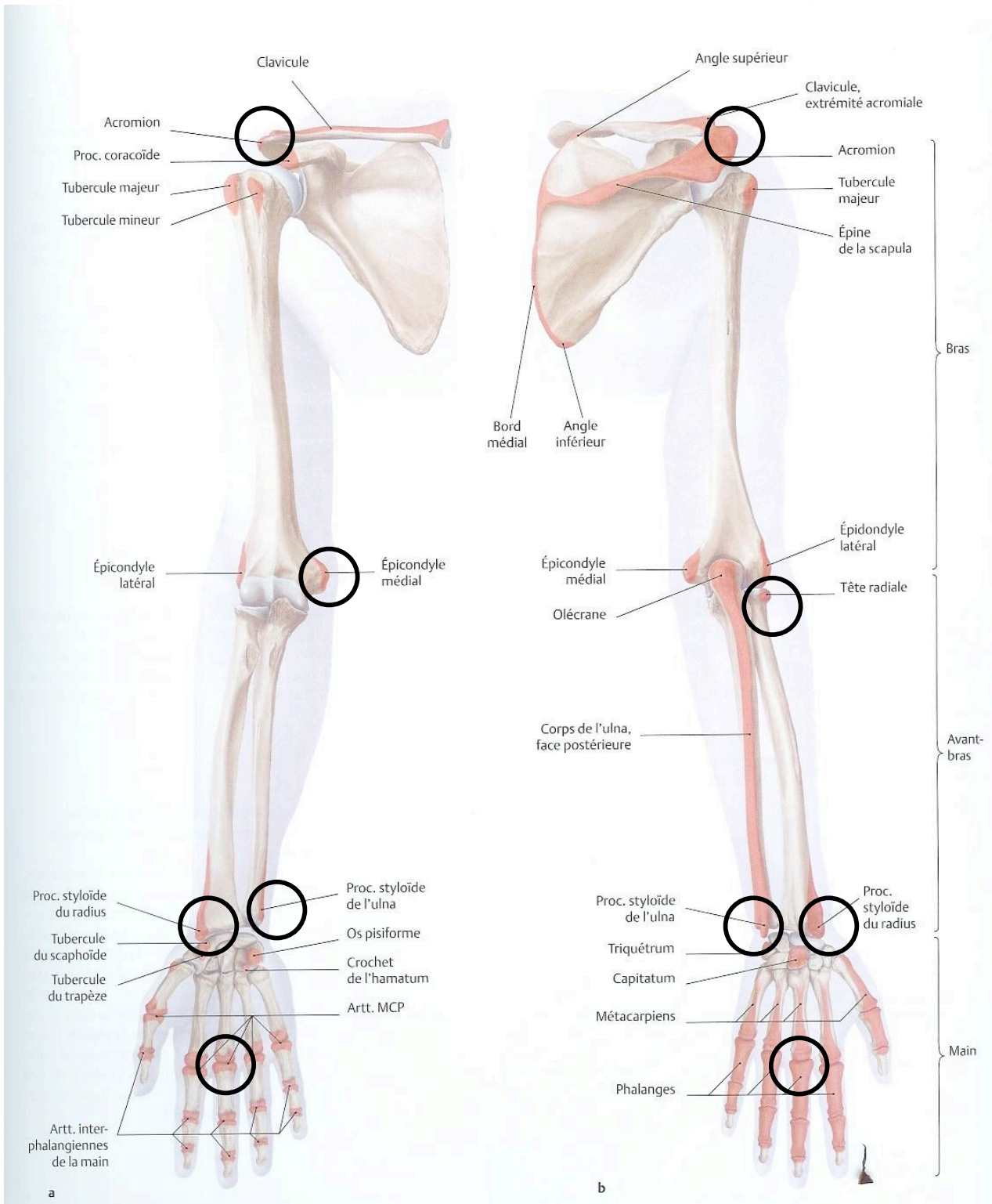
RANE : malléole externe droite
LANE : malléole externe gauche
RANI : malléole interne droite
LANI : malléole interne gauche
RHEE : pternion droit (tubérosité postérieure du calcaneus)
LHEE : pternion gauche (tubérosité postérieure du calcaneus)
RTOE : acropodion droit (tête de l'orteil le plus long)
LTOE : acropodion gauche (tête de l'orteil le plus long)
RTAR : pliure du pied droit
LTAR : pliure du pied gauche

