Claude Hertogh - UFR STAPS (suite de "biomécanique CM2") *Màj sept 18*

4/ Tendons

1

Tendons

Rôle

- Tendon = lig actif
- Permet au muscle d'être à distance optimale de l'X° (Cf levier)

Constitution

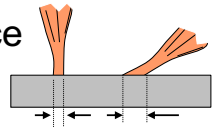
- Tissu conjonctif dense, peu vascularisé → cicatrisation (-)
- Fibres (collagène) parallèle axe longit. → Résistance à la traction +++ (> torsion)

2

Tendons

Propriétés biomécaniques
- Elasticité faible

- Svt Oblique → augmente surface de contact sur l'os



Ce que supporte un tendon en course à pied:
- *140 tonnes par km*
- *Si 160 km/sem : = 3 millions d'attaque du talon/an*

- (+) un mvt répétitif, (+) le tendon W, (+) résistant
- Les tendons des M biarticulaires sont (+) sollicités

3

Tendons

Données évolutives
- la surface de section du tendon n'augmente plus à l'âge adulte
- la résistance à la traction est modifiée par l'exercice ou l'immobilisation

- le tendon se modifie avec l'âge :
  - teneur en eau diminuent
  - élasticité et résistance diminuent

4

Tendons

Traumatologie sportive

- Tendon d'Achille
  - Talon aiguille
  - Augmentation de la puissance musculaire trop rapide (Dopage)
  - Surpoids
- Coiffe des rotateurs
  - Surentraînement
  - Fauteuil roulant

5

5/ Articulations

6

Epaule

S'oppose à la hanche

- Evolution par libération de l'appui

  Appui (quadrupède)… suspension (singe)… libre (homme)

  Peu d'arthrose car peu d'usure

- Mobilité (++), stabilité (-) : luxation + fréquente

- Traumatologie des arti. (enquête INSEP 92) :

  épaule 36%, doigts 26%, coude 20%, carpe 18%

7

Epaule

1e art. du membre dédié à la préhension

- L'ABD de l'épaule peut remplacer une prono/supination du poignet absente

- Flexion du membre sup. contre pesanteur
- Extension svt passive

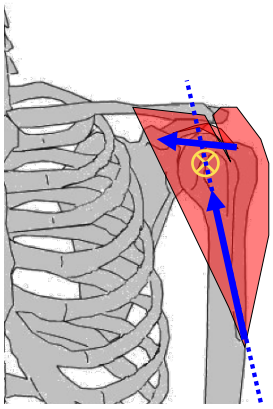
  (c'est le contraire pour le membre inf)

10°

8

Epaule

Abduction : organisation couples de rotation



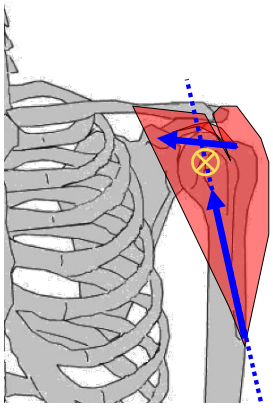
1. Action **deltoïde** seul : ↑ humérus
2. **Supra-épineux** = fixe tête hum. + limite ascension

Cf. moment de force

9

Epaule

Abduction : organisation couples de rotation



1. Abduction = mise en jeu muscles **abaisseurs** (sous-scapulaire, sous-épineux, grd pectoral, grd dorsal)
2. **Ensemble** supra-épineux (1e) + deltoïde (2e) = couple de rotation vers l'ext = abduction

Cf. moment de force

10

Epaule

Paradoxe de Codman

- Bras le long du corps avec pouce en DH)
- FAIRE 1 Abduction
- FAIRE 1 Flexion horizontale
- FAIRE 1 Extension vers position de référence anatomique
  → Cf. main (pouce en …)

11

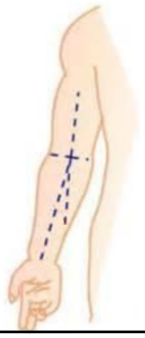
Coude

Articulation intermédiaire du mbre thoracique

(quid si 2 plâtres?)

