



PCEM1

THEME VB

LOCOMOTRICITE

PLAN

ANATOMIE	3
La colonne vertébrale	4
Os coxal	13
Fémur	20
Patella	25
Tibia	27
Fibula	30
Os du pied	33
Articulation coxo-fémorale	40
Articulation du genou	45
Région glutéale (région de la fesse)	50
Trigone fémoral (Triangle de Scarpa)	53
Anatomie topographique de la cuisse	65
Creux poplité	73
Anatomie topographique de la jambe	75
Anatomie topographique du pied	79
Vascularisation du membre pelvien	83
Innervation du membre pelvien	87
PHYSIOLOGIE	90
BIOCHIMIE	106

THEME VB
LOCOMOTRICITE
ANATOMIE

COLONNE VERTÉBRALE & MEMBRE PELVIEN

Les objectifs éducationnels

Au terme de ce cours, l'étudiant pourra :

1. Décrire chaque vertèbre et noter les différences structurales à chaque étage de la colonne vertébrale.
2. Décrire chaque os du membre pelvien, en l'identifiant et apprenant ses formes, ses surfaces articulaires et ses insertions musculaires.
3. Décrire les pièces osseuses, les moyens d'union et l'anatomie fonctionnelle des articulations de chaque segment du membre pelvien.
4. Définir en décrivant l'insertion, la terminaison, l'innervation et l'action des différents muscles du membre pelvien.
5. Définir les différents axes vasculaires en décrivant leurs rapports dans les régions d'intérêt anato-mo-chirurgical (région glutéale, trigone fémoral, canal fémoral, creux poplité et canal calcanéen).
6. Décrire les plexus lombaire et sacré, leur constitution, leurs branches terminales, leurs territoires sensitif et moteur, ainsi que l'innervation radiculaire du membre pelvien.
7. Définir le contenant et le contenu des différentes régions topographiques d'intérêt anato-mo-chirurgical, citées dans l'objectif 5.
8. Colorier les schémas du document de base, selon les couleurs conventionnelles.
9. Titrer et annoter les légendes des schémas du document de base.

LA COLONNE VERTÉBRALE

La colonne vertébrale est constituée :

- **d'une partie mobile comprenant 24 vertèbres :**

- 7 vertèbres cervicales numérotées de haut en bas, la première vertèbre cervicale C1 est appelée atlas, la deuxième C2 est appelée axis.
- 12 vertèbres thoraciques (dorsales), numérotées de haut en bas de T1 (D1) à T12 (D12).
- 5 vertèbres lombaires, numérotées de haut en bas de L1 à L5.

- **d'une partie fixe comprenant deux os :**

- le sacrum formé de 5 vertèbres sacrées soudées, numérotées de haut en bas de S1 à S2.
- le coccyx formé de 3 ou 5 vertèbres coccygiennes soudées.

La colonne vertébrale constitue le mat de fixation des muscles indispensables à la posture et à la locomotion. Elle assure aussi la protection de la moelle spinale située dans le canal vertébral.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. DIMENSIONS

La longueur de la colonne vertébrale est d'environ 70 cm chez l'homme et 60 cm chez la femme.

1.2. COURBURES

De face la colonne vertébrale est droite et ne présente pas de courbures latérales. Toute déviation latérale dans le plan frontal est pathologique, on parle alors de scoliose.

De profil la colonne vertébrale présente des courbures sagittales physiologiques :

- Courbure cervicale à concavité postérieure (lordose cervicale),
- Courbure dorsale à concavité antérieure (cyphose dorsale) dont l'angulation normale est de 35 à 40 °,
- Courbure lombaire à concavité postérieure (lordose lombaire) dont l'angulation normale est de 50 à 60 °,
- Courbure sacro-coccygienne à concavité antérieure

1.3. MORPHOLOGIE EXTERNE

1.3.1. Face ventrale

Elle présente une largeur qui augmente de C2 à L3. Elle est faite par la superposition des corps vertébraux et des disques intervertébraux.

1.3.2. Face dorsale

Sur la ligne médiane saillent les processus épineux qui sont horizontaux dans les régions cervicale et lombaire, et obliques en bas dans la région thoracique.

Le processus épineux de C7 est très saillant facile à repérer.

Le processus épineux de T3 est situé sur l'horizontale passant par l'épine de la scapula.

Le processus épineux de L4 est situé dans un plan tangent aux crêtes iliaques.

De chaque côté des processus épineux se trouvent les gouttières vertébrales.

1.3.3. Face latérale

Sur la face latérale, on retrouve la saillie des processus transverses.

2. LA VERTÈBRE TYPE (C1 ET C2 EXCLUES)

Toute vertèbre est formée d'un corps et d'un arc neural (postérieur), le tout circonscrivant un orifice, le foramen vertébral.

2.1. LE CORPS VERTÉBRAL

C'est un segment de cylindre aplati à sa partie dorsale ; ses deux faces supérieure et inférieure sont concaves ; sa circonférence excavée au niveau des faces antérieures et latérales forme une gouttière horizontale.

2.2. L'ARC POSTÉRIEUR OU ARC NEURAL

Il est formé par les pédicules, les lames, les processus transverses, les processus articulaires supérieurs et inférieurs et le processus épineux.

2.2.1. les pédicules

Ils sont implantés sur le corps vertébral à l'union de ses faces dorsales et latérales. Les pédicules sont aplatis dans le sens transversal ; les bords supérieur et inférieur, échancrés, limitent avec les pédicules sus et sous-jacent les foramens intervertébraux (trous de conjugaison).

2.2.2. Les lames

Elles forment la paroi postérieure du foramen vertébral ; quadrilatères, aplatis d'avant en arrière, elles sont situées dans un plan oblique de haut en bas et d'avant en arrière. Elles se réunissent en arrière sur la ligne médiane ; point de départ du processus épineux.

2.2.3. Le processus épineux

Il se détache à l'angle de réunion des lames ; transversalement aplati, il se dirige en arrière et en bas.

2.2.4. Les processus articulaires

Ils s'implantent à l'union des pédicules et des lames ; les processus articulaires supérieur et inférieur d'un même côté forment une colonnette osseuse verticale, terminée à ses extrémités supérieure et inférieure par une surface articulaire : le massif articulaire.

2.2.5. Les processus transverses

Ils se détachent du point d'union du pédicule et de la lame ; aplatis d'avant en arrière, ils se dirigent horizontalement en dehors.

2.2.6. Le foramen vertébral

Il est compris entre le corps vertébral en avant, les pédicules latéralement et les lames en arrière. La superposition des foramens vertébraux forme le canal vertébral.

3. LES VERTÈBRES CERVICALES

3.1. VERTÈBRE CERVICALE : C3 À C7

- **Le corps vertébral** est cubique, allongé transversalement. La face supérieure se relève sur ses parties latérales en deux saillies : les unci (uncus ou processus uncinatus) caractéristiques des vertèbres cervicales. La face inférieure est concave dans le sens antéro-postérieur et convexe transversalement, elle présente deux échancrures latérales qui répondent aux unci de la vertèbre sous-jacente. Le corps se prolonge en bas et en avant par un bec qui recouvre le bord supérieur de la vertèbre sous-jacente : le rostre.
- **Les pédicules** se portent en arrière et en dehors.
- **Les lames** sont quadrilatères, inclinées en bas et en arrière, imbriquées à la manière des tuiles d'un toit.
- **Les processus transverses** naissent par deux racines qui limitent le foramen transversaire, lieu de passage de l'artère vertébrale. L'extrémité latérale du processus transverse est bituberculée et sa face supérieure est creusée d'une gouttière transversale.
- **Les processus articulaires** forment une colonnette osseuse implantée à l'union de la lame et du pédicule. Les surfaces articulaires sont planes, la supérieure regarde en arrière et en haut, l'inférieure en avant et en bas.
- **Le processus épineux** est bituberculé.
- **Le foramen vertébral** est large, triangulaire à base antérieure.
- **C7** est une vertèbre de transition qui a des caractères d'une vertèbre cervicale et d'une vertèbre thoracique. Elle présente un processus épineux long, épais, très oblique en bas et en arrière et terminé par un seul tubercule facilement palpable.

3.2. LA PREMIÈRE VERTÈBRE CERVICALE : ATLAS (C1)

Elle supporte la tête en s'articulant avec l'os occipital. Elle est plus étendue transversalement que les autres vertèbres cervicales.

Elle ne présente pas de corps vertébral : en forme d'anneau, elle est constituée par deux masses latérales qui supportent les processus transverses et qui sont reliées par deux arcs antérieur et postérieur.

À son niveau le foramen vertébral, circonscrit par les masses latérales et les arcs, est grossièrement circulaire et particulièrement grand.

3.3. LA DEUXIÈME VERTÈBRE CERVICALE : AXIS (C2)

Elle présente un processus volumineux qui surmonte son corps et porte le nom de dent : le processus odontoïde

- **Le processus odontoïde** est une saillie cylindro-conique verticale, haute de 15 mm, large de 10 mm à laquelle on peut décrire une base, un col rétréci et un corps. Le corps de la dent porte une surface articulaire antérieure ovale qui répond à celle située à la face postérieure de l'arc antérieur de l'atlas et une surface articulaire postérieure qui répond à la face antérieure du ligament transverse de l'atlas.
- **Les processus articulaires** ne sont pas placés l'un au-dessus de l'autre : les processus articulaires supérieurs sont situés de part et d'autre de la dent, ils portent une surface articulaire, ovale et orientée en haut et un peu en dehors; les processus articulaires inférieurs sont situés beaucoup plus en dehors et en arrière sous l'extrémité antérieure des lames, ils sont semblables à ceux des autres vertèbres cervicales.
- **Le processus épineux** est volumineux.

4. LES VERTÈBRES THORACIQUES (T1 À T12)

- **le corps vertébral** : beaucoup plus gros que celui des vertèbres cervicales, son volume s'accroît de T1 à T12; le diamètre transversal est égal au diamètre antéropostérieur; il est régulièrement arrondi sauf en arrière où il présente une concavité postérieure. La surface circonférentielle porte deux petites surfaces articulaires, les fovéas costales supérieure et inférieure situées à la partie toute postérieure des faces latérales, l'une près du bord supérieur, l'autre près du bord inférieur; elles forment avec les fovéas costales des vertèbres voisines des angles rentrants qui s'articulent avec la tête des côtes.
- **Les lames** sont aplaties d'avant en arrière, presque carrées.
- **Les processus transverses** naissent par une seule racine de l'union du pédicule avec la lame; elles sont obliques en dehors et un peu en arrière. La face antérieure présente à son extrémité distale une surface articulaire, la fovéa costale transversaire, répondant à la surface articulaire du tubercule costal.
- **Le processus épineux** est prismatique triangulaire, fortement oblique en bas et en arrière; son extrémité ne présente qu'un tubercule.
- **Le foramen vertébral** est à peu près circulaire.

- **T1** : c'est une vertèbre de transition entre les vertèbres cervicales et dorsales, le corps est allongé transversalement, la fovéa costale supérieure est complète et répond à la première côte.
- **T10** : seule existe la fovéa costale supérieure, la onzième côte ne s'articulant qu'avec la onzième vertèbre thoracique.
- **T12** : elle se rapproche encore plus du type lombaire, le corps ne présente qu'une seule fovéa costale pour la douzième côte.

5. LES VERTÈBRES LOMBAIRES (L1 À L5)

- **le corps vertébral** est volumineux, son grand axe est transversal, sa face inférieure est plus étendue que sa face supérieure,
- **les pédicules** très épais. Le bord supérieur est un peu concave en haut, le bord inférieur est très concave en bas,
- **les lames** sont épaisses quadrilatères, plus hautes que larges,
- **les processus transverses**, longs et étroits, ils représentent une côte rudimentaire et sont appelés processus costiformes,
- **le processus épineux** est très épais, quadrilatère, aplati transversalement, dirigé horizontalement en arrière; le sommet est épais et mousse,
- **le foramen vertébral** représente un triangle équilatéral,
- **L1** : les processus transverses sont moins développés que ceux des autres vertèbres lombaires,
- **L5** : le corps vertébral est le plus volumineux, cunéiforme, les processus transverses sont courts et massifs, les processus articulaires inférieurs sont plus latéraux que les supérieurs et répondent au sacrum.

6. LE SACRUM

Os impair médian et symétrique résultant de la soudure des cinq vertèbres sacrées.

Il est situé au-dessous de la colonne lombaire avec laquelle il forme un angle obtus saillant en avant : le promontoire, au-dessus du coccyx et entre les deux os coxaux avec lesquels il forme le bassin.

Fortement incliné en bas et en arrière, il forme avec l'horizontale un angle de 15 °. Il est incurvé, concave en avant et en bas, en forme de pyramide quadrangulaire et présente à décrire quatre faces, une base et un sommet inférieur.

6.1. FACE PELVIENNE (ANTÉRIEURE)

- triangulaire à base supérieure,
- face ventrale des corps vertébraux soudés, dont la hauteur diminue de haut en bas et qui sont séparés par quatre crêtes transversales,
- foramens sacrés pelviens (trous sacrés antérieurs),
- gouttières sacrées antérieures prolongent en dehors les foramens sacrés pelviens.

6.2. FACE DORSALE (POSTÉRIEURE)

- triangulaire à base supérieure, convexe, très irrégulière, elle est orientée en haut et en arrière,
- **crête sacrée médiane**, formée par trois ou quatre tubercules saillants résultant de la soudure des processus épineux,
- **gouttière sacrée**, longe latéralement la crête sacrée, elle résulte de la soudure des lames vertébrales,
- **crête sacrée intermédiaire** (tubercules sacrés postéro-internes), résultant de la fusion des processus articulaires,
- **les foramens sacrés dorsaux** (trous sacrés postérieurs),
- **crête sacrée latérale** (tubercules sacrés postéro-externes), résulte de la soudure des processus transverses.

6.3. FACES LATÉRALES

Triangulaire à base antéro-supérieure, elles présentent deux segments :

- le segment supérieur correspond aux deux premières vertèbres sacrées; il est large et montre une volumineuse surface articulaire : la surface auriculaire, en forme de croissant à concavité postéro-supérieure et excavée, cette surface répond à une surface analogue de l'os coxal,
- le segment inférieur correspond aux trois dernières vertèbres sacrées, c'est un bord épais et mousse présentant de nombreuses rugosités.

6.4. BASE

Elle est formée par la face supérieure de la première vertèbre sacrée :

- la partie moyenne présente la face supérieure du corps de S1, surface ovalaire dont le bord antérieur est très saillant, et en arrière d'elle, l'ouverture du canal sacré, triangulaire à base antérieure,
- les parties latérales présentent de chaque côté du corps un aileron sacré, triangulaire à base latérale, convexe d'avant en arrière et concave transversalement.

6.5. L'APEX

Il représente sur la ligne médiane une facette elliptique à grand axe transversal, convexe, articulaire avec une facette homologue de la base du coccyx.

6.6. LE CANAL SACRÉ

Prismatique triangulaire en haut, il se rétrécit et s'aplatit en bas; il donne naissance de chaque côté à quatre canaux qui se bifurquent et s'ouvrent au niveau des foramens sacrés pelviens et dorsaux.

7. LE COCCYX

Os impair, médian et symétrique, situé au-dessous du sacrum avec l'apex duquel il s'articule; il est formé par la réunion de trois à cinq vertèbres coccygiennes atrophiées et se présente souvent en deux pièces articulées.

8. ARTICULATIONS INTERVERTÉBRALES

À l'exception des articulations occipito-atloïdienne et atlanto-axoïdienne (C1 – C2), les vertèbres s'articulent entre elles par leur corps et leurs processus articulaires.

8.1. ARTICULATIONS ENTRE LES CORPS VERTÉBRAUX

Elles unissent les corps vertébraux entre C2 à S1.

8.1.1. Surfaces articulaires

- faces supérieure et inférieure des corps vertébraux, concaves, recouvertes de cartilage,
- disques intervertébraux : fibrocartilage, forme lentille biconvexe, partie périphérique, l'anneau fibreux (annulus fibrosus), partie centrale, le noyau pulpeux (nucleus pulposus).

8.1.2. Les ligaments

• Le ligament longitudinal ventral :

Bande fibreuse tendue de la base de l'occiput à la face antérieure de S2. Il adhère au périoste de la face antérieure des corps vertébraux et des disques.

• Le ligament longitudinal dorsal :

Situé dans le canal vertébral. Il est tendu de la face postérieure du corps de l'axis à celle du coccyx. Étroit au niveau des corps vertébraux, il s'élargit au niveau des disques.

8.2. ARTICULATIONS DES ARCS VERTÉBRAUX

8.2.1. Articulations zygapophysiales

- les surfaces articulaires supérieures sont au niveau :
 - cervical : planes, orientées en arrière et en haut,
 - thoracique : planes, orientées en arrière et latéralement,
 - lombaire : des gouttières verticales, orientées en arrière et médialement
- les surfaces articulaires inférieures sont inversement conformées,
- capsule articulaire, synoviale.

8.2.2. Les ligaments

- Le ligament jaune : se fixe sur le bord des lames sus et sous-jacente. Il est particulièrement épais et résistant dans la région lombaire.
- Le ligament supra-épineux (surépineux) : c'est un cordon fibreux tendu du processus épineux de C7 à la crête sacrale; il se fixe au sommet des processus épineux.
- Les ligaments inter-épineux : unissent chacun le bord des processus épineux sus et sous-jacents.
- Les ligaments inter-transversaires : unissent les processus transverses.

Figure 1 : Morphologie extérieure de la colonne vertébrale

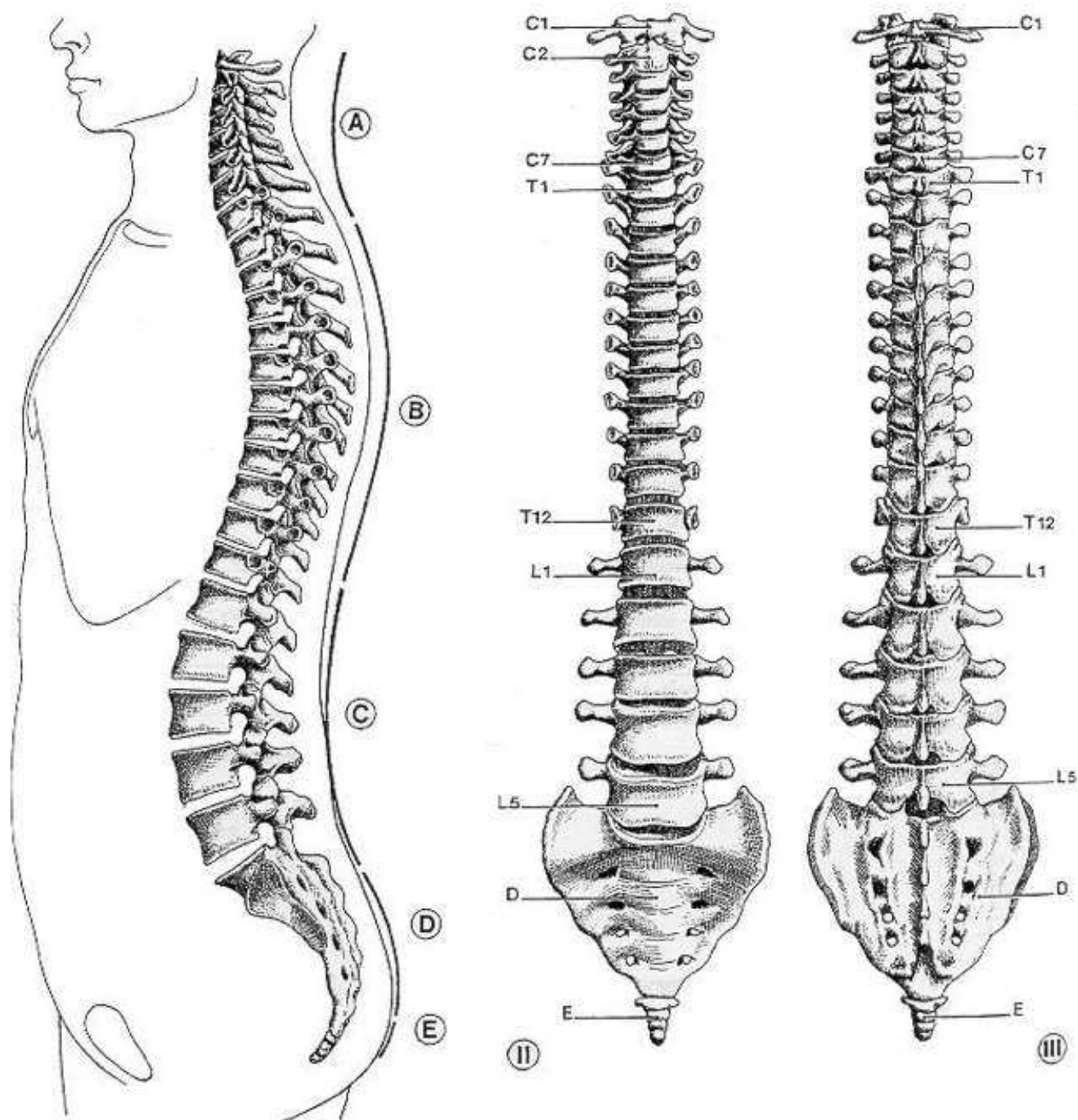


Figure 2 : Vertèbre type

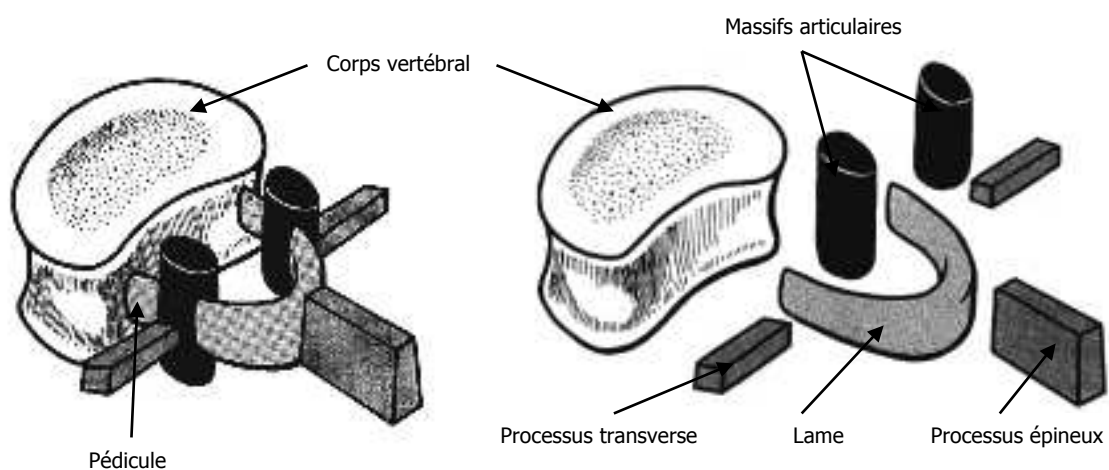


Figure 3 : Atlas (C1) A : Vue supérieure ; B : Vue antérieure

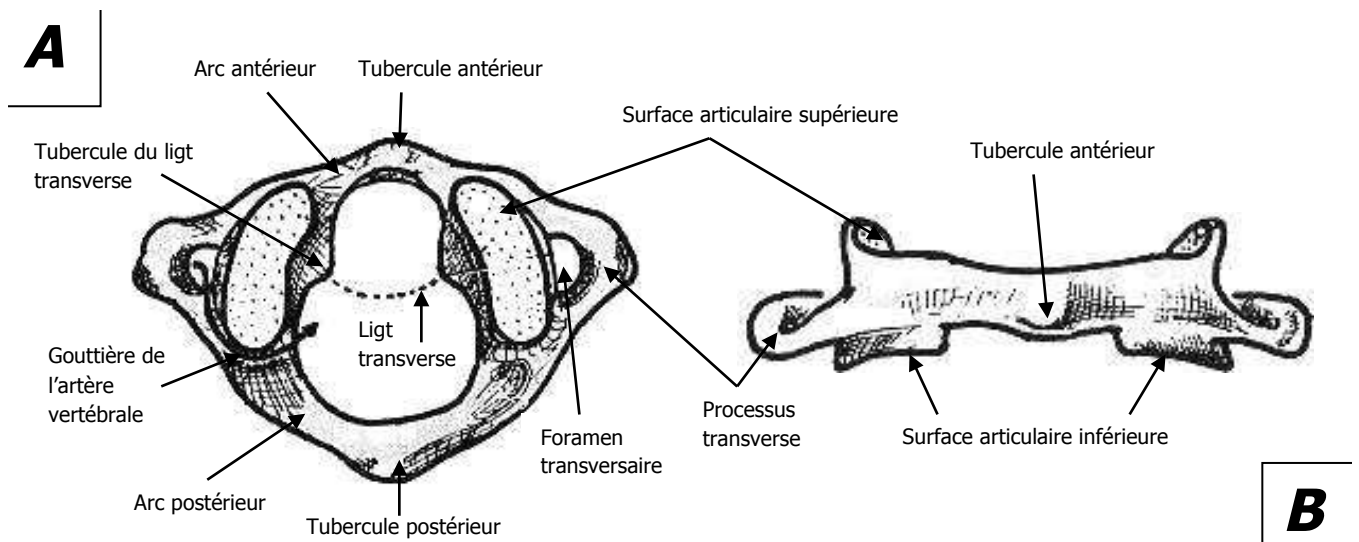


Figure 4 : Axis (C2) A : Vue latérale ; B : Vue antérieure

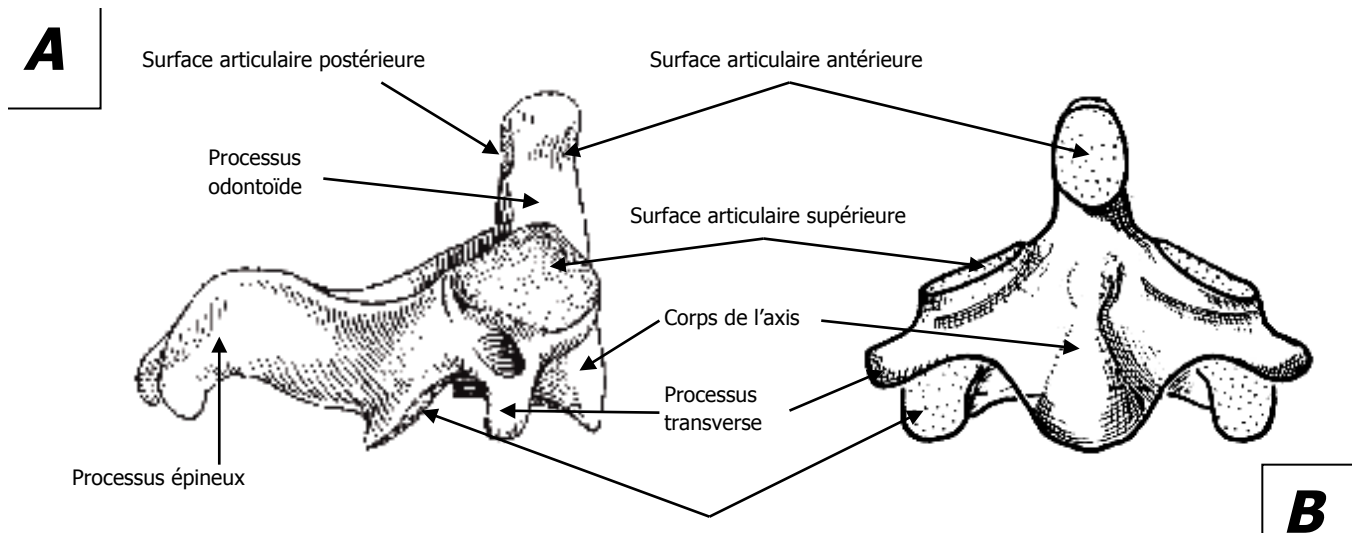


Figure 5 : Vertèbre cervicale type : A : Vue supérieure ; B : Vue latérale

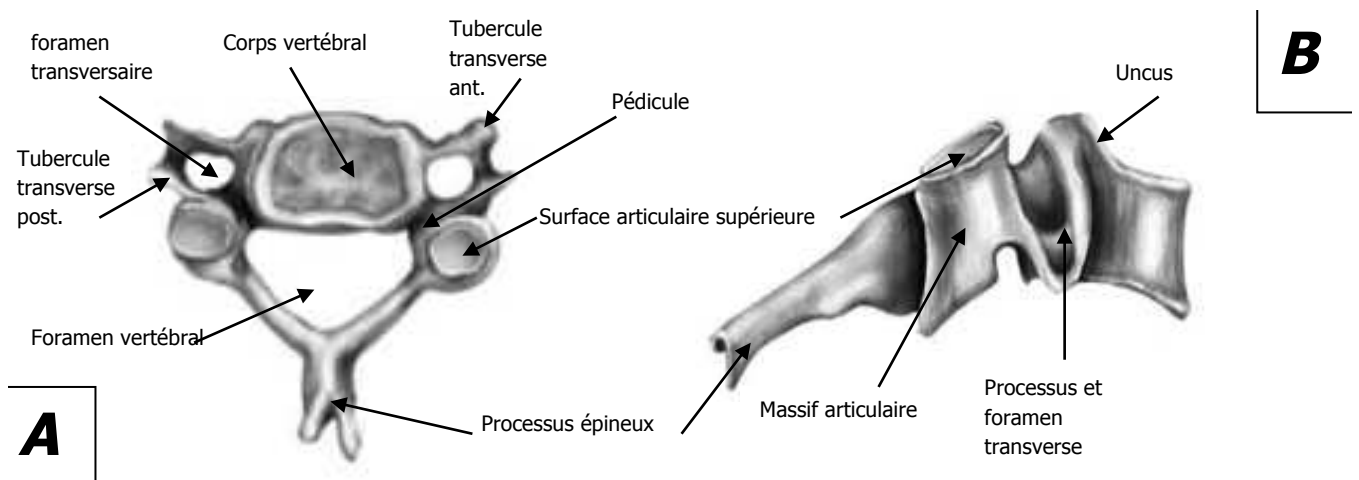


Figure 6 : Vertèbre thoracique type : A : Vue supérieure ; B : Vue latérale

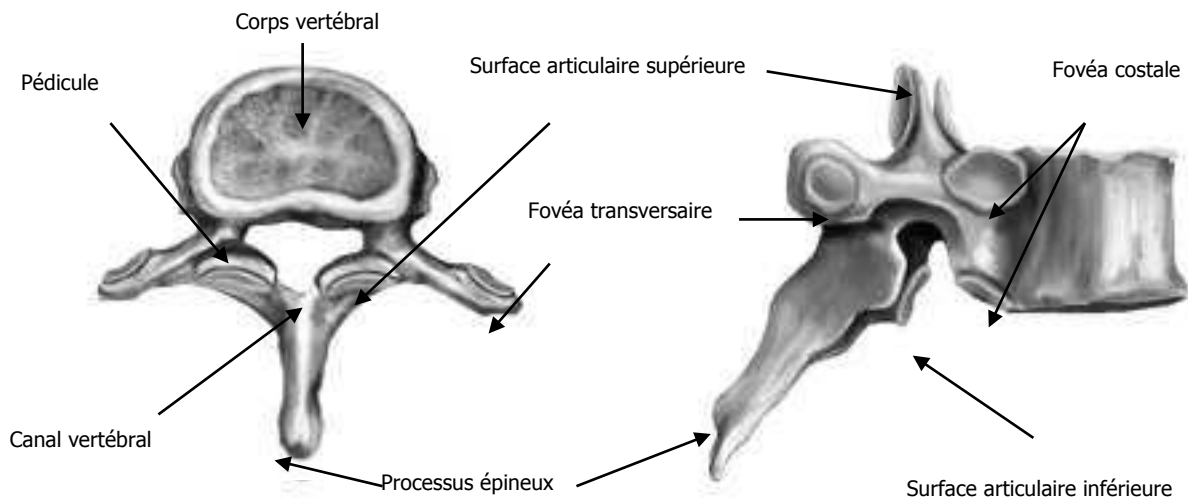


Figure 7 : Vertèbre lombaire type : A : Vue supérieure ; B : Vue latérale

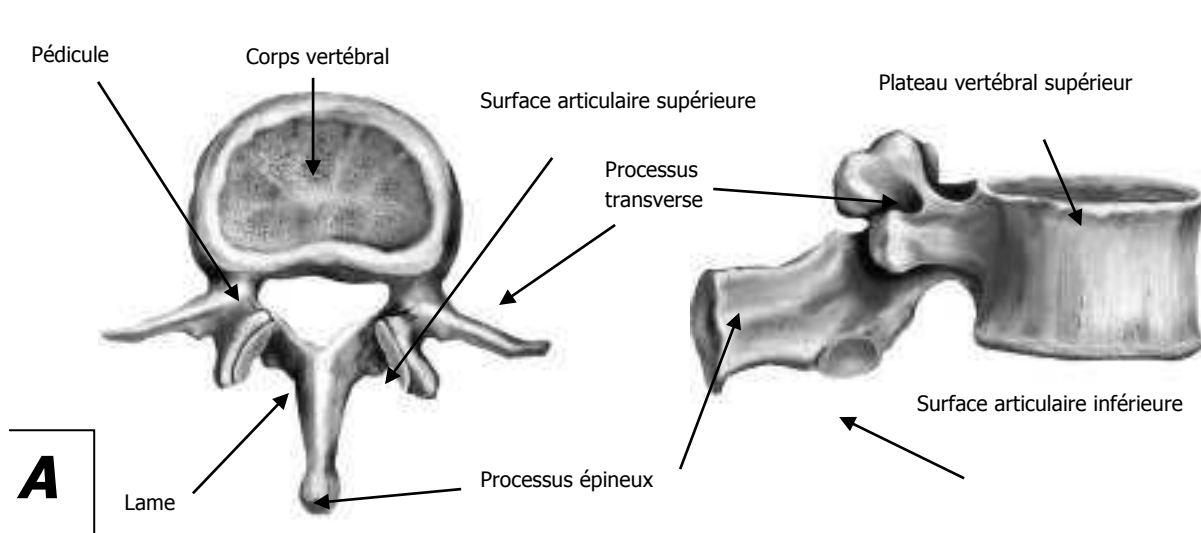


Figure 8 : Face antérieure du sacrum

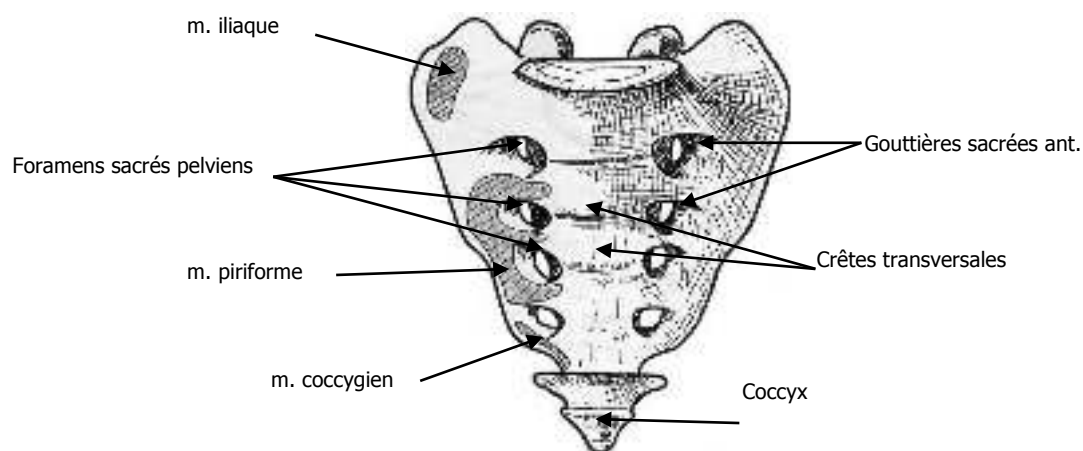


Figure 9 : Face postérieure du sacrum

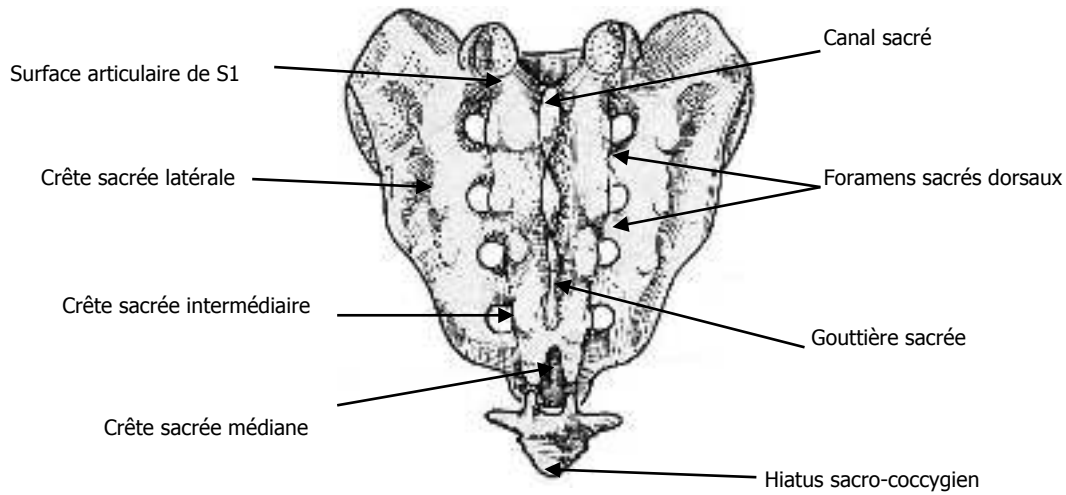
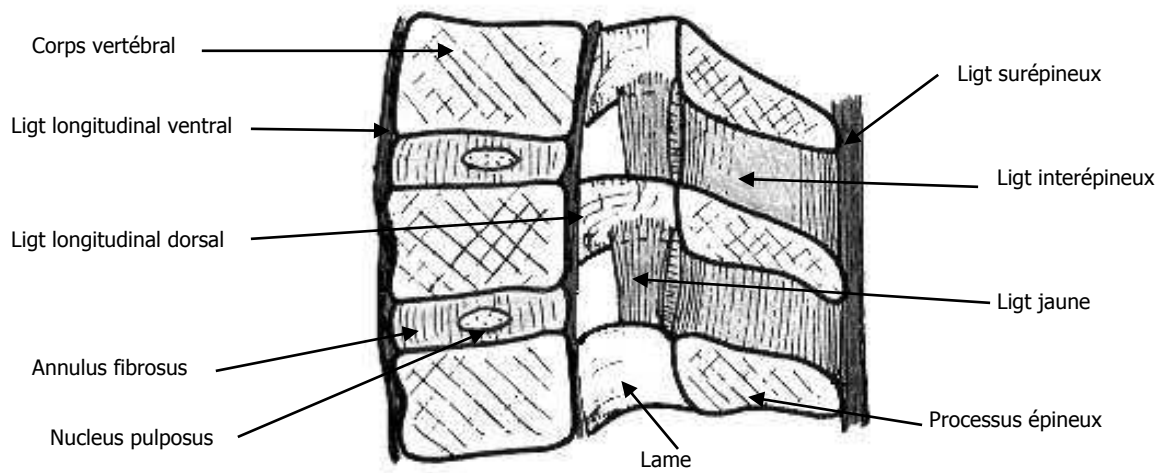


Figure 10 : Articulations intervertébrales



OS COXAL

L'os coxal est l'os de la hanche, il forme avec le sacrum « la ceinture pelvienne ». C'est un os plat qui est formé de trois parties : l'ilium, l'ischium et le pubis.

Il a la forme d'une hélice à deux pales dont l'inférieure est perforée du foramen obturé.

Il présente :

- deux faces : latérale (exopelvienne) et médiale (endopelvienne),
- quatre bords : supérieur, antérieur, inférieur et postérieur,
- quatre angles : antéro-supérieur, antéro-inférieur, postéro-supérieur et postéro-inférieur.

1. FACE LATÉRALE

1.1. L'ACÉTABULUM

Profonde excavation sphéroïde située à la jonction de l'ilium, de l'ischium et du pubis, il s'articule avec la tête fémorale. Il regarde en avant, en bas et en dehors et comprend :

1.1.1. LE LIMBUS ACÉTABULAIRE

Il s'agit d'un rebord saillant interrompu en bas par l'incisure acétabulaire ; au-dessus du limbus se trouve le sillon supra-acétabulaire dans lequel s'insère le tendon réfléchi du m. droit fémoral. Sur le limbus et les bords du sillon supra-acétabulaire s'insère la capsule articulaire.

1.1.2. LA SURFACE SEMI-LUNAIRE

Il s'agit d'une surface périphérique, articulaire, encroutée de cartilage, concave en bas ; en arrière de l'extrémité des cornes de cette surface, sur les berges de l'incisure acétabulaire s'insère le ligament transverse de l'acétabulum.