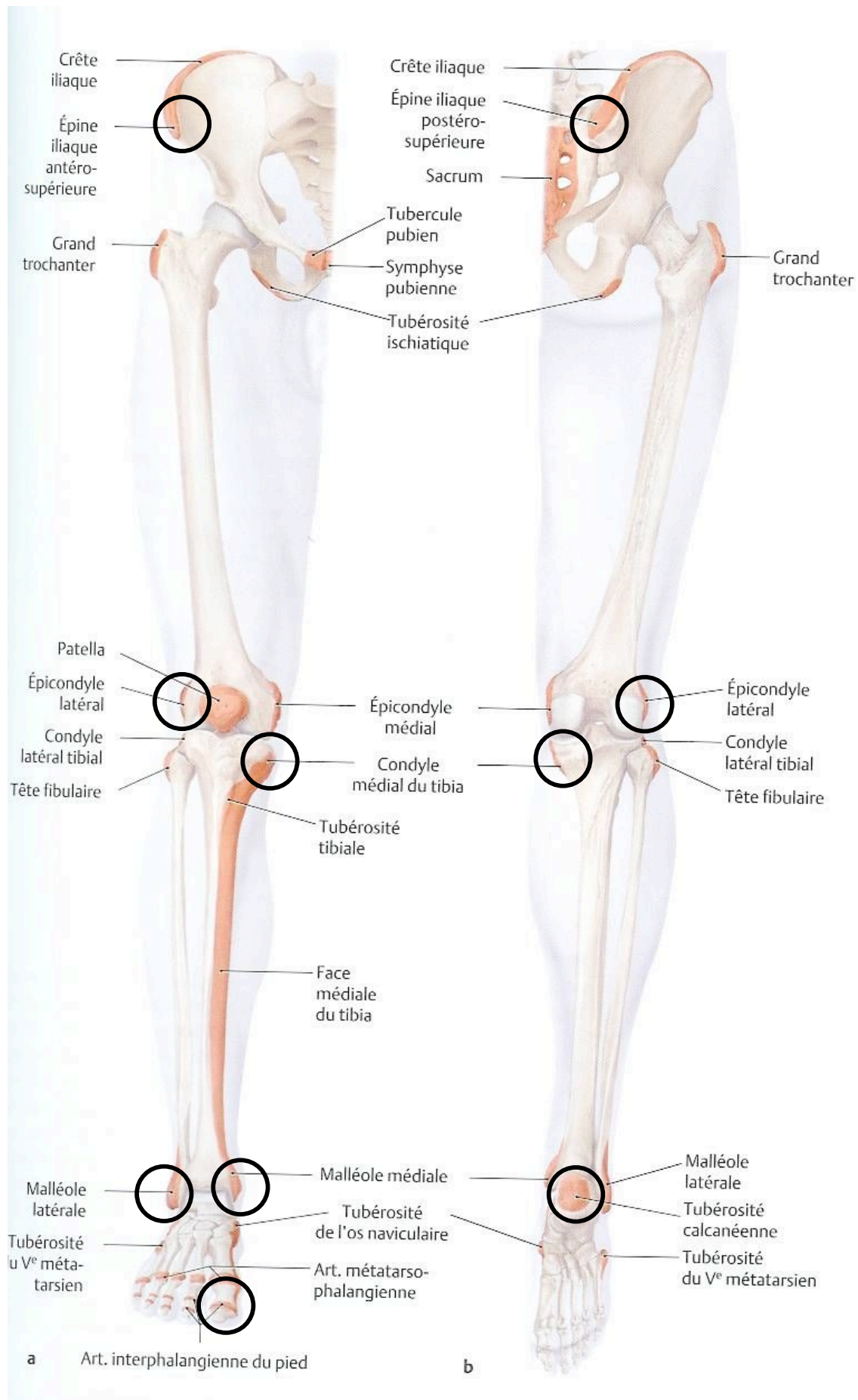


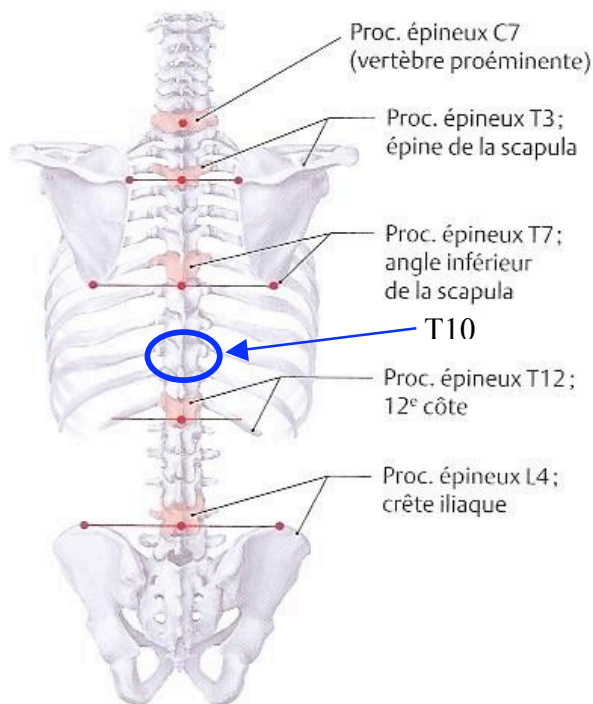
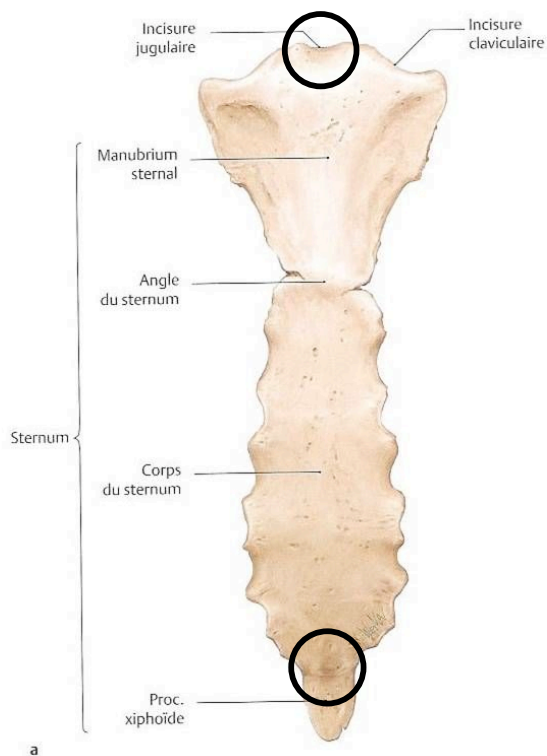
● Marqueurs dissymétriques ou complémentaires au calcul des centres articulaires.

● Marqueurs nécessaires au calcul des données anthropométriques du sujet selon Zatsiorsky et al., 1990.

Rappel Anatomique







C Les processus épineux comme points de repère du rachis

Vue dorsale. Les procc. épineux du rachis font plus ou moins saillie sous la peau et sont donc d'importants points de repère à l'examen clinique. Ils sont faciles à palper, à quelques exceptions près :

- le proc. épineux de la 7^e vertèbre cervicale, au sommet du rachis thoracique. C'est le processus le plus proéminent; c'est à cause de ce proc. épineux que la 7^e vertèbre cervicale est appelée *vertèbre proéminente*;
- le proc. épineux de la 3^e vertèbre thoracique, sur la ligne reliant les deux épines des scapulas;
- le proc. épineux de la 7^e vertèbre thoracique, à hauteur des deux angles inférieurs des scapulas;
- le proc. épineux de la 12^e vertèbre thoracique, légèrement sous l'insertion de la dernière côte;
- le proc. épineux de la 4^e vertèbre lombale, sur la ligne reliant le point culminant des deux crêtes iliaques.