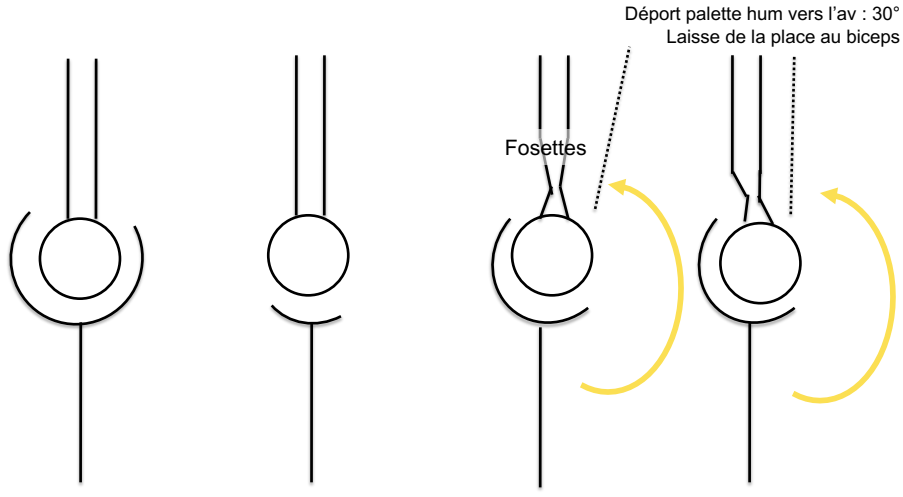
- de face : Axe de la trochlée vers le HT et DH de 10° (cubitus valgus) → main à la bouche si flexion

Biceps = muscle nourricier



12

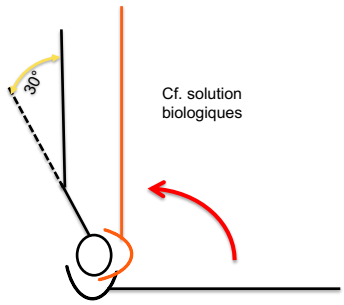
Coude : solutions biologiques



13

Coude

- Déport vers l'av de la palette hum. 30° → meilleure flexion
  → humérus et ulna //



LLI : fais ant tendu en extension ; f. post tendu en flexion,
LLE : toujours tendu sur le lig. annulaire

14

Coude

- Stabilité max à 90° de flex.
- Hyper extension laxité de 5 à 10° (surtout enfant et fille)
  →Attention trauma
- Traumato = 3 repères osseux palpables:
  olécrane / épicondyle lat. & méd.
  (Ex. : olécrane / épitrochlée / épicondyle)

15

Coude

- Courbure Pronatrice Radiale en manivelle
- Biceps Brachial est supinateur (enroulé sur la tubérosité bicipital du radius en pronation) → Cf. traction

16

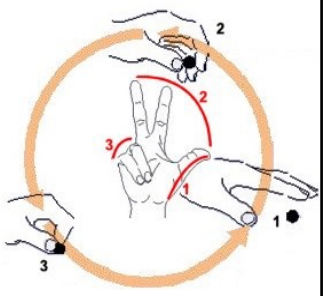
Poignet

- 2 rangées d'os liés par lig. Mais qui ne lient pas les rangées (la 1ere rangée ne reçoit presque pas de muscle *"=ménisque de la 2ième"*)
- 2 articulations :
  - radio-carpienne (flex. ++) et
  - médio-carpienne (extens° ++) qui se stabilise dés que muscles de l'av-bras contractés, càd main utilisée
- Mvts associés :
  - Flexion + adduction
  - extension + abd

