

# Appareil Locomoteur

TUTORAT NICOIS

Mamie Louise

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

## INTRODUCTION

L'appareil locomoteur a pour fonction la préhensions, la lutte contre la pesanteur (soutenir son propre poids), la locomotion, la mastication et la mécanique respiratoire. Il s'étudie à travers **l'ostéologie**, **l'arthrologie** et la **myologie**.

## OSTEOLOGIE

Description brève de l'os pour pas être paumé :

### OSTEOGENESE

#### DEFINITION

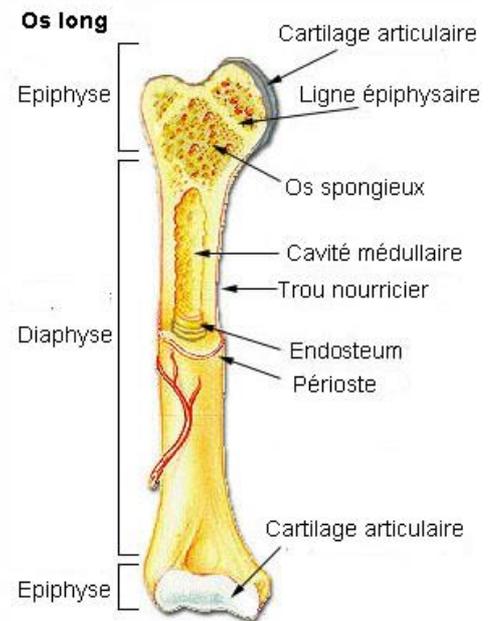
L'ostéogénèse ou l'ossification est la formation du tissu osseux. On retrouve deux types d'ossifications principales : l'ossification endochondrale et l'ossification membraneuse.