Attention : à hauteur du rachis thoracique, les procc. épineux sont très obliques vers le bas (voir p. 86); ainsi le proc. épineux de la 5^e vertèbre thoracique se situe à la hauteur du corps de la 6^e vertèbre.

Nœuds et centres articulaires

Up trunk d'après Reed et al., 1999 :

Homme :

$$\text{UpTrunkx} = C7x$$

$$\text{UpTrunky} = C7y + \cos(8 \times \pi/180) \times 0,55 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{UpTrunkz} = C7z + \sin(8 \times \pi/180) \times 0,55 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

Femme :

$$\text{UpTrunkx} = C7x$$

$$\text{UpTrunky} = C7y + \cos(14 \times \pi/180) \times 0,53 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{UpTrunkz} = C7z + \sin(14 \times \pi/180) \times 0,53 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

Middle trunk :

$$\text{middleTrunk} = (\text{STRN} + \text{T10}) \times 0,5$$

Down trunk :

$$\text{downTrunk} = (\text{rightHip} + \text{leftHip}) \times 0,5$$

Root :

$$\text{root} = (\text{LFWT} + \text{RFWT} + \text{LBWT} + \text{RBWT}) \times 0,25$$

Shoulders d'après Reed et al., 1999 :

Homme :

$$\text{rightShoulderX} = \text{RSHOx}$$

$$\text{rightShoulderY} = \text{RSHOy} + \cos(11 \times \pi/180) \times 0,43 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{rightShoulderZ} = \text{RSHOz} - \sin(11 \times \pi/180) \times 0,43 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{leftShoulderX} = \text{LSHOx}$$

$$\text{leftShoulderY} = \text{LSHOy} + \cos(11 \times \pi/180) \times 0,43 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{leftShoulderZ} = \text{LSHOz} - \sin(11 \times \pi/180) \times 0,43 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

Femme :

$$\text{rightShoulderX} = \text{RSHOx}$$

$$\text{rightShoulderY} = \text{RSHOy} + \cos(5 \times \pi/180) \times 0,53 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{rightShoulderZ} = \text{RSHOz} - \sin(5 \times \pi/180) \times 0,53 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{leftShoulderX} = \text{LSHOx}$$

$$\text{leftShoulderY} = \text{LSHOy} + \cos(5 \times \pi/180) \times 0,53 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

$$\text{leftShoulderZ} = \text{LSHOz} - \sin(5 \times \pi/180) \times 0,53 \times \text{norm}(\text{CLAV}-C7)$$

Elbows :

$$\text{rightElbow} = (\text{RHUM} + \text{RRAD}) \times 0,5$$

$$\text{leftElbow} = (\text{LHUM} + \text{LRAD}) \times 0,5$$

Wrists :

$$\text{rightWrist} = (\text{RWRA} + \text{RWRB}) \times 0,5$$

$$\text{leftWrist} = (\text{LWRA} + \text{LWRB}) \times 0,5$$

rightLisfranc :

$$\text{rightLisfrancX} = \text{RHEEx}$$

$$\text{rightLisfrancY} = \text{RTARy}$$

$$\text{rightLisfrancZ} = \text{RTARz}$$

$$\text{leftLisfrancX} = \text{LHEEx}$$

$$\text{leftLisfrancY} = \text{LTARy}$$

$$\text{leftLisfrancZ} = \text{LTARz}$$

Ankles :

$$\text{rightAnkle} = (\text{RANE} + \text{RANI}) \times 0,5$$

$$\text{leftAnkle} = (\text{LANE} + \text{LANI}) \times 0,5$$

Knees :

$$\text{rightKnee} = (\text{RKNE} + \text{RKNI}) \times 0,5$$

$$\text{leftKnee} = (\text{LKNE} + \text{LKNI}) \times 0,5$$

Hips d'après Leardini et al., 1999 :

$$\text{rightHipX} = ((\text{LFWTx} + \text{RFWTx}) \times 0,5) + 0,38 \times \text{norm}(\text{RFWT} - \text{LFWT})$$