1.1.3. LA FOSSE ACÉTABULAIRE

Partie centrale, rugueuse, elle donne insertion au ligament de la tête fémorale.

1.2. LA FACE GLUTÉALE (FOSSE ILIAQUE EXTERNE)

Elle regarde en bas, en dehors et en arrière. Elle est convexe d'avant en arrière, concave de haut en bas, et parcourue par trois reliefs concaves en bas et en avant, les lignes glutéales antérieure, postérieure et inférieure :

- **ligne glutéale antérieure**, longue et fortement concave en bas, elle prend sa naissance en avant du tubercule glutéal et se termine au bord supérieur de la grande incisure ischiatique.
- **ligne glutéale postérieure**, courte presque verticale, elle s'étend de l'épine iliaque postéro-inférieure à la partie postérieure de l'aile iliaque.
- **ligne glutéale inférieure**, inconstante, courte et presque horizontale, elle surplombe le sillon supra-acétabulaire.

Entre les lignes antérieure et inférieure s'insère le muscle petit fessier.

Entre les lignes antérieure et postérieure s'insère le muscle moyen fessier.

En arrière de la ligne glutéale postérieure s'insèrent : en haut, le muscle grand fessier, en bas, le ligament sacro-tubéral et le m. piriforme.

1.3. POURTOUR LATÉRAL DU FORAMEN OBTURÉ

Il est formé par les faces latérales du pubis et de l'ischium.

1.3.1. FACE LATÉRALE DE LA BRANCHE SUPÉRIEURE DU PUBIS

Elle est divisée transversalement par la crête obturatrice en pecten du pubis et sillon obturateur :

- Sur la crête obturatrice s'insère le ligament pubo-fémoral,
- Le pecten du pubis donne insertion au muscle pectiné,
- Le sillon obturateur est transformé en canal par la membrane obturatrice ; dans ce canal passe le pédicule vasculo-nerveux obturateur.

1.3.2. FACE LATÉRALE DU CORPS DU PUBIS

Orientée en avant, elle présente :

- En haut, la crête pubienne qui donne insertion au m. droit de l'abdomen, au pyramidal, au tendon conjoint de l'oblique interne et du transverse de l'abdomen, et au ligament réfléchi,
- En bas, une surface lisse où s'insère le m. long adducteur,
- En dehors, le tubercule pubien où se fixe le ligament inguinal.

1.3.3. FACE LATÉRALE DE LA BRANCHE ISCHIO-PUBIENNE

Elle est formée de l'union de la branche inférieure du pubis et de la branche de l'ischium. Sur cette face inclinée en arrière s'insèrent :

- en haut : m. obturateur externe,
- en bas : m. court adducteur, m. gracile et m. grand adducteur.

1.3.4. FACE LATÉRALE DU CORPS DE L'ISCHIUM

Sur sa partie antérieure lisse s'insèrent les mm. obturateur externe et carré fémoral.

Sur sa partie inféro-postérieure ou tubérosité ischiatique, ovoïde et rugueuse, s'insèrent de haut en bas les mm. semi-membraneux, chef long du biceps fémoral, semi-tendineux et grand adducteur.

2. FACE MÉDIALE

Elle est divisée en deux parties par une crête courbe, oblique en bas et en avant : la ligne arquée de l'ilium (crête du détroit supérieur ou ligne innominée). Saillante en avant, elle prolonge le pecten du pubis et donne insertion au m. petit psoas.

2.1. AU-DESSUS DE LA LIGNE ARQUÉE : ON OBSERVE :

- **la fosse iliaque** (fosse iliaque interne) : vaste surface triangulaire, concave et lisse, elle regarde en avant, en haut et en dedans et donne insertion au muscle iliaque.
- **La face sacro-pelvienne**, en arrière, elle comprend :
 - La surface auriculaire : convexe, encroûtée de cartilage, en forme de croissant à concavité postéro-supérieure, elle s'articule avec la face semblable du sacrum, en avant de la surface auriculaire s'insèrent les ligaments sacro-iliaques ventraux
 - La tubérosité iliaque : au-dessus et en arrière de la surface auriculaire. Elle reçoit le ligament ilio-lombaire et les ligaments sacro-iliaques interosseux et dorsaux.

2.2. AU-DESSOUS DE LA LIGNE ARQUÉE : ON OBSERVE :

- au centre : le foramen obturé
- au-dessus du foramen obturé, une surface lisse : la surface quadrilatère sur laquelle s'insère le m. obturateur interne.
- Prés des bords antérieur et inférieur du foramen obturé s'insèrent le m. obturateur externe et la membrane obturatrice
- Sur la face médiale du corps du pubis s'insère le m. élévateur de l'anus
- Sur la face médiale de la branche ischio-pubienne s'insèrent le m. obturateur interne, le m. transverse profond du périnée et le ligament sacro-tubéral.

3. BORDS

3.1. BORD SUPÉRIEUR OU CRÊTE ILIAQUE

- Elle décrit dans le plan sagittal une courbe à convexité supérieure et se présente dans le plan horizontal en «S» italique, concave en dedans, en avant, et convexe en dedans, en arrière.
- Elle donne insertion :
 - Sur son versant externe, d'avant en arrière : mm. tenseur du fascia lata, oblique externe, grand dorsal et grand fessier,
 - Sur son versant interne, d'avant en arrière : mm. transverse, carré des lombes et érecteur du rachis,
 - Sur son sommet : m. oblique interne.

3.2. BORD ANTÉRIEUR

Concave en avant et en haut, il présente de haut en bas :

- L'épine iliaque antéro-supérieure : m. sartorius, ligament inguinal
- Une petite échancrure,
- L'épine iliaque antéro-inférieure : tendon direct du m. droit fémoral, ligament ilio-fémoral,
- Une deuxième échancrure où passe le m. psoas-iliaque,
- Une saillie appelée l'éminence ilio-pubienne ou ilio-pectinée,
- Le pecten du pubis qui reçoit le ligament lacunaire (Ligament de Gimbernat) et le ligament pectiné (Ligament de Cooper)

3.3. BORD POSTÉRIEUR

Irrégulier, il présente de haut en bas :

- L'épine iliaque postéro-supérieure,
- Une petite échancrure,
- L'épine iliaque postéro-inférieure : Ligament sacro-tubéral,
- La grande incisure ischiatique,
- L'épine ischiatique : ligament sacro-épineux, m. jumeau supérieur, mm. coccygien et élévateur de l'anus,
- La petite incisure ischiatique,
- La tubérosité ischiatique : m. jumeau inférieur et ligament sacro-tubéral.

3.4. BORD INFÉRIEUR

Il présente en avant : la surface symphysaire, articulaire et en arrière, les insertions du corps caverneux, des muscles ischio-caverneux et transverse superficiel du périnée.

4. ANGLES

- Angle antéro-supérieur : épine iliaque antéro-supérieure,
- Angle postéro-supérieur : épine iliaque postéro-supérieure,
- Angle inféro-antérieur : angle du pubis,
- Angle inféro-postérieur : tubérosité ischiatique.

5. FORAMEN OBTURÉ

Circonscriit par le pubis et l'ischium, c'est un orifice plus grand chez la femme. Il est ovalaire chez la femme et légèrement triangulaire chez l'homme. Il présente :

- Sur son bord inférieur près du sillon obturateur, le tubercule obturateur antérieur
- Sur son bord supérieur, en regard de l'incisure acétabulaire, le tubercule obturateur postérieur

Il est fermé par la membrane obturatrice, qui s'insère sur la face interne de son pourtour, sauf au niveau du sillon obturateur.

Figure 1 : OS COXAL : Vue latérale

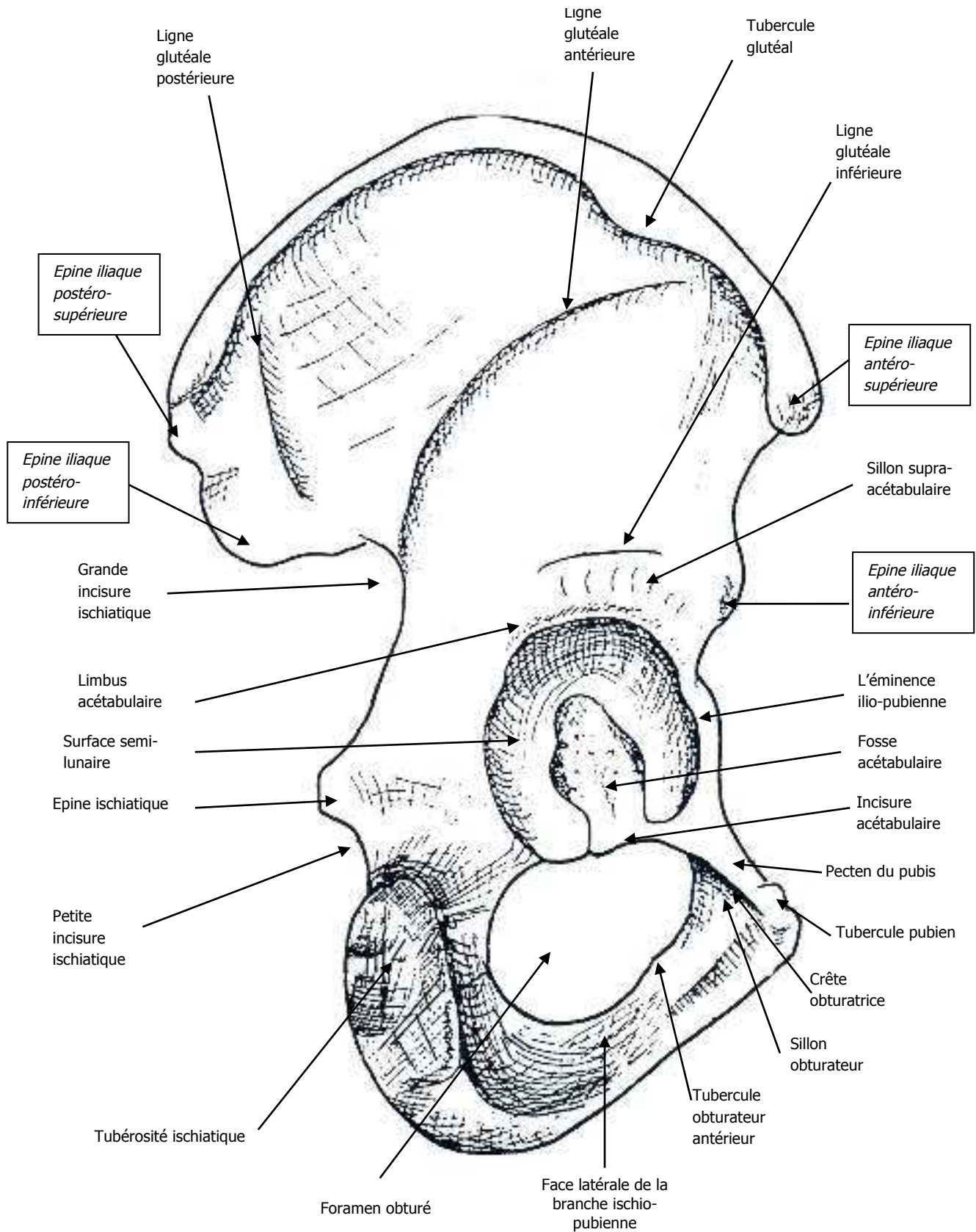


Figure 2 : OS COXAL : Insertions musculaires latérales

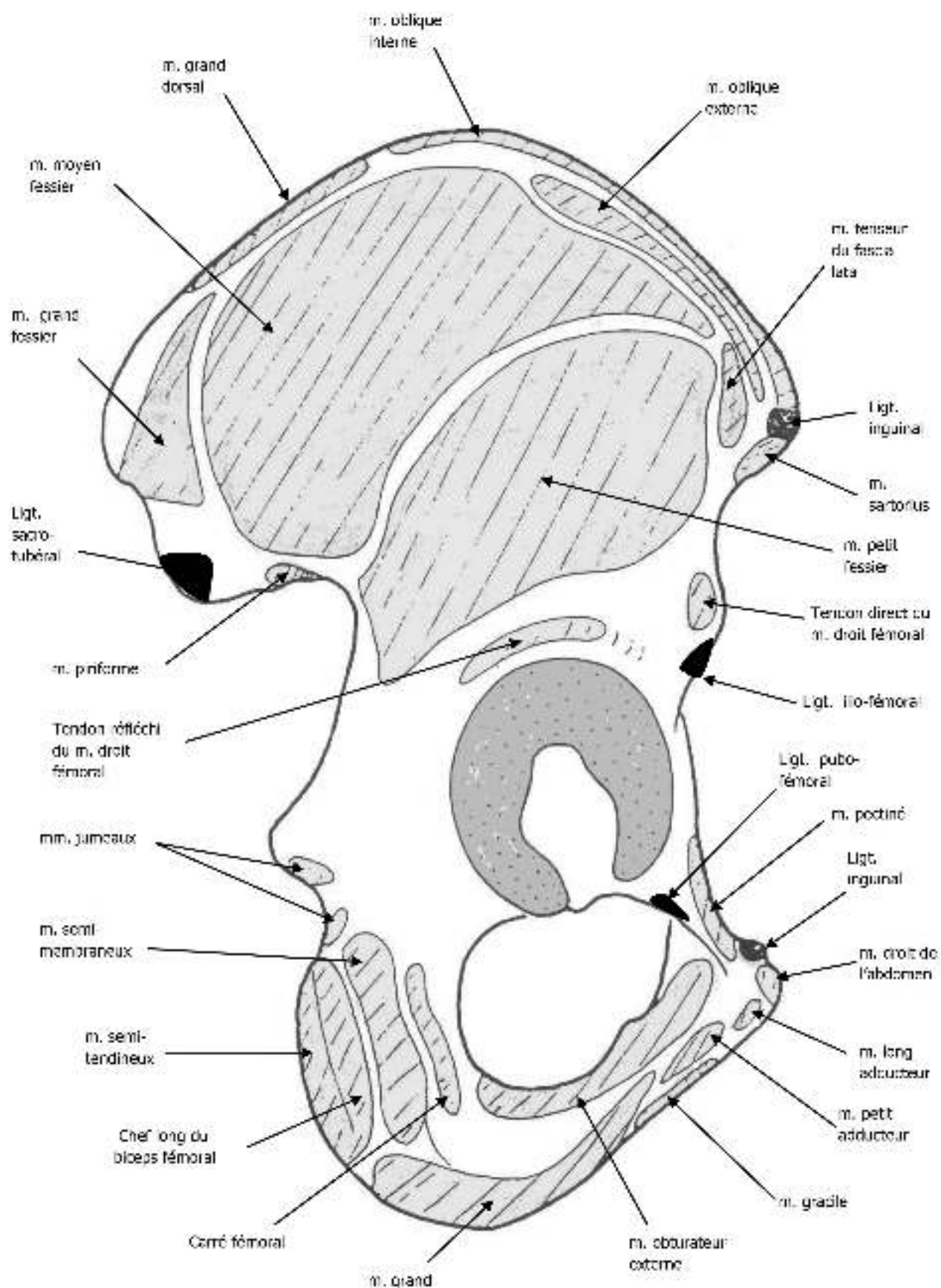


Figure 3 : OS COXAL : Face médiale

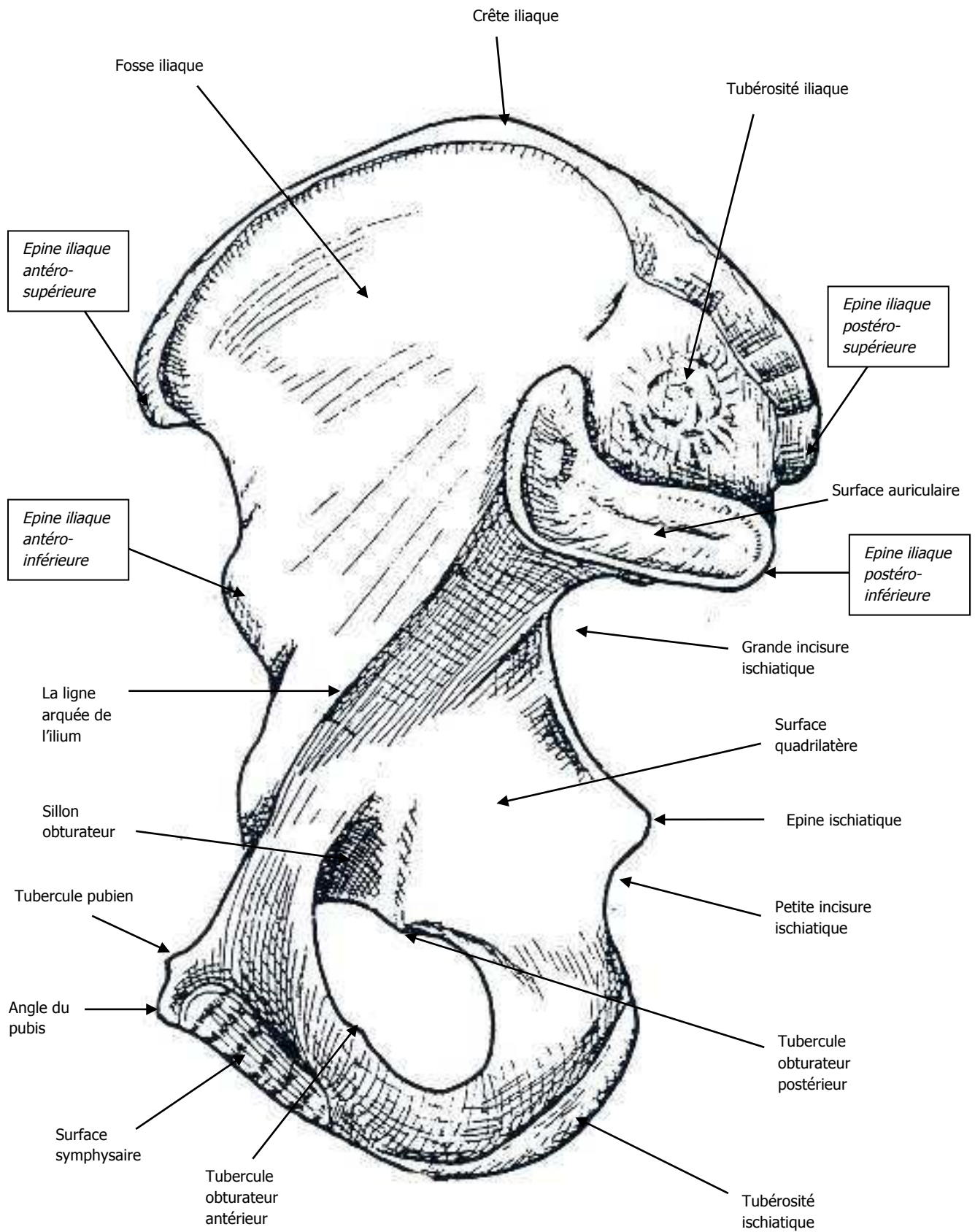
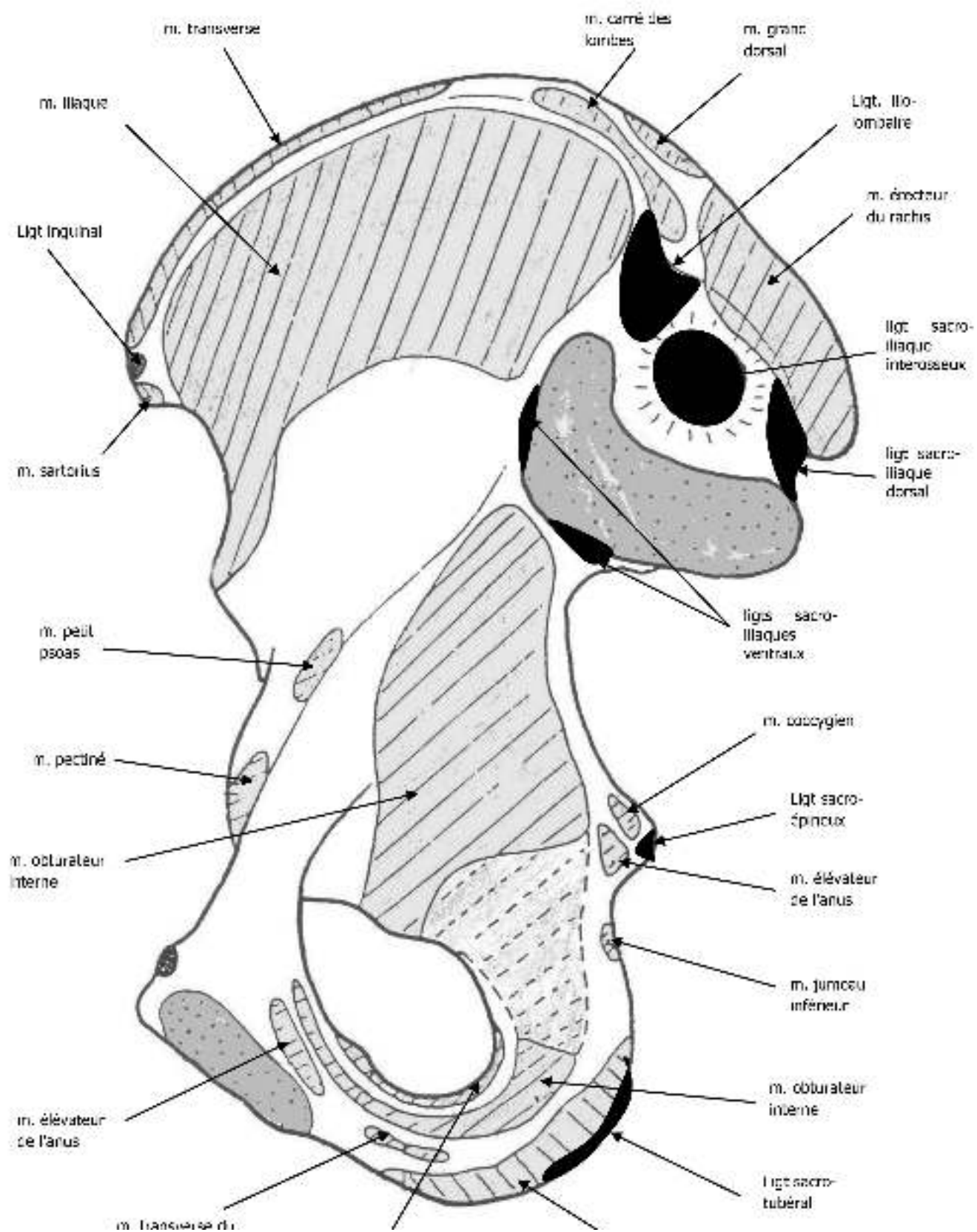


Figure 4 : OS COXAL : Insertions musculaires médiales



FÉMUR

Os de la cuisse, le fémur est un os long qui s'articule en haut avec l'os coxal et en bas avec le tibia et la patella. Il présente une diaphyse et deux épiphyses, une distale et une proximale.

1. LA DIAPHYSE

Prismatique triangulaire, elle est incurvée en avant et possède trois faces (antérieure, postéro-médiale et postéro-latérale) et trois bords (postérieur, latéral et médial).

1.1. FACE ANTÉRIEURE

Lisse et convexe, elle donne insertion au m. vaste intermédiaire et au m. artulaire du genou.

1.2. FACES POSTÉRO-LATÉRALE ET POSTÉRO-MÉDIALE

Lisses, concaves et larges à leurs parties moyennes, convexes et étroites à leurs extrémités. Sur la face postéro-latérale s'insère le m. vaste intermédiaire.

1.3. BORDS LATÉRAL ET MÉDIAL

Arrondis et peu marqués, ils donnent insertion au m. vaste intermédiaire.

1.4. BORD POSTÉRIEUR OU LIGNE ÂPRE

Saillant et rugueux, il se trifurque en haut et se bifurque en bas.

1.4.1. LA PARTIE MOYENNE PRÉSENTE :

- Une lèvre médiale portant l'insertion du m. vaste médial,
- Une lèvre latérale portant l'insertion du chef court du biceps fémoral, son versant latéral porte l'insertion du m. vaste latéral.
- Un interstice étroit dans lequel s'insèrent les mm. long adducteur médialement et grand adducteur latéralement.

1.4.2. LA PARTIE SUPÉRIEURE COMPORTE TROIS CRÊTES DIVERGENTES :

- La ligne spirale prolongement de la lèvre médiale, contourne le col chirurgical pour se terminer sous la ligne intertrochantérique (ligne intertrochanterienne antérieure). S'y insère le m. vaste médial,
- La ligne pectinée qui rejoint le petit trochanter et porte l'insertion du m. pectiné,
- La tubérosité glutéale prolongement de la lèvre latérale, rejoint le grand trochanter et porte l'insertion du m. grand fessier,

entre ligne pectinée et tubérosité glutéale s'insèrent les mm. grand et court adducteurs.

1.4.3. PARTIE INFÉRIEURE : DEUX CRÊTES DIVERGENTES :

- Ligne supra-condylaire médiale, se termine par le tubercule de l'adducteur. Sur la ligne et le tubercule s'insère le m. grand adducteur,
- Ligne supra-condylaire latérale, se termine par l'épicondyle latéral,
- Surface poplitée : concave en arrière, limitée en bas par la ligne inter-condylaire et le bord des surfaces articulaires des condyles fémoraux.

Au-dessus des condyles se trouvent les tubercules supra-condylaires médial et latéral portant respectivement l'insertion du chef médial et du chef latéral du m. gastrocnémien.

2. ÉPIPHYSE PROXIMALE

2.1. TÊTE FÉMORALE

- Saillie articulaire lisse correspondant aux 2/3 d'une sphère de 25 mm de rayon,
- Elle regarde médialement, en haut et en avant,
- Elle présente au-dessous et en arrière de son centre une dépression dénudée de cartilage : fovea capitis dans laquelle s'insère le ligament de la tête fémorale.

2.2. COL FÉMORAL

- Situé entre la tête et les trochanters, il est aplati d'avant en arrière et s'élargit latéralement,
- Son grand axe, identique à celui de la tête forme avec :
 - L'axe de la diaphyse un angle de 125° à 135° : l'angle d'inclinaison,
 - Le grand axe de l'épiphyse distale un angle de 15° , ouvert médialement et en avant : l'angle de déclinaison (antéversion).
- Ligne intertrochantérique (ligne inter-trochantérienne antérieure) : ligament ilio-fémoral,
- Crête intertrochantérique (ligne inter-trochantérienne postérieure) : m. carré fémoral.

2.3. GRAND TROCHANTER

- face latérale : mm. moyen fessier et grand fessier,
- face médiale : fossette trochantérique : m. obturateur externe, au-dessus et en avant de la fossette : mm. obturateur interne et jumeaux,
- bord supérieur : m. piriforme,
- bord antérieur : m. petit fessier,
- bord postérieur : saillant se continue avec la crête intertrochantérique,
- bord inférieur : m. vaste latéral.

2.4. PETIT TROCHANTER

- Éminence conique postéro-médiale et inférieure portant l'insertion du m. grand psoas.

3. ÉPIPHYSE DISTALE

Volumineuse et irrégulière, elle est étendue transversalement. Sa face postérieure est divisée par la fosse intercondyloire en deux condyles, médial et latéral. Le condyle médial, plus étroit que le latéral, est déjeté médialement par rapport à l'axe du fémur.

3.1. FACE ANTÉRIEURE

Surface patellaire (trochlée) :

- dépression verticale se terminant en bas dans la fosse intercondyloire,
- deux facettes (joues) inclinées vers la dépression : la facette latérale est plus large que la médiale.

3.2. FACES INFÉRIEURE ET POSTÉRIEURE

- surfaces articulaires des condyles,
- fosse intercondyloire limitée :
 - latéralement, par la face médiale du condyle latéral : ligament croisé antérieur,
 - médialement, par la face latérale du condyle médial : ligament croisé postérieur,
 - au-dessus du condyle latéral : ligament poplité oblique.

3.3. FACE LATÉRALE

- épicondyle latéral : ligament collatéral fibulaire,
- au-dessus de l'épicondyle latéral : chef latéral du m. gastrocnémien,
- au-dessous de l'épicondyle latéral : fossette poplitée : m. poplité.

3.4. FACE MÉDIALE

- épicondyle médial : ligament collatéral tibial,
- au-dessus de l'épicondyle médial : chef médial du m. gastrocnémien.

Figure 1 : FÉMUR : Vue antérieure

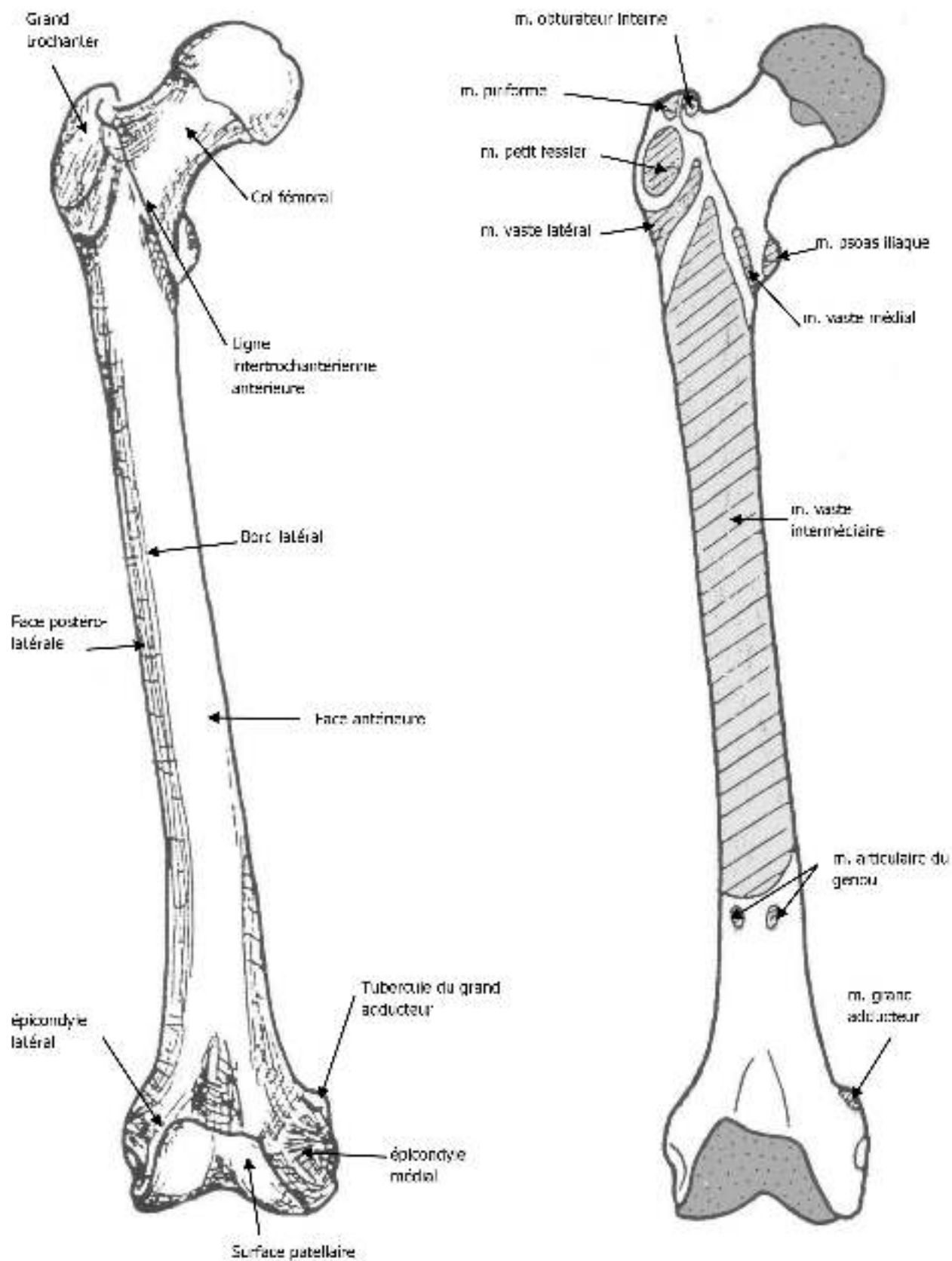


Figure 2 : FÉMUR : Vue postérieure

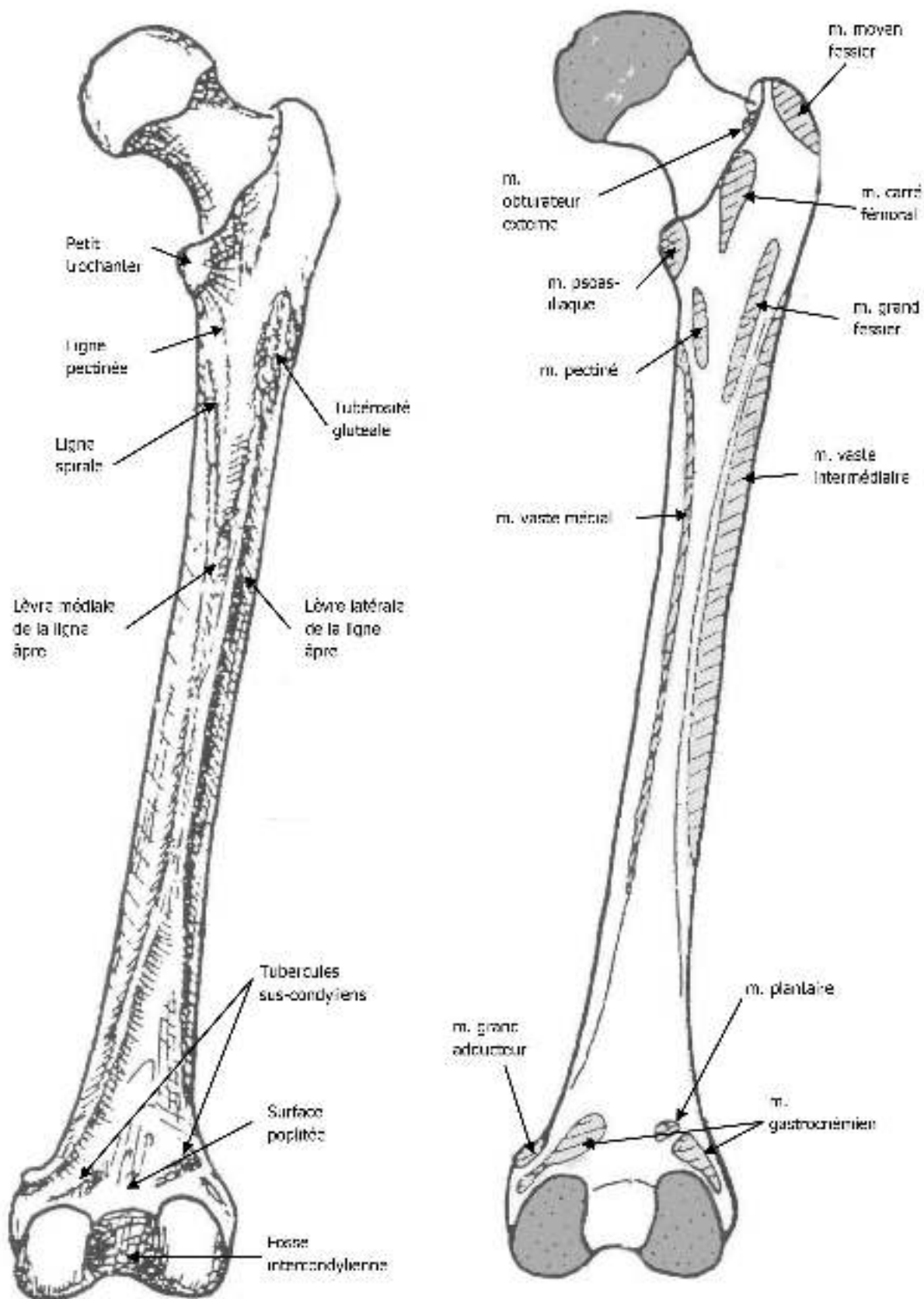
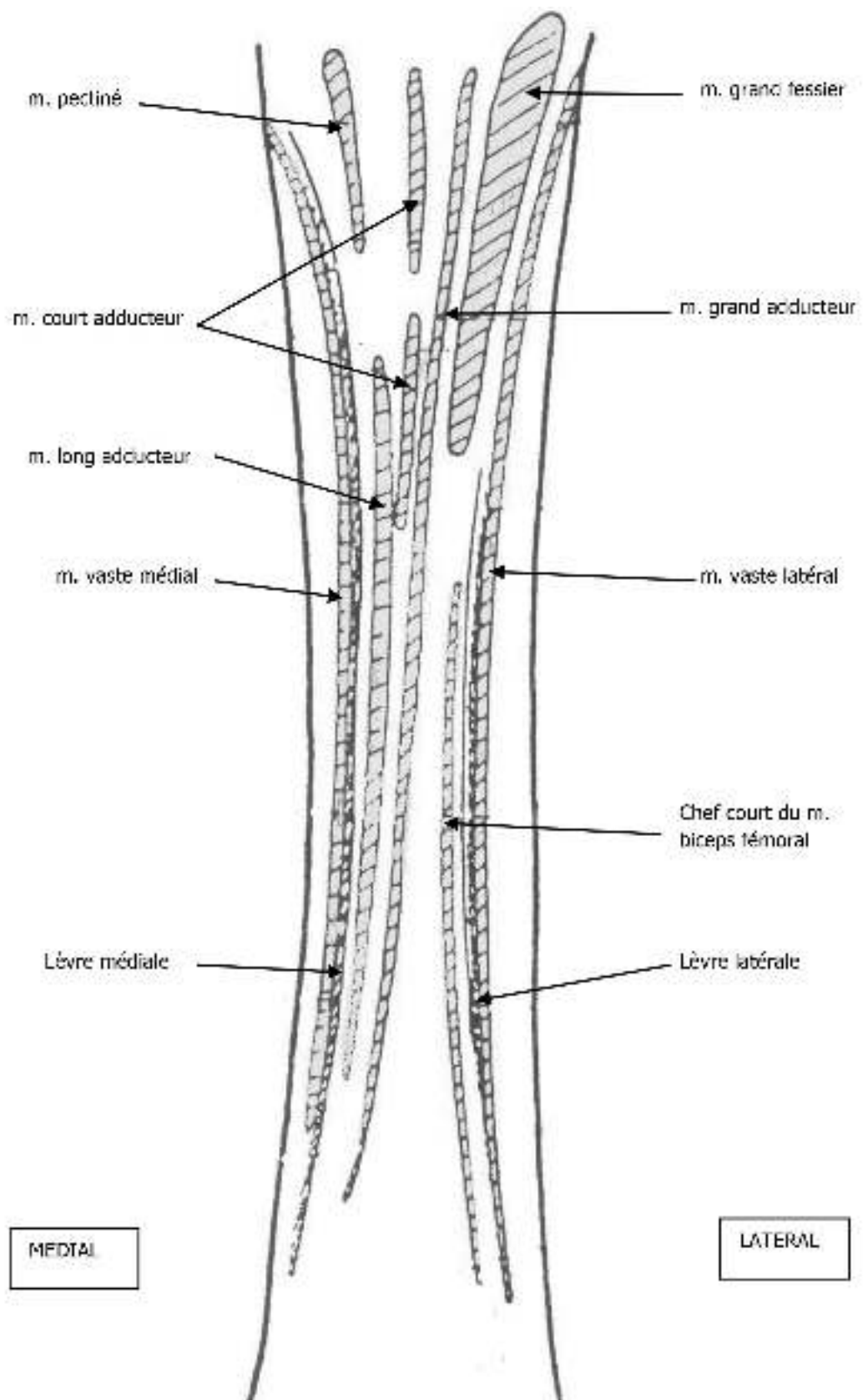


Figure 2 : FÉMUR : Ligne âpre



PATELLA

La patella est un petit os de la région antérieure du genou située dans le tendon du quadriceps fémoral.

1. FACE ANTÉRIEURE

Convexe, elle présente de nombreux trous vasculaires et des rugosités longitudinales. Elle répond à l'expansion du tendon du m. quadriceps fémoral.

2. FACE POSTÉRIEURE

2.1. PARTIE SUPÉRIEURE

- surface articulaire fémorale :
- crête mousse verticale en rapport avec le sillon de la surface patellaire,
- deux facettes concaves, médiale et latérale.

2.2. PARTIE INFÉRIEURE

- rugueuse, donne insertion à la capsule et répond au corps adipeux infrapatellaire (ligament adipeux de Hoffa).

3. BORDS MÉDIAL ET LATÉRAL

Étroits, ils convergent en bas et donnent insertions aux mm. vaste médial et latéral et à la capsule articulaire.

4. BASE

Triangulaire à sommet postérieur, elle donne insertion :

- dans sa partie antérieure au tendon du m. quadriceps fémoral,
- dans sa partie postérieure, à la capsule articulaire.