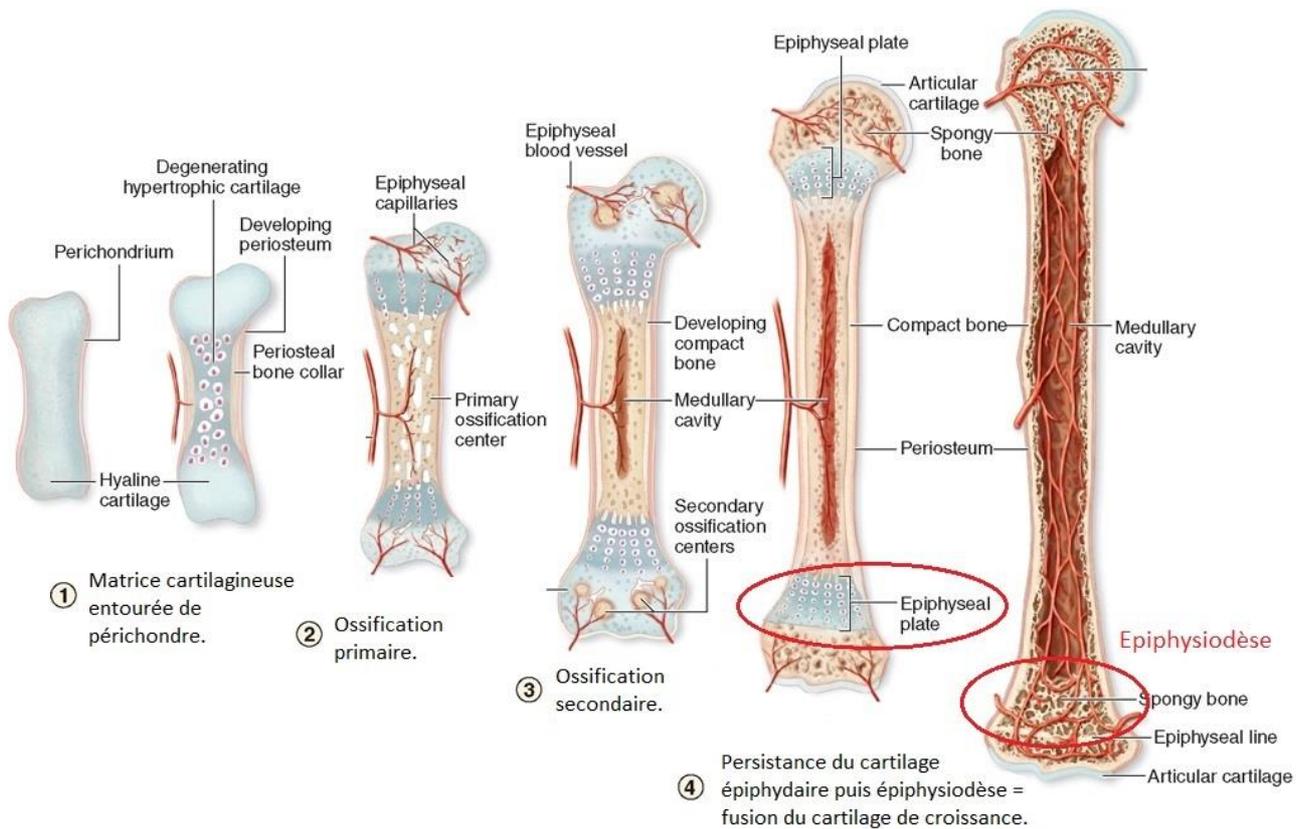
#### OSSIFICATION ENDOCHONDRALE

Elle correspond à l'ostéogénèse des os longs et se déroule en plusieurs étapes (schéma ci-dessous) :

- Une matrice **cartilagineuse** est entourée de **périchondre**
- il apparaît un point d'ossification **primaire** qui forme la cavité médullaire (future **diaphyse**)
- puis aux **extrémités** de la maquettes (future **épiphyse**) apparaissent des points d'ossification **secondaire**
- **entre les points d'ossification primaire et secondaire** persiste un vestige de la matrice : le **cartilage épiphysaire = de croissance = point de conjugaison**, différent du cartilage **hyalin ou articulaire** que l'on retrouve **aux extrémités des épiphyses**.

**POINT IMPORTANT** : on ne confond pas cartilage **HYALIN** ou **ARTICULAIRE** qui encroûte les **EXTREMITES** avec le **CARTILAGE DE CONJUGAISON = DE CROISSANCE = EPIPHYSAIRE** qui est entre l'épiphyse et la métaphyse.

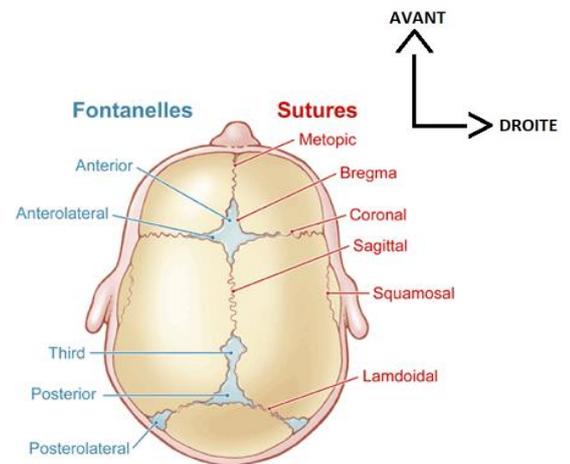




**OSSIFICATION MEMBRANEUSE**

C'est l'ostéogénèse des os du crâne : elle débute au sein du mésenchyme SANS matrice cartilagineuse. Dans cette membrane apparait un point d'ossification primaire qui **envahit** la membrane ostéoïde. **Sauf** au niveau de des **fontanelles**, qui se souderont durant la petite enfance.

**Clinique** : à quoi ça sert une fontanelle ?? Elles permettent au crâne du bébé de se déformer pour passer lors de l'accouchement, mais aussi au cerveau de croître tranquille pendant l'enfance.



**CROISSANCE ET AGE OSSEUX**

**CROISSANCE DE L'OS (CONCERNE L'OSTEOGENESE ENDOCHONDRALE)**

➤ Le cartilage de croissance (de conjugaison, épiphysaire) :

Comme son nom l'indique il va permettre la **croissance** en longueur de l'os primaire par division cellulaire. On retrouve 4 zones de cellules différentes selon leur stade de division, partant de

l'épiphyse vers la métaphyse : cellules germinatives, cellules sériées, cellules hypertrophiques, cellules dégénératives. La croissance **cellulaire** se fait donc de manière **centripète** (vers le centre) alors que la croissance **osseuse** est **centrifuge** (vers l'extérieur).

**Clinique** : la couche de cellules **hypertrophique** est la plus **fragile**, elle sera donc le lieu de la rupture du cartilage de conjugaison lors des fractures chez l'enfant.

La croissance de l'os est sous influence hormonale.