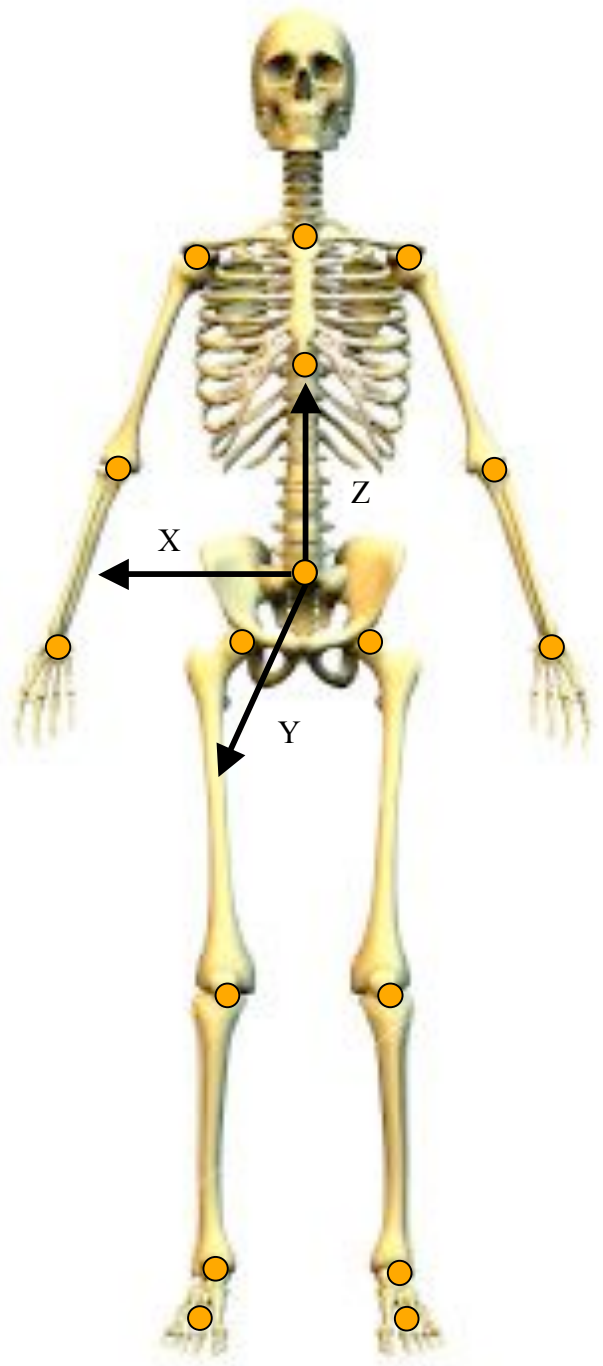
$$\text{rightHipY} = ((\text{LFWTy} + \text{RFWTy}) \times 0,5) - 0,31 \times \text{norm}(((\text{LFWT} + \text{RFWT}) \times 0,5) - ((\text{LBWT} + \text{RBWT}) \times 0,5))$$

$$\text{rightHipZ} = ((\text{LFWTz} + \text{RFWTz}) \times 0,5) - 0,096 \times [\text{norm}(\text{RANI} - \text{RKNE}) + \text{norm}(\text{RKNE} - \text{RFWT})]$$

$$\text{leftHipX} = ((\text{LFWTx} + \text{RFWTx}) \times 0,5) - 0,38 \times \text{norm}(\text{RFWT} - \text{LFWT})$$

$$\text{leftHipY} = ((\text{LFWTy} + \text{RFWTy}) \times 0,5) - 0,31 \times \text{norm}(((\text{LFWT} + \text{RFWT}) \times 0,5) - ((\text{LBWT} + \text{RBWT}) \times 0,5))$$

$$\text{leftHipZ} = ((\text{LFWTz} + \text{RFWTz}) \times 0,5) - 0,096 \times [\text{norm}(\text{LANI} - \text{LKNE}) + \text{norm}(\text{LKNE} - \text{LFWT})]$$