5. APEX

Situé au-dessus de l'interligne articulaire du genou, il donne insertion au ligament patellaire (tendon rotulien).

Figure 1 : PATELLA

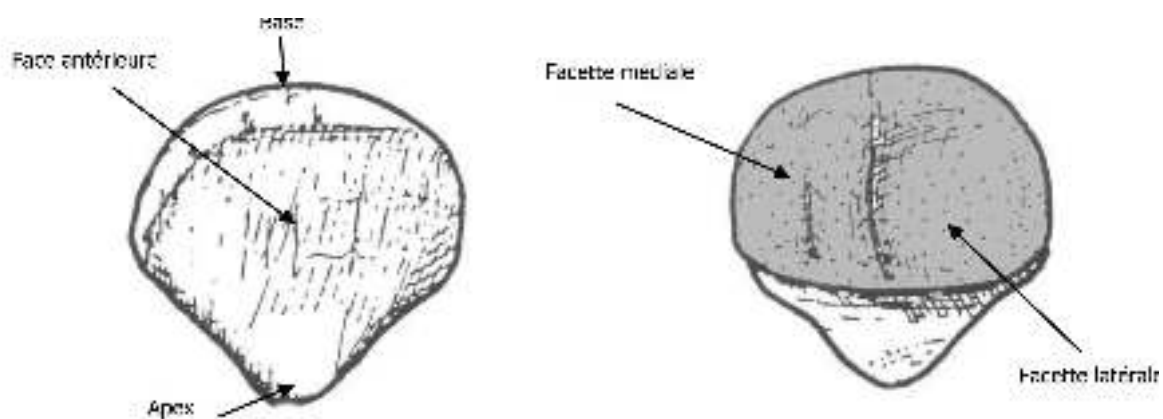


Figure 2 : PATELLA : Vue supérieure

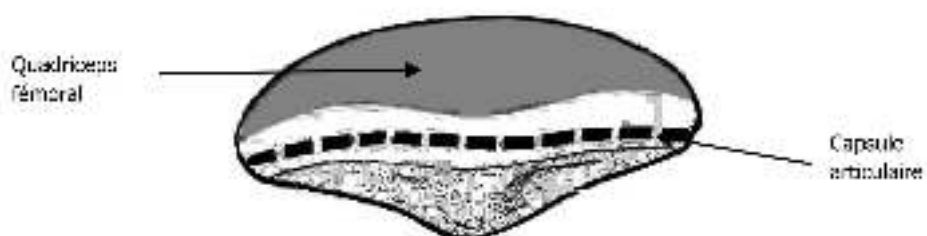
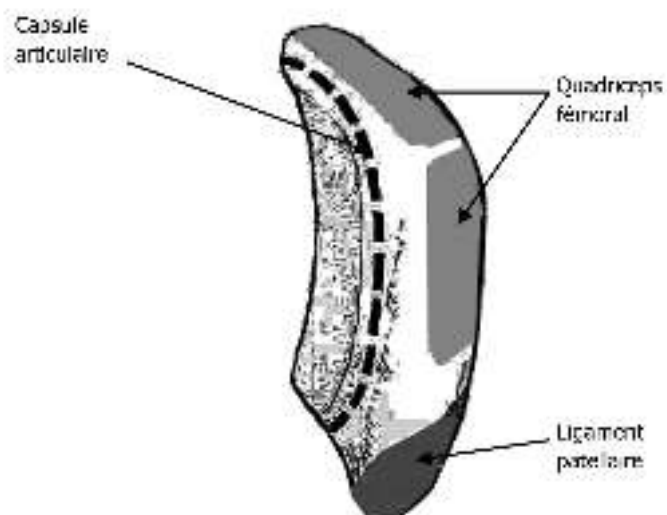


Figure 3 : PATELLA : Vue latérale ou médiale



TIBIA

Os antérieur et médial de la jambe, il s'articule en haut avec le fémur, en bas avec le talus et latéralement avec la fibula. Il présente une diaphyse et deux épiphyses proximale et distale.

1. DIAPHYSE

Prismatique triangulaire, contournée en «S» italique avec une concavité latérale en haut et une concavité médiale en bas. Elle possède trois faces (médiale, latérale et postérieure) et trois bords (antérieur, médial et interosseux).

1.1. FACE MÉDIALE

Lisse plane et sous-cutanée, dépourvue de toute insertion musculaire sauf à sa partie supérieure avec deux zones d'insertions rugueuses :

- **L'une près du bord antérieur** donnant insertion aux muscles de la « patte d'oie » : m. sartorius, m. gracile et m. semi-tendineux.
- **L'autre près du bord médial** correspondant à l'insertion du ligament collatéral tibial.

1.2. FACE LATÉRALE

- Sur ses 2/3 supérieurs excavés s'insère le m. tibial antérieur.
- Son tiers inférieur est arrondi.

1.3. FACE POSTÉRIURE

Elle est divisée en deux régions par la ligne du m. soléaire

- La ligne du muscle soléaire est une crête oblique qui part de la surface fibulaire et se termine au niveau du tiers supérieur du bord médial portant l'insertion du m. soléaire,
- au-dessus de la ligne du m. soléaire s'insère le m. poplité,
- au-dessous de la ligne du m. soléaire, la surface est subdivisée par une crête verticale en deux aires :
 - aire médiale portant l'insertion du m. long fléchisseur des orteils et du m. soléaire près du bord médial,
 - aire latérale portant l'insertion du m. tibial postérieur.

1.4. BORD ANTÉRIEUR

Il naît de la tubérosité tibiale ; il décrit un «S» italique et se termine sur le bord antérieur de la malléole médiale.

1.5. BORD MÉDIAL

Saillant en haut, il se termine sur le bord postérieur de la malléole médiale.

1.6. BORD INTEROSSEUX

Tranchant, il se bifurque en bas pour rejoindre les bords de l'incisure fibulaire. Il donne insertion à la membrane interosseuse.

2. ÉPIPHYSE PROXIMALE

Volumineuse et allongée transversalement, elle est constituée de deux condyles, médial et latéral, déjetés en arrière.

2.1. FACE SUPÉRIEURE

2.1.1. SURFACES ARTICULAIRES TIBIALES SUPÉRIEURES

- Elles répondent aux condyles fémoraux et aux ménisques.
- la surface tibiale supéro-latérale est arrondie et plus petite.
- la surface tibiale supéro-médiale est ovale et plus concave.
- leur grand axe est oblique en avant et latéralement
- Elles se prolongent sur les faces adjacentes des tubercules intercondyliques (épines tibiales) correspondants.

2.1.2. L'ESPACE INTER-ARTICULAIRE

Il comprend l'éminence intercondyloire (massif des épines tibiales) séparant les aires intercondyloires antérieure (surface préspinale) et postérieure (surface rétrospinale)

- **L'éminence intercondyloire** est formée des tubercules intercondyloires médial et latéral,
- **l'aire intercondyloire antérieure**, plus large, elle présente d'avant en arrière les insertions suivantes :
 - la capsule articulaire,
 - la corne antérieure du ménisque médial,
 - le ligament croisé antérieur,
 - la corne antérieure du ménisque latéral.
- **L'aire intercondyloire postérieure** plus étroite et inclinée présente d'avant en arrière l'insertion :
 - Les cornes postérieures des ménisques latéral et médial,
 - La capsule articulaire,
 - Le ligament croisé postérieur

2.2. FACE ANTÉRIEURE

Elle est triangulaire avec un sommet inférieur saillant et sous-cutané : la tubérosité tibiale portant l'insertion du ligament patellaire.

Au-dessus de la tubérosité, la face antérieure répond à la bourse et au corps adipeux infra-patellaires. Sur les bords latéral et médial s'insère la capsule articulaire.

2.3. FACE LATÉRALE

Convexe, elle présente :

- en haut une saillie osseuse : le tubercule infracondyloire (tubercule de Gerdy) sur lequel s'insère le tractus ilio-tibial.
- en bas, il s'insère d'avant en arrière : le m. tibial antérieur, m. long extenseur des orteils, m. long fibulaire et le m. biceps fémoral.

2.4. FACE MÉDIALE

Convexe, elle est creusée d'un sillon horizontal parcouru par le tendon réfléchi du m. semi-membraneux qui s'insère en avant.

2.5. FACE POSTÉRIEURE

Très saillante, elle présente :

- en haut l'insertion capsule articulaire,
- médialement l'insertion du tendon direct du semi-membraneux,
- latéralement la surface articulaire fibulaire, ovale, qui regarde en bas, en arrière et latéralement et répond à la surface articulaire de la tête fibulaire.

3. ÉPIPHYSE DISTALE

Aplatie d'avant en arrière, elle présente cinq faces :

3.1. FACE ANTÉRIEURE

Convexe et lisse, elle prolonge la face latérale de la diaphyse.

3.2. FACE POSTÉRIEURE

Convexe, elle prolonge la face postérieure de la diaphyse et présente :

- médialement le sillon malléolaire médial dans lequel glissent les tendons du m. tibial postérieur et m. long fléchisseur des orteils,
- latéralement un sillon peu marqué pour le tendon du m. long fléchisseur de l'hallux.

3.3. FACE MÉDIALE

Elle prolonge la face médiale de la diaphyse et se continue en bas par la malléole médiale. L'apex de celle-ci présente une incisure limitée par un tubercule antérieur sur lequel s'insère le ligament talo-crural médial.

3.4. FACE LATÉRALE

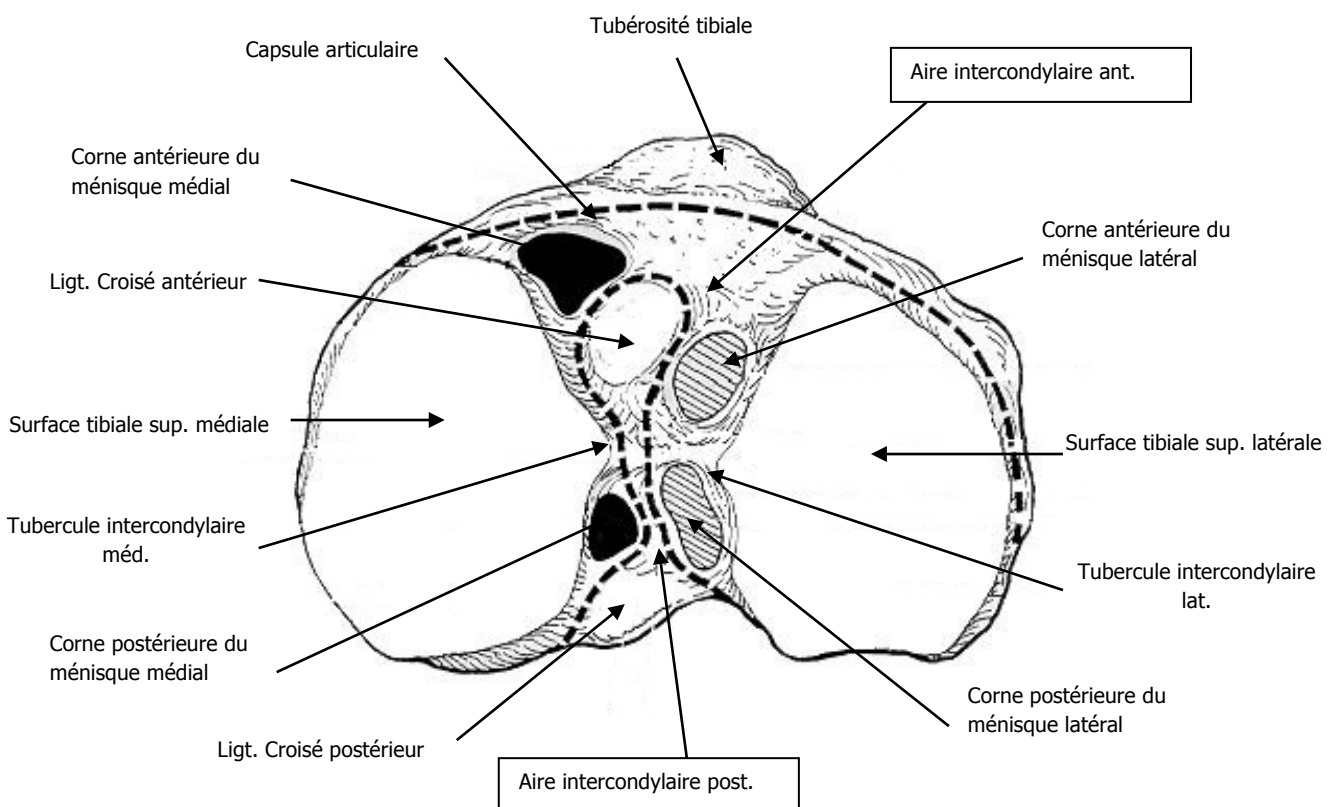
Elle est creusée d'une gouttière longitudinale : l'incisure fibulaire où s'insère le ligament tibio-fibulaire interosseux. Sur ses bords s'insèrent les ligaments tibio-fibulaires antérieur et postérieur.

3.5. FACE INFÉRIEURE

Elle comprend deux surfaces articulaires contiguës formant un angle obtus ouvert en bas et latéralement :

- la surface articulaire tibiale inférieure : s'articule avec le talus, elle est rectangulaire et présente une concavité sagittale (80 ° d'arc) et une légère convexité transversale
- la surface articulaire de la malléole interne : qui répond à la surface malléolaire du talus, elle est triangulaire à base antérieure.

Figure 1 : TIBIA : Vue supérieure



FIBULA

La fibula est l'os latéral et postérieur de la jambe. C'est un os long et grêle qui s'articule en haut avec le tibia et en bas avec le tibia et le talus. Sa partie distale présente une légère torsion antéro-latérale de 20 ° et est aplatie transversalement.

1. DIAPHYSE

Prismatique, triangulaire, elle présente trois faces orientées comme celles du tibia (médiale, latérale et postérieure) et trois bords (antérieur, postérieur et interosseux).

1.1. FACE MÉDIALE

Limitée par les bords antérieur et interosseux, elle donne insertion aux mm. long extenseur de l'hallux et long extenseur des orteils, en haut, et au m. troisième fibulaire, en bas.

1.2. FACE LATÉRALE

Limitée par les bords antérieur et postérieur, elle devient postérieure dans son quart inférieur et se continue par le sillon malléolaire latéral. Elle donne insertion aux mm. fibulaires : m. long fibulaire sur la moitié supérieure et m. court fibulaire sur la partie moyenne.

1.3. FACE POSTÉRIEURE

Limitée par les bords postérieur et interosseux, elle est subdivisée par une crête longitudinale, la crête médiale, en deux aires :

- partie médiale : m. tibial postérieur,
- partie latérale : mm. soléaire en haut et long fléchisseur de l'hallux dans la partie moyenne.

2. ÉPIPHYSE PROXIMALE

Elle s'articule en haut avec le tibia et est constituée par la tête fibulaire séparée de la diaphyse par le col.

2.1. TÊTE DE LA FIBULA

Conique à base supérieure, elle présente :

- Une base portant médialement la surface articulaire de la tête fibulaire et latéralement et en arrière l'apex de la tête sur lequel s'insèrent le m. biceps fémoral et le ligament collatéral fibulaire,
- Une face postérieure donnant insertion aux mm. soléaire et tibial postérieur,
- Une face latérale donnant insertion au m. long fibulaire.

2.2. COL

Portion rétrécie contractant un rapport avec le nerf fibulaire commun.

3. ÉPIPHYSE DISTALE OU MALLÉOLE LATÉRALE

3.1. FACE LATÉRALE

Marquée en avant par une surface convexe et sous-cutanée et en arrière par le sillon malléolaire latéral dans lequel glissent les tendons des mm. long et court fibulaires.

3.2. FACE MÉDIALE : POSSÉDANT :

- en avant, la surface articulaire de la malléole latérale, triangulaire, répondant à la surface malléolaire latérale du talus. Au-dessus de cette surface se trouve l'insertion du ligament tibio-fibulaire interosseux.
- en arrière, la fosse malléolaire portant insertion des ligaments tibio-fibulaire transverse et talo-fibulaire postérieur.

3.3. BORD ANTÉRIEUR

Il porte l'insertion des ligaments tibio-fibulaire antérieur et talo-fibulaire antérieur.

3.4. BORD POSTÉRIEUR

Il porte l'insertion du ligament tibio-fibulaire postérieur.

3.5. APEX

Il porte l'insertion du ligament calcanéo-fibulaire.

Figure 1 : TIBIA et FIBULA : Vue antérieure

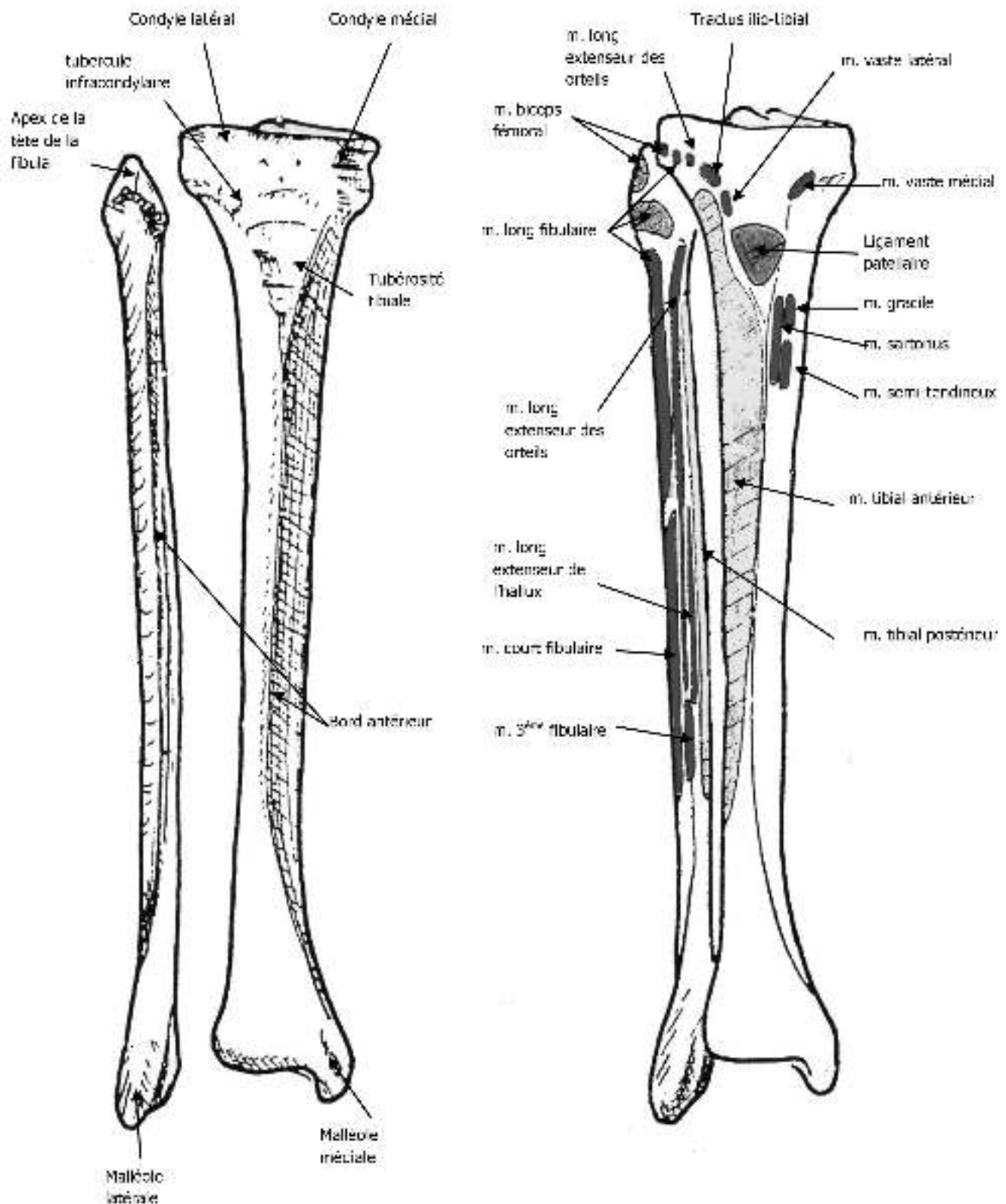
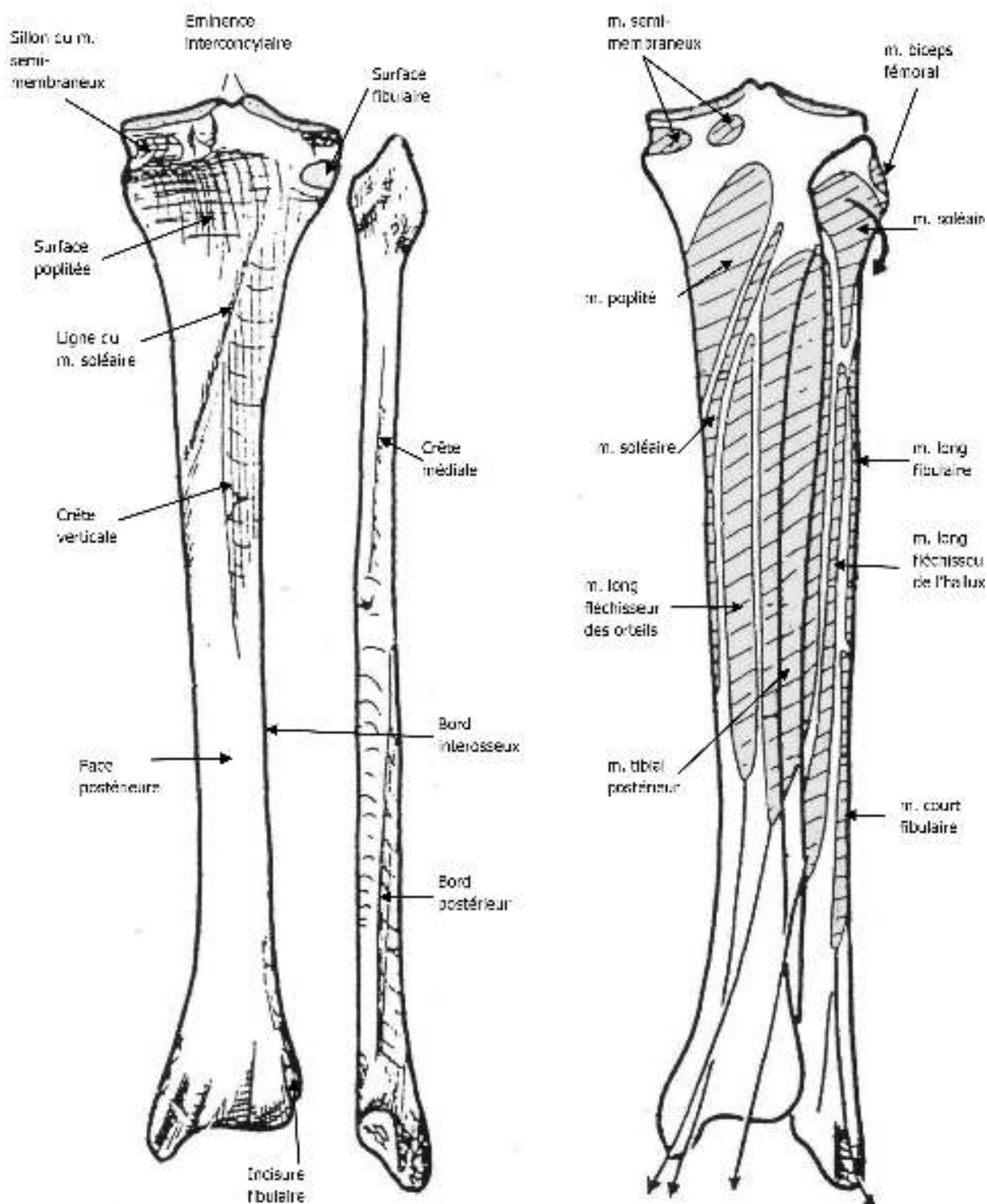


Figure 2 : TIBIA et FIBULA : Vue postérieure



OS DU PIED

Le pied est un ensemble articulé de 26 os et quelques osselets inconstants. Ces os sont répartis en trois groupes :

- le tarse :
 - postérieur comprenant le talus (astragale) et le calcaneus (calcaneum),
 - antérieur composé latéralement par le cuboïde et médialement par l'os naviculaire (scaphoïde tarsien) et les os cunéiformes : médial, intermédiaire et latéral,
- le métatarse,
- les phalanges.

1. TALUS

Os postéro-supérieur du tarse, il s'articule en haut avec le tibia et la fibula, en bas avec le calcaneus et en avant avec l'os naviculaire. Allongé sagittalement, il présente une tête antérieure, un col et un corps postérieur.

1.1. TÊTE

Surface articulaire sphéroïde, subdivisée en trois surfaces articulaires par deux crêtes mousses :

- En avant : la surface naviculaire répondant à l'os naviculaire
- Sur la face plantaire, d'avant en arrière :
 - La surface calcanéenne antérieure répondant à la face talaire antérieure du calcaneus
 - La surface calcanéenne moyenne répondant à la face talaire moyenne du calcaneus.

1.2. COL

- Sa face dorsale, réduite et criblée de forams, présente l'insertion du ligament talo-naviculaire dorsal.
- Sa face plantaire est creusée du sillon talaire dans lequel s'insère le ligament interosseux talo-calcaneen
- Sa face latérale : ligament talo-fibulaire antérieur
- Sa face médiale : ligament tibio-talaire antérieur

1.3. CORPS

Cuboïde, il forme les $\frac{3}{4}$ de l'os et présente une surface articulaire dorsale : la trochlée.

1.3.1. FACE DORSALE

Elle s'articule avec la surface inférieure du tibia. Elle est fortement convexe sagittalement et décrit un arc de 120 ° environ.

1.3.2. FACE LATÉRALE

Occupée par la surface malléolaire latérale du talus qui répond à la malléole latérale. De forme triangulaire à sommet inférieur correspondant au processus latéral du talus. En arrière de cette surface s'insère le ligament talo-fibulaire postérieur.

1.3.3. FACE MÉDIALE

Occupée par la surface malléolaire médiale du talus qui répond à la malléole médiale. En forme de virgule, cette surface surmonte l'insertion du ligament tibio-talaire postérieur.

1.3.4. FACE PLANTAIRE

Occupée par la surface articulaire calcanéenne postérieure qui s'articule avec la surface articulaire talaire postérieure du calcaneus.

1.3.5. FACE POSTÉRIEURE

Étroite et inclinée en arrière, elle présente :

- sillon du m. long fléchisseur du gros orteil, oblique en bas et médialement
- Un tubercule latéral portant l'insertion du ligament talo-fibulaire postérieur.
- Un tubercule médial portant l'insertion du ligament talo-calcaneen médial.
- L'os trigone, os surnuméraire situé contre le tubercule latéral, avec lequel il peut fusionner en constituant le processus trigone.

2. CALCANÉUS

Os le plus volumineux du tarse, il est allongé sagittalement avec un axe oblique en haut, en avant et latéralement. Il présente 6 faces.

2.1. FACE DORSALE

- La moitié antérieure recouverte par le talus présente d'avant en arrière :
 - Les surfaces articulaires talaïres antérieure et moyenne. Latéralement, près de la surface antérieure, s'insère le ligament bifurqué (Ligt. En Y de Chopart) et les mm. court extenseur des orteils et le court extenseur de l'hallux.
 - Le sillon calcanéen portant l'insertion du ligament interosseux talo-calcanéen,
 - La surface articulaire talaïre postérieure,
- La moitié postérieure, rugueuse.

2.2. FACE ANTÉRIEURE

Occupée par la surface articulaire cuboïdienne répondant à l'os cuboïde.

2.3. FACE POSTÉRIEURE

Plus large en bas, elle présente :

- Une aire supérieure lisse répondant à du tissu graisseux et à la bourse du tendon calcanéen.
- Une aire moyenne rugueuse pour l'insertion du tendon calcanéen (tendon d'Achille)
- Une aire inférieure recouverte par la peau

2.4. FACE PLANTAIRE

- En avant : le tubercule calcanéen : ligament calcanéo-cuboïdien plantaire,
- En arrière : la tubérosité calcanéenne comportant :
 - Un processus latéral : m. abducteur du petit orteil,
 - Un processus médial : mm. abducteur de l'hallux et court fléchisseur des orteils,
 - en arrière des processus : insertion de l'aponévrose plantaire.
- Entre le tubercule et la tubérosité du calcanéus s'insèrent le ligament plantaire long au milieu et le m. carré plantaire (chair carrée de Sylvius) de chaque côté de ce ligament.

2.5. FACE LATÉRALE

Dans son tiers antérieur, la trochlée fibulaire (tubercule des péroniers), sépare deux sillons supérieur et inférieur respectivement pour les tendons des mm. court et long fibulaires. Sur la trochlée s'insère le rétinaculum inférieur des muscles fibulaires.

2.6. FACE MÉDIALE

- De sa partie antéro-supérieure se détache le sustentaculum tali qui la surplombe et présente
 - sur sa face dorsale la surface articulaire talaïre moyenne,
 - sur sa face plantaire le sillon du tendon du m. long fléchisseur de l'hallux et
 - sur son bord libre l'insertion du ligament calcanéo-naviculaire plantaire en avant et du m. tibial postérieur et du ligament tibio-calcanéen en arrière.
- Dans sa partie inférieure s'insère le m. carré plantaire.

3. CUBOÏDE

3.1. TROIS FACES ARTICULAIRES

- La face postérieure répondant au calcanéus, son sommet inférieur se prolonge par une saillie : le processus calcanéen
- La face antérieure : deux facettes pour le IV et le Vème métatarsien,
- La face médiale : le cunéiforme latéral et l'os naviculaire.

3.2. DEUX FACES NON ARTICULAIRES

- La face dorsale rugueuse et inclinée en bas et latéralement
- La face plantaire qui présente :

- Dans sa partie moyenne, une crête : la tubérosité du cuboïde donnant insertion aux ligaments calcanéo-cuboidien plantaire et plantaire long, aux mm. au court fléchisseur du Vème, opposant du Vème, adducteur du 1er et tibial postérieur.
- En avant le sillon du tendon du m. long fibulaire

3.3. UN BORD LATÉRAL

4. OS NAVICULAIRE

4.1. DEUX FACES ARTICULAIRES

- La face postérieure pour la tête du talus,
- La face antérieure divisée en trois facettes pour les os cunéiformes.

4.2. DEUX BORDS :

Dorsal et plantaire, sur le bord plantaire s'insère le ligament calcanéo-naviculaire plantaire.

4.3. DEUX EXTRÉMITÉS

- L'extrémité médiale saillante forme la tubérosité de l'os naviculaire sur laquelle s'insèrent le m. tibial postérieur et le ligament tibio-naviculaire.
- L'extrémité latérale porte en avant une surface articulaire pour le cuboïde.

5. OS CUNÉIFORMES

Os du tarse antérieur, les os cunéiformes sont situés devant l'os naviculaire. Au nombre de trois (médial, intermédiaire et latéral), ils ont la forme d'un cône à base plantaire pour le médial, et à base dorsale pour les deux autres.

5.1. CUNÉIFORME MÉDIAL

5.1.1. TROIS FACES ARTICULAIRES :

- face postérieure pour l'os naviculaire,
- face latérale pour la base de M2 et le cunéiforme intermédiaire,
- face antérieure pour la base de M1.

5.1.2. TROIS FACES NON ARTICULAIRES

- face médiale portant l'insertion du m. tibial antérieur
- face plantaire portant l'insertion des mm. tibial postérieur, long fibulaire et court fléchisseur du 1er.
- face dorsale réduite en une arête mousse.

5.2. CUNÉIFORME INTERMÉDIAIRE

5.2.1. QUATRE FACES ARTICULAIRES :

- face antérieure pour M3,
- face latérale pour le cunéiforme latéral,
- face médiale pour cunéiforme médial,
- face postérieure pour l'os naviculaire.

5.2.2. DEUX FACES NON ARTICULAIRES :

- face dorsale rugueuse et large
- face plantaire réduite en une crête rugueuse portant l'insertion des mm. tibial postérieur et court fléchisseur du 1er.

5.3. CUNÉIFORME LATÉRAL

5.3.1. QUATRE FACES ARTICULAIRES :

- face antérieure pour M3,
- face latérale comportant une facette antérieure pour M4 et une facette postérieure pour le cuboïde,
- face médiale comportant une facette antérieure M2 et une facette postérieure pour le cunéiforme intermédiaire,
- face postérieure pour l'os naviculaire.

6. MÉTATARSE

Situé entre le tarse et les phalanges proximales, il est composé de 5 métatarsiens numérotés de I à V en allant de l'hallux vers le petit orteil.

Ce sont des os longs présentant chacun :

- un corps : prismatique triangulaire, avec :
 - une face dorsale répondant aux tendons des muscles extenseurs des orteils,
 - deux faces médiale et latérale donnant insertion aux muscles interosseux dorsaux,
 - un bord plantaire concave,
 - deux bords latéral et médial peu marqués.
- une base : proximale avec trois faces articulaires et deux faces non articulaires,
- une tête : distale présentant une surface articulaire convexe s'étendant plus sur la face plantaire. Sur ses faces latérale et médiale, elle présente une fossette rugueuse d'insertion des ligaments collatéraux métatarso-phalangiens.

6.1. MÉTATARSE I : M1

- Sa base présente deux surfaces articulaires pour le cunéiforme médial et pour M2, sa face plantaire présente l'insertion m. long fibulaire au niveau de la tubérosité du 1er métatarsien et celle du m. tibial antérieur médialement
- Sa tête présente sur sa face plantaire deux fossettes en rapport avec les os sésamoïdes.

6.2. MÉTATARSE II : M2

- Sa base présente six facettes articulaires : cunéiforme intermédiaire, M1, cunéiforme médial, cunéiforme latéral et M3.
- Insertion sur face plantaire du m. tibial postérieur.

6.3. MÉTATARSE III : M3

- Sa base présente quatre surfaces articulaires : cunéiforme latéral, M4 et deux pour M2. Elle porte sur sa face plantaire l'insertion des mm. adducteur du I et tibial postérieur.
- Sur son bord plantaire s'insère le m. premier interosseux plantaire.

6.4. MÉTATARSE IV : M4

- Sa base présente quatre faces articulaires : cuboïde, M5, cunéiforme latéral et M3. Sur sa face plantaire s'insèrent les mm. adducteur du I et tibial postérieur.
- Sur son bord plantaire s'insère le m. deuxième interosseux plantaire.

6.5. MÉTATARSE V : M5

- Sa base présente deux surfaces articulaires pour le cuboïde et M4. Sur sa face plantaire s'insèrent les mm. court fléchisseur du V et abducteur du V. Latéralement, la tubérosité de M5 porte l'insertion du m. court fibulaire,
- Sur son bord latéral s'insère le m. opposant du V,
- Sur son bord plantaire s'insère le m. troisième interosseux plantaire.

7. PHALANGES

Les phalanges constituent le squelette des orteils. Les orteils II à V possèdent trois phalanges, proximale (P1), moyenne (P2) et distale (P3).

L'hallux possède deux phalanges proximale (P1) et distale (P2).

Chaque phalange est un os long qui possède un corps, une base et une tête semblables aux phalanges de la main.

8. OS SÉSAMOÏDES DU PIED

Ils sont situés sur la face plantaire des articulations des orteils.

Les os sésamoïdes de l'hallux sont :

- Les sésamoïdes métatarso-phalangiens médial et latéral inconstants
- Les sésamoïdes interphalangiens plus constants

Les sésamoïdes métatarso-phalangiens des II^{ème} et V^{ème} orteils sont inconstants.