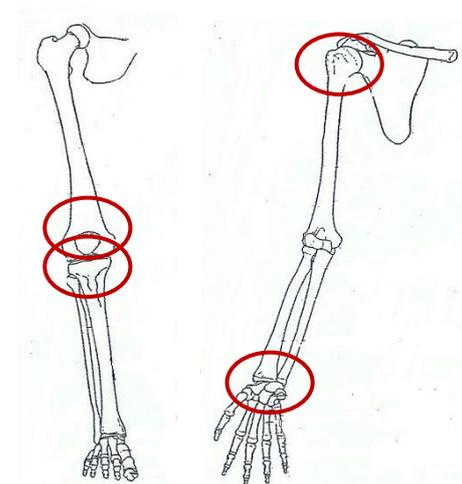
➤ Arrêt de la croissance : l'épiphysiodèse

Le cartilage de croissance se situe entre l'épiphyse et la diaphyse, entre des lacs vasculaires métaphysaires et épiphysaires. Lorsque les lacs vasculaires rentrent en contact, la croissance de l'os s'arrête par fusion du cartilage de croissance : c'est l'épiphysiodèse. C'est un phénomène physiologique qui peut aussi être :

- pathologique (lors de fracture)
- total, arrêt de la croissance de l'épiphyse
- partiel, certains endroits du lac n'ont pas fusionnés, entraînant une déviation osseuse
- provoqué par le chirurgien (dans le cas d'un membre plus long que l'autre par ex.)

➤ Les épiphyses fertiles :

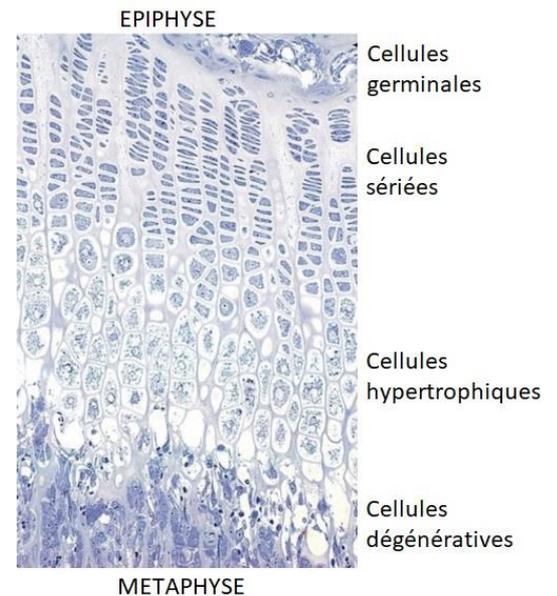
Elles se situent près du genou et loin du coude (extrémité proximale du tibia, de la fibula et de l'humérus mais distale de l'ulna, du radius et du fémur) et correspondent aux zones où l'os grandit le plus (environ 2/3 de la croissance de l'os). **Clinique** : la lésion d'une épiphyse fertile provoquera un plus fort raccourcissement qu'une lésion ailleurs CAR les épiphyses fertiles permettent 2/3 de la croissance des os longs. Les microbes et bactéries stagnent préférentiellement au niveau des épiphyses entraînant des ostéomyélites, et les sarcomes osseux se développent préférentiellement dans les lacs métaphysaires des épiphyses fertiles.



**PRES DU GENOU**      **LOIN DU COUDE**

➤ Les contraintes osseuses :

La croissance de l'os est accrue dans les zones de faible pression selon la loi de Delpech. Ainsi, les enfants alités ont des poussées de croissance, faute de pression sur les os.



Une bonne répartition des contraintes est nécessaire au bon développement osseux alors que des asymétries de contraintes peuvent entraîner des asymétries de croissance.

## DESCRIPTION DE L'OS

### CLASSIFICATION DES OS

On peut classer les os en fonction de leur forme : on retrouve les os longs, courts et plats

- Les os longs : la longueur prédomine sur la largeur et l'épaisseur, par ex le fémur, os de la cuisse. Ils présentent trois parties : 1 diaphyse centrale, 2 épiphyses aux extrémités, encroutées de cartilage articulaire = hyalin, 2 métaphyses entre la diaphyses et chaque épiphyses
- Les os plats : leur épaisseur est très inférieure aux deux autres dimensions, ex : la scapula
- Les os courts : de petites tailles et globalement équivalents dans les trois dimensions, ex : le talus, os du tarse

### STRUCTURE OSSEUSE

- Structure Macroscopique (voir schéma page 1)
  - Le périoste : c'est une membrane vasculaire qui recouvre la totalité de l'os SAUF au niveau des épiphyses qui sont encroutée de cartilage hyalin = articulaire.
  - La **corticale** de l'os : elle est située sous le périoste, c'est de l'os **compact**
  - L'endoste : c'est l'équivalent du périoste mais à l'intérieur de la cavité médullaire
  - La **diaphyse** : cette partie centrale de l'os possède un canal médullaire tapissé d'endoste et contenant la **moelle osseuse / moelle jaune**.
  - **Epiphyses et métaphyses** : au niveau des extrémités (ainsi que dans les **os courts et plats**) on retrouve de l'os spongieux lamellaire contenant de la **moelle rouge hématopoïétique**.