Tables anthropométriques

• Tables anthropométriques de De Leva (1996) :

Cette table permet de calculer les paramètres anthropométriques principaux une fois le calcul des nœuds effectués (cf. les squelettes « nestor » et « nestorine » dans convertC3DmxToNode.m). Cette table se base donc sur les données des centres articulaires et non des marqueurs comme celle de Zatsiorsky.

Segment	Point proximal	Point distal	m/M		CG/P	
			F	H	F	H
Main	Centre art poignet	Tête du 3^{ème} métacarpe	0.0056	0.0061	0.7474	0.79
Main	Centre art poignet	Tête du majeur	0.0056	0.0061	0.3427	0.3624
Main	Proc. styloïde radial	Tête du majeur	0.0056	0.0061	0.3502	0.3691
Avant Bras	Centre art coude	Centre art poignet	0.0138	0.0162	0.4559	0.4574
Avant Bras	Centre art coude	Proc. styloïde radial	0.0138	0.0162	0.4592	0.4608
Bras	Centre art épaule	Centre art coude	0.0255	0.0271	0.5754	0.5772
Pied	Talon (pternion)	acropodion	0.0129	0.0137	0.4014	0.4415
Jambe	Centre art genou	Malléole externe	0.0481	0.0433	0.4416	0.4459
Cuisse	Centre art hanche	Centre art genou	0.1478	0.1416	0.3612	0.4095
Tête	Milieu des gonions	Vertex	0.0668	0.0694	0.4106	0.4024
Tête	C7	Vertex	0.0668	0.0694	0.5159	0.4998
Thorax	Xyphion	Suprasternale	0.1545	0.1596	0.7923	0.7001
Abdomen	Nombril	Xyphion	0.1465	0.1633	0.5488	0.5498
Pelvis	Nombril	Milieu centres art. hanches	0.1247	0.1117	0.4920	0.6115
Tronc	Milieu centres art. hanches	Suprasternale	0.4257	0.4346	0.5849	0.5514
Tronc	Milieu centres art. hanches	C7	0.4257	0.4346	0.5036	0.4862

- **Gonion** : the most inferior, posterior, and lateral point on the external angle of the mandible
- **Pternion** : point on the heel, overlying the tuber calcanei, which projects farthest backward while the foot is bent at right angles to the leg (Schultz 1929).
- **acropodion** : Tête du + long orteil (1^{er} ou 2^{ème})
- **Suprasternale** : Partie supérieure du sternum ⇔ incisure jugulaire
- **Xyphion** : milieu du segment reliant la suprasternale et le processus xyphoïde.
- **Attention** : pour la tête coefficient de Anne-Hélène et Nicolas de 0,85 entre C7 et milieu du bandeau.

• Table anthropométrique de Dempster (1955) :

Segment	Point proximal	Point distal	m/M	CG/P	CG/D
Main	Axe poignet	2 ^{ème} phalange du majeur	0.006	0.506	0.494
Avant Bras	Axe du coude	Styloïde ulnaire	0.016	0.430	0.570
Bras	Axe Gléno-huméral	Axe du coude	0.028	0.436	0.564
Avt Bras + Main	Axe du coude	Styloïde ulnaire	0.022	0.682	0.318
Membre supérieur	Axe Gléno huméral	Styloïde ulnaire	0.050	0.530	0.470
Pied	Malléole externe	Tête du 2nd métatarse	0.0145	0.50	0.50
Jambe	Condyle fémoral	Malléole interne	0.0465	0.567	0.302
Cuisse	Grand trochanter	Condyle fémoral	0.100	0.433	0.567
Jambe + pied	Condyle fémoral	Malléole interne	0.061	0.606	0.394
Membre inférieur	Grand trochanter	Malléole interne	0.161	0.447	0.553
Tête + Cou	C7	Canal auriculaire	0.081	1	
Thorax	T12	C7	0.216	0.18	0.82
Abdomen	L4	T12	0.139	0.56	0.44
Pelvis	L4	Grand Trochanter	0.142	0.105	0.895
Thorax+Abdomen	L4	C7	0.355	0.37	0.63
Abdomen+Pelvis	Grand trochanter	T12	0.281	0.73	0.27
Tronc	Grand trochanter	Articulation gléno-humérale	0.497	0.50	0.50
Tronc+tête+cou	Grand trochanter	Articulation gléno-humérale	0.578	0.66	0.34