Figure 1 : OS DU PIED : Vue dorsale et vue plantaire

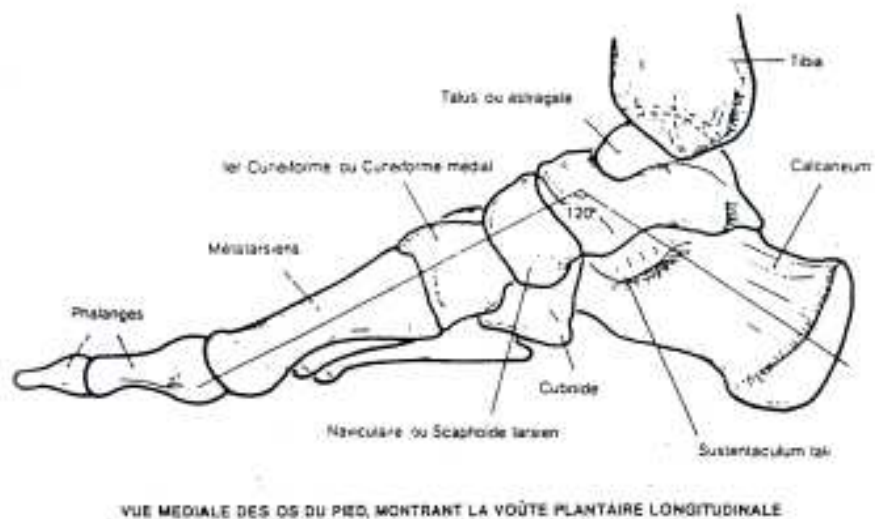
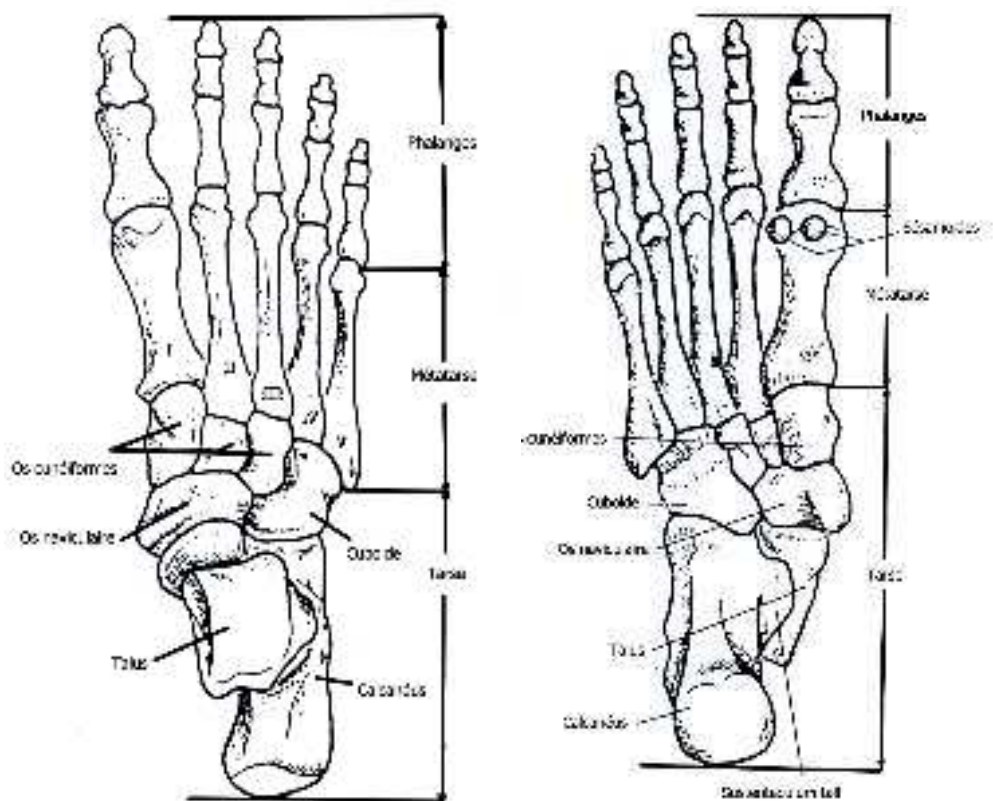


Figure 2 : PIED : Insertions musculaires dorsales

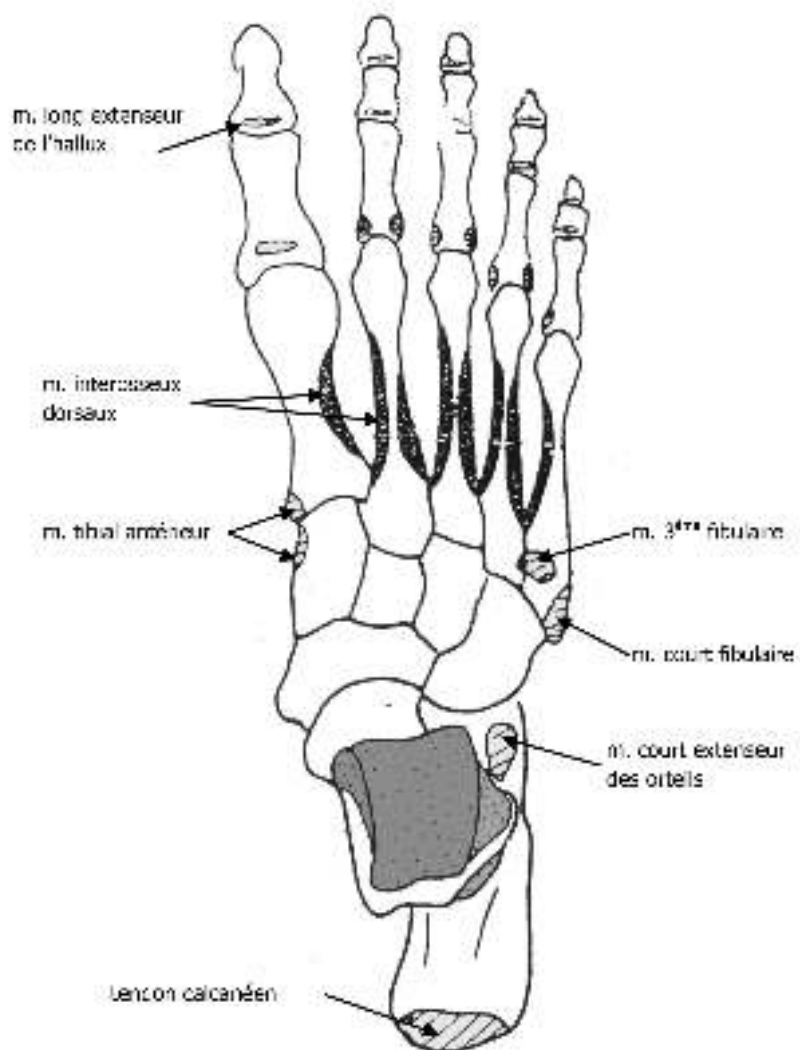


Figure 3 : Vue supérieure du tarse antérieur

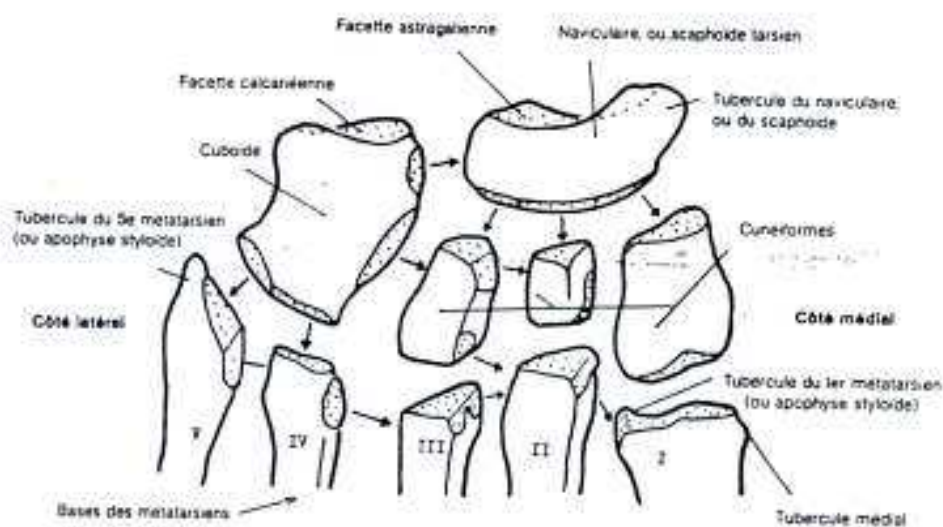
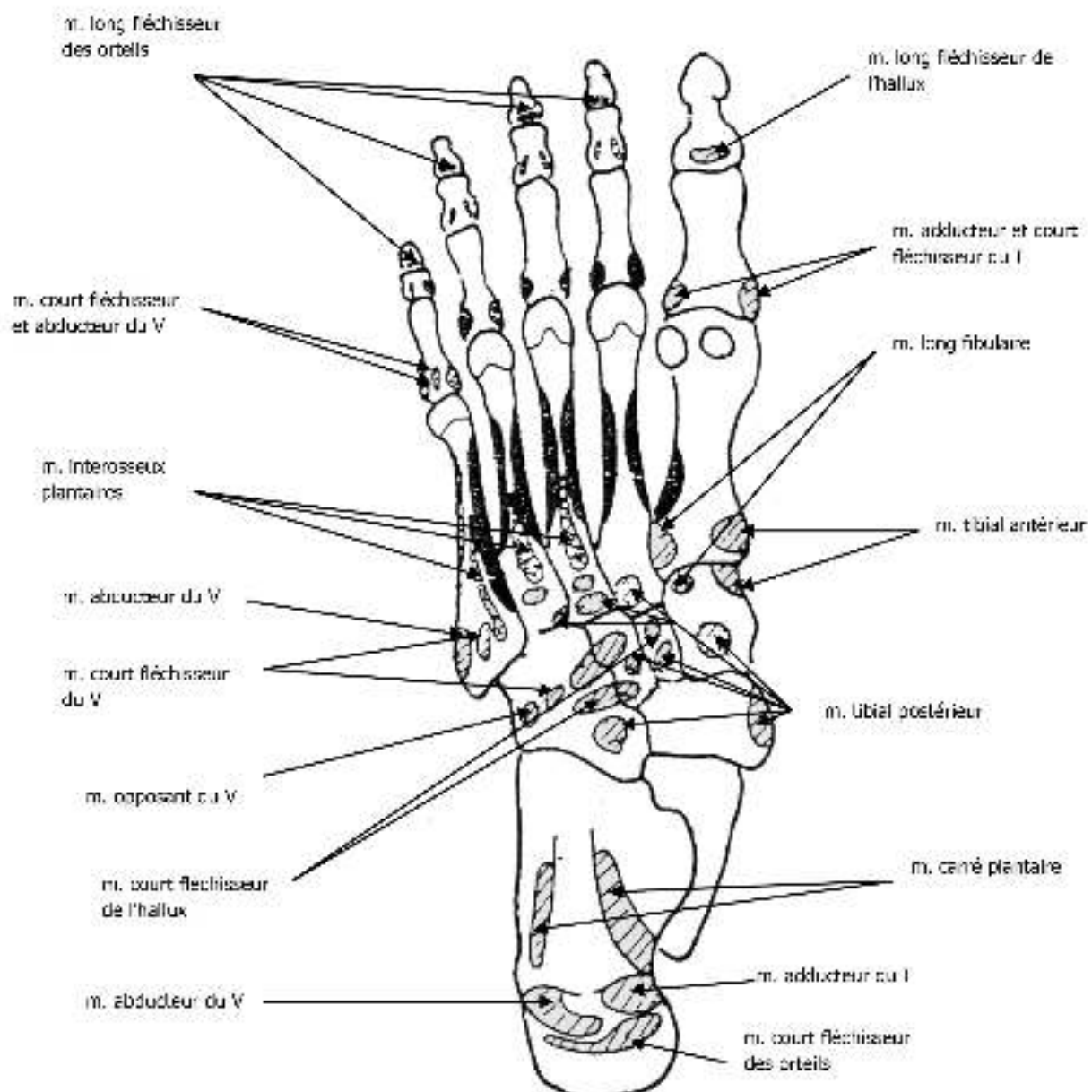


Figure 4 : PIED : Insertions musculaires plantaires



ARTICULATION COXO-FÉMORALE

L'articulation de la hanche ou articulation coxo-fémorale est l'articulation proximale du membre pelvien. Elle possède 3 axes et 3 degrés de liberté :

- un axe transversal situé dans le plan frontal, autour duquel s'effectuent les mouvements de flexion-extension,
- un axe antéro-postérieur, situé dans un plan sagittal passant par le centre de l'articulation, autour duquel s'effectue le mouvement d'abduction-adduction,
- un axe vertical, se confondant en position de rectitude avec l'axe longitudinal, qui permet les mouvements de rotation latérale-rotation médiale.

Les mouvements de la hanche sont réalisés par une seule articulation : l'articulation coxo-fémorale, c'est une articulation sphéroïde très emboîtée et très stable, la plus difficile à luxer de tout le corps.

1. SURFACES ARTICULAIRES

1.1. ACÉTABULUM

- Surface semi-lunaire : périphérique, articulaire, en forme de croissant, concave en bas, présente deux cornes qui délimitent l'incisure acétabulaire.
- Le ligament transverse de l'acétabulum unit en pont les deux cornes de la surface semi-lunaire
- La fosse acétabulaire : centrale non articulaire donne insertion au ligament de la tête fémorale.

1.2. LABRUM ACÉTABULAIRE

- Anneau incomplet de fibrocartilage, s'insérant sur le limbus acétabulaire et augmente la profondeur de la surface articulaire. Il augmente la congruence et la stabilité de l'articulation.
- Sa face périphérique donne insertion à la capsule articulaire.

1.3. LA TÊTE FÉMORALE

- 2/3 de sphère de 25 mm de rayon, regarde en haut, en dedans et en avant. Elle présente une dépression dénudée de cartilage : la fovea capitis.

2. CAPSULE ARTICULAIRE

Elle s'insère, médialement, sur le limbus acétabulaire et sur la face externe du labrum acétabulaire, et latéralement, sur la ligne intertrochantérique en avant et sur la face postérieure du col fémoral en arrière (union 1/3 latérale et 2/3 médiaux).

Épaisse, elle est formée de fibres longitudinales et de fibres circulaires formant un rétrécissement : la zone orbiculaire (de Weber).

3. LIGAMENTS

3.1. LE LIGAMENT ILIO-FÉMORAL (LIGAMENT EN V DE BERTIN)

- Sommet : épine iliaque antéro-inférieure,
- Base : ligne intertrochantérique,
 - faisceau supérieur horizontal sur la face antérieure du grand trochanter,
 - faisceau inférieur vertical en avant du petit trochanter.

3.2. LE LIGAMENT PUBO-FÉMORAL

- Renforce la face antéro-inférieure de la capsule
- Naît de l'éminence ilio-pubienne et de la partie pubienne de la crête obturatrice
- Se termine sur la partie inférieure de la ligne intertrochantérique

3.3. LE LIGAMENT ISCHIO-FÉMORAL

- Spiralé, il renforce les faces dorsale et supérieure de l'articulation.
- Naît sur la partie supérieure de la tubérosité ischiatique,
- Se termine en avant de la fosse trochantérique en renforçant la zone orbiculaire de la capsule.

3.4. LE LIGAMENT DE LA TÊTE FÉMORALE

- Très résistant, il contribue à la vascularisation de la tête fémorale,
- S'étend de la fovea capitis vers la fosse acétabulaire.

4. STATIQUE ARTICULAIRE : LES FACTEURS DE COAPTATION DE LA COXO-FÉMORALE

4.1. LA PROFONDEUR DE L'ACÉTABULUM

Elle est appréciée par l'étude de l'angle acétabulaire ou angle d'obliquité du cotyle : HTE. Il est défini par l'horizontale et la tangente à la moitié supérieure de l'acétabulum. Il est normalement $< 10^\circ$.

4.2. LE LABRUM ACÉTABULAIRE

L'acétabulum ne représente qu'une demi-sphère, il n'existe pas ce qu'on appelle en mécanique un couple d'emboîtements. La sphère de la tête fémorale ne peut pas être mécaniquement retenue par l'hémisphère de l'acétabulum.

Cependant, le labrum prolonge la surface acétabulaire et l'approfondit, si bien que la cavité totale dépasse la demi-sphère, ce qui crée un couple d'emboîtements fibreux : le labrum retient la tête.

4.3. LE CENTRAGE DE LA TÊTE FÉMORALE

Un bon centrage permet une large couverture de la tête par l'acétabulum. Ce centrage est apprécié par l'angle de couverture de la tête : VCE. Il est défini par la verticale passant par le centre de la tête et une ligne unissant le centre de la tête à l'extrémité de l'acétabulum. Il est normalement $> 25^\circ$.

4.4. LA ZONE ORBICULAIRE (DE WEBER)

Elle rétrécit la capsule et favorise l'enclassement de la tête fémorale.

4.5. LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

La pression atmosphérique est un facteur important de coaptation de la hanche comme l'a prouvé l'expérience des frères Weber.

Ils ont constaté, en effet que si l'on sectionnait toutes les parties molles reliant l'os coxal au fémur, la tête ne sortait pas de l'acétabulum. Par contre si l'on forait un petit orifice dans le fond de l'acétabulum, la tête fémorale et le membre inférieur tombaient sous l'action de leur poids.

4.6. LES LIGAMENTS ET LES MUSCLES

Ils jouent un rôle essentiel dans le maintien des surfaces articulaires. Il existe un certain « balancement » entre leur rôle respectif : en avant de l'articulation, les muscles sont peu nombreux, mais les ligaments sont puissants. Alors qu'en arrière c'est l'inverse : les muscles sont prédominants.

4.7. L'ORIENTATION DU COL FÉMORAL

L'orientation du col fémoral intervient de manière considérable dans la stabilité de la hanche :

- dans le plan frontal : l'axe du col forme un angle d'inclinaison de 125° - 130° avec l'axe diaphysaire,
- dans le plan horizontal : le col forme un angle d'antéversion de 20° - 25° .

Toute variation de l'orientation de la tête favorise la luxation pathologique.

5. LES MOUVEMENTS DE LA HANCHE

L'articulation coxo-fémorale est une articulation à trois degrés de liberté autour d'un centre de mouvements confondu avec le centre de la tête fémorale.

Les mouvements possibles seront la flexion/extension, l'abduction/adduction et les rotations médiale et latérale.

La circumduction associe l'association de l'ensemble de ces mouvements primaires.

5.1. FLEXION

- **Axe fonctionnel** : La flexion de la hanche est le mouvement qui porte la face antérieure de la cuisse à la rencontre du tronc selon un axe horizontal situé dans le plan frontal.
- **Amplitude** : Dans l'ensemble, la flexion active de la hanche est moins ample que la flexion passive. La flexion passive, genou en extension, est de 120° ; si le genou est fléchi, elle dépasse 140° (mm. ischiojambiers détendus). Pour la flexion active, elle est respectivement de 90° et 120° .
- **Les moteurs de la flexion** sont le principalement les mm. ilio-psoas et tenseur du fascia lata. Les fléchisseurs accessoires sont les mm. sartorius et droit fémoral.

5.2. EXTENSION

- **Axe fonctionnel** : L'extension porte le membre inférieur en arrière du plan frontal selon un axe horizontal situé dans le plan frontal.
- **Amplitude** : Elle est notablement plus faible que celle de la flexion. L'extension passive n'est que de 20° ; elle atteint 30° lorsque le membre est fortement tiré en arrière.
- **Freins** : Lors de l'extension, tous les ligaments se tendent, car ils s'enroulent autour du col fémoral. Cependant parmi eux tous c'est le faisceau inférieur du ligament ilio-fémoral qui se tend le plus, car il est presque vertical : c'est donc essentiellement lui qui limite la bascule du bassin vers l'arrière.
- **Moteurs** : m. grand fessier : très puissant, mm. ischiojambiers : biceps fémoral, semi-tendineux et semi-membraneux. Ils sont extenseurs de la hanche et fléchisseurs du genou.

5.3. ABDUCTION

- L'abduction porte le membre inférieur directement en dehors selon un axe sagittal.
- L'amplitude est de 45° à 60° .
- L'abduction est limitée par la tension du ligament pubo-fémoral et le contact ultérieur du col fémoral avec le limbus acétabulaire
- **Moteurs** :
 - principaux : mm. moyen fessier et petit fessier,
 - accessoires : mm. tenseur du fascia lata, grand fessier et piriforme.

5.4. ADDUCTION

- L'adduction porte le membre en dedans et le rapproche du plan de symétrie du corps selon un axe sagittal. Comme dans la position de référence, les deux membres sont en contact l'un avec l'autre, il n'existe pas de mouvement d'adduction pur.
- L'amplitude maximale de l'adduction est de 30° .
- **Moteurs** : mm. long, petit et grand adducteurs, m. pectiné

5.5. ROTATIONS

- Les mouvements de rotations de la hanche s'effectuent autour de l'axe mécanique du membre inférieur. En position de rectitude, cet axe est confondu avec l'axe vertical de la coxo-fémorale.
- Dans ces conditions, la rotation latérale est le mouvement qui porte la pointe du pied en dehors, alors que la rotation médiale porte la pointe du pied en dedans. La mesure de ces amplitudes peut se faire en décubitus dorsal, cuisse fléchie ou en décubitus ventral, jambe fléchie.
 - L'amplitude de rotation latérale est de 60° .
 - L'amplitude de rotation médiale est de 30° .
 - Lorsque la hanche tourne en rotation latérale, la ligne intertrochantérique s'éloigne de l'acétabulum ; il s'ensuit que tous les ligaments antérieurs de la hanche se trouvent tendus, en particulier les faisceaux à direction horizontale (faisceau supérieur du ligament ilio-fémoral) et le ligament pubo-fémoral.
 - Lors de la rotation médiale, l'inverse se produit : tous les ligaments antérieurs se détendent, alors que le ligament ischio-fémoral se tend.

- Rotateurs latéraux principaux : mm. piriforme, obturateur interne et carré fémoral
- Rotateurs latéraux accessoires : mm. grand fessier, adducteurs, obturateur externe et ilio-psoas
- Rotateurs médiaux principaux : mm. moyen et petit fessier,
- Rotateurs médiaux accessoires : m. tenseur du fascia lata.

⇒ La cotation des degrés d'amplitudes des mouvements de la hanche s'inscrit selon Merle D'Aubigné comme suit :

Flexion / Extension	Abduction / Adduction	Rot. latérale / Rot.médiale
(140 ° / 0 °)	(60 ° / 30 °)	(60 ° / 30 °)

Figure 1 : Articulation coxo-fémorale : Vue antérieure

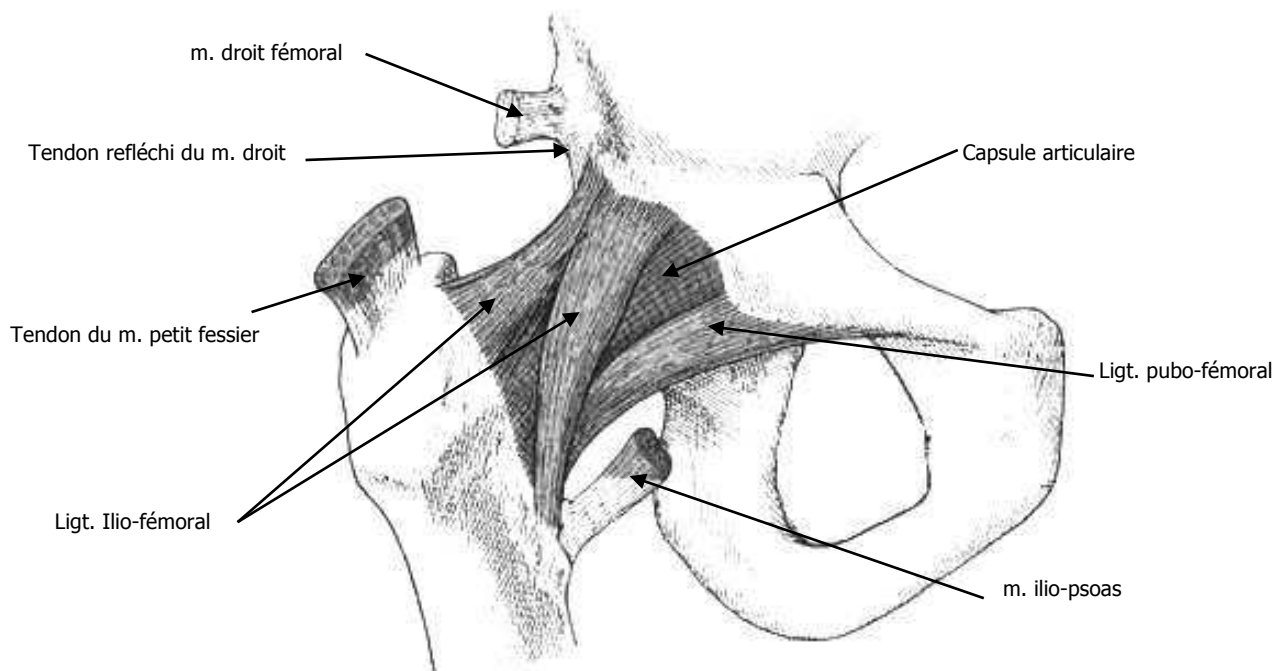


Figure 2 : Articulation coxo-fémorale : Vue postérieure

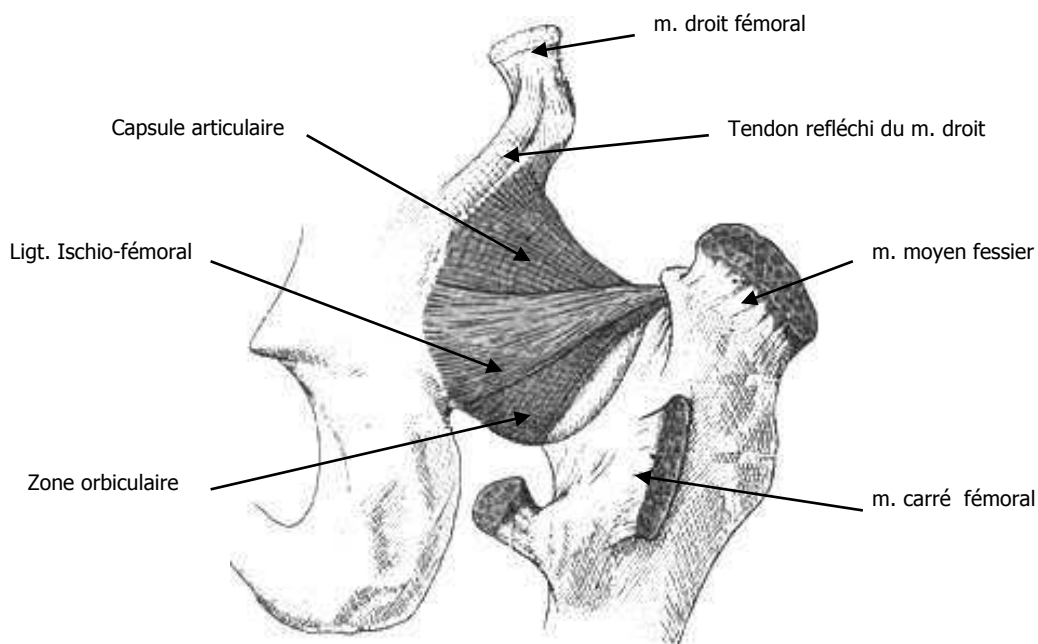
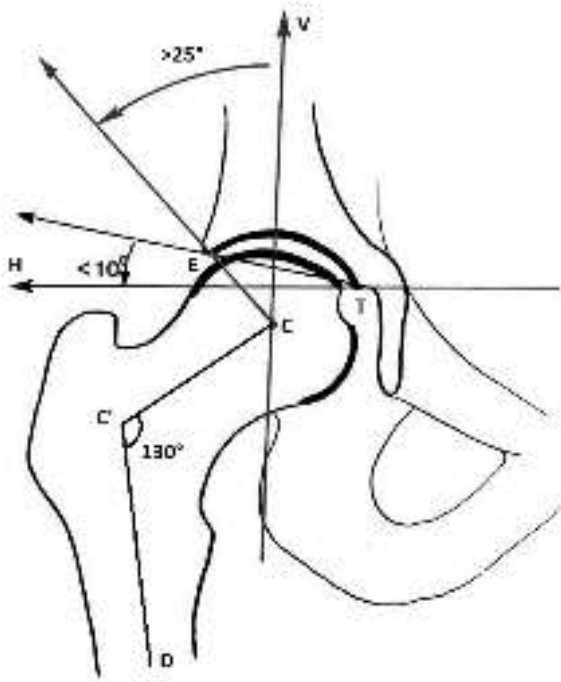


Figure 3 : Coxométrie



C : centre de la tête.

E : angle supéro-externe de l'acétabulum.

T : point de jonction supéro-interne de la zone d'appui de l'acétabulum avec l'arrière-fond.

V : verticale passant par le centre de la tête.

H : horizontale passant par le point T.

Angle VCE : angle de couverture de la tête $> 25^\circ$.

Angle HTE : angle d'obliquité de l'acétabulum $< 10^\circ$.

Angle DC'C : angle cervico-diaphysaire ou angle d'inclinaison du col $125-130^\circ$

ARTICULATION DU GENOU

L'articulation du genou unit le fémur, le tibia et la patella. C'est une articulation de type synoviale composée de deux systèmes :

- articulation fémoro-tibiale,
- articulation fémoro-patellaire

1. SURFACES ARTICULAIRES

1.1. SURFACE PATELLAIRE (TROCHLÉE)

- Située sur la face antérieure de l'épiphyse distale du fémur, elle s'articule avec la patella
- Présente une dépression verticale se terminant en bas dans la fosse intercondyloire et séparant deux facettes (joints) inclinées vers la dépression : la facette latérale est plus large que la médiale.
- La surface patellaire se continue en arrière par les surfaces articulaires des condyles

1.2. LES CONDYLES FÉMORAUX

- Médial et latéral, ils s'articulent avec le tibia,
- Séparés en arrière par la fosse intercondyloire,
- Décrivent chacun une spirale dont le rayon de courbure décroît d'avant en arrière,
- Le condyle médial est plus saillant en arrière et en bas que le condyle latéral. Sa courbure est plus faible.

1.3. LES SURFACES ARTICULAIRES TIBIALES SUPÉRIEURES :

- Répondent aux condyles fémoraux et aux ménisques,
- la surface tibiale supéro-latérale est arrondie et plus petite,
- la surface tibiale supéro-médiale est ovale et plus concave,
- Se prolongent sur les faces adjacentes des tubercules inter-condyliques correspondants.

1.4. LA SURFACE ARTICULAIRE FÉMORALE

- Située à la face postérieure de la patella, elle est divisée par une crête mousse verticale séparant deux facettes concaves, médiale et latérale, répondant aux deux joints de la surface patellaire.

1.5. LES MÉNISQUES

Au nombre de deux, médial et latéral, ils assurent la congruence des surfaces articulaires des condyles fémoraux et des plateaux tibiaux. Ils adhèrent à la capsule articulaire à leur périphérie.

1.5.1. LE MÉNISQUE LATÉRAL :

- il a la forme d'un « O »,
- ses cornes antérieures et postérieures s'attachent sur les aires intercondyliques correspondantes près de l'éminence intercondyloire.
- Près de la corne postérieure se détachent les ligaments ménisco-fémoraux (antérieur et postérieur) qui longent en avant et en arrière le ligament croisé postérieur pour se terminer sur la face axiale du condyle médial.

1.5.2. LE MÉNISQUE MÉDIAL :

- il a la forme d'un « C »,
- corne antérieure : aire intercondyloire antérieure,
- corne postérieure : aire intercondyloire postérieure.

⇒ Les ménisques sont unis en avant par le ligament transverse du genou.

2. CAPSULE ARTICULAIRE

- Sur le fémur : 15 mm au-dessus de la surface patellaire et à 10 mm au-dessus des condyles, avant de se perdre dans la fosse intercondylaire sur les ligaments croisés,
- Sur le tibia : 5 mm des bords des surfaces articulaires,
- Sur la patella : au contact du cartilage,
- La capsule présente un épaississement postérieur en arrière des condyles fémoraux : les coques condyliennes.

3. MEMBRANE SYNOVIALE

Elle tapisse les surfaces osseuses intra-articulaires, le corps adipeux infrapatellaire (ligament adipeux de Hoffa).

Elle présente à sa partie supérieure un profond cul-de-sac, la bourse supra-patellaire (cul-de-sac quadricipital).

4. LES LIGAMENTS

4.1. LIGAMENT PATELLAIRE

- Épais de 4 à 6 mm se dirige de l'apex de la patella vers la tubérosité du tibia
- renforcé en avant par les fibres superficielles du tendon du quadriceps et latéralement par les rétinaculum patellaires (ailerons rotuliens) médial et latéral.

4.2. LIGAMENT COLLATÉRAL TIBIAL

- bandelette fibreuse de 9 à 10 cm,
- Naît de l'épicondyle médial, se porte obliquement en bas et en avant pour se terminer à la partie proximale de la face médiale du tibia,
- Son bord postérieur se confond avec la capsule articulaire.

4.3. LIGAMENT COLLATÉRAL FIBULAIRE

- Cordon épais de 5 à 6 cm,
- Naît de l'épicondyle latéral, se porte obliquement en bas et en arrière pour se terminer sur la tête fibulaire
- Séparé du tendon du biceps fémoral par une bourse synoviale.

4.4. LES LIGAMENTS CROISÉS

- Ligaments de la région intercondylaire du genou, ils sont croisés entre eux dans le plan frontal et sagittal,
- Ils sont extrasynoviaux, mais intracapsulaires.

4.4.1. LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR

- Versant antérieur de l'aire intercondylaire antérieure,
- presque horizontal, oblique en haut, en arrière et en dehors,
- partie postérieure face axiale du condyle latéral du fémur.

4.4.2. LIGAMENT CROISÉ POSTÉRIEUR

- partie postérieure de l'aire intercondylaire postérieure,
- presque vertical, oblique en haut, en avant et en dedans,
- partie antérieure de la face axiale du condyle médial du fémur.

4.5. LIGAMENT POPLITÉ ARQUÉ

- Naît de l'apex de la tête fibulaire, se dirige en haut et se divise en deux faisceaux :
 - faisceau vertical : coque condylienne latérale, et fosse intercondylaire,
 - faisceau arciforme : tibia, en formant une arcade au-dessus du muscle poplité.

4.6. LIGAMENT POPLITÉ OBLIQUE

- bord latéral du tendon du m. semi-membraneux,
- oblique en haut et latéralement,
- se termine en éventail sur la coque condylienne latérale et la face postérieure du fémur.

5. ANATOMIE FONCTIONNELLE

5.1. LA STATIQUE ARTICULAIRE

- la stabilité sagittale est assurée par les ligaments croisés et le muscle quadriceps,
- la stabilité frontale est assurée par les ligaments collatéraux, le tractus ilio-tibial et les muscles de la patte d'oie,
- la stabilité rotatoire est assurée par l'ensemble des formations capsulaires, méniscales et musculaires.

5.2. LA FLEXION – EXTENSION

5.2.1. LE DÉPLACEMENT DES SURFACES ARTICULAIRES :

- Déplacement des condyles :

Le genou est le siège de mouvements associés de roulement et de glissement.

Au cours de la flexion, le condyle fémoral commence par rouler, puis associe roulement et glissement et enfin de mouvement, il glisse uniquement.

- Déplacement des ménisques :

Au cours de la flexion, les ménisques glissent légèrement en arrière.

5.2.2. L'AMPLITUDE DE MOUVEMENTS :

- la flexion : 120 ° à 140 °,
- l'extension : 0 ° à 5 °.

5.2.3. LES MOTEURS

- Les muscles fléchisseurs :

Principaux : mm. biceps fémoral, semi-tendineux, semi-membraneux et gracile.

Accessoires : mm. Sartorius, poplité, gastrocnémien et plantaire.

- Les muscles extenseurs :

Principal : m. quadriceps.

Accessoires : mm. tenseur du fascia lata et tractus ilio-tibial.

5.3. LA ROTATION MÉDIALE – ROTATION LATÉRALE

5.3.1. L'AMPLITUDE DE MOUVEMENTS :

- les rotations ne sont possibles que s'il existe un certain degré de flexion de la jambe,
- rotation latérale : 40 °,
- rotation médiale : 30 °.

5.3.2. LES MOTEURS :

- rotateurs médiaux : mm. poplité, semi-tendineux, sartorius et gracile.
- Rotateur latéral : m. biceps fémoral.

Figure 1 : Articulation du genou : face antérieure

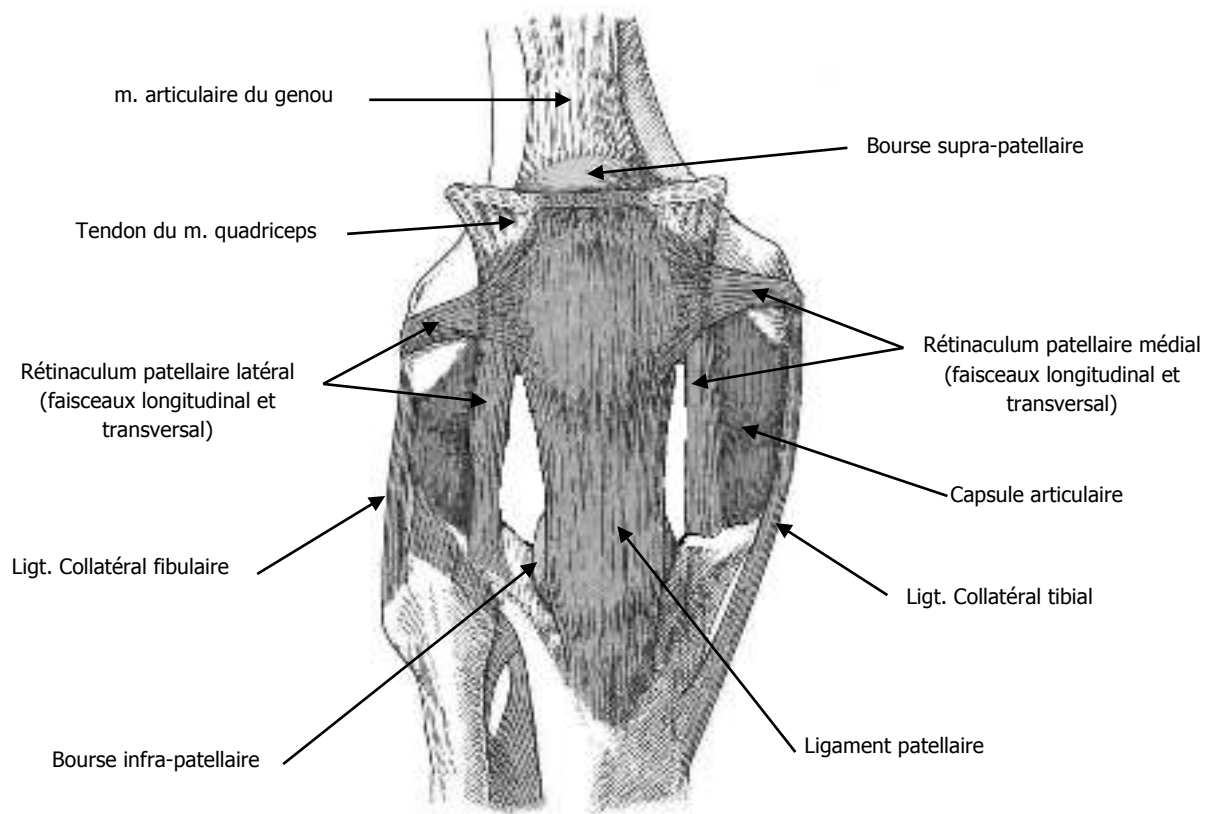


Figure 2 : Articulation du genou : face postérieure

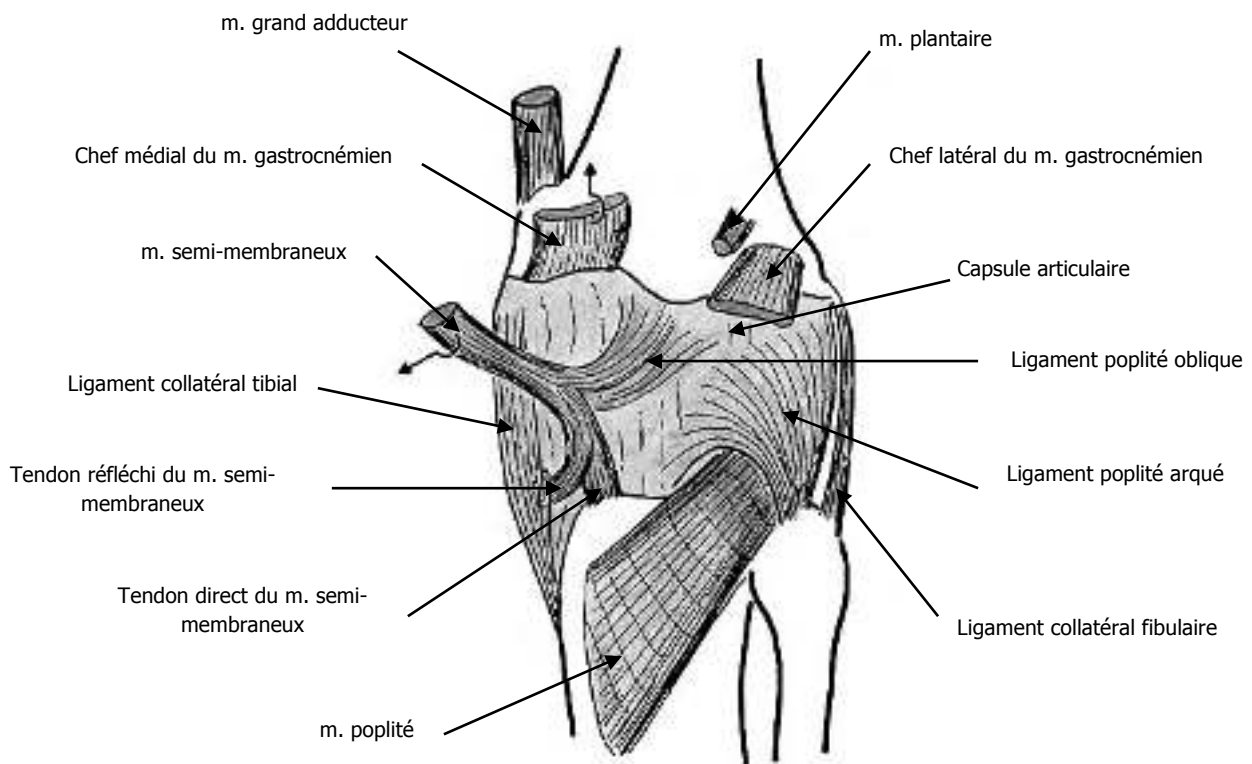


Figure 3 : Articulation du genou : face médiale

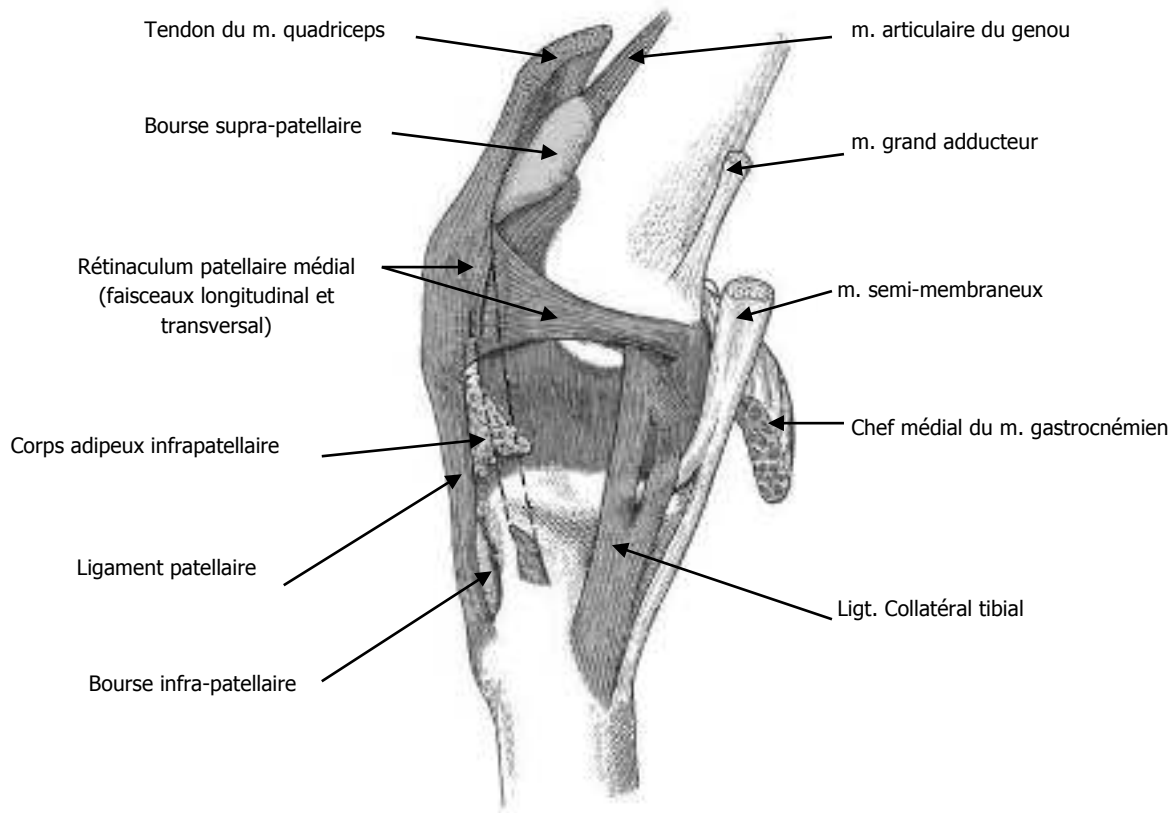
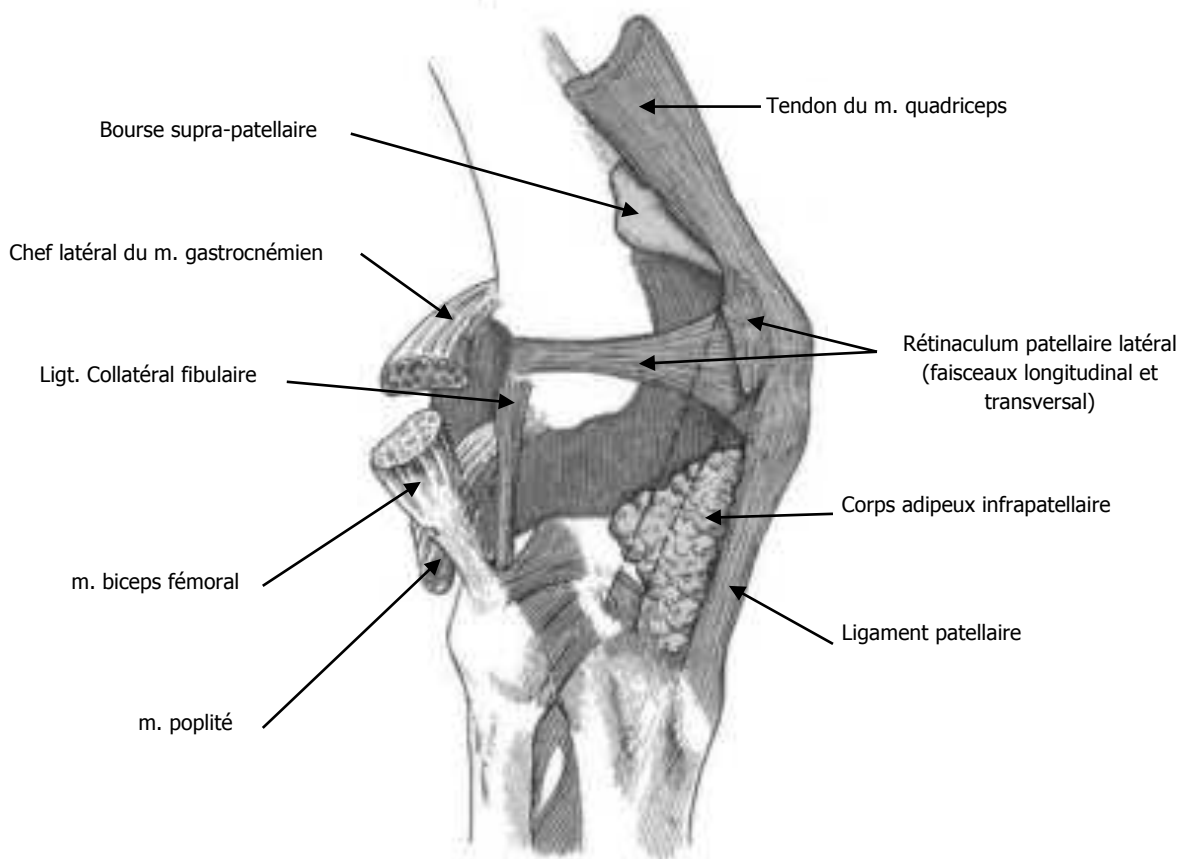


Figure 4 : Articulation du genou : face latérale



RÉGION GLUTÉALE

La région glutéale ou région de la fesse est représentée par les parties molles situées en arrière de la fosse iliaque externe, de l'articulation coxo-fémorale et de l'extrémité supérieure du fémur.