- Histologie

L'unité de base de l'os est l'ostéon (cylindre longitudinal formé de lamelles osseuses concentriques).

Les os ont une structure fibrillo-lamellaire :

- compact, torsadée (les ostéons sont torsadés comme les fibres d'une corde) et polyphasique au niveau de la corticale de l'os, très résistante à la compression mais peu à la torsion
- spongieuse et aplatie au niveau du tissu spongieux.

**Clinique** : le renouvellement osseux de la femme ménopausée est fortement réduit car les taux d'hormones (sécrétion d'œstrogène) chutent, entraînant ostéoporose et ostéopénie. L'os peut se

plus fréquemment sous des contraintes mineures.

## MECANIQUE ET BIOMECANIQUE OSSEUSE

### BIOMECANIQUE OSSEUSE

#### ➤ Théories

- Théorie des haubans de Pauwels : les muscles absorbent les contraintes exercées sur l'os à la manière des haubans d'une grue, pour solidifier la poutre osseuse.
- Théorie de Rabischong et Avril : l'os et les muscles sont comme un matériau composite résistant qui partage les contraintes entre l'os et les muscles.
- La résistance de l'os est supérieure in vivo qu'in vitro grâce à la présence des muscles
- L'os est matériau composite et élastique avec un module d'Young bas = il est peu élastique. Les épiphyses et les os courts ont la résistance d'un bidon d'huile : la corticale et le tissu spongieux permettent une résistance élevée.
- Loi de Delpech : des contraintes faibles entraînent un fort développement osseux = la croissance osseuse est élevée dans les zones de faibles pressions.

#### ➤ Contraintes

- Les os résistent mieux à la compression qu'à la torsion car les ostéons sont organisés en torsades. L'os résiste à 500 kg de compression alors que la torsion défait les fibres d'ostéons.
- Les contraintes circulent à la périphérie de l'os (et PAS au centre, c'est la ligne neutre) : elles sont **positives (de compression ou de sustentation)** dans les **concavités** et **négatives (de distractions)** dans les **convexités**.
- Loi de Wolff : Les contraintes qui s'exercent entre l'épiphyse et la diaphyse suivent des lignes imaginaires en forme de voutes gothiques. Les travées spongieuses prennent la forme de ses lignes de force.

### FRACTURES OSSEUSES



On retrouve deux **types** de fractures et trois **causes** de fractures :

- Les fractures **fragiles** (l'os se brise d'un coup comme du verre) ou **ductiles / incomplètes** (en bois vert (photo de gauche) ou en motte de beurre (p. de droite) , l'os ne casse pas totalement).



- Les fractures :
  - De **surcharge** supra-physiologique, un traumatisme violent entraînant une **rupture fragile** ;
  - De **fatigue**, physiologique mais répétées de nombreuses fois rapidement qui fissurent l'os sans permettre son renouvellement, entraînant des fractures **ductiles** (tassement osseux) ou **fragiles** (fracture du 2<sup>ème</sup> métatarsien lors de longues marches) ;
  - **Pathologiques**, dues à un os malade qui rompt facilement sous une contrainte infra-physiologique (ex : ostéoporose à la ménopause).