17

Mobilisation du Poignet & main

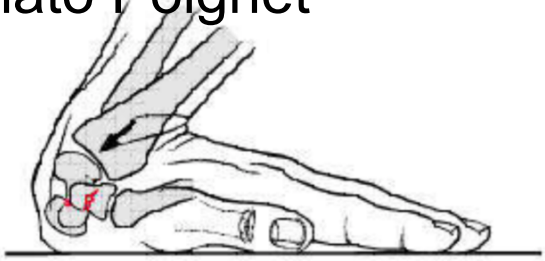
- La plupart des muscles mot sont dans l'AV-bras → prothèse de main
- Innervation par 3 nerfs
  Prise :
  (1) Nerf radial : ouverture
  (2) Nerf médian : prise fine
  (3) Nerf ulnaire : tenue solide



- Innervation sensitive doigts
  2 nerfs en DD et DH
  donc pulpe doublement active

18

Traumato Poignet



- SCAPHOÏDE
  - Chute ARR
  - dans tabatière anatomique
  - Axe du I et du II
  - Longueur de la cicatrisation (8 à 12 semaine)
  - Plâtre jusqu'au coude
  - Perte d'amplitude *(Cf. amplitude courante/max)*

19

Main & doigts

- 1 pouce + 4 doigts (hiérarchie : I, II, V fonction de la force, mobilité, musculature propre)
- Outils de contact (préhension, appui, coup) ET outils sensitif (le sens du toucher)
  Bon compromis force/précision
- Utilité +++, mais très exposée traumato ++ :
  Coupure doigt/main : 500 000/an en FR

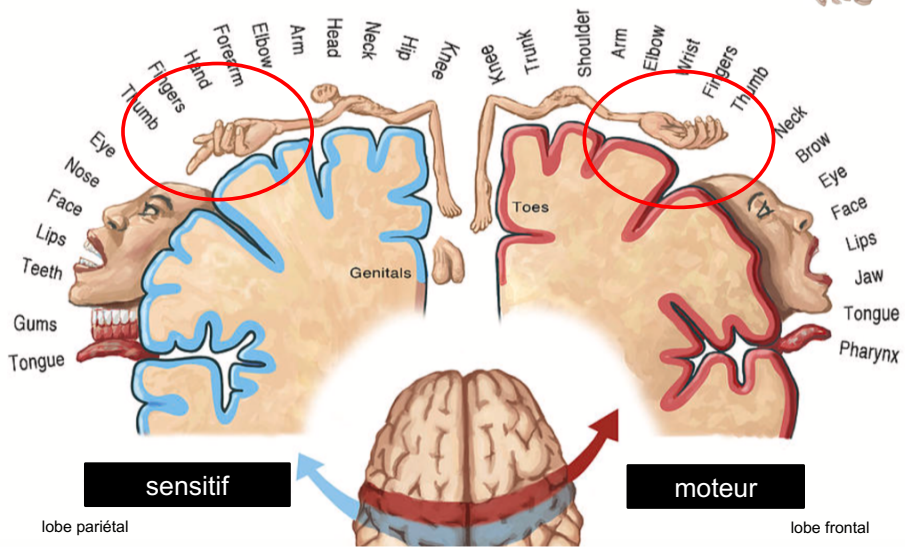
20

Main & doigts

- Opposition du pouce à la pulpe de tous les doigts (unique chez H → moins développée chez les grands singes) (Remarque Solution biol : il existe 1 singe à 4 doigts = singe araignée; singe atèle avec queue préhensible)
- Muscles extrinsèques moteurs situés dans l'av-bras
- Pouce : seulement 2 phalanges mais + libre car mvt commence avec le M1 (X° en selle entre trapèze et M1)

21

Importance main & doigts

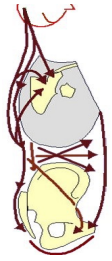


Homunculus moteur & sensitif

22

Rachis

- Rachis Cervical (+) mobile (mais + fragile)
- Dimension DIV = 1/3 à ¼ du corps vert. Entorse à la charnière : C5/C6

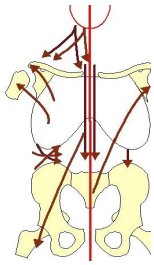


- Thorax (-) mobile DIV : 1/8 du corps vert.