- Table anthropométrique Zatsiorsky, Seluyanov et Chugunova (1990) :

Cette table permet de calculer les paramètres anthropométriques principaux à partir des marqueurs placés sur la peau lors de la capture du mouvement.

Segment	Point proximal	Point distal	m/M		CG/P	
			F	H	F	H
Main	Proc. styloïde radial	<i>Dactylion</i>	0.0056	0.0061	0.3502	0.3691
Main + Avant Bras	Tête du radius	Proc. styloïde radial	0.0194	0.0223	0.8340	0.8216
Main + Avant Bras	Tête du radius	Dactylion	0.0194	0.0223	0.4918	0.4680
Avant Bras	Tête du radius	Proc. styloïde radial	0.0138	0.0162	0.5742	0.5726
Bras	Acromion	Tête du radius	0.0255	0.0271	0.5599	0.5502
Pied	<i>Pternion</i>	<i>Acropodion</i>	0.0129	0.0137	0.4014	0.4415
Jambe	Tête sup. lat tibia	Malléole externe	0.0481	0.0433	0.4030	0.4047
Cuisse	Epine iliaque antérosup.	Tête sup. lat tibia	0.1478	0.1417	0.4608	0.4549
Tête	C7	Vertex	0.0668	0.0694	0.5159	0.4998
Thorax	Xyphion	C7	0.1545	0.1596	0.4950	0.4934
Abdomen	Nombril	Xyphion	0.1465	0.1638	0.5488	0.5498
Pelvis	Epine iliaque antérosup	Nombril	0.1247	0.1117	0.6522	0.6459
Tronc	Epine iliaque antérosup	C7	0.4257	0.4351	0.4457	0.4485

M : masse totale du sujet

m : masse du segment considéré

P : point proximal

D : point distal

- **Dactylion** : tête du majeur
- **Pternion** : point on the heel, overlying the tuber calcanei, which projects farthest backward while the foot is bent at right angles to the leg (Schultz 1929).
- **Acropodion** : Tête du plus long orteil (1^{er} ou 2^{ème})
- **Xyphion** : milieu du sillon reliant le corps du sternum et le processus xyphoïde
- **Attention** : pour la tête coefficient de Anne-Hélène et Nicolas de 0,85 entre C7 et milieu du bandeau.

- Calcul pour le CG du tronc :

Longueur sur l'axe longitudinal des parties du tronc :

Thorax :	228mm (F)	242.1 (H)
Abdomen :	205.3 mm (F)	215.5 mm (H)
Bas tronc du nombril à Hip segmentation plane:	256.8 mm (F)	251.7 mm (H)
Distance Hip segmentation plane à milieu épines :	170.8 mm (F)	169.7 mm (H)
Donc ici Pelvis :	86mm (F)	82 mm (H)

Femmes :

$$(0.1545*(0.495*228+291.3) + 0.1465*(0.5488*205.3+86) + 0.1247*(0.6522*86))/0.4257 = 231.48\text{mm}$$

Soit le CG du tronc d'une femme est à **44.57%** du milieu des épines iliaques antérosupérieures.

Hommes :

$$(0.1596*(0.4934*242.1+297.5) + 0.1638*(0.5498*215.5+82) + 0.1117*(0.6459*82))/0.4351 = 242.01\text{mm}$$

Soit le CG du tronc d'un homme est à **44.85%** du milieu des épines iliaques antérosupérieures.