Elle est limitée :

- en haut : crête iliaque,
- en bas : pli fessier,
- en dedans : gouttière sacrée,
- en dehors : ligne verticale passant par l'épine iliaque antéro-supérieure et le bord antérieur du grand trochanter.

1. PLAN MUSCULAIRE SUPERFICIEL

1.1. LE MUSCLE GRAND FESSIER

- crête iliaque et fosse iliaque externe, crête sacrale latérale, bords latéraux sacrum et coccyx et ligament sacro-tubéral,
- tubérosité glutéale du fémur,
- nerf glutéal inférieur,
- extenseur cuisse, accessoirement rotateur latéral.

1.2. LE MUSCLE TENSEUR DU FASCIA LATA

- crête iliaque,
- tubercule infracondylaire du tibia (tubercule de Gerdy), tractus ilio-tibial
- nerf glutéal supérieur,
- abducteur, rotateur médial et fléchisseur de la cuisse.

2. PLAN MUSCULAIRE MOYEN : MUSCLE MOYEN FESSIER

- crête iliaque et face glutéale,
- face latérale grand trochanter,
- nerf glutéal supérieur
- abducteur cuisse, accessoirement rotateur médial et latéral et stabilisateur du bassin en appui monopodal.

3. PLAN MUSCULAIRE PROFOND

3.1. LE M. PETIT FESSIER

- Face glutéale en avant de la ligne glutéale antérieure,
- bord antérieur grand trochanter,
- nerf glutéal supérieur,
- abducteur et rotateur médial cuisse.

3.2. LE M. PIRIFORME

- face pelvienne sacrum, pourtour des 2e et 3e foramens sacrés antérieurs et bord supérieur grande incisure sciatique,
- sommet grand trochanter,
- nerf piriforme (L5, S1),
- rotateur latéral cuisse.

3.3. LE M. JUMENT SUPERIEUR

- épine ischiatique,
- tendon commun avec obturateur interne,
- nerf de l'obturateur interne (L5, S1),
- rotateur latéral cuisse.

3.4. LE M. OBTURATEUR INTERNE

- face interne membrane obturatrice et pourtour foramen obturé
- fossette trochantérique, face médiale grand trochanter,
- nerf de l'obturateur interne,
- rotateur latéral cuisse.

3.5. LE M. JUMENT INFÉRIEUR

- tubérosité ischiatique,
- tendon commun avec l'obturateur interne,
- nerf du carré fémoral,
- rotateur latéral cuisse.

3.6. LE M. OBTURATEUR EXTERNE

- face externe membrane obturatrice et pourtour externe foramen obturé,
- fossette trochantérique
- nerf obturateur (L3- L4),
- rotateur latéral cuisse.

3.7. LE M. CARRÉ FÉMORAL

- tubérosité ischiatique,
- Crête intertrochantérique,
- nerf du carré fémoral,
- rotateur latéral cuisse.

4. VAISSEAUX ET NERFS PROFONDS

4.1. FORAMEN SUPRA-PIRIFORME : PÉDICULE VASCULO-NERVEUX SUPÉRIEUR

4.1.1. ARTÈRE GLUTÉALE SUPÉRIEURE

- branche extra pelvienne de l'artère iliaque interne
- entre dans la région de la fesse à travers le foramen supra-piriforme
- elle se divise en deux branches :
- branche superficielle : chemine entre grand et moyen fessier,
- branche profonde : s'insinue entre moyen et petit fessier.

4.1.2. NERF GLUTÉAL SUPÉRIEUR

- constitué de fibres provenant de L4, L5 et S1,
- sort du pelvis à travers le foramen supra-piriforme, accompagné des vaisseaux glutéaux supérieurs. Dans la fesse, il se divise en deux branches, supérieure et inférieure, qui cheminent entre mm. moyen et petit fessiers. Elles sont accompagnées respectivement des branches supérieure et inférieure de l'artère glutéale supérieure.
- il innerve les mm. moyen et petit fessiers et le m. tenseur du fascia lata, c'est le nerf de l'abduction de la hanche.

4.2. FORAMEN INFRAPIRIFORME : PAQUET VASCULO-NERVEUX INFÉRIEUR

4.2.1. ARTÈRE GLUTÉALE INFÉRIEURE

- branche extrapelvienne de l'artère iliaque interne,
- entre dans la région de la fesse par le foramen infrapiriforme,
- dans la région elle est médiale par rapport au pédicule honteux interne, puis elle le croise en arrière pour accompagner le nerf sciatique et le nerf cutané postérieur de la cuisse,
- contacte des anastomoses avec les artères circonflexes médiales de la cuisse, la branche postérieure de l'obturatrice et les perforantes de l'artère profonde de la cuisse.

4.2.2. NERF SCIATIQUE

- placé en dehors de l'artère glutéale inférieure, il descend en avant et au-dessous du m. piriforme et en arrière des muscles pelvi-trochantériens (mm. jumeau supérieur, obturateur interne, jumeau inférieur, obturateur externe et carré fémoral)

4.2.3. NERF GLUTÉAL INFÉRIEUR

- il sort du pelvis à travers le foramen infrapiriforme,
- se divise en plusieurs branches à la face profonde du muscle grand fessier qu'il innerve.

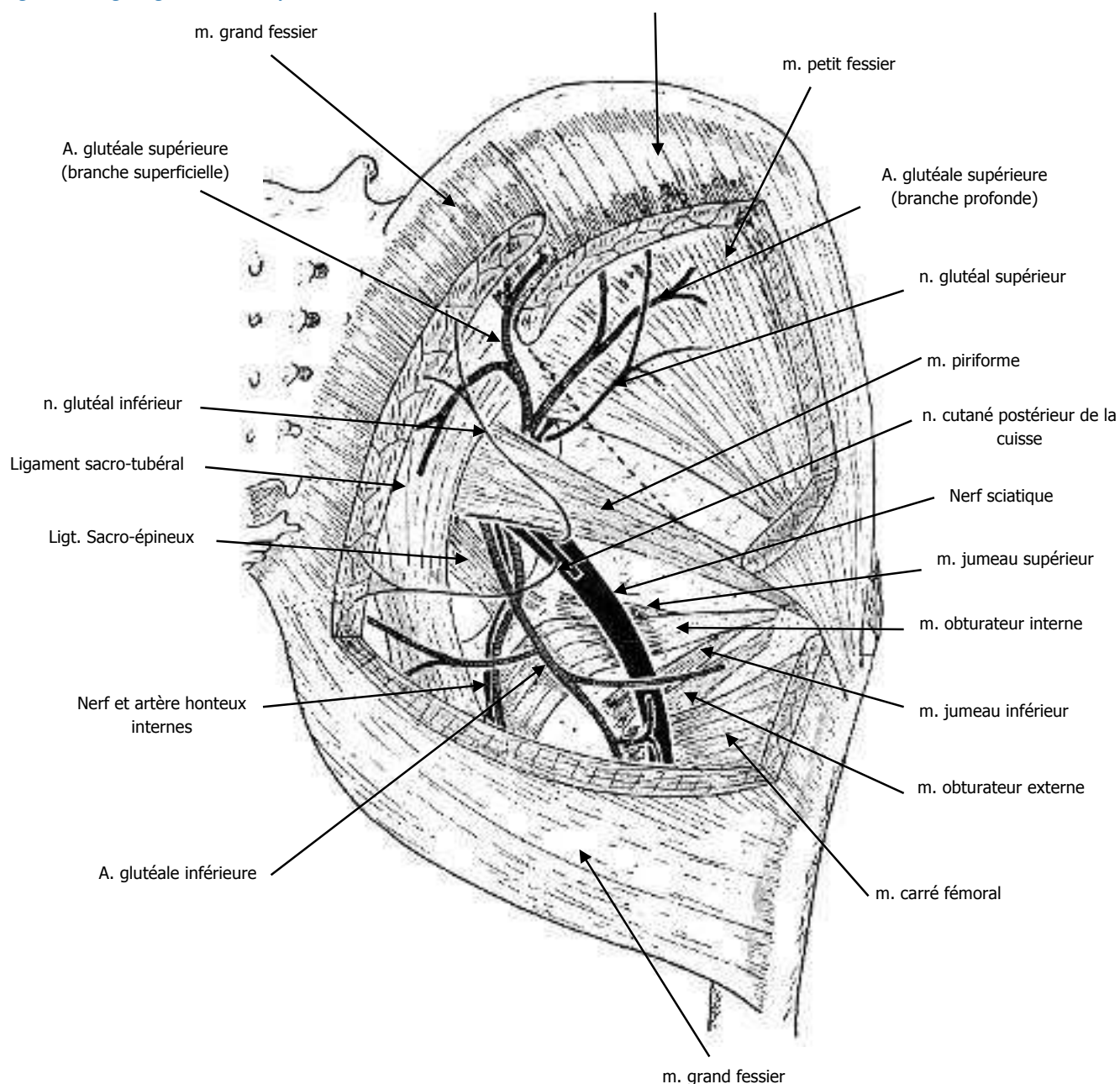
4.2.4. NERF CUTANÉ POSTÉRIEUR DE LA CUISSE

- il descend sur la partie médiale de la face postérieure du nerf sciatique ; il est recouvert par le grand fessier.

4.2.5. ARTÈRE ET NERF HONTEUX INTERNES

- le paquet vasculo-nerveux honteux ne fait qu'apparaître dans la région de la fesse,
- il pénètre dans la fesse en dedans du nerf sciatique contourne l'épine sciatique et s'engage dans la fosse ischio-rectale en passant dans petite incisure ischiatique,
- l'artère honteuse interne est placée en dedans du nerf sciatique, elle est située d'abord en dehors de l'artère glutéale inférieure dont elle croise la face antérieure avant de s'engager dans la petite échancrure,
- le nerf honteux interne descend en dedans de l'artère honteuse interne puis se place sur son côté postéro-interne.

Figure 1 : Région glutéale : vue postérieure



LE TRIGONE FÉMORAL

Le trigone fémoral ou triangle de Scarpa est l'ensemble des parties molles correspondant à la région inguino-fémorale médiale, située à la partie antérieure de la cuisse immédiatement au-dessous de la paroi abdominale antérieure, elle s'étend en profondeur jusqu'à l'articulation coxo-fémorale. C'est le principal hile vasculaire du membre inférieur.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. SITUATION

Le trigone fémoral est situé au niveau de la face ventrale de la racine du membre pelvien entre la région des adducteurs en dedans, le triangle inguino-fémoral latéral en dehors et la région inguino-abdominale en haut. Il s'agit de la région inguino-fémorale médiale.

1.2. LIMITES

Situé à la face ventrale de la racine du membre pelvien, il est limité :

- en haut, par le ligament inguinal constituant la base du triangle,
- en bas, par le croisement des muscles sartorius et long adducteur constituant le sommet du triangle,
- en dehors, par le sartorius,
- en dedans, par le bord médial du m. long adducteur,
- en profondeur, par les structures ostéo-articulaires de la hanche.

Le sommet du triangle est à 10cm environ du milieu du ligament inguinal et répond au point de croisement du sartorius et du moyen adducteur.

1.3. FORME EXTÉRIEURE ET REPÈRES

Sa forme est variable selon l'adiposité du sujet.

Dans le sens transversal, elle est caractérisée par la succession d'une série de reliefs musculaires qui sont de dehors en dedans :

- Saillie oblique en bas et en dedans du m. sartorius qui croise en écharpe la face antérieure de la cuisse.
- Relief légèrement oblique en bas et en dehors, du long adducteur et du gracile.

Les repères sont avant tout osseux représentés en dedans par l'épine du pubis et en dehors par l'épine iliaque antéro-supérieure.

2. CONSTITUTION ANATOMIQUE

2.1. PLANS SUPRA-FACIAUX (SUPERFICIELS)

2.1.1. LA PEAU

La peau est fine, mobile et garnie de poils en dedans.

Elle est fixée au ligament inguinal par des lames fibreuses connues sous le nom de ligament suspenseur du pli de l'aîne empêchant toute communication directe entre le tissu sous-cutané de la paroi abdominale et celui de la région antérieure de la cuisse.

2.1.2. LE TISSU CELLULAIRE SOUS-CUTANÉ

Forme une couche lamellaire limitée en profondeur par le feuillet superficiel du fascia lata (fascia criblé). Il est mince sur les bords de la région, plus épais au milieu ; il est parcouru par les éléments vasculo-nerveux superficiels.

2.1.2.1. Les artères superficielles

Elles proviennent toutes de l'artère fémorale, ce sont :

- *l'artère épigastrique superficielle (a. sous-cutanée abdominale) :*

Elle naît à 1 cm au-dessous du ligament inguinal, elle traverse le fascia criblé et se dirige médialement et en haut vers le tissu sous-cutané de la paroi abdominale pour se terminer en se ramifiant autour de l'ombilic.

- *l'artère circonflexe iliaque superficielle :*

Elle naît au même niveau que la précédente traverse le fascia criblé et se porte latéralement et en haut vers le tissu sous-cutané de la région iliaque externe recouvrant les muscles tenseurs du fascia lata et sartorius.

Elle vascularise ces derniers ainsi que les nœuds lymphatiques inguinaux latéraux et les téguments de la région. Elle s'anastomose avec l'artère glutéale supérieure.

- *l'artère pudendale externe superficielle (artère honteuse externe supérieure) :*

Elle naît médialement juste au-dessous de l'artère épigastrique superficielle, traverse aussitôt le fascia criblé et vascularise la région pubienne, la peau du pénis ou les grandes lèvres

- *l'artère pudendale externe profonde (artère honteuse externe inférieure) :*

Elle naît médialement juste au-dessous de l'artère épigastrique superficielle, croise la face antérieure de la veine fémorale, sous la crosse de la grande veine saphène en restant infra-aponévrotique et ne perfore le fascia criblé qu'en regard du bord latéral du m. long adducteur pour vasculariser les grandes lèvres ou le scrotum et le périnée

2.1.2.2. Les veines superficielles

Elles sont essentiellement représentées par la grande veine saphène (v. saphène interne) et ses affluents.

- *La grande veine saphène (v. saphène interne)*

Elle constitue la veine superficielle principale du membre pelvien

o Calibre : Son diamètre moyen au niveau du trigone fémoral est de l'ordre de 4 mm

o Trajet : Cette veine parcourt la face médiale de la cuisse puis sa face antérieure après avoir surcroisé le m. sartorius et chemine à la surface du trigone fémoral contre le fascia criblé obliquement en haut et en dehors.

Elle traverse le fascia lata à 3 ou 4 cm au-dessous du ligament inguinal au niveau du hiatus saphène limité latéralement par le bord falciforme ou elle forme une crosse (la crosse de la grande saphène) avant de s'aboucher à la veine fémorale.

o Rapports : la grande veine saphène est en rapport, au niveau de sa crosse, avec les nœuds lymphatiques inguinaux inférieurs et les artères pudendales externes.

- *Veines affluentes de la grande veine saphène*

Au niveau de la crosse, la grande veine saphène reçoit une série d'affluents dont la plupart sont des veines homologues des artères superficielles :

o la veine épigastrique superficielle

o la veine circonflexe iliaque superficielle

o les veines pudendales externes (superficielle et profonde) :

o La veine cutanée antérieure de la cuisse

o la veine saphène accessoire (de Cruveilhier), inconstante, elle est issue de la région médiale de la cuisse et se jette dans la grande veine saphène.

2.1.2.3. Les nerfs superficiels

- *Le rameau fémoral du nerf génito-fémoral* qui perfore le fascia sous le ligament inguinal, en dehors de la veine grande saphène pour assurer la sensibilité de la peau de la zone supérieure du trigone fémoral

- *Des rameaux cutanés du nerf musculaire médial* (musculo-cutané interne), branche du fémoral

- *Le rameau cutané antérieur supérieur du nerf musculaire latéral* (musculo-cutané externe), issu du nerf fémoral, à la partie caudale du triangle.

2.1.2.4. Les nœuds lymphatiques inguinaux superficiels

Les nœuds lymphatiques inguinaux superficiels, dont le nombre varie de quatre à vingt, sont regroupés en triangle : ils se disposent selon quatre groupes séparés par deux lignes verticale et horizontale qui se croisent sur la crosse de la veine grande saphène :

- supéro-latéral, drainant la région abdominale et une partie de la région glutéale,

- supéro-médial, pour la région pubienne,

- inféro-latéral, pour la région glutéale et le membre pelvien,

- inféro-médial, pour la région génitale et le membre pelvien.

Les nœuds supérieurs ont un grand axe parallèle au ligament inguinal, les inférieurs sont verticaux.

Les groupes supérieurs reçoivent surtout les lymphatiques de la paroi abdominale, de la fesse, du périnée, de l'anus, du scrotum et de la verge chez l'homme, des grandes et petites lèvres chez la femme.

Les groupes inférieurs reçoivent les lymphatiques du membre inférieur.

Ils se drainent tous dans les nœuds lymphatiques inguinaux profonds et dans les nœuds lymphatiques iliaques externes.

2.2. PLAN FASCIAL : LE FASCIA LATA

Le fascia lata recouvre toute la région inguino-fémorale. Après avoir recouvert le triangle inguino-fémoral latéral, il engaine le m. sartorius et se divise sur le bord médial de ce muscle en deux feuillets : l'un superficiel, l'autre profond qui se rejoignent au bord latéral du long adducteur :

- le feuillet superficiel est perforé dans sa partie moyenne de nombreux orifices (d'où son nom de fascia criblé) par lesquels émergent les artères et les nerfs superficiels et pénètrent les veines et les collecteurs lymphatiques superficiels. Le hiatus par lequel s'engage la crosse de la veine grande saphène est limité par un repli concave en haut et en dedans : le ligament falciforme, le feuillet superficiel passe ainsi en avant des vaisseaux fémoraux.
- le feuillet profond passe en arrière du pédicule vasculaire fémoral, forme une gaine pour les muscles ilio-psoas et pectiné, puis s'unit au feuillet superficiel.

Ainsi les vaisseaux fémoraux sont entourés d'une gaine aponévrotique : la gaine fémorale.

2.3. PLANS INFRAFACIAUX (PROFONDS)

Les plans sous-aponévrotiques sont formés des structures ostéo-articulaires et capsulo-ligamentaires antérieures de l'articulation coxo-fémorale ainsi que de quatre muscles, répartis sur deux plans et formant les parois du trigone fémoral. À ces deux plans musculaires est rattaché le fascia lata dédoublé en deux feuillets délimitant le canal fémoral ou chemine le pédicule vasculaire fémoral.

2.3.1. PLAN MUSCULO-APONÉVROTIQUE SUPERFICIEL

Le plan superficiel comprend les muscles sartorius et long adducteur qui descendent en convergeant et s'entrecroisent en formant le sommet du trigone fémoral, sa base étant formée par le ligament inguinal. Ces deux muscles sous-tendent le feuillet superficiel du fascia lata (fascia criblé).

- **Le m. sartorius**

- o Origine : face latérale de l'épine iliaque antéro-supérieure
- o Terminaison : face médiale du tibia, au-dessous de la tubérosité tibiale en formant avec les tendons des muscles gracile et semi-tendineux les muscles de la patte d'oie
- o Innervation : nerf fémoral
- o Action : Fléchisseur de la cuisse et de la jambe et accessoirement rotateur latéral et abducteur de la cuisse

- **Le m. long adducteur**

- o Origine : face antérieure du corps du pubis au-dessous du tubercule du pubis
- o Terminaison : sur le 1/3 moyen de la lèvre médiale de la ligne âpre
- o Innervation : le nerf obturateur (branche antérieure); reçoit également une innervation par le nerf musculaire médial branche du nerf fémoral.
- o Action : adducteur de la cuisse, il participe à sa flexion et à sa rotation latérale.

- **Le ligament inguinal**

Il constitue la limite supérieure du trigone fémoral. Il s'agit d'une bandelette fibreuse formée d'une part par des fibres propres et d'autre part par les fibres les plus inférieures du fascia du m. oblique externe et qui est tendu en pont au-dessus et en avant du bord antérieur de l'os coxal.

Le ligament inguinal s'insère en dehors sur l'épine iliaque antéro-supérieure et en dedans sur l'épine du pubis

Au niveau de son insertion médiale, certaines de ses fibres suivent un trajet récurrent et viennent se terminer sur le pecten du pubis (la crête pectinéale) en formant le ligament lacunaire (ligament de Gimbernat).

À sa partie moyenne, le long du bord médial du m. ilio-psoas, le ligament inguinal émet une expansion postérieure qui renforce le fascia iliaque et va se terminer sur le bord antérieur de l'os coxal au niveau de l'éminence ilio-pubienne : c'est l'arcade ilio-pectinée (bandelette ilio-pectinée).

2.3.2. PLAN MUSCULO-APONÉVROTIQUE PROFOND

Le plan profond est formé des muscles ilio-psoas et pectiné :

- **Le m. ilio-psoas**

Il est formé de deux faisceaux musculaires : le m. grand psoas et le m. iliaque unis à leur terminaison

o *m. grand psoas* :

- Origine :

- Sur la face latérale des corps des vertèbres T12 à L5 par des arcades fibreuses
- Sur les disques intervertébraux correspondants
- sur le bord inférieur des processus transverses lombaires

- **Ventre** : volumineux, triangulaire à base rachidienne ses fibres convergent en bas et en dehors sur un tendon large qui glisse sur le bord antérieur de l'os coxal sous le ligament inguinal en dehors de l'arcade ilio-pectinée (dans la lacune musculaire) et sur la face antérieure de l'articulation coxo-fémorale
- **Terminaison** : sur la portion postéro-médiale du petit trochanter

o m. petit psoas :

Il s'agit d'un muscle inconstant qui a son origine sur le corps vertébral de T12 et L1. Le ventre est fusiforme à la face antérieure du grand psoas et se termine en arrière de l'éminence ilio-pectinée sur le bord médial de l'arcade ilio-pectinée.

o m. iliaque :

- **Origine** : Par des fibres musculaires sur :
 - la lèvre médiale de la crête iliaque
 - la fosse iliaque, la base du sacrum et l'articulation sacro-iliaque
- **Terminaison** : sur les faces antérieure et latérale du tendon du grand psoas.

o Le fascia iliaque : recouvre le muscle ilio-psoas et adhère au ligament inguinal et à l'arcade ilio-pectinée. Il forme un canal ostéofibreux ouvert en haut sur la face latérale du rachis et en bas sous le canal ou lacune musculaire sous le ligament inguinal.

o Innervation du m. ilio-psoas : L'innervation tronculaire est assurée par les rameaux du plexus lombaire pour le muscle grand psoas et le nerf fémoral pour le muscle iliaque.

o Action :

- Si le tronc est verrouillé, il s'agit d'un puissant fléchisseur de la cuisse
- Rotateur latéral de la cuisse, car sa terminaison est postérieure sur le fémur au niveau du petit trochanter
- En position assise, les membres pelviens fixés, la contraction unilatérale active entraîne une inclinaison latérale du rachis lombaire et la contraction bilatérale favorise la flexion ou cyphose lombaire

• **Le m. pectiné**

- o Origine : sur le pecten du pubis selon une insertion en U.
- o Terminaison : sur la ligne pectinée du fémur sous le petit trochanter, crête intermédiaire de trifurcation de la ligne âpre
- o Innervation : nerf fémoral et accessoirement le nerf obturateur.
- o Action : il est adducteur et fléchisseur accessoire de la cuisse

Ces deux muscles forment le fond du trigone fémoral : tapissés par le feuillet profond du fascia lata, ils s'accolent et participent à la formation d'un sillon concave en avant dans lequel descend le paquet vasculaire fémoral : le canal fémoral

2.3.3. LE CANAL FÉMORAL

Les différentes formations musculaires et aponévrotiques qui constituent le trigone fémoral délimitent un espace clos latéralement, évasé et ouvert en haut vers l'abdomen, étroit en bas et s'ouvrant sur la loge antérieure de la cuisse : le canal fémoral à l'intérieur duquel descendent les vaisseaux fémoraux.

De forme triangulaire à la coupe, ce canal pyramidal possède trois parois, une base supérieure et un sommet inférieur

• **Parois du canal fémoral :**

- o La paroi antérieure est formée par le fascia criblé tendu entre sartorius et long adducteur qui forment les berges du trigone fémoral
- o la paroi postéro-latérale est formée par le fascia fémoral profond (feuillet profond du fascia lata) qui se détache du fascia criblé et tapisse la face antérieure du psoas
- o la paroi postéro-médiale est formée par le même feuillet profond tapissant la face antérieure du pectiné

• **Base du canal fémoral : l'anneau fémoral (lacune vasculaire)**

Le canal fémoral s'ouvre en haut dans la fosse iliaque par un large orifice de forme ovale ou triangulaire appelé l'anneau fémoral.

- o Son bord antérieur est formé par la partie médiale du ligament inguinal
- o Son bord postérieur est formé par le pecten du pubis revêtu du ligament pectiné
- o Son bord latéral est formé par l'arcade ilio-pectinée, renforcement du fascia iliaque.
- o L'angle médial de l'anneau est mousse : il est formé par la réflexion des fibres inférieures du ligament inguinal sur le pecten du pubis, réflexion qui constitue le ligament lacunaire (ligament de Gimbernat)
- o La partie latérale de l'anneau fémoral livre passage à l'artère et à la veine fémorale. Sa partie médiale, fermée par le fascia transversalis constituant à ce niveau le septum fémoral, représente un des points faibles de la paroi abdominale ;
- o Il est à remarquer que le nerf fémoral, situé en dehors des vaisseaux, passe également en dehors de l'anneau fémoral (au niveau de la lacune musculaire) dont il est séparé par l'arcade ilio-pectinée.

• Orifice inférieur du canal fémoral

Beaucoup plus étroit que l'orifice supérieur, il est situé au point de croisement du m. sartorius et du long adducteur ou le canal fémoral devient canal des adducteurs.

• Cloisonnement du canal fémoral

Le canal fémoral est cloisonné par des expansions de la gaine vasculaire : les cloisons sagittales, qui séparent les un des autres, l'artère, la veine et un espace où sont contenus les ganglions lymphatiques inguinaux profonds.

L'anneau fémoral se trouve ainsi divisé en trois loges : artérielle, veineuse et lymphatique.

On trouve ainsi de dehors en dedans : l'artère fémorale, la veine fémorale, des lymphatiques profonds et les ganglions inguinaux profonds.

- L'artère fémorale et la veine fémorale remplissent parfaitement l'espace qui leur est réservé.
- Les vaisseaux et ganglions lymphatiques profonds, au contraire, n'occupent pas entièrement la loge lymphatique qui contient encore la graisse fluide (point faible de la paroi abdominale, lieu de passage des hernies crurales).

La loge lymphatique est encore appelée entonnoir crural ou infundibulum. L'entonnoir est plus large en haut qu'en bas et s'étend de la partie interne de l'anneau fémoral à l'embouchure de la veine grande saphène.



Forme schématique du canal fémoral

3. LE PÉDICULE VASCULO-NERVEUX FÉMORAL

La région inguino-fémorale médiale peut être considérée comme le hile principal du membre pelvien : elle livre passage en effet aux principaux troncs vasculaires du membre pelvien et à des éléments nerveux importants

3.1. L'ARTÈRE FÉMORALE

C'est l'artère principale de la cuisse, elle fait suite à l'artère iliaque externe sous le ligament inguinal (dans la lacune vasculaire). Elle donne dans le triangle fémoral cinq collatérales dont quatre deviennent superficielles en traversant le fascia criblé,

Son calibre est d'environ 8 à 10 mm et sa longueur de 25 à 30 cm.

3.1.1. ANATOMIE DE SURFACE

La projection cutanée de l'artère fémorale correspond à une ligne unissant le milieu du ligament inguinal au bord postérieur de l'épicondyle médial du fémur

3.1.2. TRAJET

Son trajet est vertical dans le trigone fémoral, d'abord superficiel puis elle descend dans le canal des adducteurs ou elle devient plus profonde

3.1.3. TERMINAISON

Elle se termine dans le hiatus du muscle grand adducteur

3.1.4. RAPPORTS

L'artère et la veine fémorales sont contenues dans un manchon conjonctif : la gaine fémorale

Le muscle satellite de la gaine fémorale est le muscle sartorius. Situé dans le fascia lata, il surcroise l'artère en X avant de rejoindre le sommet du trigone fémoral

⇒ Dans la lacune vasculaire :

L'artère répond :

- en avant au ligament inguinal
- en arrière au muscle et au ligament pectiné
- latéralement avec l'arcade ilio-pectinée qui la sépare du nerf fémoral et du muscle ilio-psoas
- médialement à la veine fémorale et le nœud lymphatique iliaque externe profond situé près du ligament lacunaire

⇒ Dans le trigone fémoral :

L'artère forme l'axe de cet espace et répond :

- en avant au fascia criblé parcouru par la grande veine saphène et des vaisseaux lymphatiques inguinaux superficiels
- en arrière au muscle ilio-psoas qui la sépare de la tête fémorale et au muscle pectiné tous les deux recouverts par le fascia fémoral profond
- latéralement au bord médial du muscle sartorius
- médialement au bord latéral du muscle long adducteur
- la veine fémorale croise la face postérieure de l'artère pour longer son bord médial
- L'artère est aussi en rapport en dehors avec les branches terminales du nerf fémoral, dont le nerf saphène qui suit son bord latéral. Le nerf cutané médial (nerf saphène accessoire) croise l'artère en avant ou en arrière et donne deux branches, superficielle qui perfore le fascia lata et suit la grande veine saphène et profonde satellite de l'artère fémorale jusqu'au fascia subsartorial dans le canal des adducteurs qu'elle perfore pour innervier la face antéromédiale du genou

⇒ Dans le canal des adducteurs

L'artère est en rapport :

- en avant avec le muscle vaste médial doublé du septum intermusculaire médial
- en arrière aux muscles long et grand adducteur
- médialement au fascia subsartorial tendu du muscle grand adducteur au muscle vaste médial et recouvert du muscle sartorius
- L'artère est longée en arrière par la veine fémorale qui est latérale en bas au hiatus du grand adducteur et elle est accompagnée en avant par le nerf saphène. Ce nerf quitte le canal lors de l'émergence de l'artère descendante du genou dont il suivra le rameau saphène jusqu'au genou.

3.1.5. BRANCHES COLLATÉRALES

⇒ Proximales : avant l'origine de l'artère profonde de la cuisse

- l'artère épigastrique superficielle
- l'artère circonflexe iliaque superficielle
- l'artère pudendale externe superficielle
- l'artère pudendale externe profonde

⇒ L'artère profonde de la cuisse (a. fémorale profonde) est la collatérale la plus volumineuse de l'artère fémorale,

- **Origine** : elle naît en arrière de la fémorale à 4 cm environ au-dessous du ligament inguinal devant le muscle pectiné.
 - Trajet : Elle descend derrière l'artère fémorale devant le muscle pectiné et s'insinue en arrière du muscle long adducteur d'abord en avant du court adducteur puis du grand adducteur.
 - Terminaison : Elle perfore le muscle grand adducteur au-dessus du hiatus tendineux en constituant la 3e artère perforante
 - Collatérales : L'artère profonde de la cuisse donne 5 collatérales
- **L'artère circonflexe médiale** :
 - Se dirige médialement et arrière en passant entre les muscles ilio-psoas et pectiné pour se terminer à la face profonde du muscle carré fémoral en deux rameaux
 - Un rameau ascendant pour la face postérieure de la capsule articulaire coxo-fémorale, la partie postéro-supérieure du col fémoral et la tête fémorale. Ce pédicule artériel assure la majorité de la vascularisation de type terminale de la tête fémorale.
 - Un rameau descendant qui participe à l'anastomose cruciforme et donne des rameaux aux adducteurs, pour l'acétabulum et une anastomose à la branche postérieure de l'artère obturatrice.
- **L'artère circonflexe latérale** :
 - Elle se dirige latéralement croisant la face postérieure du muscle droit fémoral et se divise en trois rameaux
 - Un rameau ascendant pour la face antérieure de la capsule, la partie antéro-inférieure du col et le grand trochanter avec une anastomose avec le rameau ascendant de l'artère circonflexe médiale. Ce cercle anastomotique péri capsulaire est anastomosé à la partie supérieure de l'artère glutéale supérieure. Ce rameau artériel irrigue trois zones : la base extra-capsulaire du col fémoral le long de la ligne intertrochanterique, la capsule et la portion intra-capsulaire du col du fémur. Les branches terminales assurent une partie de la vascularisation de la tête fémorale pour la zone antéro-inférieure. Son importance est bien moindre que le pédicule postéro-supérieur de l'artère circonflexe médiale.
 - Un rameau descendant pour le quadriceps
 - Un rameau transverse qui contourne le fémur et participe à l'anastomose cruciforme
- **Les 3 artères perforantes** qui traversent de haut en bas le m. grand adducteur près de la ligne âpre, et donnent à la face postérieure du muscle des rameaux musculaires et des rameaux ascendants et descendants qui s'anastomosent entre eux pour former l'anastomose cruciforme.

⇒ L'artère descendante du genou (a. grande anastomotique)

- Origine : Elle naît au-dessus du hiatus de l'adducteur et se divise en 2 rameaux :
- Le rameau saphène qui accompagne le nerf saphène jusqu'au genou
- Le rameau artériel qui participe au cercle artériel du genou et forme une anastomose avec le réseau artériel péri-articulaire né de l'artère poplitée.

3.1.6. LES ANASTOMOSES

- Les anastomoses proximales : Les branches collatérales proximales de l'artère fémorale s'anastomosent avec les branches de l'artère iliaque interne (pudendale interne et glutéale supérieure)
- L'anastomose cruciforme : Dans la loge postérieure de la cuisse, cette anastomose relie l'artère fémorale profonde aux artères obturatrice, glutéale inférieure et poplitée. L'artère profonde est donc l'artère essentielle de la cuisse sur le plan anastomotique. Une oblitération progressive du tronc de la fémorale avant ou après l'origine de l'artère profonde pourra toujours être suppléée par l'anastomose cruciforme.
- Dans la loge antérieure, il existe des anastomoses intramusculaires et des anastomoses entre l'artère descendante du genou et le réseau péri-articulaire du genou

3.2. LA VEINE FÉMORALE

- Elle fait suite à la veine poplitée et se termine à l'anneau fémoral dans la lacune vasculaire par la veine iliaque externe
- Son calibre est important : environ 9 mm
- Située dans la gaine fémorale, elle est solidaire de l'artère fémorale, elle longe :
 - à sa partie distale, son bord latéral
 - à sa partie moyenne sa face postérieure
 - à sa terminaison son bord médial
- Ses veines affluentes sont :
 - la grande veine saphène : À la jonction saphéno-fémorale, elle possède une valve quasi-constante dont l'intégrité est l'un des principaux facteurs conditionnant le retour veineux du membre pelvien
 - la veine fémorale profonde : Courte et volumineuse, elle se jette à la face postéro-latérale de la veine fémorale; elle draine les veines circonflexes médiale et latérale de la cuisse, les veines perforantes fémorales et les rameaux musculaires.

3.3. LES LYMPHATIQUES

Les collecteurs profonds remontent en avant et sur les côtés des vaisseaux,

Les nœuds lymphatiques inguinaux profonds :

- sont situés en dedans de la lacune vasculaire, entre :
- Le ligament lacunaire (de Gimbernat) en dedans,
- la veine fémorale en dehors, dont ils sont séparés par une cloison fibreuse,
- le ligament inguinal et le fascia criblé en avant,
- le ligament pectiné (de Cooper) en arrière,
- Les viscères abdominaux peuvent s'engager dans cet entonnoir, site des hernies crurales (plus fréquentes chez la femme).
- drainent une partie des nœuds superficiels et les collecteurs profonds,
- le plus volumineux et le plus constant de ces nœuds est le nœud inguinal profond suprême (de Cloquet),

3.4. LES NERFS

3.4.1. LE RAMEAU FÉMORAL DU NERF GÉNITO-FÉMORAL

Pénètre dans le triangle en avant et en dehors de l'artère fémorale, dans le canal fémoral, puis traverse le fascia criblé

3.4.2. LE NERF FÉMORAL

Le nerf fémoral est un nerf mixte dont la fonction motrice est de fléchir la cuisse et l'extension du genou et dont le territoire sensitif concerne la face antérieure de la cuisse, la face antéromédiale du genou, de la jambe et de la cheville.

3.4.2.1. Trajet :

Il descend entre les chefs du psoas et émerge sur son bord latéral pour cheminer sous le fascia iliaque entre le psoas et l'iliaque. Puis il se dirige en avant pour passer sous le ligament inguinal dans la lacune musculaire. Il se termine rapidement dans le trigone fémoral, sous le fascia criblé, en quatre branches qui se disposent schématiquement en deux plans :

- Un plan superficiel comprenant les nerfs musculaires médial et latéral
- Un plan profond comprenant le nerf du quadriceps et le nerf saphène

3.4.2.2. Branches terminales :

- **Nerf musculaire latéral** (musculo-cutané externe / rameaux cutanés antérieurs) :

C'est la branche la plus latérale et la plus superficielle du nerf fémoral.