- Lombaire DIV = 1/3 à ¼

Charnière lombo-sacrée, promontoire sacré très incliné vers AV et BAS.
Nucleus → ARR en se penchant en AV

(rappel : Rôle de ilio-psoas)



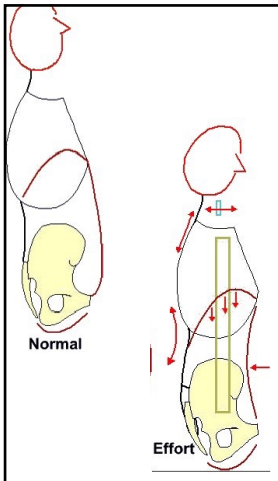
Muscles en "✳"

23

Rachis & respiration

- Muscles inspirateurs élèvent côtes :
  - ↗ diamètre dorso-ventral : sternum vers l'AV
  - ↗ diamètre thoracique transversale : élève et écarte grill costal
  - ↗ diamètre vertical par abaissement diaphragme
- → diminution pression → inspiration

24



Rachis

Limite résistance vertébrale = 800Kg/cm^2

mais chez haltérophile = 1200kg/cm^2 quand il porte 300Kg !

Comment est-ce possible?

- Position
- Rôle de la sangle abdominale = Poutre composite os / muscle

25

Rachis

Attention au déplacement de charges

- l'éloignement du corps → bras de levier ++ → ↗ risque traumatiq.

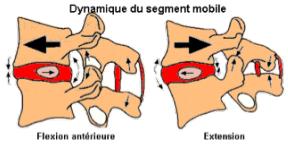
Si CdeG s'éloigne vers AV → pression augmente : soulever 10kg en se penchant en AV sans fléchir genou = compression sur DIV L4/L5 = 144kg/cm^2 soit F_{tot} de 1 tonne

→ Flexion des genoux rapproche charge du tronc

26

Mouvements DIV

- En flexion ant. le noyau recule
- En extension le noyau avance



- Attention aux flexions associées de compression…

27

Biomécanique CV

CV ≈ Mât bateau

Calcul de résistance d'un mât :

$R = C^2 + 1$

R : résistance
C : nombre de courbures

- Dos plat (courbures effacées) : $0^2 + 1 = 1$
- Dos rond (1 seule courbure) : $1^2 + 1 = 2$
- Dos normal (3 courbures) : $3^2 + 1 = 10$

Dos capital précieux ⇒ posture responsable d'1 résistance dont le facteur varie de 1 à 10 !

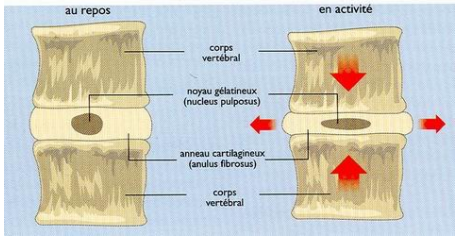
Rem : Importance des pieds/chaussure = 1e amortisseur
Importance literie : On passe 25 ans de sa vie allongé

28

Faiblesse mécanique de CV

- Les 2 zones les plus fréquemment affectées par une hernie discale de la région lombaire = 2 derniers DIV
  - entre 4ième et 5ième lombaires (L4-L5)
  - entre la 5ième la 1ière sacrée (L5-S1)

- Ces 2 DIV = responsables 98% de toutes les hernies douloureuse



- POIDS
- CONTRAINTES
- MOUVEMENTS

29

MAL AU DOS

Fréquence : femmes > hommes

Causes (+) souvent citées :