## VASCULARISATION DE L'OS

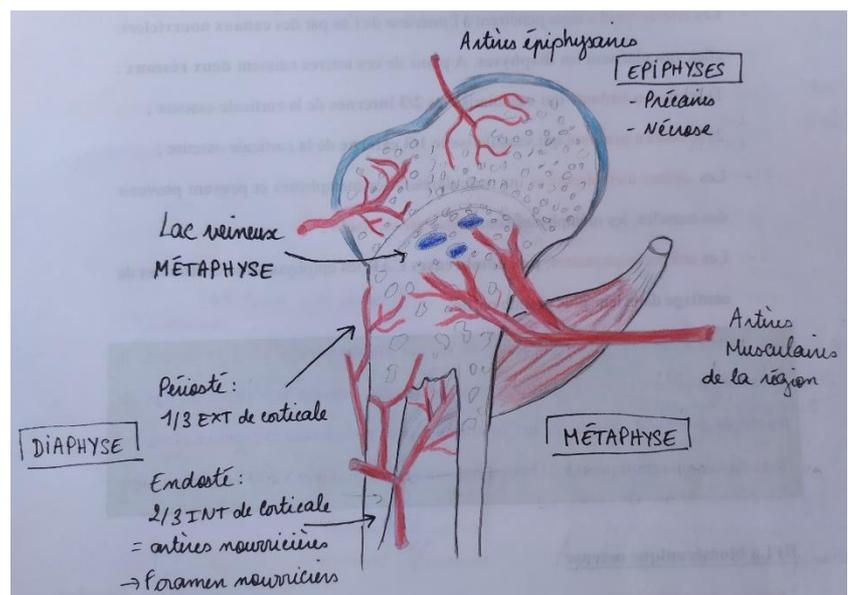
### ARTERIELLE

- De la diaphyse : elle est bien vascularisée par deux réseaux
  - Les artères nourricières, qui pénètrent à l'intérieur de l'os par des canaux nourriciers, circulent dans le canal médullaire et la corticale et donnent le réseau endosté vascularisant les 2/3 internes de l'os cortical
  - Les artères périostées vascularisant le 1/3 externe de la corticale et circulant sur le périoste
- Des épiphyses : elles sont peu vascularisées, par des artères épiphysaires précaires car elles sont recouvertes de cartilage articulaire qui n'est PAS vascularisé
- Des métaphyses : elles sont bien vascularisées par des artères métaphysaires provenant des muscles de la région

**Clinique** : un os coupé va saigner au niveau de la diaphyse et des extrémités (contenant le tissu spongieux) : on peut mourir d'une hémorragie interne par fracture osseuse. Lors d'une fracture ouverte (9 fois sur 10 : le tibia), un patient peut aussi saigner à blanc.

**Clinique** : Les épiphyses, mal vascularisées, sont sujettes aux

ostéonécroses dues à des artères épiphysaires bouchées. Elles sont fréquentes au niveau de la tête de



l'humérus et très fréquentes sur la tête du fémur. Elles sont causées par : le tabac, le cholestérol, l'hyperlipidémie (entraînant une précipitation des lipides qui vont boucher ces artéριοles précaires), l'éthylisme chronique, les fractures des épiphyses.

---

## VEINEUSE

Les lacs veineux métaphysaires ralentissent la circulation : on peut donc avoir une stagnation donnant des infections osseuses d'origine hématogènes et des ostéomyélites (fréquentes chez les enfants).

## ARTHROLOGIE

L'arthrologie est l'étude des articulations. L'arthrogénèse correspond à la formation de l'articulation et on en étudie deux types : la synoviale et la cartilagineuse

## ARTHROGENESE

---

### SYNOVIALE

Entre deux matrices cartilagineuses apparaît une interzone mésenchymateuse. Un phénomène de cavitation forme une cavité articulaire dans ce mésenchyme, entourée par une capsule articulaire issue du péri-chondre. Cette cavité contient une membrane synoviale et un fibrocartilage interarticulaire.

---

### CARTILAGINEUSE

Ici, on passe directement de l'interzone à un fibrocartilage d'union (=d'interposition) qui s'insère sur le cartilage articulaire et sur la capsule qui cloisonne l'articulation, SANS cavitation.

## CLASSIFICATION

Il existe trois types d'articulations principales ainsi qu'une catégorie à part : les sysarcoses.

Avant tout : une cavité articulaire peut être réelle ou virtuelle. Une cavité virtuelle est une cavité qui n'existe pas **mais que l'on peut créer**, comme une ventouse sur une plaque de verre : si j'appuie sur ma ventouse il n'y a pas de cavité, mais je peux la créer en glissant mon doigt entre la ventouse et la vitre. Une cavité peut être réelle **et remplie par le fibrocartilage** : comme elle est remplie on ne peut pas la créer artificiellement (sauf si le cartilage casse) je ne peux pas y glisser mon doigt puisque c'est plein / rempli.

Autre exemple de Monsieur de Peretti : le vagin ! C'est une cavité virtuelle qui peut être créée si j'y glisse mon doigt (par exemple). Mais en temps normal / au repos, le vagin a ses deux parois qui se touchent, ce n'est pas un petit trou béant entre les cuisses de madame !

Au final : les **syndesmoses** et les articulations **synoviales** possèdent des cavités **virtuelles**, tandis que les sutures et les articulations cartilagineuses possèdent une cavité réelle remplie.