Généralement très courte, elle se dirige en bas et en dehors pour se diviser en plusieurs rameaux musculaires et cutanés :

- Les nerfs du m. sartorius (supérieur et inférieur)
- Le nerf cutané intermédiaire de la cuisse qui donne deux branches qui perforent le m. sartorius (perforantes antérieures). Ce nerf assure la sensibilité de la face antérieure de la cuisse.
- Le nerf cutané médial de la cuisse (n. accessoire du nerf saphène interne) nerf sensitif qui est la seule branche du nerf musculaire latéral à pénétrer dans le canal fémoral pour se diviser en deux ramis :
 - un rameau accessoire de l'artère fémorale qui croise la face antérieure de cette dernière en restant en dehors de la gaine vasculaire et l'accompagne pour aller innervé la peau de la région médiale du genou qui descend devant l'artère fémorale et perfore le fascia subsartorial dans le canal des adducteurs pour innervé la peau de la face médiale du genou
 - un rameau accessoire de la grande veine saphène qui suit d'abord le bord médial du muscle sartorius avant de devenir superficiel au niveau de la partie moyenne de la cuisse et aller innervé à son tour la région médiale du genou.

- **Le nerf musculaire médial** (n. musculo-cutané interne / rameaux cutanés médiaux) :

Branches superficielles et médiales du nerf fémoral

Elle se dirige presque horizontalement en dedans et pénètre dans le canal fémoral à l'intérieur même de la gaine vasculaire pour se diviser presque immédiatement en donnant :

- Des rameaux moteurs destinés au pectiné, au long adducteur en passant en arrière de l'artère fémorale
- Un rameau articulaire né du nerf du pectiné
- Des rameaux cutanés sensitifs destinés à la peau de la partie supéro-médiale de la cuisse et qui passent habituellement en avant de l'artère fémorale ou en formant une boucle nerveuse autour d'elle

- **Le nerf saphène**

Branches profondes et médiales du nerf fémoral

Nerf purement sensitif, il descend sur le bord latéral de l'artère fémorale dans le trigone puis en avant de l'artère dans le canal des adducteurs pour devenir antéro-médial. Il perfore le fascia subsartorial à la partie inférieure du canal et descend jusqu'au genou sous le sartorius. Il traverse le fascia lata entre les tendons du sartorius et du gracile et devient sous-cutané pour suivre la grande veine saphène sur la face médiale de la jambe. Il donne des rameaux cutanés à la face antérieure de la patella et la face médiale de la jambe. Au tiers inférieur de la jambe, il donne deux terminales ; une antérieure qui passe en avant de la cheville vers le dos du pied et une postérieure qui suit le bord médial du pied

- **Le nerf du quadriceps** avec une branche pour chaque chef. La branche du vaste médial descend dans le canal des adducteurs et donne un rameau articulaire au genou.

Figure 1 : Limites du trigone fémoral

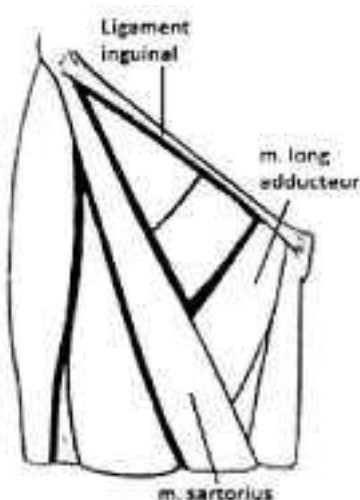
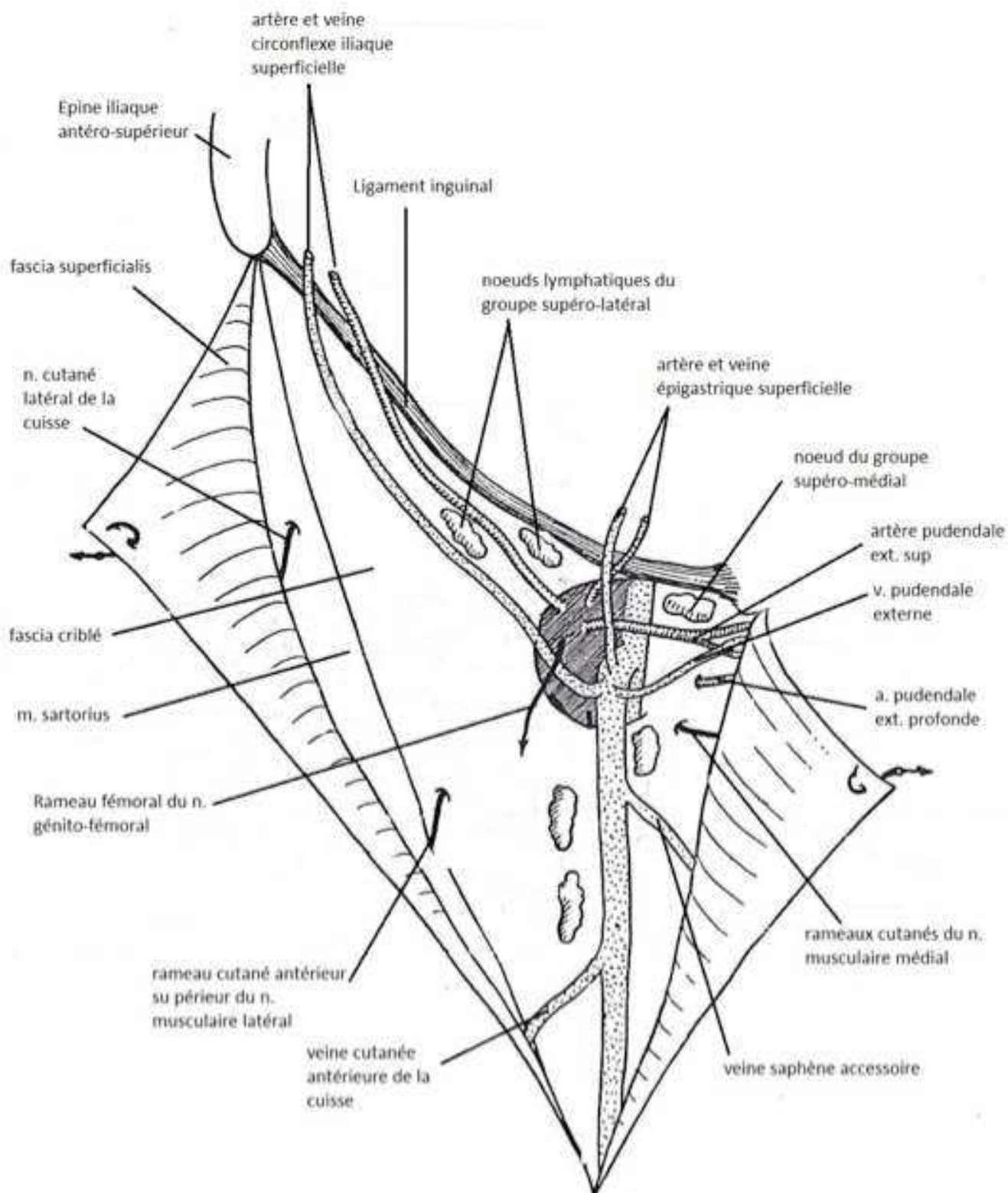
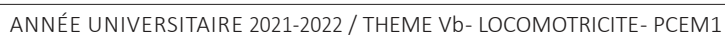


Figure 2 : Plans supra-faciaux



62



62

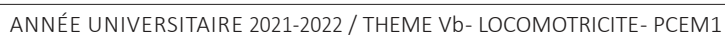


Figure 5 : Artère fémorale

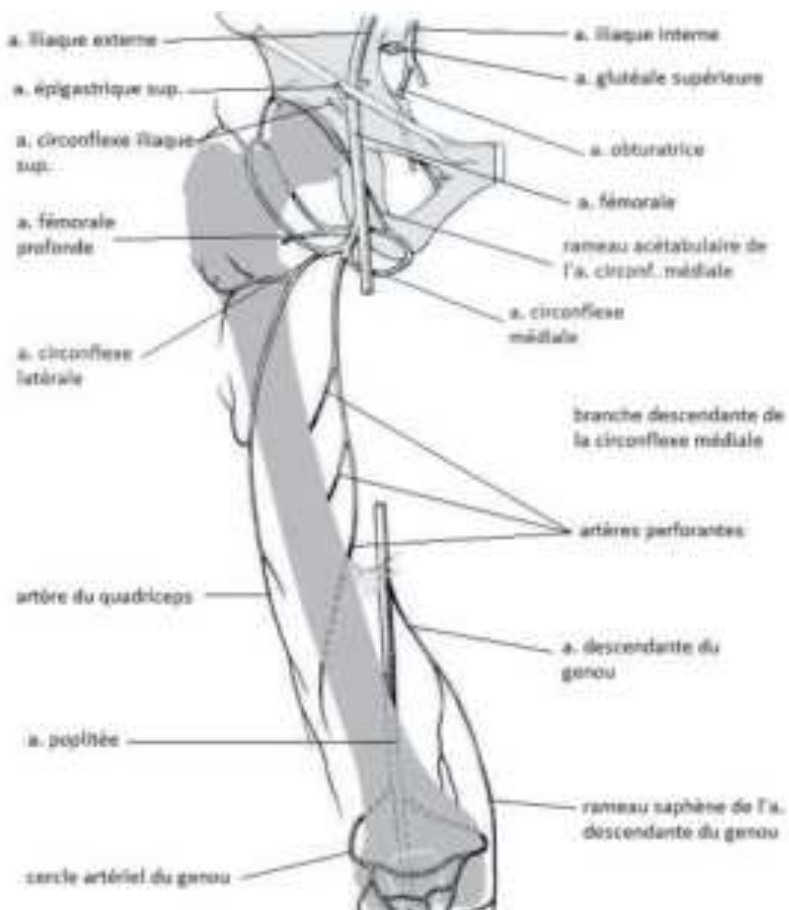


Figure 6 : Le système anastomotique artériel de la cuisse

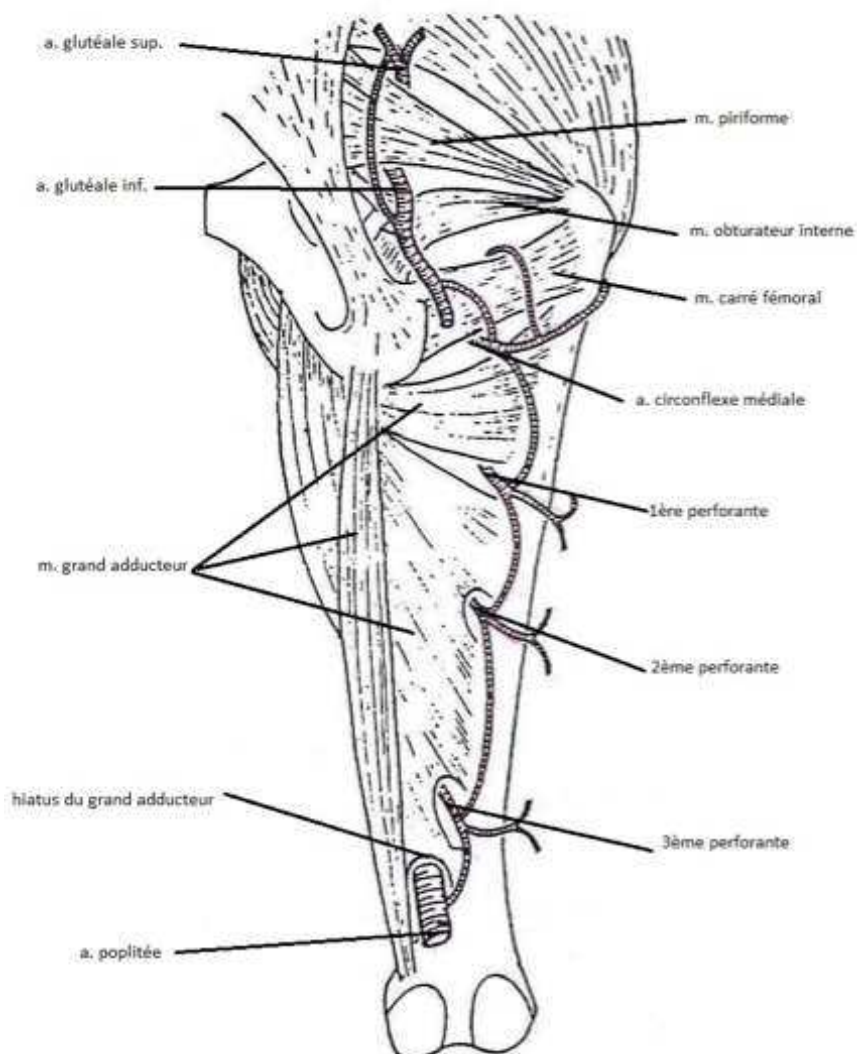


Figure 7 : Branches du nerf fémoral

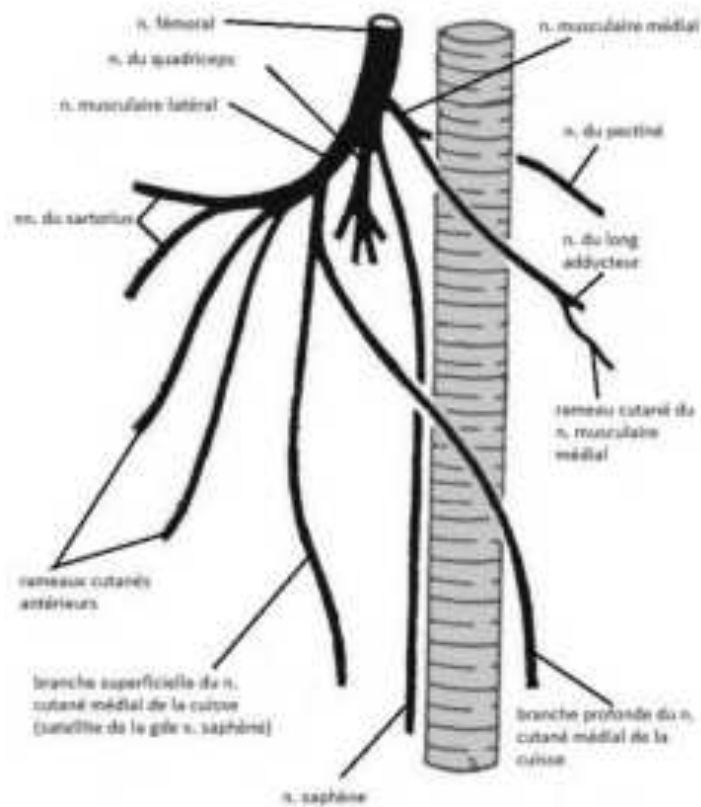
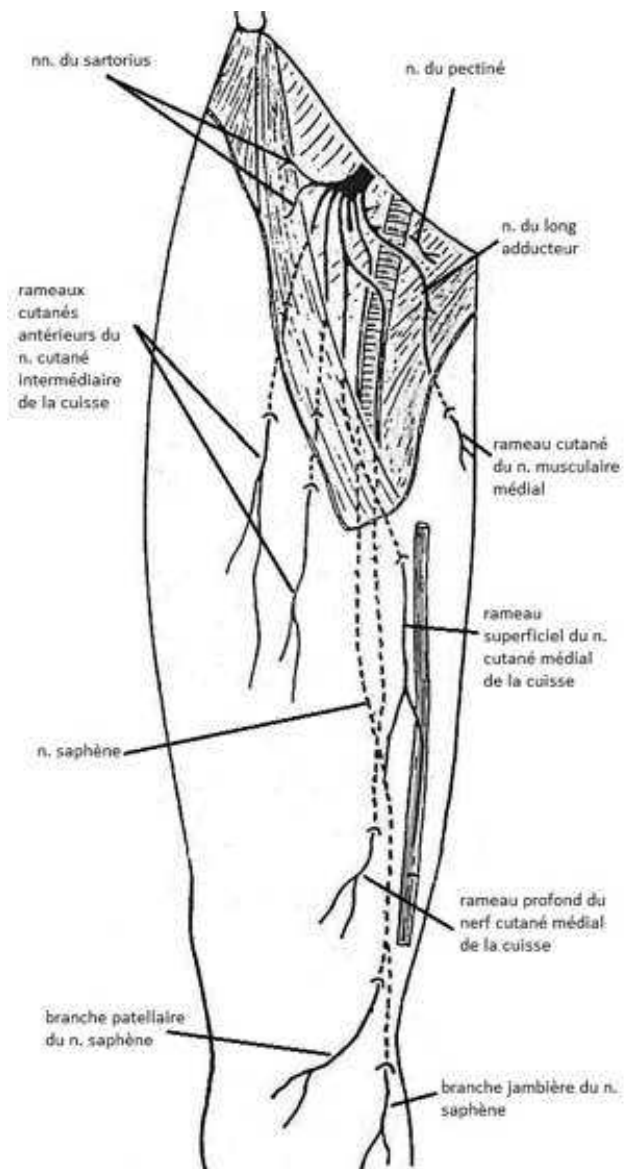


Figure 8 : Distribution cutanée du nerf fémoral



ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE DE LA CUISSE

La cuisse est comprise entre la hanche et le genou. Elle est limitée par une ligne circulaire passant par le pli fessier et la base du trigone fémoral (triangle de Scarpa) en haut ; en bas par une deuxième ligne circulaire passant à deux travers de doigt au-dessus de la patella (rotule).

On distingue à la cuisse deux régions : l'une antérieure, l'autre postérieure.

A- RÉGION FÉMORALE ANTÉRIEURE

La cuisse est comprise entre la hanche et le genou. Elle est limitée par une ligne circulaire passant par le pli fessier et le sommet du trigone fémoral en haut; en bas par une deuxième ligne circulaire passant à deux travers de doigt au-dessus de la patella.

On distingue à la cuisse deux régions : la région fémorale postérieure et la région fémorale antérieure.

Cette dernière comprend l'ensemble des parties molles situées en avant et sur les côtés du fémur.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. LIMITES

- En haut : ligne horizontale passant par le sommet du trigone fémoral
- En bas : ligne horizontale passant à deux travers de doigt au-dessus de la patella
- En dehors : ligne verticale allant du grand trochanter au condyle latéral du fémur
- En dedans : ligne verticale allant du corps du pubis vers le condyle médial du fémur.

1.2. FORME EXTÉRIEURE

Cette région est assez régulièrement convexe de haut en bas et transversalement. La convexité verticale est plus accentuée & e en dehors en raison de la courbure de la diaphyse fémorale.

2. CONSTITUTION ANATOMIQUE

2.1. PLANS SUPRA-FACIAUX (SUPERFICIELS)

2.1.1. la peau :

La peau est épaisse en dehors, mince et fine en dedans, partout mobile, sauf près de la limite latérale de la région

2.1.2. le tissu cellulaire sous-cutané

Forme une couche lamellaire limitée en profondeur par le fascia lata. Il est parcouru par les éléments vasculo-nerveux superficiels :

2.1.2.1. La grande veine saphène (veine saphène interne)

Elle pénètre dans la région fémorale antérieure en contournant le bord postérieur du condyle fémoral médial, en avant du sartorius, et remonte sur la face médiale de la cuisse en croisant la face antérieure du sartorius et du long adducteur et parvient au trigone fémoral pour se jeter dans la veine fémorale à travers le hiatus saphène. Son calibre moyen à la cuisse est de 4 à 5 mm ce qui en fait une autogreffe de qualité pour les pontages des oblitérations artérielles.

2.1.2.2. Les collecteurs lymphatiques

Ils remontent vers le trigone fémoral pour se drainer dans les nœuds superficiels autour de la crosse de la grande veine saphène

2.1.2.3. Les nerfs superficiels

- latéralement les branches du nerf cutané latéral de la cuisse
- Les rameaux cutanés antérieurs (supérieur et inférieur) du nerf musculaire latéral pour la partie centrale la face antérieure.
- Médialement par :
 - La branche superficielle du nerf musculaire médial (musculo-cutané interne) pour la région proximale
 - La branche superficielle du n. cutané médial de la cuisse (rameau satellite de la grande veine saphène)
 - La branche superficielle du nerf obturateur pour la région distale.

2.2. PLAN FACIAL : LE FASCIA LATA

Elle est épaisse, résistante et étroitement unie en dehors à la lame tendineuse du m.tenseur du fascia lata formant une bandelette fibreuse appelée : tractus ilio-tibial (bandelette de Maissiat).

De sa face profonde se détachent de minces lamelles qui engainent les muscles et les séparent les uns des autres, parmi ces lamelles aponévrotiques, il en est deux plus importantes appelées septum (ou cloison) intermusculaires latéral et médial.

- Le septum latéral placé en dehors et en arrière du m. vaste médial, s'étend de la face profonde de l'aponévrose à la lèvre latérale de la ligne âpre,
- Le septum médial, très mince, s'étend en avant des adducteurs, de la face profonde de l'aponévrose à la lèvre médiale de la ligne âpre.

2.3. PLANS INFRAFACIAUX (PROFONDS)

À dessous du fascia lata, on retrouve d'épaisses masses musculaires agencées en deux groupes (antérieur et médial), des vaisseaux et les branches terminales du nerf fémoral.

2.3.1. Groupe musculaire antérieur

Le groupe musculaire antérieur est formé de deux plans : l'un superficiel formé par le m. tenseur du fascia lata et le m. sartorius, l'autre profond formé par les quatre chefs du m. quadriceps.

2.3.1.1. Muscle tenseur du fascia lata

- Origine : Partie antérieure de la lèvre latérale de la crête iliaque,
- Terminaison : Sur le quart supérieur du bord antérieur du tractus ilio-tibial qui se prolonge à son tour sur le tubercule infracondylaire du tibia (tubercule de Gerdy)
- Innervation : nerf glutéal supérieur
- Action :
 - Tenseur du tractus ilio-tibial, extenseur de la jambe
 - abducteur, rotateur médial et fléchisseur de la cuisse.
 - Stabilisateur de la hanche en appui monopodal

2.3.1.2. Muscle sartorius (cf. cours trigone fémoral)

2.3.1.3. Muscle quadriceps

Le quadriceps en gaine presque complètement la diaphyse fémorale, il naît par quatre chefs musculaires distincts disposés en différents plans. Du plus superficiel au plus profond, on décrit :

- Le droit fémoral
 - Origine : par un tendon bifurqué :
 - tendon direct sur l'épine iliaque antéro-inférieure,
 - tendon réfléchi sur le sillon supra-acétabulaire (gouttière du tendon réfléchi),
 - une expansion fibreuse se détache du tendon réfléchi pour renforcer le ligament ilio-fémoral et constituer selon quelques auteurs le troisième tendon (récurrent) du droit fémoral
 - Terminaison : base de la patella avec des fibres superficielles qui tapissent cette dernière vers le ligament patellaire (tendon rotulien)
- Le vaste latéral
 - Origine :
 - bord inférieur et antérieur du grand trochanter,
 - partie supérieure de la lèvre latérale de la ligne âpre et
 - septum intermusculaire latéral
 - Terminaison : par une aponévrose sur le bord latéral du tendon du droit fémoral et de la patella et par une expansion sur le bord latéral de la tubérosité tibiale : le rétinaculum patellaire latéral (aileron rotulien externe)
- Le vaste médial
 - Origine :
 - la lèvre médiale de la ligne âpre et
 - septum intermusculaire médial
 - Terminaison : par une aponévrose sur le bord médial du tendon du droit fémoral et de la patella et par une expansion sur le bord médial de la tubérosité tibiale : le rétinaculum patellaire médial (aileron rotulien interne)
 - Les expansions fibreuses des vastes latéral et médial se croisent à la face antérieure de la patella et fusionnent avec celles du droit fémoral.

- **La vaste intermédiaire**

- Origine :
 - les 2/3 supérieurs des faces antérieure et postéro-latérale du fémur
 - septum intermusculaire latéral
- Terminaison : s'unit à la face profonde du tendon des mm. droit fémoral et des vastes. Une lamelle inférieure de ce muscle prend le nom de muscle articulaire du genou et se fixe en avant de la bourse séreuse infra-quadricepsitale et aura pour rôle de tendre la synoviale du genou.
- **Innervation** : nerf du quadriceps branche du n. fémoral
- **Action** : extenseur de la jambe et fléchisseur de la cuisse par le m. droit fémoral.

2.3.2. Groupe musculaire médial

Ce groupe comprend les muscles adducteurs et le gracile (droit interne) ; les trois adducteurs (grand, long et court) sont dirigés obliquement en bas, en dehors et en arrière. Ils sont aussi superposés de telle manière que le long est placé en avant du court, qui est lui-même placé en avant du grand adducteur. On peut décrire de la superficie à la profondeur :

2.3.2.1. Le muscle gracile

- Origine : Sur le corps et la branche inférieure du pubis près de la symphyse pubienne
- Terminaison : sur la face médiale du tibia en arrière du sartorius
- Innervation : le nerf obturateur
- Action : adducteur et rotateur médial de la cuisse, fléchisseur du genou.

2.3.2.2. Le muscle long adducteur

2.3.2.3. Le muscle court adducteur

- Origine : Sur la branche inférieure du pubis
- Terminaison : sur 1/3 proximal ligne âpre
- Innervation : le nerf obturateur
- Action : adducteur de la cuisse

2.3.2.4. Le muscle grand adducteur

Muscle large, il présente deux faisceaux : antérieur et postérieur

- Le faisceau antérieur :
 - s'insère sur la branche inférieure du pubis et l'ischium (ischion)
 - ventre étalé avec un mouvement de torsion,
 - se termine sur la lèvre médiale de la ligne âpre et la ligne supra-condylaire médiale,
 - innervé par le nerf obturateur
- le faisceau postérieur,
 - s'insère sur la tubérosité ischiatique
 - ventre fusiforme vertical,
 - se termine sur le tubercule de l'adducteur
 - innervé par le nerf sciatique
- Action : adducteur cuisse et extenseur cuisse par son faisceau postérieur.

Les deux terminaisons sont unies par une arcade tendineuse délimitant l'hiatus tendineux de l'adducteur (arcade ou anneau du grand adducteur) dans lequel s'engagent les vaisseaux fémoraux pour gagner le creux poplité.

2.3.3. Le canal fémoral

L'artère et la veine fémorale cheminent dans la gouttière comprise entre le quadriceps et les muscles du groupe médial. Cette gouttière dite gouttière fémorale est transformée par le m. sartorius et les aponévroses de la cuisse en un conduit prismatique triangulaire appelé : **canal fémoral**.

Le canal fémoral subit de haut en bas un mouvement de torsion tel que la paroi qui est antérieure en haut (sartorius) devient médiale en bas, la paroi latérale (vaste médial) devient antérieure et la paroi médiale (adducteurs) devient postérieure.

En raison de ce changement d'orientation, nous distinguerons les parois du canal fémoral dans la région fémorale antérieure en paroi antéro-latérale, antéromédiale et postéro-médiale.

- La paroi antéro-latérale est formée par le vaste médial et son aponévrose.
- La paroi antéromédiale : le sartorius engainé dans un dédoublement du fascia lata
- La paroi postéro-médiale est formée par les adducteurs recouverts par le septum intermusculaire médial.

La paroi antéromédiale est renforcée dans la partie inférieure du canal fémoral appelé canal des adducteurs (canal de Hunter), par une lame fibreuse dense et résistante : le **fascia subsartorial** (aponévrose de Hunter), qui s'étend du m. grand adducteur au m. vaste médial et recouvert du muscle sartorius.

Le fascia subsartorial est distinct de l'aponévrose du sartorius qui la recouvre.

Le fascia subsartorial présente deux orifices qui livrent passage en haut au nerf cutané médial de la cuisse (accessoire du saphène interne) et en bas au nerf saphène et à la branche superficielle de l'artère descendante du genou (a. grande anastomotique).

2.3.3.1. Artère fémorale

Elle est placée dans le canal fémoral en avant de la veine en haut, en dedans d'elle en bas, elle est longée jusque dans le canal des adducteurs (canal de Hunter) par le nerf saphène et le nerf cutané médial de la cuisse,

L'artère fémorale donne dans la région antérieure quelques branches musculaires et l'artère descendante du genou (a. grande anastomotique) qui naît dans le canal des adducteurs.

2.3.3.2. Veine fémorale

Elle monte dans le canal fémoral en décrivant autour de l'artère un demi-tour de spire.

À l'anneau du grand adducteur la veine est en dehors de l'artère, en montant elle se place d'abord en arrière puis en dedans du tronc artériel.

2.3.3.3. L'artère et la veine profonde de la cuisse

Elles cheminent entre moyen adducteur qui est en avant, le petit et le grand adducteur qui sont en arrière. Ces deux vaisseaux sont profondément placés dans l'interstice qui sépare ces muscles. Les branches perforantes gagnent la région postérieure de la cuisse en traversant le plan formé par le petit et le grand adducteur.

2.3.3.4. Le nerf saphène

Il chemine d'abord en avant de l'artère fémorale, puis en dedans jusqu'à l'extrémité inférieure du canal fémoral où il transperce le fascia subsartorial avec la branche superficielle de l'artère descendante du genou, longe ensuite le bord postérieur du sartorius et se divise en deux branches terminales jambière et patellaire.

2.3.3.5. Le rameau fémoral du nerf cutané médial de la cuisse

Il chemine en arrière de l'artère fémorale et traverse la paroi fibreuse du fascia subsartorial pour se rendre à la face médiale du genou

2.3.4. Branches profondes du nerf fémoral

Les branches du nerf fémoral qui traversent la région fémorale antérieure sont :

- **Nerf du sartorius** branche du **nerf musculaire latéral**
- **Branches du nerf du quadriceps** avec une branche pour chaque chef. La branche du vaste médial descend dans le canal des adducteurs et donne un rameau articulaire au genou.
- **Le nerf saphène**
Nerf purement sensitif, il descend en avant de l'artère dans le canal des adducteurs pour devenir antéro-médial. Il perfore le fascia subsartorial à la partie inférieure du canal et descend jusqu'au genou sous le sartorius. Il traverse le fascia lata entre les tendons du sartorius et du gracile et devient sous-cutané pour suivre la grande veine saphène sur la face médiale de la jambe. Il donne des rameaux cutanés à la face antérieure de la patella et la face médiale de la jambe.
- **Le rameau fémoral du nerf cutané médial de la cuisse**
Nerf purement sensitif qui croise la face antérieure de cette dernière en restant en dehors de la gaine vasculaire et l'accompagne pour aller innervier la peau de la région médiale du genou qui descend devant l'artère fémorale et perfore le fascia subsartorial dans le canal des adducteurs pour innervier la peau de la face médiale du genou

2.3.5. Nerf obturateur

Le nerf obturateur est un nerf mixte constituant une branche terminale du plexus lombaire (L2, L3, L4)

Il traverse le foramen obturé et se divise en deux branches terminales : antérieure et postérieure.

2.3.5.1. Branche antérieure :

Elle descend entre :

- En avant le muscle pectiné et long adducteur
- En arrière le muscle obturateur externe et court adducteur

Elle donne :

- Des rameaux musculaires pour les muscles pectiné, long adducteur, court adducteur et gracile
- Un rameau cutané pour le tiers inférieur de la face médiale de la cuisse

2.3.5.2. Branche postérieure

Elle descend entre le court adducteur et grand adducteur

Elle donne :

- Des rameaux musculaires pour les muscles court et grand adducteurs
- Des rameaux articulaires pour les articulations coxo-fémorales et du genou.

B- RÉGION FÉMORALE POSTÉRIEURE

La région fémorale postérieure est située en arrière du fémur et de la région fémorale antérieure. Ces limites sont les mêmes que celles de la région antérieure.

L'aponévrose plus épaisse en dehors qu'en dedans, elle est traversée par les ramifications du nerf cutané postérieur de la cuisse (branche sensitive du nerf petit sciatique).

1. LES MUSCLES

Ce groupe est dénommé ischiojambier comprend les muscles biceps fémoral, semi-tendineux (demi-tendineux) et semi-membraneux (demi-membraneux).

1.1. MUSCLE BICEPS FÉMORAL

- chef long : tendon face postérieure tubérosité ischiatique,
- chef court : $\frac{1}{2}$ distale lèvre latérale ligne âpre,
- tête fibula,
- nerf sciatique,
- fléchisseur jambe et rotateur latéral de la jambe fléchie.

1.2. MUSCLE SEMI-TENDINEUX

- tubérosité ischiatique,
- partie supérieure face médiale tibia (patte d'oie),
- nerf sciatique,
- fléchisseur jambe et rotateur médial de la jambe fléchie.

1.3. MUSCLE SEMI-MEMBRANEUX

- tubérosité ischiatique,
- terminaison :
- tendon direct : face postérieure condyle médial du tibia,
- tendon récurrent : ligament poplité oblique : coque condylienne et face postérieure du condyle latéral du fémur,
- tendon réfléchi : face médiale du condyle médial du tibia,
- nerf sciatique,
- fléchisseur jambe et rotateur médial de la jambe fléchie.

2. LES ARTÈRES : ANASTOMOSE CRUCIFORME

- l'anastomose cruciforme relie l'artère fémorale profonde aux artères obturatrice, glutéale inférieure et poplitée,
- dans la région postérieure de la cuisse, chaque artère perforante donne :
- des rameaux musculaires,
- deux rameaux ascendant et descendant qui s'anastomosent entre eux pour former l'anastomose cruciforme. Le rameau ascendant de la 1^{re} artère perforante s'anastomose avec les artères glutéale inférieure, circonflexe médiale et latérale de la cuisse. Le rameau descendant de la 3^e perforante s'anastomose avec l'artère poplitée.

3. NERF SCIATIQUE

- Le nerf sciatique est un nerf mixte constituant la branche terminale du plexus sacré. Il est constitué de fibres provenant de L4, L5 (tronc lombo-sacré) et de S1, S2 et S3.
- Il sort du petit bassin à travers le foramen infrapiriforme (canal sous-pyramidal), après un trajet arciforme dans la région glutéale, il descend verticalement et se projette le long de l'axe médian dans la région fémorale postérieure.

- Il répond :
- En avant : au m. grand adducteur, puis au court chef du biceps fémoral,
- En arrière : au m. grand fessier, puis le long chef du biceps,
- Médialement : aux mm. semi-tendineux et semi-membraneux,
- Latéralement : au m. biceps fémoral.
- Branches collatérales :
 - Nerf artriculaire hanche,
 - Nerf artriculaire genou,
 - Nerfs supérieur et inférieur du semi-tendineux,
 - Nerf du semi-membraneux,
 - Nerf du court biceps,
 - Nerf du long biceps,
 - Nerf du faisceau postérieur du m. grand adducteur.
- Branches terminales : dans le creux poplité, il se divise en nerf tibial (sciatique poplité interne) et nerf fibulaire commun (sciatique poplité externe).

Figure 1 : Limites de la région fémorale antérieure

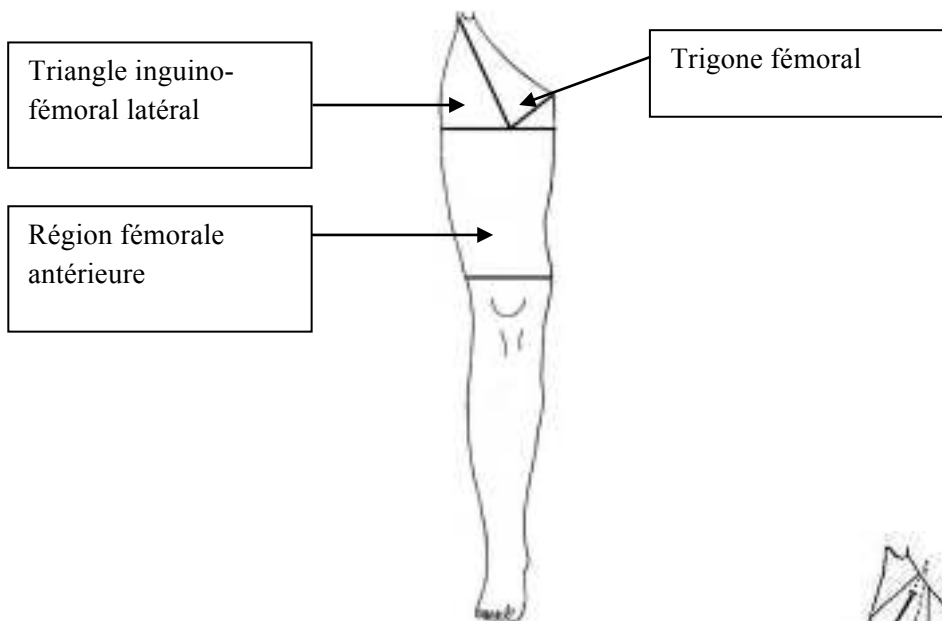


Figure 2 : Nerfs superficiels de la cuisse

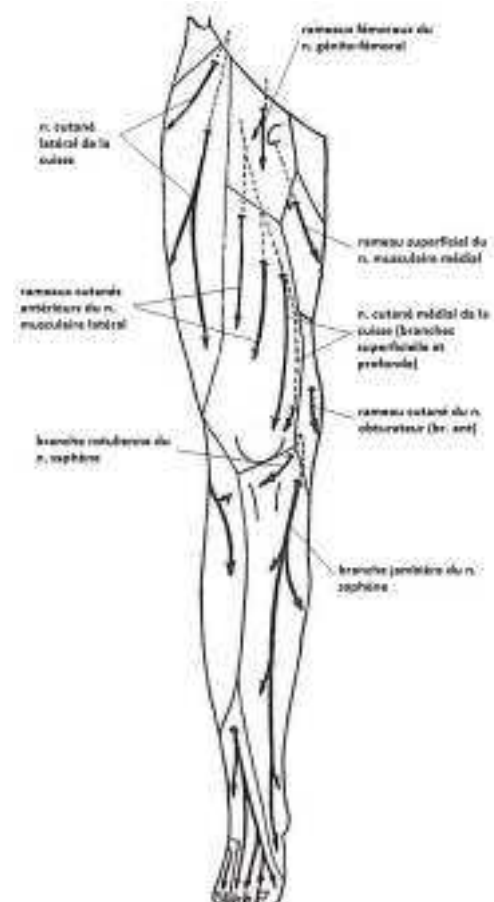


Figure 3 : Coupe schématique du tiers moyen de la cuisse droite. Fascia lata et disposition des loges