- Musculature (-)
- Poitrine (+)
- Double vie (travail / maison) ⇒ ♀+ exposée
- Marche avec talons déséquilibre le dos ⇒ arthrose ♀ (+frq) rachis, hanches et genoux

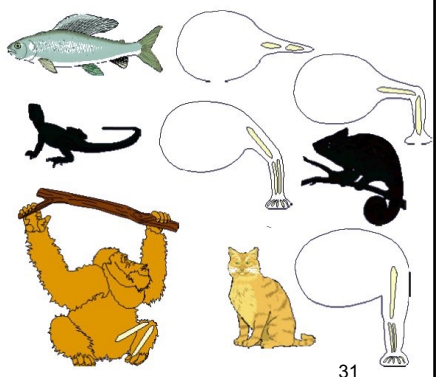
- Grossesse laissent parfois traces sur mobilité squelette, et bassin en particulier
- Ostéoporose : fatigue os dès ménopause

30

Hanche

- Dédiée Marche : stabilité (+) / mobilité (-)
- Utilité = seul^{t} 20 à 30° dans la marche
- Evolution : Le membre inf se verticalise

- **Opposition hanche / épaule**
  fixe / stable / mobilité / gros muscles / lig solides / fracture et arthrose = hanche / luxation = épaule

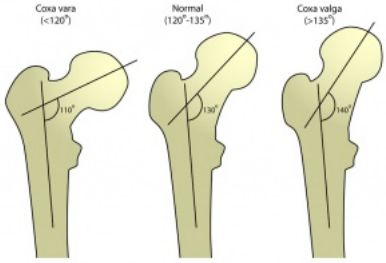


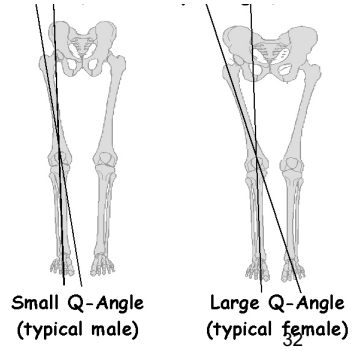
31

Hanche

- Usure avec le temps : importance du sourcil cotyloïdien (acetabulum) le fémur regarde vers l'AV et le cotyle vers l'ARR ; Arthrose ++

- Angle diaphyse/épiphyse diminue avec l'âge
  - Enfant 140 à 145°
  - Adulte 130°
  - Vieillard 120 à 125°





32

Hanche

Mouvement

- Dépend de la position du genou (si fléchi + d'amplitude), 90° à 120° voir 140° (passif =160°)
- Position instable : jambe croisée

- Abduction des mbres inf max 60° →

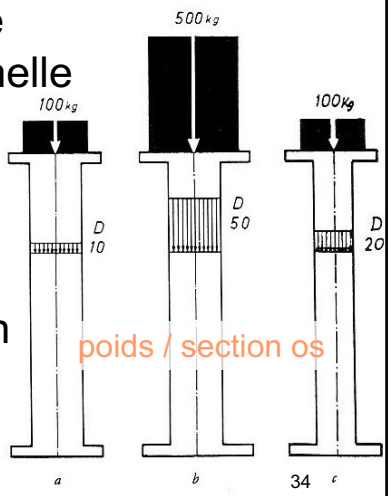
"grand écart facial" impossible, mais :
"Grand écart ant." possible car bascule ant bassin + hyperlordose (antéversion) car flexion hanche bascule ant bassin + hyperlordose

33

Genou

Le poids exerce une contrainte proportionnelle à la charge et inversement proportionnelle à la section de la surface portante