---

## FIBREUSES

Les articulations fibreuses possèdent un ligament d'union et parfois une cavité articulaire mais PAS de fibrocartilage, ni de surface cartilagineuse. On en retrouve trois types :

- Les Syndesmoses : elles possèdent une **cavité articulaire virtuelle**, avec des ligaments d'interposition entre les os. Ex : l'articulation tibio-fibulaire inférieure
- Les Sutures : elle possède une **cavité articulaire réelle complètement remplie** par le ligament. On en retrouve 4 types au niveau du crâne, totalement immobiles :
  - Schindylèse, rail creux dans un rail plein ex : articulation sphéno-vomérienne
  - Planes, rares
  - Dentelées, d'aspect godronné
  - Squameuses ou en écaille
- Les Gomphoses : c'est l'articulation de la dent dans son alvéole

---

## CARTILAGINEUSES

Elles possèdent : une **cavité articulaire réelle mais remplie** par le fibrocartilage d'interposition ; du cartilage hyalin ; une capsule articulaire et des ligaments. Ex : la symphyse pubienne et l'articulation inter-corporéale des disques vertébraux

---

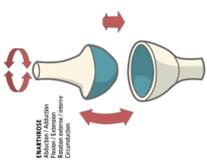
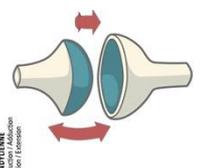
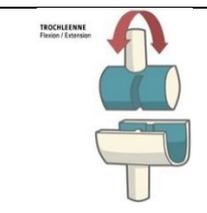
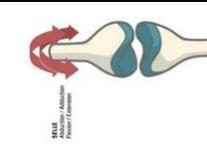
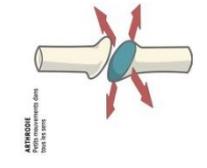
## SYNOVIALES

Elles possèdent :

- une cavité articulaire **virtuelle** (comme pour la syndesmose)
- une capsule articulaire tapissée d'une membrane synoviale, sécrétant du liquide synovial riche en acide hyaluronique pour la lubrification articulaire, permettant un fonctionnement sans surchauffe
- des replis synoviaux formés par la membrane
- des ligaments renforçant la capsule, intra-articulaire, extra-articulaire pour enforcer la capsule, extra-articulaire à distance de l'articulation ex : ligaments croisés du genou

- des fibrocartilages d'interposition : des ménisques, des disques ou des bourrelets.
- du cartilage articulaire aux extrémités des os

On en retrouve 6 types :

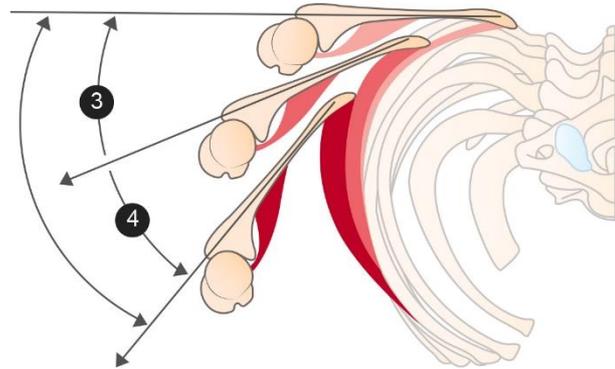
Nom	Description	Schéma	Axe(s) de mobilité	Exemple d'articulations :
Sphéroïde ou énarthrose	Sphère pleine dans une sphère creuse		3	Coxo-fémorale
Ellipsoïde ou Condylenne	Une ellipse pleine dans une ellipse creuse		2	Radio-carpienne
Cylindroïde ou trochoïde	Un cylindre plein dans un cylindre creux		1	Radio-ulnaire supérieure
Trochlée ou poulie	Rail plein dans un rail creux, comme une poulie		1	Huméro-ulnaire
En selle	Un torse plein dans un torse creux (comme une selle de cheval)		2	Trapézo-métacarpienne
Plane ou arthroïde	2 surfaces planes en contact		Infinité de faible amplitude	Costo-vertébrale

Vascularisation et innervation de l'articulation synoviale :

- La vascularisation articulaire synoviale se fait par via un système anastomotique (artères épiphysaires, péri articulaires, intra articulaires ...). Les fibrocartilages ne sont vascularisés qu'à leur périphérie : l'intérieur du cartilage articulaire n'est pas vascularisé. Mais l'articulation synoviale complète (membrane, ligaments, capsules etc ...) est bien vascularisée !
- L'innervation est proprioceptive consciente (en fermant les yeux on sait où est notre articulation) et inconsciente.