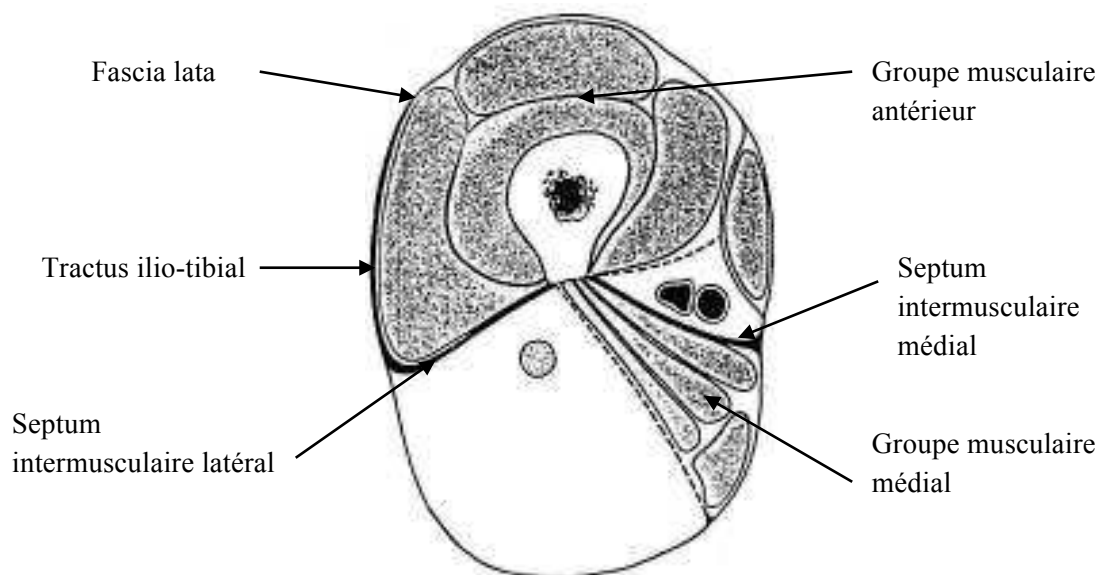


Figure 4 : Muscles antérieurs de la cuisse

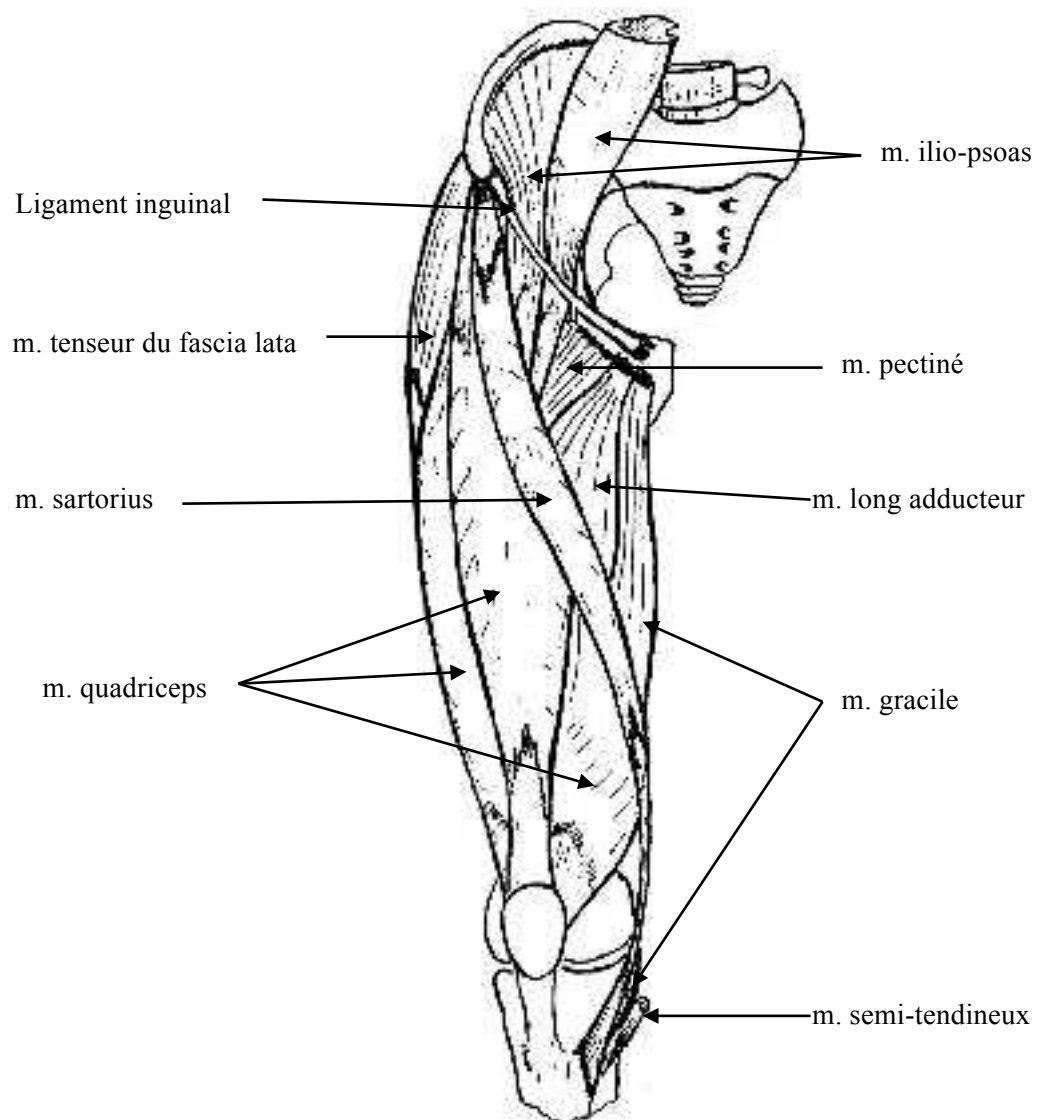


Figure 5 : Coupe sagittale du tendon quadricipital

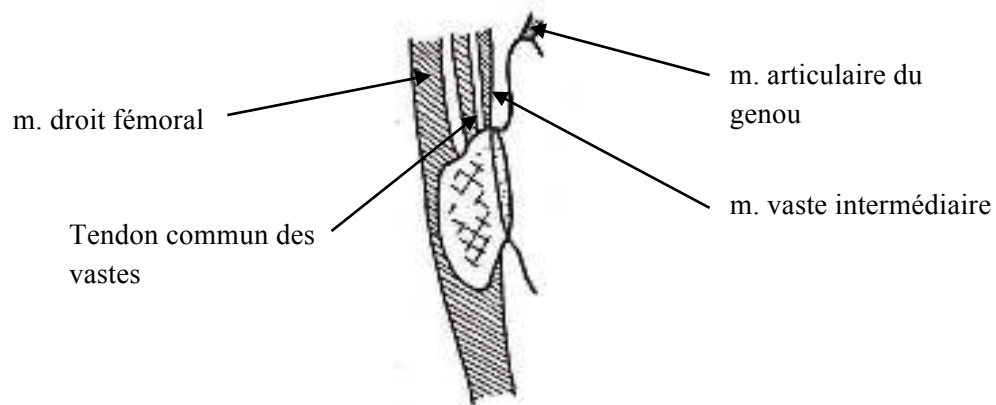
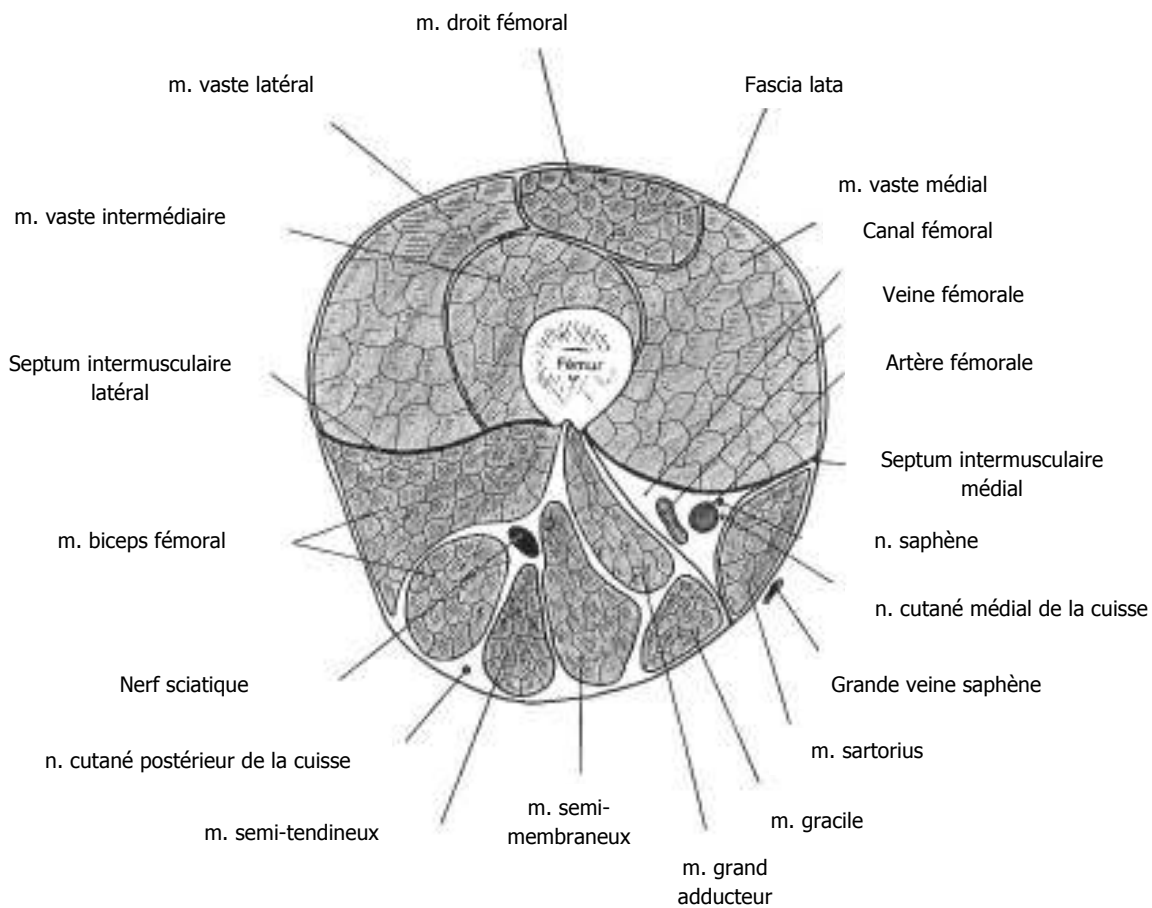


Figure 6 : Coupe du tiers moyen de la cuisse (segment supérieur)



CREUX POPLITE

La région poplitée est placée en arrière de l'articulation du genou. Pendant la flexion, la région présente une dépression losangique limitée en haut et en dehors par la saillie du biceps fémoral, en haut et en dedans par celle du semi-tendineux et du semi-membraneux, en bas par le gastrocnémien.

Au-dessus de l'aponévrose, les muscles et les expansions aponévrotiques profondes limitent une excavation de forme losangique à grand axe vertical : le creux poplité (fosse poplitée ou losange poplité). Celui-ci est divisé en deux triangles l'un supérieur l'autre inférieur par une diagonale horizontale qui répond au bord supérieur des condyles fémoraux.

1. APONÉVROSES

L'aponévrose, fibreuse et résistante dans la partie moyenne de la région, plus mince sur les côtés, se continue avec l'aponévrose de la cuisse en haut et de la jambe en bas et avec l'aponévrose de la région rotulienne sur les côtés. Elle émet par sa face profonde le long des saillies musculaires qui bordent le triangle supérieur de la région des cloisons antéro-postérieures, l'une médiale, l'autre latérale, qui se fixent profondément à la branche correspondante de la ligne âpre.

Plus bas les gaines des mm. gastrocnémiens s'unissent, en avant, au plan fibreux postérieur de l'articulation du genou.

- Aponévrose profonde :

Le creux poplité est divisé en deux loges, l'une superficielle, l'autre profonde, par l'aponévrose profonde du creux poplité.

L'aponévrose profonde est tendue entre la face postérieure de la gaine du semi-membraneux et la face antérieure de la gaine du long biceps. Elle se continue en bas avec le revêtement aponévrotique des gastrocnémiens et avec le feuillet profond de la gaine qui, à la jambe, entoure la petite veine saphène (v. saphène externe).

2. PAROIS DU CREUX POPLITÉ

Le creux poplité présente six parois : quatre latérales, une postérieure et une antérieure.

2.1. PAROI SUPÉRO-LATÉRALE

- biceps fémoral,
- cloison aponévrotique antéro-postérieure qui relie la gaine du biceps à la branche de bifurcation externe de la ligne âpre.

2.2. PAROI SUPÉRO-MÉDIALE

- semi-tendineux, semi-membraneux (tendons, direct, réfléchi et récurrent),
- cloison aponévrotique médiale : relie semi-membraneux à la branche interne de bifurcation de la ligne âpre.

2.3. PAROIS INFÉRO-LATÉRALE ET INFÉRO-MÉDIALE

- Gastrocnémiens et par leurs gaines unies au plan fibreux articulaire,
- la paroi inféro-latérale est constituée par le gastrocnémien latéral et le plantaire.

2.4. PAROI ANTÉRIEURE

- en haut : triangle que limitent sur le fémur les deux lignes de bifurcations de la ligne âpre (lignes supra-condylaires latérale et médiale) : surface poplitée,
- en bas : m. poplité :
- fossette poplitée sur épicondyle latéral du fémur,
- triangulaire, se dirige obliquement en bas et en dedans, il croise l'articulation du genou sous le ligament poplité arqué,
- face postérieure tibia, au-dessus de la ligne du soléaire,
- nerf tibial,
- rotateur médial de la jambe fléchie.

2.5. PAROI POSTÉRIEURE

- elle est représentée par l'aponévrose de la région.

3. CONTENU DU CREUX POPLITÉ

3.1. LOGE POSTÉRIEURE SUPERFICIELLE

- nappe tissu cellulo-grasieus,
- nerf cutané postérieur de la cuisse,
- veine petite saphène : dessine une crosse et se termine dans la veine poplitée en traversant l'aponévrose profonde.

3.2. LOGE ANTÉRIEURE PROFONDE

3.2.1. ARTÈRE POPLITÉE

- fait suite à l'artère fémorale au niveau de l'hiatus tendineux du grand adducteur et se termine au niveau de l'arcade tendineuse du m. soléaire où elle se divise en artères tibiale antérieure et tibiale postérieure,
- correspond au grand axe du losange musculaire,
- branches collatérales :
 - a. supéro-latérale du genou,
 - a. supéro-médiale du genou,
 - a. moyenne du genou,
 - a. inféro-latérale du genou,
 - a. inféro-médiale du genou,
 - aa. Surales (aa. Jumelles) latérale et médiale.

3.2.2. VEINE POPLITÉE

- adhère fortement à l'artère et est située le long de son bord postéro-latéral, dans une même gaine vasculaire,
- naît de la réunion des veines tibiales antérieures et postérieures au-dessus de l'arcade tendineuse du soléaire,
- se termine par la veine fémorale, au niveau de l'anneau du grand adducteur,
- affluents : veines du genou et veine petite saphène.

3.2.3. NERF TIBIAL

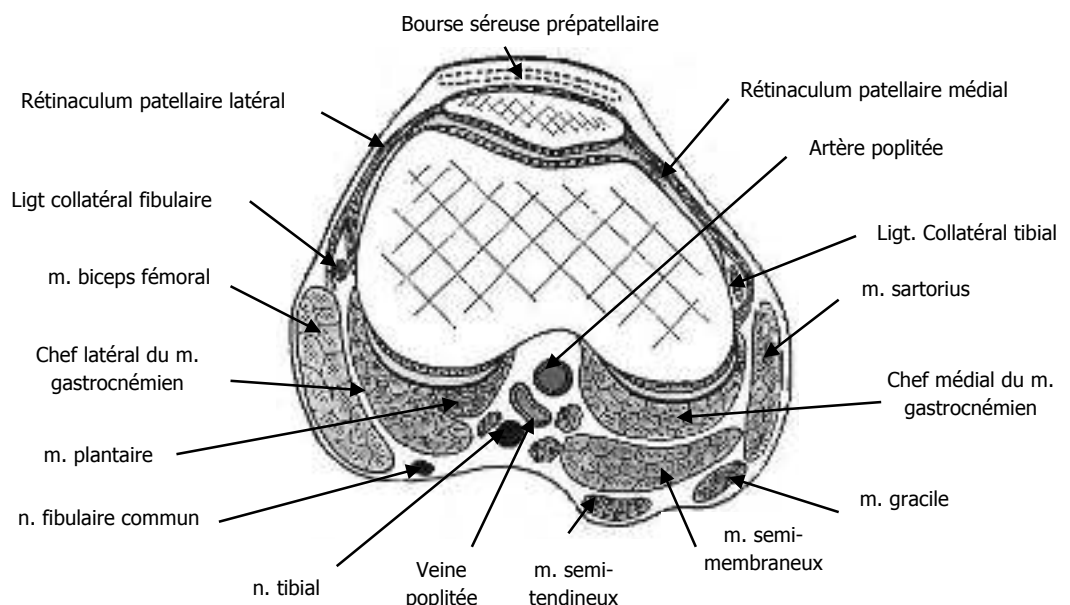
- le nerf sciatique se divise à l'angle supérieur du creux poplité en nerf tibial et en nerf fibulaire commun.
- le nerf tibial longe le bord postéro-latéral de la veine poplitée,
- branches collatérales :
 - rameau articulaire postérieur du genou,
 - nerfs médial et latéral du m. gastrocnémien,
 - nerf supérieur du soléaire,
 - nerf du m. poplité,
 - nerf interosseux crural,
 - nerf cutané sural (nerf saphène externe) suit le trajet de la veine petite saphène.

3.2.4. NERF FIBULAIRE COMMUN

- descend obliquement le bord latéral du creux poplité en suivant le bord médial du m. biceps fémoral,
- les vaisseaux poplités et le nerf tibial sont médiaux et à distance,
- contourne le col de la fibula (péroné) pour se diviser en deux branches terminales : le nerf fibulaire superficiel (n. musculo-cutané ou péronier superficiel) et le nerf fibulaire profond (n. tibial antérieur ou péronier profond).

Figure 1 :

Coupe transversale
du creux poplité



ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE DE LA JAMBE

La jambe est comprise entre le genou et le cou-de-pied. Elle est limitée par une ligne circulaire supérieure au-dessous de la tubérosité tibiale antérieure et une ligne circulaire inférieure au-dessus des malléoles.

- La jambe comprend trois loges : antérieure (muscles extenseurs des orteils et fléchisseurs du pied), latérale (éverseurs du pied) et postérieures (muscles fléchisseurs des orteils et extenseurs du pied).
- La subdivision de la jambe en trois loges est faite par :
 - Le fascia crural,
 - Le squelette et la membrane interosseuse,
 - Les septums intermusculaires cruraux antérieur et postérieur
- La loge postérieure est divisée en deux plans superficiel et profond par le septum intermusculaire crural transverse.

1. RÉGION ANTÉRIEURE DE LA JAMBE

La région antérieure de la jambe est formée par les parties molles situées en avant du squelette, de la membrane interosseuse et du septum intermusculaire crural antérieur.

1.1. LES MUSCLES

1.1.1. M. TIBIAL ANTÉRIEUR

- versant latéral tubérosité tibiale, 2/3 latéral tibia et membrane interosseuse,
- os cunéiforme médial et base M1,
- nerf fibulaire profond,
- fléchisseur pied (flexion dorsale), participe à l'inversion du pied.

1.1.2. M. LONG EXTENSEUR DES ORTEILS :

- condyle latéral du tibia, 2/3 supérieurs face médiale fibula et membrane interosseuse,
- chaque tendon se divise en 3 languettes, une médiale : base de P2, et deux latérales : face dorsale base de P3,
- nerf fibulaire profond,
- extenseur des orteils II et V et fléchisseur pied (flexion dorsale).

1.1.3. M. LONG EXTENSEUR DE L'HALLUX :

- partie moyenne face médiale fibula et membrane interosseuse,
- base de P2 du gros orteil et deux expansions latérales sur P1,
- nerf fibulaire profond,
- extenseur gros orteil et participe à la flexion du pied.

1.1.4. M. TROISIÈME FIBULAIRE

- inconstant,
- partie distale face médiale fibula et membrane interosseuse,
- face dorsale base de M5,
- nerf fibulaire profond,
- fléchisseur et éverseur accessoire du pied.

1.2. ARTÈRE TIBIALE ANTÉRIEURE

- elle naît de l'artère poplitée au niveau de l'arcade du soléaire,
- quitte la région postérieure en passant au-dessus du bord supérieure de la membrane interosseuse qu'elle enjambe,
- chemine en avant de la membrane interosseuse entre m. tibial antérieur (jambier antérieur) en dedans et mm. longs extenseurs des orteils et de l'hallux en dehors,
- le nerf fibulaire profond situé sur son côté latéral, la surcroise en X et devient médial,
- elle s'engage, avec le nerf fibulaire profond, sous le rétinaculum des muscles extenseurs (ligament annulaire antérieur du tarse) pour devenir artère dorsale du pied (a. pédieuse),
- branches collatérales :
 - a. récurrente tibiale postérieure,
 - a. récurrente tibiale antérieure,
 - a. récurrente fibulaire antérieure,
- rameau circonflexe de la fibula.

1.3. NERF FIBULAIRE PROFOND

- branche de division du nerf fibulaire commun, contourne le col du fibula et s'engage dans la loge antérieure en traversant le septum intermusculaire crural antérieur,
- chemine en longeant au début le bord latéral de l'artère tibiale antérieure, puis la croise en avant pour longer son bord médial avant de s'engager avec elle sous le rétinaculum des muscles extenseurs, au-delà duquel, il se divise en deux branches terminales : latérale et médiale,
- la branche latérale innerve les mm. court extenseur des orteils et de l'hallux,
- la branche médiale donne les nerfs digitaux dorsaux latéral du I et médial du II,
- le territoire sensitif du nerf fibulaire profond concerne les bords dorsaux du 1er espace interdigital.

2. RÉGION LATÉRALE DE LA JAMBE

2.1. LES MUSCLES

2.1.1. M. LONG FIBULAIRE

- trois chefs :
 - chef supérieur : tête fibula et condyle latéral tibia,
 - chef antérieur : 2/3 antéro-supérieurs face latérale fibula,
 - chef postérieur : 2/3 postéro-supérieurs face latérale fibula,
- tubérosité base de M1 par un tendon qui traverse la face plantaire du métatarse,
- nerf fibulaire superficiel,
- éverseur du pied : extenseur (fléchisseur plantaire), abducteur et rotateur externe du pied.

2.1.2. M. COURT FIBULAIRE:

- moitié inférieure face latérale fibula,
- tubérosité de M5,
- éverseur du pied : extenseur (fléchisseur plantaire), abducteur et rotateur externe du pied.

2.2. NERF FIBULAIRE SUPERFICIEL

- branche de division du nerf fibulaire commun : descend contre la face latérale du fibula entre les insertions du m. long péronier,
- perfore le fascia crural au 1/3 inférieur de la jambe pour devenir sous-cutané et se divise en deux branches terminales sensitives : les nn. Cutanés dorsaux médial et intermédiaire,
- nerf cutané dorsal médial :
 - nerf digital dorsal médial de l'hallux
 - nn. Digitaux dorsaux latéral du II et médial du III,
- nerf cutané dorsal intermédiaire :
 - nn. Digitaux dorsaux latéral du III, latéral et médial du IV, médial du V,
- le territoire sensitif du nerf fibulaire superficiel :
- moitié inférieure face antéro-latérale jambe,
- le dos du pied excepté, son bord médial, les bords du 1er espace interdigital et le dos des dernières phalanges.

3. RÉGION POSTÉRIEURE DE LA JAMBE

3.1. PLAN MUSCULAIRE SUPERFICIEL

3.1.1. MUSCLE TRICEPS SURAL

Il comprend les muscles gastrocnémiens et soléaire et un tendon commun : le tendon calcanéen ou tendon d'Achille.

- muscle gastrocnémien :
 - chef latéral : tubercule supra-condylaire latéral,
 - chef médial : tubercule supra-condylaire médial,
- muscle soléaire : face postérieure tête fibula et ligne du muscle soléaire du tibia, son insertion décrit l'arcade tendineuse du soléaire tendue entre ces deux insertions. Ces origines se prolongent par une lame intramusculaire : l'aponévrose du soléaire,
- tendon calcanéen ou tendon d'Achille sur la tubérosité du calcanéum,
- nerf tibial,
- fléchisseur de la jambe grâce au gastrocnémien et extenseur du pied (fléchisseur plantaire), grâce au soléaire.

3.1.2. MUSCLE PLANTAIRE

- surface poplitée du fémur,
- grêle, il se termine par un long tendon qui longe le bord médial du tendon d'Achille,
- nerf tibial.

3.2. PLAN MUSCULAIRE PROFOND

3.2.1. MUSCLE POPLITÉ

- fossette poplitée sur épicondyle latéral du fémur,
- triangulaire, se dirige obliquement en bas et en dedans, il croise l'articulation du genou sous le ligament poplitée arqué,
- face postérieure tibia, au-dessus de la ligne du soléaire,
- nerf tibial (sciatique poplitée interne),
- rotateur médial de la jambe fléchie.

3.2.2. MUSCLE TIBIAL POSTÉRIEUR

- 2/3 supérieurs face postérieure tibia et face médiale fibula et membrane interosseuse,
- tubérosité os naviculaire et par des expansions sur face plantaire des cunéiformes, base de M2, M3 et M4, tubérosité du cuboïde et sur le sustentaculum tali du calcaneum,
- nerf tibial,
- inverseur du pied : extenseur (fléchisseur plantaire), adducteur et rotateur interne.

3.2.3. MUSCLE LONG FLÉCHISSEUR DES ORTEILS

- 1/3 moyen aire médiale face postérieure du tibia, au-dessous de la ligne du m. soléaire,
- face plantaire base de P3 des orteils du 2e au 5e,
- nerf tibial,
- fléchisseur des orteils du 2e au 5e, extenseur accessoire du pied.

3.2.4. MUSCLE LONG FLÉCHISSEUR DE L'HALLUX

- 2/3 inférieurs face postérieure fibula et membrane interosseuse,
- face plantaire de P2 du gros orteil,
- nerf tibial,
- fléchisseur hallux, participe à l'extension et à l'inversion du pied.

3.3. ARTÈRE TIBIALE POSTÉRIEURE

- branche terminale médiale de l'artère poplitée, elle naît au niveau de l'arcade du soléaire
- elle descend verticalement puis médialement entre mm. tibial postérieur et long fléchisseur orteils en avant et le soléaire avec son aponévrose en arrière,
- s'engage dans le sillon malléolaire médial, pour se terminer dans la région infra-malléolaire médiale en deux branches terminales : l'a. plantaire latérale et médiale.

3.4. ARTÈRE FIBULAIRE

- principale branche collatérale de l'artère tibiale postérieure,
- elle chemine contre la face postérieure de la membrane interosseuse le long du fibula,
- elle se divise en rameaux calcaneens latéraux destinés au réseau calcaneen et aux téguments du talon.

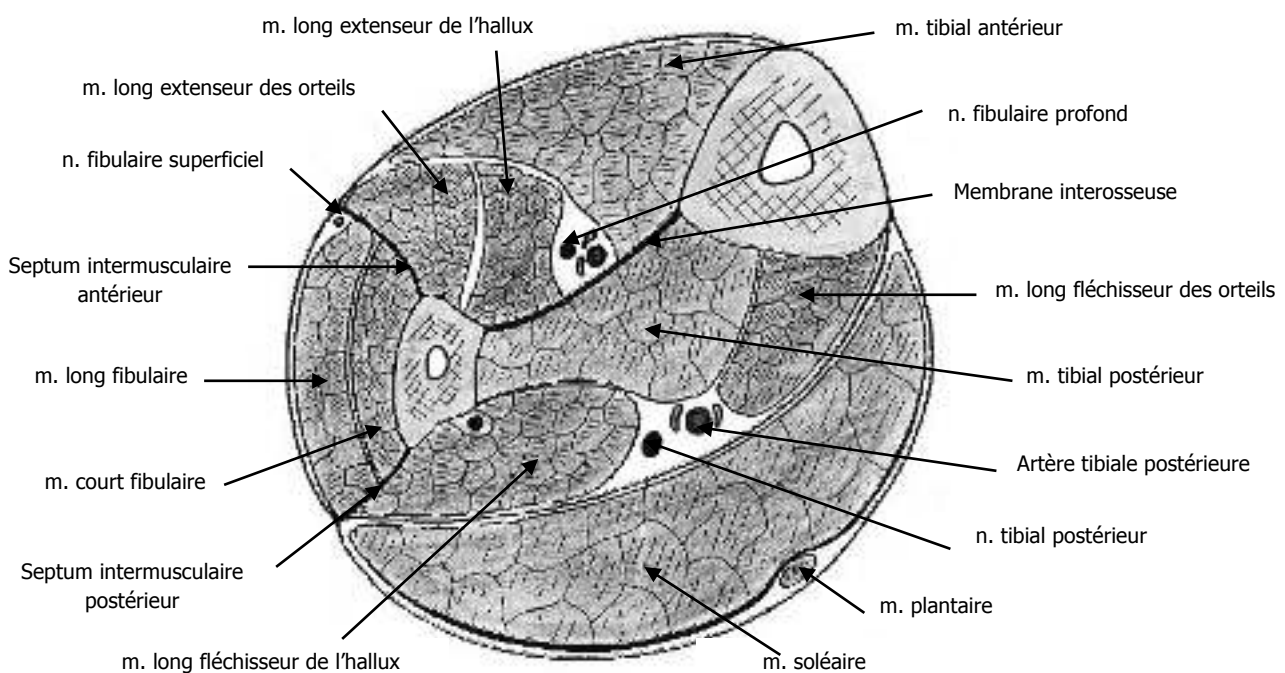
3.5. NERF TIBIAL

- branche terminale médiale du nerf sciatique
- il suit le trajet de l'artère tibiale postérieure qui longe son bord médial,
- s'engage dans le sillon malléolaire médial, pour se terminer dans la région infra-malléolaire médiale en deux branches terminales : les nerfs plantaires latérale et médiale.

4. SILLON MALLÉOLAIRE MÉDIAL

- le rétinaculum des fléchisseurs des orteils naît de la face médiale du sommet de la malléole médiale et rayonne en arrière pour se terminer sur la face médiale du calcanéum et l'aponévrose plantaire : il transforme ainsi la gouttière délimitée entre la malléole interne et la face interne du calcanéum, en canal : le canal calcanéen,
- de la face profonde du rétinaculum, partent des septums vers le tibia, le talus et le calcanéum, délimitant :
- trois gouttières ostéofibreuses incurvées pour chaque tendon des mm. tibial postérieur, long fléchisseur des orteils et long fléchisseur du gros orteil,
- une gouttière fibreuse pour le nerf et les vaisseaux tibiaux postérieurs,
- le nerf tibial postérieur est situé en arrière de l'artère tibiale postérieure,
- l'artère tibiale postérieure est située en avant du tendon du m. long fléchisseur des orteils, en arrière des mm. tibial postérieur et long fléchisseur de l'hallux.

Figure 1 : Coupe du tiers distal de la jambe



ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE DU PIED

1. FASCIAS DU PIED

1.1. FASCIA DORSAL

- mince, prolonge le rétinaculum inférieur des extenseurs,
- se continue sur les côtés avec le fascia plantaire, et se fixe sur les tendons extenseurs des orteils.

1.2. FASCIA PLANTAIRE

- recouvre les muscles superficiels de la plante du pied,
- il comprend trois parties : l'aponévrose plantaire (aponévrose plantaire moyenne), les fascias plantaires latéral et médial,
- de sa face profonde partent les septums intermusculaires plantaires, médial et latéral, qui délimitent les loges plantaires.

1.2.1. APONÉVROSE PLANTAIRE (APONÉVROSE PLANTAIRE MOYENNE)

- lame fibreuse triangulaire, résistante,
- tubérosité calcanéum, peau du pli digito-plantaire,
- cinq bandelettes longitudinales divergentes pour les cinq orteils,
- faisceaux transversaux qui unissent ces bandelettes,
- ligament métatarsien transverse superficiel : bande dense au niveau des articulations métatarso-phalangiennes MP.

1.2.2. FASCIAS PLANTAIRE LATÉRAL ET MÉDIAL

- minces, ils prolongent le fascia dorsal du pied en recouvrant respectivement les mm. abducteur du V et abducteur du I.

1.2.3. SEPTUMS INTERMUSCULAIRES PLANTAIRE LATÉRAL ET MÉDIAL

- ils séparent le groupe musculaire intermédiaire des groupes musculaires médial et latéral.

1.2.4. FASCIAS INTEROSSEUX DORSAUX ET PLANTAIRE

- fixés sur les métatarsiens, ils délimitent les loges interosseuses.

⇒ Ainsi le pied se trouve divisé en région du dos du pied et région plantaire. La région plantaire est elle-même subdivisée en quatre loges plantaires : médiale, intermédiaire, latérale et interosseuse.

2. MUSCLES DU DOS DU PIED

2.1. M. COURT EXTENSEUR DES ORTEILS (M. PÉDIEUX)

- partie antéro-latérale face dorsale calcanéum,
- se divise en 3 faisceaux penniformes qui se prolongent chacun par un tendon,
- bord latéral du tendon du long extenseur des orteils II, III et IV,
- nerf fibulaire profond (n. tibial antérieur),
- extenseur des orteils : II, III, IV.

2.2. M. COURT EXTENSEUR DE L'HALLUX

- faisceau du m. pédieux destiné au gros orteil.

3. ARTÈRES ET NERFS DU DOS DU PIED

3.1. ARTÈRE DORSALE DU PIED (A. PÉDIEUSE)

- fait suite à l'artère tibiale antérieure au niveau du bord inférieur du rétinaculum des muscles extenseurs (ligament annulaire antérieur du tarse),
- branches collatérales :
 - a. sinus du tarse,
 - a. tarsienne latérale (a. dorsale du tarse),
 - aa. tarsiennes médiales (2 ou 3),
 - a. arquée (a. dorsale du métatarse),

- branches terminales :
 - a. plantaire profonde : elle traverse verticalement le 1er espace interosseux pour s'anastomoser avec l'a. plantaire latérale,
 - la première a. métatarsienne dorsale (a. interosseuse dorsale), elle donne : aa. digitales dorsales médiale et latérale du gros orteil; a. digitale dorsale médiale du 2e orteil et la 1re a. perforante distale.

3.2. NERF FIBULAIRE SUPERFICIEL

- nerf cutané dorsal médial :
- n. digital dorsal médial de l'hallux,
- nn. digitaux dorsaux médial du II et latéral du III,
- nerf cutané dorsal intermédiaire :
- nn. digitaux dorsaux médial du III, latéral et médial du IV, latéral du V.

3.3. NERF FIBULAIRE PROFOND

- branche latérale : innerve les mm. court extenseur des orteils et de l'hallux,
- branche médiale, elle donne les nn. digitaux dorsaux latéral du I et médial du II.

4. MUSCLES PLANTAIRES MÉDIAUX

4.1. M. ABDUCTEUR DE L'HALLUX

- nerf plantaire médial,
- abducteur et fléchisseur du gros orteil.

4.2. M. COURT FLÉCHISSEUR DE L'HALLUX

- nerf plantaire médial et accessoirement nerf plantaire latéral,
- fléchisseur de l'hallux.

4.3. M. ADDUCTEUR DE L'HALLUX

- deux chefs oblique et transverse,
- nerf plantaire latéral,
- adducteur du gros orteil (hallux).

5. MUSCLES PLANTAIRES LATÉRAUX

5.1. M. ABDUCTEUR DU PETIT ORTEIL

- nerf plantaire latéral,
- abducteur du V.

5.2. M. COURT FLÉCHISSEUR DU PETIT ORTEIL

- nerf plantaire latéral,
- fléchisseur du V.

5.3. M. OPPOSANT DU PETIT ORTEIL (INCONSTANT)

- nerf plantaire latéral,
- adducteur du V.

6. MUSCLES PLANTAIRES INTERMÉDIAIRES

6.1. M. COURT FLÉCHISSEUR DES ORTEILS

- tubérosité calcanéum et aponévrose plantaire,
- chaque tendon se divise en deux languettes, qui laissent passer le tendon du long fléchisseur, pour s'insérer ensuite sur la face plantaire de P2,
- nerf plantaire médial,
- fléchisseur de P2 du II, III, IV et Vème orteil.

6.2. M. CARRÉ PLANTAIRE (M. CHAIR CARRÉE DE SYLVIUS)

- deux chefs médial et latéral : calcanéum,
- bord latéral du tendon du m. fléchisseur des orteils avant sa division,
- nerf plantaire latéral,
- corrige l'orientation du m. long fléchisseur des orteils et participe à la flexion des quatre derniers orteils.

6.3. MUSCLES INTEROSSEUX DORSAUX DU PIED

- au nombre de quatre,
- nerf plantaire latéral,
- abducteurs des orteils II, III et IV; ils écartent ces orteils.

6.4. MUSCLES INTEROSSEUX PLANTAIRES

- au nombre de trois,
- nerf plantaire latéral,
- adducteurs des orteils III, IV et V, ils rapprochent ces orteils et participent à la flexion de leurs phalanges proximales.

6.5. MUSCLES LOMBRICAUX DU PIED

- au nombre de quatre, ils sont associés aux tendons du m. long fléchisseur des orteils,
- nerf plantaire latéral pour les feux lombricaux latéraux,
- nerf plantaire médial pour les médiaux,
- fléchisseur de la phalange proximale P1,
- extenseur de P2 et P3.

7. ARTÈRES PLANTAIRES

7.1. ARTÈRE PLANTAIRE LATÉRALE

- branche de division latérale de l'artère tibiale postérieure dans la région infra-malléolaire médiale,
- s'incurve et passe sous la base des métatarsiens : portion transversale ou arcade plantaire profonde,
- se termine au premier espace intermétatarsien en s'anastomosant avec l'a. plantaire profonde,
- branches collatérales :
- artères métatarsiennes plantaires : au nombre de quatre, elles naissent de l'arcade plantaire profonde et cheminent dans les espaces interosseux; puis se divise chacune en deux artères digitales plantaires,
- rameaux perforants proximaux : unissent arcade plantaire profonde et artères métatarsiennes dorsales,
- a. digitale plantaire du Vème orteil,

7.2. ARTÈRE PLANTAIRE MÉDIALE

- elle se dirige sagittalement vers l'hallux, en longeant le bord médial du pied,
- elle se termine au niveau du corps de M1 en deux branches, superficielle et profonde,
- la branche profonde donne : l'artère médiale de l'hallux et un rameau anastomotique avec la 1re artère métatarsienne plantaire,
- la branche superficielle s'anastomose avec les 2 ou 3 premières artères métatarsiennes plantaires.

8. NERFS PLANTAIRES

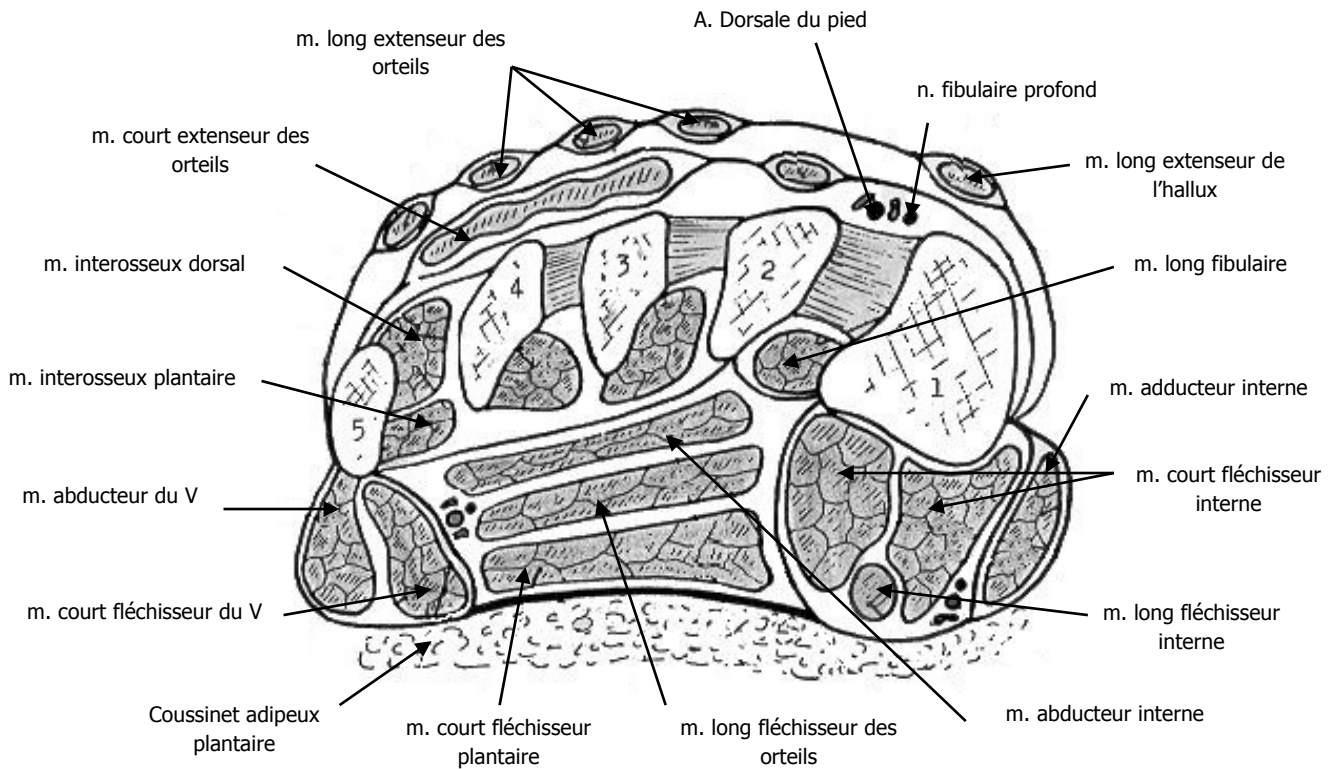
8.1. NERF PLANTAIRE MÉDIAL

- suit le bord latéral de l'artère plantaire médiale,
- branches collatérales :
- rameaux musculaires : mm. abducteur de l'hallux, court fléchisseur des orteils et court fléchisseur de l'hallux,
- rameaux cutanés : pour la face médiale de la plante du pied,
- le nerf digital propre médial de l'hallux,
- branches terminales : les 3 nerfs digitaux plantaires communs qui donnent les nerfs digitaux plantaires propres destinés aux bords adjacents des orteils I, II, III et IV.

8.2. NERF PLANTAIRE LATÉRAL

- se divise à la plante du pied en branches superficielle et profonde,
- branches collatérales :
 - rameaux musculaires : mm. court fléchisseur orteils, carré plantaire, abducteur du V et court fléchisseur du V,
- branches terminales :
 - branche superficielle : nerf digital plantaire propre latéral du V, et nerf digital plantaire commun qui donne les digitaux plantaires propres médial du V et latéral du IV,
 - branche profonde : innerve les mm. adducteur du I, lombricaux et interosseux plantaires.