Le genou est la plus grosse Xº du corps humain

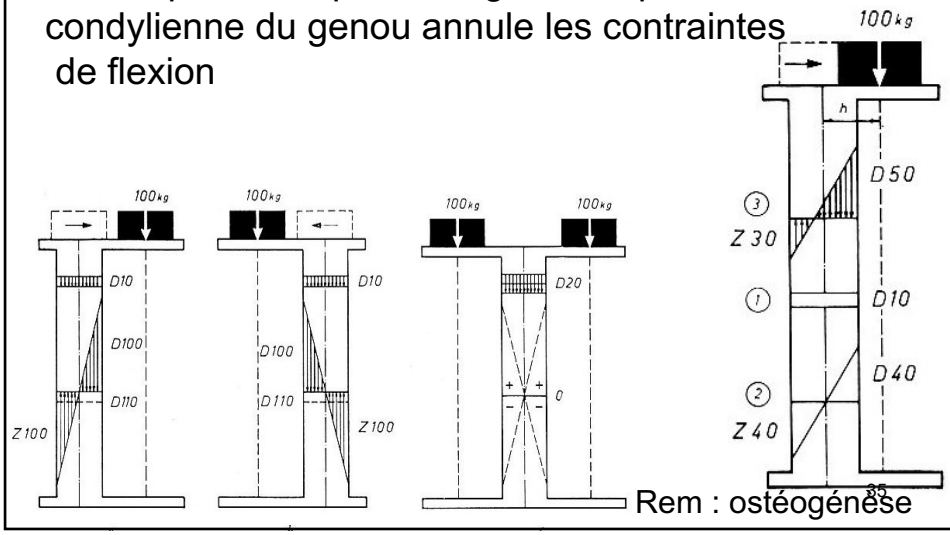


poids / section os

34

Genou

Des contraintes de flexion s'ajoutent aux contraintes de compression qd la charge est déportée. La double condylienne du genou annule les contraintes de flexion



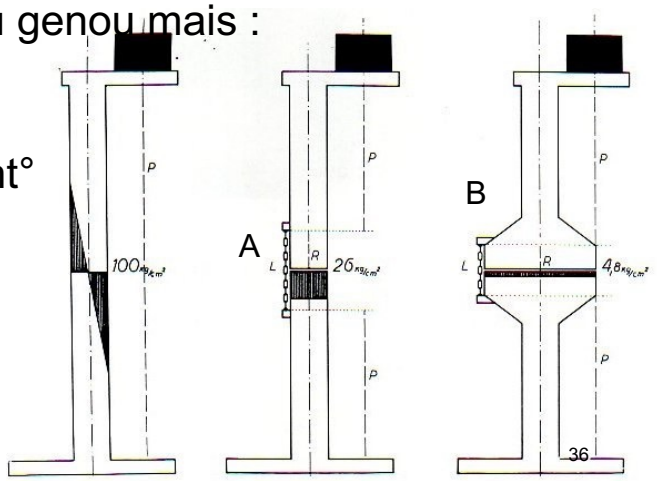
Rem : ostéogénèse

Genou

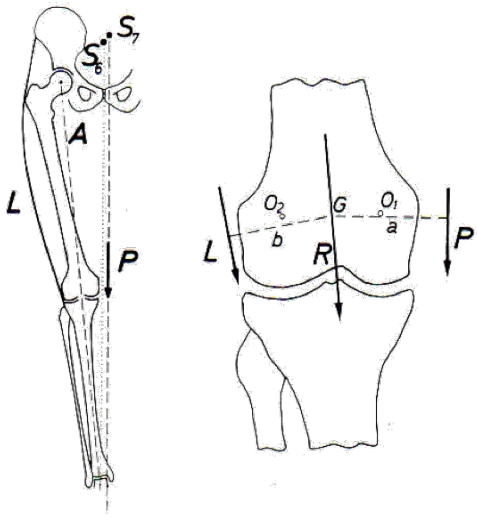
Modèle mécanique de la colonne articulaire de genou

En appui monopodal, le poids du corps est désaxé p/r au genou mais :

(A) = hauban
(B) = augment° de la surface portante



Genou



En appui monopodal le poids P devrait créer un couple de rotation mais la résultante L des forces musculaires (ABD) équilibre l'ensemble