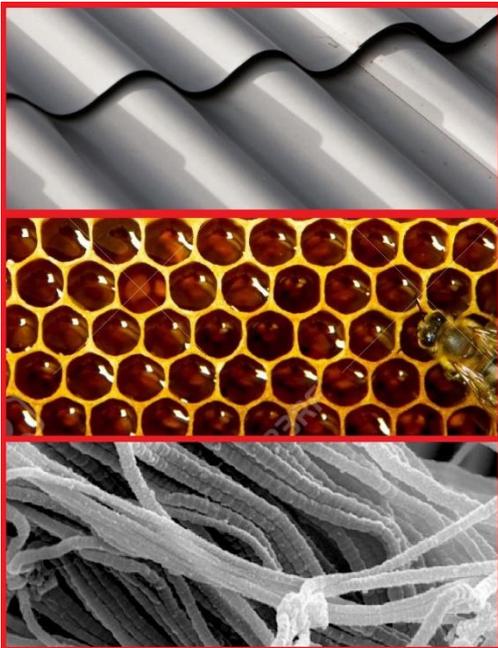
## SYSARCOSES

Ce sont des articulations entre deux os tapissés de muscles, séparés par un espace de glissement rempli de graisse. Elles sont très mobiles, permettant des mouvements pluri-centimétriques, ex : articulation scapulo-thoracique. (image vue de dessus avec le l'avant vers le bas)



## BIOMECANIQUE ET LUBRIFICATION ARTICULAIRE

## HISTOLOGIE



Le cartilage hyalin = articulaire se décompose en trois zones, de la plus profonde à la plus superficielle :

- Zone superficielle : sa surface est en tôle ondulée, contenant des pores de nutrition du cartilage, dans lesquels pénètrent le liquide synovial : ce phénomène s'appelle le pumping synovial ou imbibition.
- La zone profonde : c'est la zone d'amortissement du cartilage. Sa structure en nid d'abeille / alvéolaire emprisonne dans ses logettes de fibre de collagène un gel riche en mucopolysaccharides chondroïtine sulfates et des chondrocytes.
- La zone basale : elle tapisse l'os spongieux sous-jacent, c'est la zone d'insertion des fibres de collagène sur l'os sous-chondral

Pumping synovial : nutrition du cartilage par imbibition, seul moyen de nutrition du cartilage car il n'y a pas d'artère à l'intérieur du cartilage.

**Clinique** : après la fin de la croissance, le cartilage ne se répare plus et l'usure par **fibrillation de sa couche superficielle** laisse apparaître la **zone profonde**. On parle de structure en chair de crabe, marquant le début de l'usure cartilagineuse.

## MYOLOGIE

C'est l'étude des muscles. Les muscles sont des organes charnus contractiles transformant l'énergie chimique en énergie mécanique. On retrouve trois types histologiques : les muscles striés squelettiques et volontaires à contraction rapide ; le myocarde = muscle strié involontaire à contraction rapide ; et les muscles lisses involontaires.

## MYOGENESE

Le tissu musculaire provient du myotome qui migre en dorsal pour les muscles de l'épimère et en ventral pour ceux de l'hypomère. **C'est le nerf qui induit le muscle.**

- L'épimère : il donne les muscles érecteurs de la colonne vertébrale, innervés par les rameaux dorsaux des nerfs spinaux
- L'hypomère : il donne les muscles des **membres**, innervés par des **plexus** enchevêtrés issus des rameaux ventraux des nerfs spinaux ; et les muscles du **troncs**, innervé en **ceinture (métamérique)** par les rameaux ventraux des nerfs spinaux.

## ANATOMIE FONCTIONNELLE DES MUSCLES

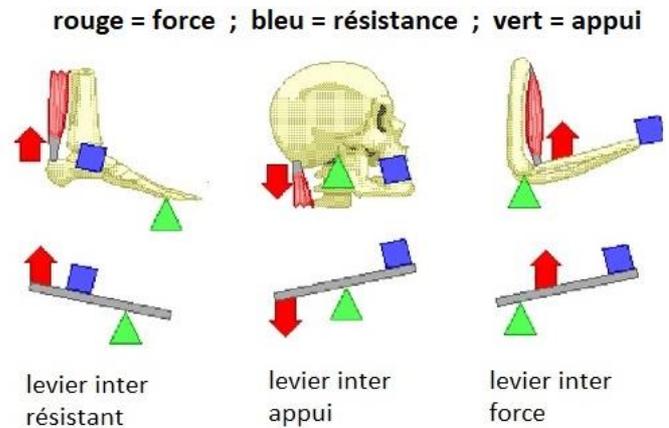
Les muscles sont élastique et possède un tonus permanent in vivo, dû à leur innervation. Ils possèdent trois longueurs distinctes :

- La longueur de repos : la longueur du muscle dans l'organisme et sans effort, mais soumis à un tonus permanent
- La longueur d'étirement maximale : les muscles se contractent d'autant plus qu'ils sont étirés
- La longueur d'équilibre : longueur du muscle hors de l'organisme, désinnervé. Elle est plus longue que la longueur de repos car le muscle n'a plus tonus.