→ R passe par axe genou

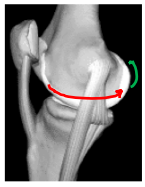
37

Genou

- Besoin de stabilité
- Hyper recurvatum (ext 5 à 10 °)
- Genu valgum (en "X") p/r genu varum
- Arthrose (usure) du genou à partir de 75 ans frq … quid de l'↗ du poids ??
- X° sous cutané peu/pas protégée
- Patella (rotule) = os sésamoïde
- Asymétrie condyle (lat + long) →rotation ext en extension & rotation int en flexion
- Asymétrie plateau T. (int = +concave) rotation autour condyle creux

38

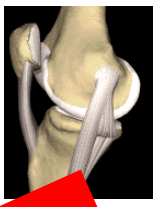
Genou



- Genou tendu : "came" de + grand diamètre) → stabilité + (lig lat tendus)
- Genou fléchi : "came" à diamètre réduit : rotation possible par glissement des condyles Fém. sur plateau tibial
- Ménisques "fixés" à patella :
  - en EXT →patella "monte" et les ramène vers AV
  - en FLEX →ménisques reculent *(maladie des carreleurs : au redressement : ménisques pas le temps d'avancer) →pincement →trauma*

39

Genou



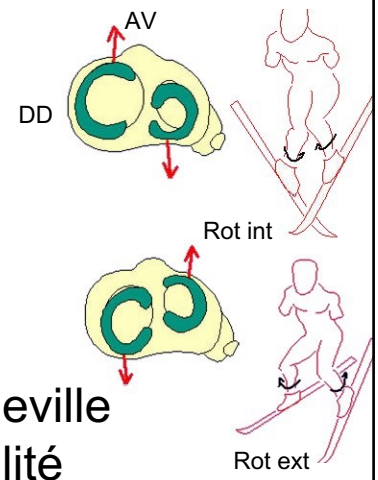
- 0 à 15° de flexion : Condyles comp[illegible]t par rouler sans glisser (20° po[illegible]dyle ext)
- puis glissement prog[illegible]… En fin de flexion = condyle[illegible] sans rouler

A revoir

Mécanis[illegible]protection du cartilage : lors de la [illegible] 0 à 15° de flexion genou effectué sans glissement --> pas d'usure cartilagineuse par frottement

40

Genou



Ski

- Rotation int et ext → déplac^{t} ménisques
- Dans chaussures ski cheville en flexion dorsale (stabilité ++) → genou fléchi (rotation rendue possible)

41

Genou stabilité

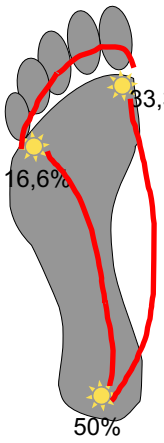
= Ménisques / Capsule / Lig. / Haubans musculaires

stabilité	assurée par :
transversale	lig Xés (Ant), LL + coques condyliennes + haubans lat. + Quadriceps (expansions croisées)
antéro-post	Coques condyl., lig Xés. + Quadriceps
rotatoire	Lig Xés (tendus en rot int tibia) + LL (tendus en rot ext) + M. poplité (freine rotation ext du genou fléchi)

42

Cheville/pied

Pied : voûte plantaire = 1er amortisseur



- 3 points d'appuis : tête M_1 (33% du poids), M_5 (17%) et calcanéus (50%)
- 3 voûtes (ant. / médiale + HT / latérale + BAS = 1er amortisseur

Rem : pas d'amortis. chez paraplégique

43

Cheville/pied

Traumatologie

Xo la plus sujette aux entorses (attention 2 entorse dans la même année = instabilité chronique)

Entorse externe = les plus fréquentes…

pourquoi?

44

Cheville/pied

Empreintes:
1. Normal
2. Creux
3. Pied bot varus équin
4. Pied plat
5. Pied bot talus valgus

Rem : Cf. usure chaussure

Types de pieds :
- Pied grec (orteil II + grand) ++ fréquent
- Pied égyptien (orteil I + grand)
- Pied carré

45

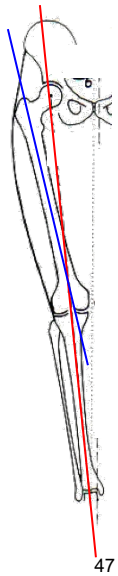
Merci de votre attention..

46

Genou axes

Axes du genou

- Axe membre inf = centre tête fémorale, milieu interligne Xr fémoro-tibiale et centre poulie astragalienne(talus)
- → oblique vers BAS et DD (3° par rapport à verticale) → valgus physiologique du genou d'environ 6°
- De face : angle diaphyse fémorale et tibiale = 170°



47

Genou mvt

Flexion / extension

- Amplitude de 0 à 140/160° (position de la hanche)
- 0 à 15° de flexion : Condyles commencent par rouler sans glisser (20° pour condyle ext)
- puis glissement progressif … En fin de flexion = condyle glisse sans rouler
- Mécanisme de protection du cartilage : lors de la marche 0 à 15° de flexion genou effectué sans glissement --> pas d'usure cartilagineuse par frottement

Rotation (int 30, ext 40°)

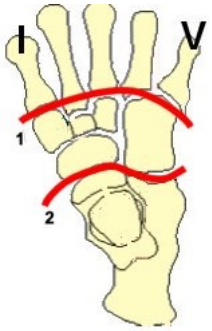
- Amplitude max pour 90°de flexion
- Axe vertical = épine tibiale int (condyle ext se déplace + que l'int)

48

Cheville/pied mouvements

• Inversion	• éversion
lever orteil 1	lever orteil 5
svt bébés, si tricycle correction	= pronation + rotation ext (+ flex dorsale + abd)

- L'avant du pied en vrille : articulation de Chopart (2)
- Articulation de Lisfranc (1)

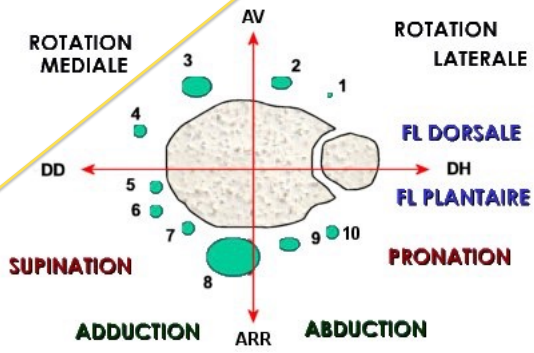


49

Cheville/pied mouvements

Nombreux lig actifs

1. Péronier ant (3° fibulaire)
2. Ext com orteils
3. Ext propre gros orteil
4. Jambier ant (tibial ant)
5. Jambier post (tibial post)
6. Flé comm orteils
7. Flé propre gros orteil
8. Triceps sural
9. Lg péronier lat (lg fibulaire)
10. Court Péronier lat. (court fibulaire)

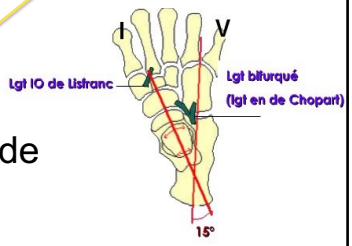


Rappel : Pronation = action de soulever l'extérieur du pied

50

Cheville/pied mouvements

- Flexion dorsale stable / flexion plantaire instable (poulie de astragale (talus) plus large en AV)
- Axe talus 15° vers DD par rapport au pied mais jambe en DH



- Lig en Y de Chopart sur l'interligne de Chopart (amputation)
- Arche latérale stabilité position debout (lg et court fibulaire (péronier))
- Arche int dynamique : flech prof, jbier ant & post…
- Arche ant (add du I)

51