## LES TYPES DE LEVIERS

Il existe trois types de leviers :

- **inter-appui** : force et résistance opposées par un **appui** central, ex : la stabilité du crâne
- **inter-résistant** : appui et force opposés par une **résistance** centrale, ex : cheville en flexion plantaire
- **inter-force** : résistance et appui opposés par une **force** musculaire centrale, ex : flexion du coude



## LE TESTING MUSCULAIRE

Le testing musculaire permet d'évaluer la force de contraction d'un muscle selon **6** niveaux, numérotés de 0 à 5.

0	Pas de contraction	
1	Contraction perceptible sans mouvement	Perceptible à la palpation ou visible mais sans aucun mouvement (quand tu serres les fesses mais que tu ne bouges pas le membre inférieur pour autant)
2	Mouvement en apesanteur	Le mouvement est dans plan qui annule l'attraction terrestre ex : flexion / extension du bras dans le plan horizontale
3	Mouvement contre pesanteur	Le mouvement est contre l'attraction terrestre ex : plier le coude dans le plan sagittale
4	Mouvement contre une résistance faible	En plus de la pesanteur, une contrainte est exercée sur le muscle en mouvement ex : tu soulèves un truc pas lourd
5	Force normale	Tu soulèves des mères aisément

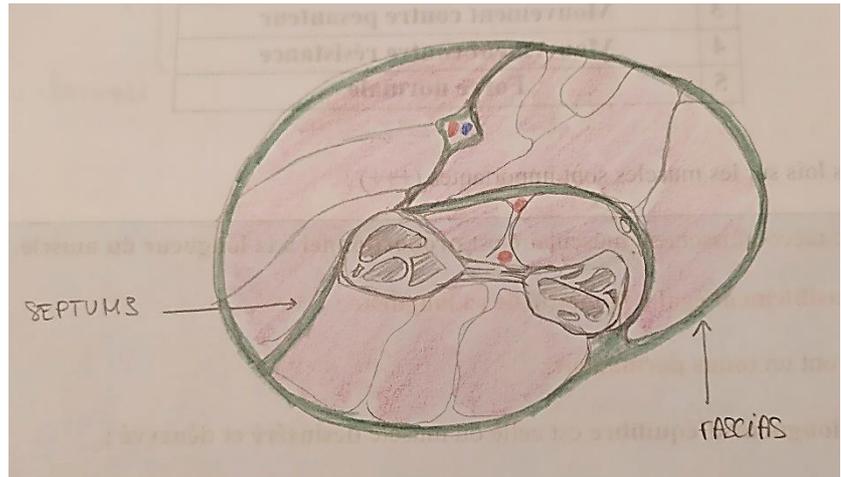
## ANNEXES MUSCULAIRES

### LES LOGES

Les muscles sont contenus dans des loges fibreuses, délimitées par des fascias et des septums, très peu extensibles.

**Clinique** : le syndrome des loges

C'est une ischémie capillaire musculaire par hyperpression dans la loge (qui n'est pas extensible) sur artère battante. Chez les sportifs de fond par exemple, le muscle se vasodilate et la pression dans la loge dépasse la pression de perfusion capillaire (moitié de la minima artérielle) alors que les artères sont toujours battante, entraînant un ischémie capillaire.



L'artère est battante donc on conserve le pouls. On peut aussi retrouver ce syndrome en post traumatique. Les signes sont nombreux : douleur atroce, paralysie, persistance des pouls, anesthésie des nerfs qui passent dans la loge, hypertension de la loge, nécrose, mortification des muscles, anurie (n'urine plus), puis mort (rare car bien traité).

Pour traiter ce syndrome on pratique une fasciotomie : le chirurgien ouvre les loges en coupant les fascias pour diminuer la pression et reprendre une perfusion capillaire.

*C'est la fin de cette fiche ! C'est un gros chapitre, lourd et dense, mais on ne lâche rien !!! Allez-y petit à petit, n'hésitez pas à fractionner. Le gros avantage est que ce n'est pas difficile à comprendre. Faites vous des petits mnémos, regardez les annales pour voir ce qui tombe souvent.*

*Moment des dédicaces : à Arthurète, mon lardon préféré et Diego le Sancho, à la petite team Montebello : Mamaurélie, Hugo, Tristan, Théo, Ryan, Caro, Eva et Greg. A mes fillots et fillotes en tout genre : on ne lâche rien, ça va être long mais je crois en vous tous, soulevez moi ce concours ! Au petit Alexandre, sa sœur infernale, Nadia la crapule et ma colloc cette hystérique fascinante.*