Figure 1 : Coupe transversale du pied



VASCULARISATION DU MEMBRE INFÉRIEUR

1. ARTÈRES DE LA RÉGION GLUTÉALE

1.1. ARTÈRE GLUTÉALE SUPÉRIEURE

- branche extrapelvienne de l'artère iliaque interne
- entre dans la région de la fesse à travers le foramen supra-piriforme
- elle se divise en deux branches :
- branches superficielles : chemine entre grand et moyen fessier,
- branche profonde : s'insinue entre moyen et petit fessier.

1.2. ARTÈRE GLUTÉALE INFÉRIEURE

- branche extrapelvienne de l'artère iliaque interne,
- entre dans la région de la fesse par le foramen infrapiriforme,
- dans la région elle est médiale par rapport au pédicule honteux interne, puis elle le croise en arrière pour accompagner le nerf sciatique et le nerf cutané postérieur de la cuisse,
- contact des anastomoses avec les artères circonflexes médiales de la cuisse, la branche postérieure de l'obturatrice et les perforantes de l'artère profonde de la cuisse.

2. ARTÈRE FÉMORALE

2.1. DANS LE TRIGONE FÉMORAL

- L'artère fémorale est l'artère principale de la cuisse. Elle fait suite à l'artère iliaque externe et se continue par l'artère poplitée.
- L'artère fémorale parcourt la région de la base au sommet du trigone fémoral. Sa direction oblique en bas en dedans et en arrière est indiquée par une ligne menée du milieu du ligament inguinal au bord postérieur du condyle médial.
- L'artère est située en dehors de la veine fémorale, en avant de la gouttière formée par le psoas et le pectiné, dans la partie externe du canal fémoral. Elle est séparée du nerf crural en dehors par la gaine du psoas dont fait partie la bandelette ilio-pectinée.
- L'artère fémorale donne dans le trigone fémoral cinq branches collatérales :
 - l'artère épigastrique superficielle (a. sous-cutanée abdominale),
 - l'artère circonflexe iliaque superficielle,
 - l'artère honteuse externe supérieure,
 - l'artère honteuse externe inférieure,
 - l'artère profonde de la cuisse (a. fémorale profonde) se sépare de la face postérieure de la fémorale à 4 cm en moyenne au-dessous du ligament inguinal. Elle est longée en dedans par la veine fémorale profonde. À sa naissance l'artère profonde de la cuisse est directement en arrière de son tronc d'origine. Elle donne dans le trigone fémoral :
 - l'artère circonflexe médiale de la cuisse,
 - l'artère circonflexe latérale de la cuisse,
 - l'artère du quadriceps.

2.2. AU NIVEAU DE LA CUISSE

- elle est placée dans le canal fémoral en avant de la veine en haut, en dedans d'elle en bas,
- elle est longée jusque dans le canal des adducteurs par le nerf saphène et son accessoire,
- l'artère fémorale donne dans la région antérieure quelques branches musculaires et l'artère descendante du genou (a. grande anastomotique) qui naît dans le canal des adducteurs.
- L'artère profonde de la cuisse (a. fémorale profonde), chemine entre moyen adducteur qui est en avant, le petit et le grand adducteur qui sont en arrière. Ces deux vaisseaux sont profondément placés dans l'interstice qui sépare ces muscles. Les branches perforantes gagnent la région postérieure de la cuisse en traversant le plan formé par le petit et le grand adducteur.
- l'anastomose cruciforme relie l'artère fémorale profonde aux artères obturatrice, glutéale inférieure et poplitée,
- dans la région postérieure de la cuisse, chaque artère perforante donne :

- des rameaux musculaires,
- deux rameaux ascendant et descendant qui s'anastomosent entre eux pour former l'anastomose cruciforme. Le rameau ascendant de la 1^{re} artère perforante s'anastomose avec les artères glutéale inférieure, circonflexe médiale et latérale de la cuisse. Le rameau descendant de la 3^e perforante s'anastomose avec l'artère poplitée.

3. ARTÈRE POPLITÉE

- fait suite à l'artère fémorale au niveau de l'hiatus tendineux du grand adducteur (anneau du grand adducteur) et se termine au niveau de l'arcade tendineuse du m. soléaire où elle se divise en artères tibiale antérieure et tibiale postérieure,
- correspond au grand axe du losange musculaire,
- branches collatérales :
 - a. supéro-latérale du genou,
 - a. supéro-médiale du genou,
 - a. moyenne du genou,
 - a. inféro-latérale du genou,
 - a. inféro-médiale du genou,
 - aa. Surales (aa. Jumelles) latérale et médiale.

4. ARTÈRE TIBIALE ANTÉRIEURE

4.1. AU NIVEAU DE LA JAMBE

- elle naît de l'artère poplitée au niveau de l'arcade du soléaire,
- quitte la région postérieure en passant au-dessus du bord supérieure de la membrane interosseuse qu'elle enjambe,
- chemine en avant de la membrane interosseuse entre m. tibial antérieur en dedans et mm. longs extenseurs des orteils et de l'hallux en dehors,
- le nerf fibulaire profond situé sur son côté latéral, la surcroise en X et devient médial,
- elle s'engage, avec le nerf fibulaire profond, sous le rétinaculum des muscles extenseurs pour devenir artère dorsale du pied (a. pédieuse),
- branches collatérales :
 - a. récurrente tibiale postérieure,
 - a. récurrente tibiale antérieure,
 - a. récurrente fibulaire antérieure,
- rameau circonflexe de la fibula.

4.2. ARTÈRE DORSALE DU PIED

- fait suite à l'artère tibiale antérieure au niveau du bord inférieur du rétinaculum des muscles extenseurs (ligament annulaire antérieur du tarse),
- branches collatérales :
 - a. sinus du tarse,
 - a. tarsienne latérale (a. dorsale du tarse),
 - aa. tarsiennes médiales (2 ou 3),
 - a. arquée (a. dorsale du métatarse),
- branches terminales :
 - a. plantaire profonde : elle traverse verticalement le 1^{er} espace interosseux pour s'anastomoser avec l'a. plantaire latérale,
 - la première a. métatarsienne dorsale (a. interosseuse dorsale), elle donne : aa. digitales dorsales médiale et latérale du gros orteil ; a. digitale dorsale médiale du 2^e orteil et la 1^{re} a. perforante distale.

5. ARTÈRE TIBIALE POSTÉRIEURE

5.1. AU NIVEAU DE LA JAMBE

- branche terminale médiale de l'artère poplitée, elle naît au niveau de l'arcade du soléaire
- elle descend verticalement puis médialement entre mm. tibial postérieur et long fléchisseur orteils en avant et le soléaire avec son aponévrose en arrière,
- s'engage dans le sillon malléolaire médial, pour se terminer dans la région infra-malléolaire médiale en deux branches terminales : l'a. plantaire latérale et médiale.

5.2. ARTÈRE FIBULAIRE

- principale branche collatérale de l'artère tibiale postérieure,
- elle chemine contre la face postérieure de la membrane interosseuse le long du fibula,
- elle se divise en rameaux calcanéens latéraux destinés au réseau calcanéen et aux téguments du talon.

6. ARTÈRES PLANTAIRES

6.1. ARTÈRE PLANTAIRE LATÉRALE

- branche de division latérale de l'artère tibiale postérieure dans la région infra-malléolaire médiale,
- s'incurve et passe sous la base des métatarsiens : portion transversale ou arcade plantaire profonde,
- se termine au premier espace intermétatarsien en s'anastomosant avec l'a. plantaire profonde,
- branches collatérales :
- artères métatarsiennes plantaires : au nombre de quatre, elles naissent de l'arcade plantaire profonde et cheminent dans les espaces interosseux ; puis se divise chacune en deux artères digitales plantaires,
- rameaux perforants proximaux : unissent arcade plantaire profonde et artères métatarsiennes dorsales,
- a. digitale plantaire du 5ème orteil,

6.2. ARTÈRE PLANTAIRE MÉDIALE

- elle se dirige sagittalement vers l'hallux, en longeant le bord médial du pied,
- elle se termine au niveau du corps de M1 en deux branches, superficielle et profonde,
- la branche profonde donne : l'artère médiale de l'hallux et un rameau anastomotique avec la 1re artère métatarsienne plantaire,
- la branche superficielle s'anastomose avec les 2 ou 3 premières artères métatarsiennes plantaires.

7. VEINES DU MEMBRE INFÉRIEUR

7.1. VEINES SUPERFICIELLES

7.1.1. VEINES SUPERFICIELLES DU PIED :

- veines des orteils,
- veines du dos du pied,
- veines plantaires,
- veines intercapitales.

7.1.2. GRANDE VEINE SAPHÈNE :

- principale veine superficielle du membre inférieur,
- passe en avant de la malléole médiale, longe la face médiale du tibia puis du triceps accompagnée du nerf saphène,
- parcourt la face médiale de la cuisse, chemine à la surface du trigone fémoral et se termine en dessinant une crosse qui traverse l'hiatus saphène et se jette dans la veine fémorale, à 4 cm au-dessous du ligament inguinal (arcade crurale ou fémorale),
- reçoit des veines affluentes :
- réseau veineux du dos du pied,
- veines saphènes accessoires latérale et médiale,
- veine anastomotique saphène,
- et au niveau de la crosse les vv. épigastrique superficielle, honteuses externes et circonflexe iliaque superficielle.

7.1.3. PETITE VEINE SAPHÈNE :

- prolonge la veine marginale latérale et passe en arrière de la malléole latérale,
- monte verticalement dans le mollet, pour se jeter dans le creux poplité dans la veine poplité en dessinant une crosse,
- veine affluente : la principale est la veine anastomotique saphène qui se détache de la crosse, contourne la face médiale de la cuisse pour rejoindre la grande veine saphène.

7.2. VEINES PROFONDES

- veines profondes du pied,
- veines profondes de la jambe,
- veine poplité (voire creux poplité),
- veine fémorale (voire région cuisse et trigone fémoral).

8. LYMPHATIQUES DU MEMBRE INFÉRIEUR

8.1. NŒUDS LYMPHATIQUES SUPERFICIELS

- gg lymphatiques poplités superficiels,
- gg lymphatiques inguinaux superficiels :
 - groupe supéro-latéral,
 - groupe supéro-médial,
 - groupe inférieur,
- les nœuds (ganglions : gg) lymphatiques superficiels se drainent dans les nœuds lymphatiques inguinaux profonds et les nœuds iliaques externes.

8.2. NŒUDS LYMPHATIQUES PROFONDS

- gg tibial antérieur : inconstant,
- gg poplité profond,
- gg inguinaux profonds.

8.3. VAISSEAUX LYMPHATIQUES

- les vaisseaux lymphatiques superficiels recueillent la lymphe des enveloppes cutanées du membre inférieur et de la région glutéale. Ils sont très richement anastomosés à tous les niveaux du membre inférieur,
- les vaisseaux lymphatiques profonds, recueillent la lymphe des structures profondes du membre inférieur.

INNERVATION DU MEMBRE INFÉRIEUR

1. LE PLEXUS LOMBAIRE

Le plexus lombaire est destiné à la paroi abdominale, aux organes génitaux externes et au membre inférieur.

1.1. CONSTITUTION

- rameaux ventraux (branches antérieures) des nerfs lombaires, L1, L2, L3 et L4,
- L1, se divise en trois branches :
 - le n. ilio-hypogastrique ou grand abdomino-génital,
 - le n. ilio-inguinal ou petit abdomino-génital,
 - et une branche pour le n. génito-fémoral,
- L2 : quatre branches pour les nn. génito-fémoral, cutané latéral cuisse, obturateur et fémoral,
- L3 : trois branches pour les nn. cutané latéral cuisse, fémoral et obturateur,
- L4 : trois branches pour les nn. fémoral, obturateur et tronc lombo-sacré,
- L5 : forme, avec la branche de L4, le tronc lombo-sacré.

1.2. RAPPORTS

- le plexus lombaire est situé le long des faces latérales des corps vertébraux, dans l'interstice qui sépare les deux chefs du muscle psoas,
- la veine lombaire ascendante passe en avant des rameaux ventraux de L4 et de L5; en arrière des rameaux ventraux de L1 et de L2.

1.3. BRANCHES COLLATÉRALES

1.3.1. RAMEAUX MUSCULAIRES

- muscles intertransversaires lombaires, carré des lombes et psoas.

1.3.2. NERF ILIO-HYPOGASTRIQUE (N. GRAND ABDOMINO-GÉNITAL)

- muscles transverse et oblique interne,
- branche cutanée latérale : muscles oblique interne et externe et peau région glutéale antéro-supérieure,
- branche cutanée antérieure : muscles pyramidaux et droits de l'abdomen et téguments pour la région pubienne, le scrotum ou les grandes lèvres.

1.3.3. NERF ILIO-INGUINAL (N. PETIT ABDOMINO-GÉNITAL)

- sensitif,
- région supéro-médiale cuisse, scrotum ou grandes lèvres.

1.3.4. NERF GÉNITO-FÉMORAL :

- mixte,
- branche génitale : muscle crémaster, le scrotum ou grandes lèvres et peau du pubis,
- branche fémorale : téguments partie supérieure du triangle fémoral.

1.3.5. NERF CUTANÉ LATÉRAL DE LA CUISSE :

- sensitif,
- branche postérieure : peau région supéro-latérale de la cuisse,
- branche antérieure : peau région antéro-latérale cuisse jusqu'au genou.

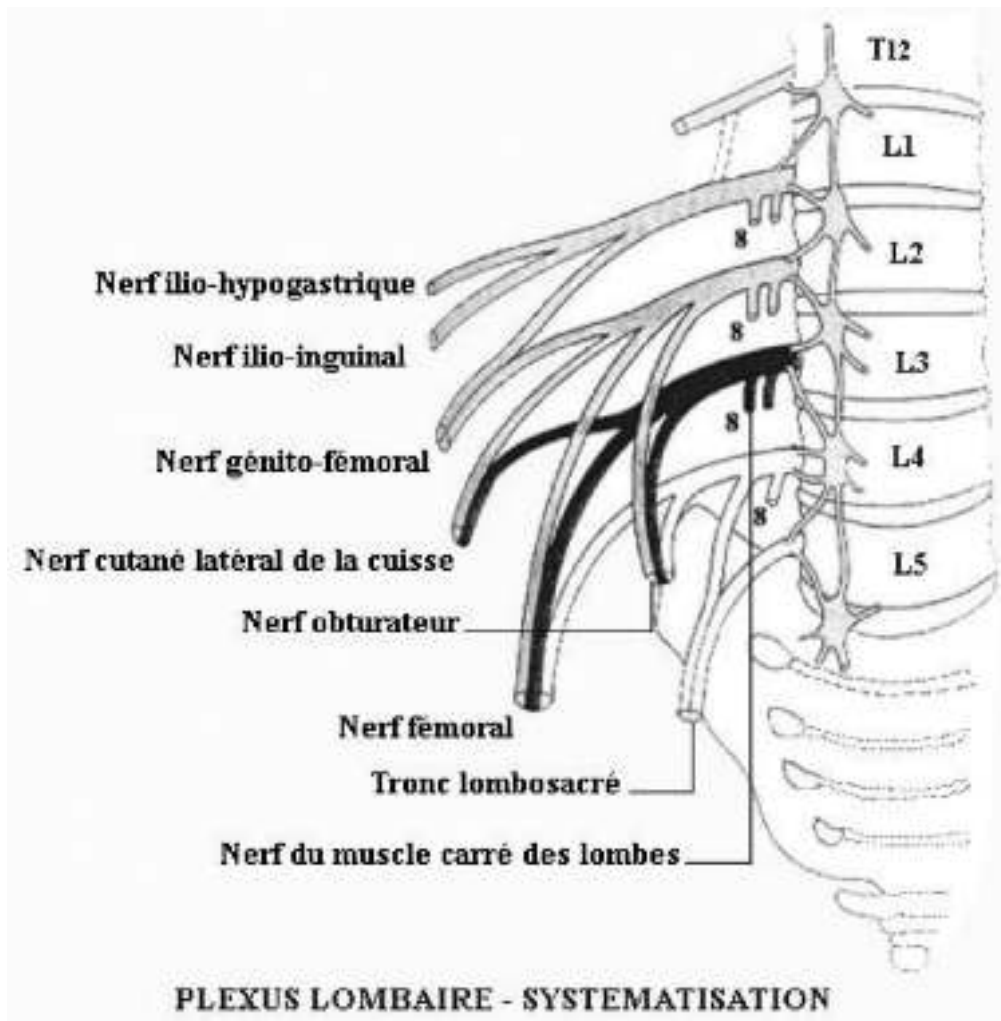
1.4. BRANCHES TERMINALES

- nerf obturateur :

- assure l'adduction et la rotation latérale de la cuisse,
- son territoire sensitif concerne la face médiale de la cuisse.

- nerf fémoral

- assure la flexion de la cuisse sur le tronc et l'extension de la jambe,
- territoire sensitif : face antérieure cuisse et face antéromédiale du genou, de la jambe et de la cheville.



2. PLEXUS SACRÉ

Le plexus sacré est destiné au membre inférieur et à la ceinture pelvienne.

2.1. CONSTITUTION

- Il est constitué par la réunion du tronc lombo-sacré (L4, L5) et des rameaux ventraux des nerfs sacrés : S1, S2 et S3.
- Le plexus sacré est destiné à former le nerf sciatique.

2.2. RAPPORTS

- le tronc lombo-sacré émerge du bord médial du m. psoas, descend en avant de l'aile du sacrum et de l'articulation sacro-iliaque,
- le plexus sacré repose sur le m. piriforme,
- il répond aux vaisseaux iliaques internes et à l'uretère.

2.3. BRANCHES COLLATÉRALES

2.3.1. BRANCHES VENTRALES :

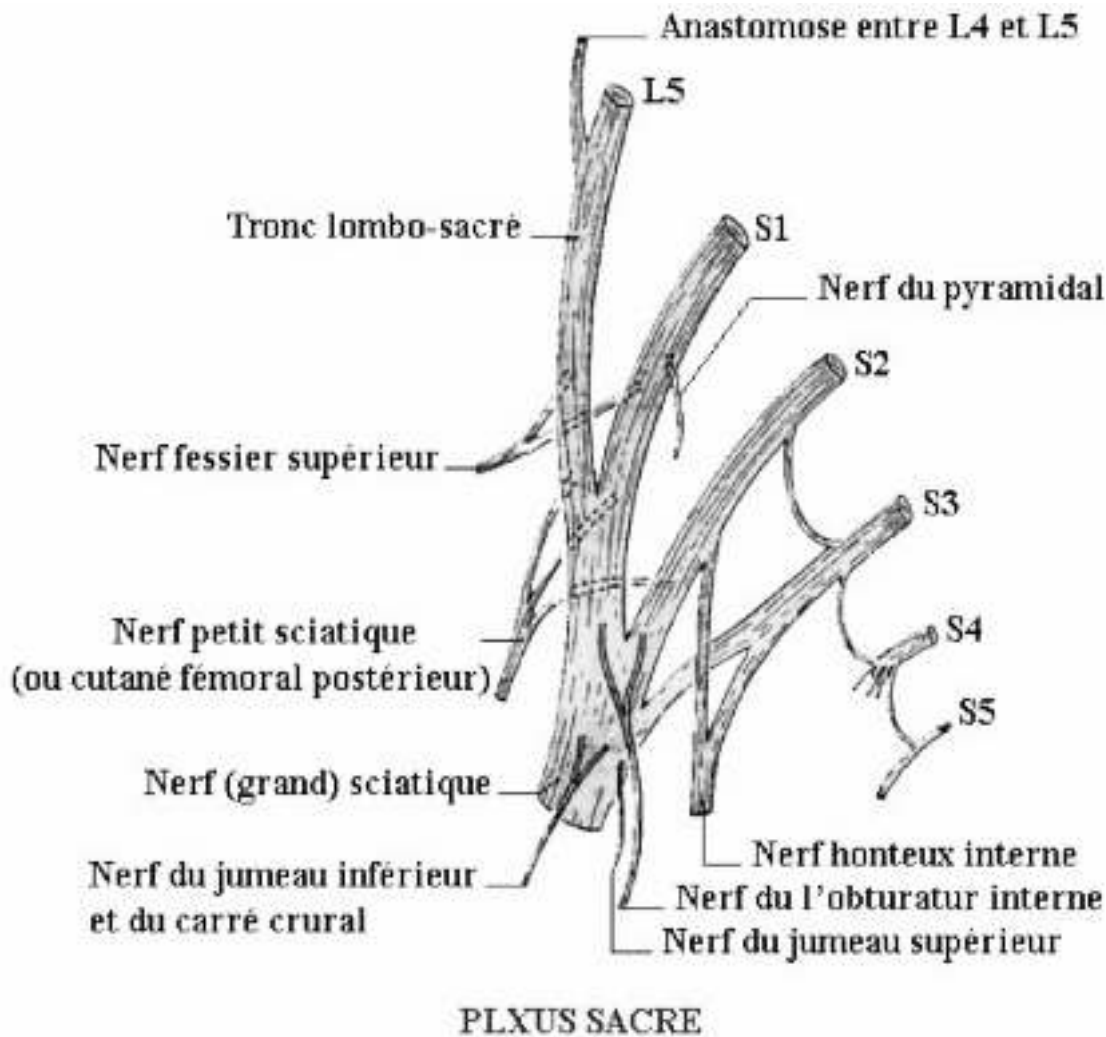
- nerf du m. obturateur interne,
- nerf du carré m. fémoral.

2.3.2. BRANCHES DORSALES :

- nerf du m. piriforme,
- nerf glutéal supérieur,
- nerf glutéal inférieur,
- nerf cutané postérieur de la cuisse :
- branche glutéale : peau partie inféro-latérale fesse,
- nerfs cluniaux inférieurs : peau région sacrale,
- branche périnéale : périnée superficiel et scrotum ou grandes lèvres,
- rameaux cutanés : face postérieure cuisse, creux poplité et face postérieure de la partie supérieure de la jambe.

2.4. BRANCHE TERMINALE

- nerf sciatique.



THEME VB
LOCOMOTRICITE
PHYSIOLOGIE

Les objectifs éducationnels

Au terme de ce cours, l'étudiant pourra :

- 1) Définir les trois propriétés principales du muscle squelettique.
- 2) Décrire les deux méthodes utilisées au cours de l'enregistrement de la réponse mécanique d'un muscle en activité.
- 3) Définir les trois phases de la réponse mécanique d'un muscle, en réponse à une stimulation d'intensité liminaire.
- 4) Expliquer l'influence de la fréquence des stimulations sur la réponse mécanique musculaire.
- 5) Tracer et interpréter la courbe représentant les variations de tension en fonction de la longueur du muscle :
 - a) Dans le cas du muscle au repos
 - b) Dans le cas du muscle en activité
- 6) Définir sur la courbe tension longueur les paramètres suivants :
 - . Longueur de repos
 - . Longueur d'équilibre
 - . Force maximale
- 7) Définir les différentes modalités d'activité musculaire, et expliquer leur rôle dans la vie courante.
- 8) Indiquer les composantes d'une dépense énergétique totale musculaire.
- 9) Préciser les différentes phases de la production de chaleur lors d'un travail musculaire.
- 10) Représenter sur la même courbe, l'enregistrement simultané du potentiel d'action et du développement de la tension d'une fibre musculaire en fonction du temps.
- 11) Indiquer les renseignements pratiques fournis par l'EMG global et élémentaire.
- 12) Décrire les phénomènes mécaniques et électriques intervenant lors de la fatigue musculaire locale.
- 13) Expliquer les mécanismes qui interviennent lors de la fatigue musculaire locale.
- 14) Expliquer le rôle du médiateur chimique et son mécanisme d'action au niveau de la plaque motrice à la suite d'une stimulation du nerf moteur.
- 15) Énumérer les différents types de fibres musculaires en précisant leurs caractéristiques et leur rôle dans la réalisation des différentes activités physiques.
- 16) Expliquer le principe et l'utilité de EMG.

1 - INTRODUCTION

2 - PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

2.1 - Le potentiel d'action

2.2 - Notion d'unité motrice

2.3 - Mode de transmission neuromusculaire

2.4 - Couplage – excitation – contraction

2.5 - L'énergie de la contraction musculaire

3 - PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA CONTRACTION

3.1 - Les différents types de fibres musculaires

3.2 - Propriétés élastiques du muscle au repos

3.3 - La contractilité

4 - CONTRACTION ET TRAVAIL MUSCULAIRE

4.1 - Différentes modalités d'activité

4.2 - Contraction musculaire statique

4.3 - Contraction statique dans la vie courante

4.4 - Contraction dynamique

a - Travail dynamique actif

b - Contraction avec allongement : travail dynamique résistant

5 - ETUDE ÉNERGÉTIQUE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

5.1 - Phosphorylation directe de l'ADP par la créatine P.

5.2 - Glycolyse anaérobie.

5.3 - Respiration cellulaire aérobie

5.4 - Systèmes énergétiques mis en jeu pendant les activités sportives.

5.5 - Fatigue musculaire.

6 - PHÉNOMÈNES THERMIQUES DE LA CONTRACTION

7 - EXPLORATION FONCTIONNELLE

EVALUATION

1- On étudie expérimentalement les contractions isométriques sur une préparation nerf - muscle à l'aide d'un myographe isométrique.

a – Représenter l'enregistrement obtenu à la suite :

- d'une stimulation électrique supra-liminaire portée sur le nerf moteur.
- d'une série de stimulations à fréquence élevée.

b- Quel enregistrement obtient-on lors d'une contraction musculaire volontaire. Justifier votre réponse.

2 – Représenter la courbe tension longueur du triceps humain, obtenue :

- Dans le cas du muscle au repos
- Dans le cas du muscle activité

3 – Définir d'après cet enregistrement les paramètres suivants :

1. La longueur de repos

2. La longueur d'équilibre

3. La force maximale

Commenter les résultats

4 – Pour une intensité de stimulation donnée, la tension développée par un muscle dépend d'un paramètre important. Lequel ?

5 – Indiquer les différentes composantes de la chaleur initiale développée au cours d'une contraction isométrique.

Indiquer l'origine de la chaleur dégagée au cours de la dernière composante.

1. INTRODUCTION

La motricité caractérise les êtres vivants unis, pluricellulaires et l'homme. Chez l'homme apparaissent des cellules allongées spécialisées dans le mouvement. Les cellules musculaires. Quand le cœur bat, quand on digère ou quand on bouge une partie de notre corps, les muscles interviennent. Trois types de muscles permettent d'assurer les multiples fonctions de notre système musculaire. Les muscles lisses qui entrent dans la composition des vaisseaux et des organes internes, les muscles cardiaques qui échappent aux contrôles volontaires et dont l'activité est modulée par le système sympathique et les muscles squelettiques responsables des mouvements volontaires contrôlés par le système nerveux somatique. Ces muscles squelettiques constituent 40 à 45 % du poids total du corps. Leur fonction principale consiste à produire du travail en se contractant.

En fait, les muscles de notre organisme exercent quatre fonctions importantes. Ils produisent le mouvement, maintiennent la posture, stabilisent les articulations et dégagent de la chaleur.

Les muscles squelettiques assurent la locomotion, la manipulation et ils permettent de réagir rapidement aux événements qui surviennent dans notre environnement. Ils effectuent aussi sans cesse des ajustements qui nous permettent de conserver notre posture malgré la force de gravitation.

Enfin, comme toutes les machines, il y a perte d'énergie sous forme de chaleur pendant les contractions musculaires. Cette chaleur contribue à la régulation de la température de l'organisme.

Le tissu musculaire possède certaines propriétés particulières qui lui permettent de remplir ces fonctions : l'excitabilité, la contractilité et l'élasticité.

L'excitabilité est la faculté de percevoir un stimulus et d'y répondre. Dans le cas du muscle squelettique, le stimulus est le neuromédiateur libéré par le neurone. La réponse est la production d'un potentiel d'action qui est à l'origine de la contraction musculaire.

La contractilité est la capacité de se contracter avec force.

L'élasticité est la possibilité que possèdent les muscles de reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les lâche.

2. PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

2.1 – LE POTENTIEL D'ACTION :

Comme les cellules nerveuses, les fibres musculaires sont excitables et entretiennent une différence de potentiel de 60 à 100 mv de part et d'autre de leur membrane (potentiel de repos).

Le potentiel d'action est obtenu après stimulation du muscle soit directement, soit par l'intermédiaire de son nerf moteur.

Le changement de potentiel de membrane produit par le potentiel d'action est le stimulus efficace déclenchant la contraction.

L'étude des potentiels d'action musculaire in situ, fait l'objet de l'électromyographie.

2.2 – NOTION D'UNITÉ MOTRICE :

Les fibres musculaires squelettiques sont innervées par de grandes fibres nerveuses myélinisées qui prennent leur origine dans la corne antérieure de la moelle épinière. Chaque fibre musculaire est innervée par un seul motoneurone dont l'axone se termine au milieu de la fibre musculaire. L'ensemble des fibres musculaires innervées par les ramifications d'un même motoneurone constitue une unité motrice. Fig n° 1

La synapse entre un motoneurone et une fibre musculaire forme la jonction neuromusculaire ou plaque motrice.

Lorsqu'un neurone moteur déclenche un potentiel d'action, toutes les fibres musculaires qu'il innerve répondent par une contraction. En moyenne, le nombre de fibres musculaires par unité motrice est de 150, mais ce nombre peut varier de quatre à plusieurs centaines. Les unités motrices des muscles qui exigent une grande précision (muscles des doigts et des yeux) sont petites, alors que celles des gros muscles extenseurs (cuisses et jambes) dont les mouvements ne sont pas précis sont plus grosses.

2.3 – MODE DE TRANSMISSION NEUROMUSCULAIRE

L'homme ne peut se mouvoir que grâce à ses muscles. Il ne peut avoir d'impact sur son environnement que si ses contractions musculaires sont contrôlées de manière précise. Ce contrôle est assuré, par le système nerveux central par l'intermédiaire des nerfs moteurs.

La transmission nerveuse entre fibre musculaire et nerf moteur s'effectue au niveau de la plaque motrice; formée d'un élément pré synaptique nerveux, un espace synapse et la fibre musculaire.

Les événements qui déclenchent la contraction musculaire sont complexes. Ce processus est initié par l'arrivée de l'influx nerveux au niveau de l'axone du neurone qui provoque l'ouverture des canaux calciques voltages- dépendants présents au niveau des terminaisons nerveuses.

L'entrée du Ca^{++} dans la terminaison axonale, provoque la libération de l'acétylcholine dans la fente synaptique. L'acétylcholine se lie alors, aux récepteurs cholinergiques situés sur le sarcolemme. Cette liaison provoque une dépolarisation locale qui donne naissance à un potentiel de plaque motrice, puis à un potentiel d'action qui va se propager le long du sarcolemme. Une fois amorcé, le potentiel d'action ne peut être arrêté et il mène à la contraction complète de la fibre musculaire. Ce phénomène est appelé « loi du tout ou rien » ce qui signifie que les fibres musculaires se contractent au maximum de leur capacité ou ne se contractent pas du tout.

La durée du potentiel d'action est très courte (1 à 2 ms), alors que celle de la contraction musculaire peut durer 100 ms, c'est-à-dire beaucoup plus longue que le phénomène électrique qui l'a déclenchée. Figure 3

Aussitôt après son action, l'acétylcholine est détruite par l'acétylcholinestérase, une enzyme située au niveau de la jonction neuromusculaire. La contraction musculaire ne peut donc pas se poursuivre en l'absence de stimulation nerveuse. Les événements qui se déroulent à la jonction neuromusculaire peuvent être perturbés par de nombreuses toxines et au cours de certaines maladies, exemple la myasthénie qui est due à un manque de récepteurs à l'acétylcholine, cette maladie se manifeste par une faiblesse et fatigabilité musculaire.

Le curare est un inhibiteur compétitif de l'acétylcholine provoque la paralysie musculaire et l'asphyxie.

2.4 – COUPLAGE EXCITATION CONTRACTION :

Le couplage est la succession d'événements par lesquels le potentiel d'action transmis le long du sarcolemme provoque le glissement des myofilaments. Le potentiel d'action est très court et prend fin avant le début de la contraction. En effet, les phénomènes mécanique et électrique sont étroitement couplés au niveau de la fibre musculaire. Le potentiel d'action survient toujours avant la réponse mécanique.

2.5– L'ÉNERGIE DE LA CONTRACTION :

La contraction musculaire est un processus actif qui nécessite de l'énergie. En plus de son site de liaison vis-à-vis de l'actine, la tête de myosine possède un site de liaison pour l'ATP. C'est l'ATP qui fournit l'énergie nécessaire à la contraction musculaire. La molécule de myosine doit donc se lier à l'ATP pour que la contraction puisse se produire.

L'ATPase enzyme située sur la tête de la myosine catalyse la transformation de l'ATP en ADP et PI ce qui libère de l'énergie. Cette énergie est utilisée pour lier la tête de myosine au filament d'actine.

L'ATP est indispensable pour le processus d'association des protéines antractiles, mais aussi au processus de leur dissociation, car le Ca^{++} est repompé activement dans les citernes sacro-plasmiques.

En post mortum, l'absence de l'ATP empêche la dissociation du complexe actine myosine d'où la rigidité cadavérique.

3. PHENOMENES MECANIQUES DE LA CONTRACTION

3.1. DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES MUSCULAIRES

Les fibres musculaires ne sont pas toutes identiques. On peut identifier trois types de fibres musculaires selon leur diamètre, la quantité de myoglobine qu'elles renferment, l'efficacité de l'ATPase de leur myosine et la voie principale de synthèse de l'ATP.

- **Les fibres rouges à contraction lente** : Sont des cellules minces dont la myosine porte de l'ATPase à action lente et elles se contractent lentement. Leur couleur rouge est due à l'abondance de myoglobine, qui contient du fer, la myoglobine emmagasine l'oxygène et fait augmenter le taux d'utilisation de l'oxygène par ces fibres musculaires. Elles contiennent un grand nombre de mitochondries, sont richement irriguées et les enzymes qui catalysent les réactions aérobiques pour la synthèse de l'ATP sont très actives. Ces fibres sont très résistantes à la fatigue et possèdent une forte endurance.

- **Les fibres blanches à contraction rapide** : Ce sont le plus souvent de grosses cellules pâles et de diamètre deux fois plus important que celui des fibres à contraction lente et renferment peu de myoglobine. Leur myosine contient de l'ATPase à action rapide et leur contraction est rapide. Elles possèdent peu de mitochondries, mais leurs réserves de glycogène

sont importantes; et pendant la contraction, elles produisent de l'ATP par les voies anaérobies. Comme leurs réserves de glycogène sont épuisées rapidement et qu'elles accumulent de l'acide lactique, ces cellules se fatiguent vite. Cependant, leur grand diamètre, qui contient un grand nombre de myofibrilles contractiles, leur permet de produire des contractions puissantes avant de s'épuiser. Ces fibres à contractions rapides sont donc les mieux adaptées pour fournir des mouvements rapides et vigoureux pendant de courtes périodes.

- Les fibres intermédiaires à contraction rapide : Ce sont des cellules rouges ou roses qui, par leur taille, se situent entre les deux autres types de fibres. Comme les fibres blanches à contraction rapide, leur myosine contient de l'ATPase à action rapide et leurs contractions sont rapides, cependant, leurs besoins en oxygène, leur forte teneur en myoglobine et leur grande vascularisation les rapprochent plutôt des fibres rouges à contraction lente. Leur fonctionnement repose surtout sur des processus aérobie, elles sont donc résistantes à la fatigue; mais moins que les fibres rouges à contraction lente.

* Types de fibres et performance : Les muscles spécialisés peuvent compter une large part de fibres d'un certain type, mais la plupart des muscles du corps comportent un mélange de différents types; ce qui leur confère une certaine vitesse de contraction et une certaine résistance à la fatigue. Par exemple, un muscle de l'arrière de la jambe nous permet parfois de courir un sprint en mettant en jeu surtout les fibres blanches; ou une course de fond mettant à contribution les fibres intermédiaires à contraction rapide, ou bien il peut maintenir notre position debout en faisant intervenir surtout les unités motrices qui activent les fibres rouges à contraction lente.

Bien que les muscles de chacun d'entre nous renferment un mélange de trois types de fibres, certaines personnes possèdent relativement plus de fibres d'un type donné. Ces différences sont dues à des facteurs génétiques et déterminent certainement les capacités athlétiques. Par exemple, les muscles des marathonniens comprennent un fort pourcentage à fibres à contraction lente (80%) alors que ceux des spécialistes de sprint possèdent un plus fort pourcentage de fibres à contraction rapide (60%).

3.2. PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES DU MUSCLE AU REPOS :

Ont dit qu'une structure vivante est élastique, lorsqu'elle se laisse déformer sous l'influence d'une force extérieure et reprend sa forme initiale lorsque cette force cesse de s'exercer. Le muscle au repos possède une certaine élasticité du fait du réseau du tissu conjonctif qui entoure les fibres.

Ce type conjonctif est disposé sur le plan mécanique en parallèle avec les éléments contractiles, il s'agit de la composante élastique en parallèle. D'autres structures élastiques, comme les tendons sont disposés en série avec les éléments contractiles formant la composante élastique en série. Fig n° 5

Le muscle est très extensible, une force très faible suffit à le rallonger, son élongation se manifeste d'abord dans le sarcomère où les filaments d'actine et de myosine glissent librement les uns par rapport aux autres. Les bandes I s'allongent et les bandes A sont inchangées. Outre l'élongation des éléments contractiles, on observe également une élongation passive des éléments élastiques pendant l'étirement du muscle.

3.3. LA CONTRACTILITÉ :

A – DÉFINITION :

C'est la capacité du muscle à s'activer provoquant une contraction. La réponse du muscle à une stimulation dépend de la situation dans laquelle il se trouve au moment de la stimulation.

B – TECHNIQUE D'ÉTUDE :

Les phénomènes mécaniques de la contraction musculaire peuvent s'étudier facilement sur une préparation nerf muscle, ou directement sur le muscle. Pour étudier ces propriétés mécaniques, on utilise deux types d'enregistrements myothgraphiques :

- Les myographes isométriques : Permettent d'enregistrer les variations de tension musculaire sur le muscle maintenu à une longueur constante. Un dynamomètre placé à une des extrémités du muscle permet de mesurer la tension développée par le muscle.
- Dans l'enregistrement isotonique : la contraction est mesurée sur un muscle attaché par une de ses extrémités à un point fixe, et maintenu en extension par un poids constant, mais mobile suspendu à l'autre extrémité. Dans ce cas la force appliquée au muscle est constante et on suit les changements de longueur provoqués par l'excitation Fig n° 4

C – ÉTUDE DES RÉPONSES MÉCANIQUES EN FONCTION DU TEMPS :

Les réponses diffèrent selon que l'on applique au muscle, on à son nerf moteur, une stimulation unique ou plusieurs stimulations.

C1 : La secousse isolée : La stimulation électrique du muscle squelettique ou de son nerf moteur provoque un potentiel d'action suivi d'une contraction musculaire rapide appelée secousse.

- En conditions isométriques, elle se traduit par un bref accroissement de la tension que développe le muscle. Elle débute quelques millisecondes après le potentiel d'action. Le force exercée par le muscle atteint son maximum en 80 millisecondes, elle revient plus lentement à sa valeur de repos. On distingue donc, une phase ascendante et une phase de relâchement dans la contraction.
- Dans le cas d'une contraction isotonique, on suit les variations de la longueur du muscle en fonction du temps.

La durée de la contraction est beaucoup plus longue que celle du potentiel d'action (100 fois plus). Le potentiel d'action a presque disparu lorsque la contraction qu'il induit commence à manifester ses effets.

Cette réponse mécanique est constante pour des conditions de stimulation et pour un état physiologique donné. Mais elle est susceptible de varier avec de nombreux facteurs.

- L'intensité de la stimulation : Le fibre musculaire isolée obéit à la loi du tout ou rien : c'est-à-dire, si la stimulation est trop faible, il n'y a pas de réponse, et cette fibre se contracte pour une stimulation liminaire ou supra liminaire. Au niveau du muscle entier, si on augmente l'intensité de la stimulation, les réponses sont d'abord faibles, puis augmentent progressivement d'intensité jusqu'à un maximum au-delà duquel l'augmentation de la stimulation reste sans effet. Ceci est dû au recrutement des unités motrices qui se fait progressivement.
- La nature du muscle : La secousse d'un muscle blanc est plus rapide que celle d'un muscle rouge. Ainsi chez le chat on a mesuré les valeurs suivantes :
 - Muscle droit interne de l'œil 8 ms.
 - Gastrocnémien (muscle blanc) 40 ms.
 - Soléaire (muscle rouge) 100 ms.
- La fatigue musculaire : La secousse du muscle fatigué est d'amplitude moindre, par suite d'une diminution du nombre des unités motrices actives et des modifications biochimiques locales qui accompagnent la fatigue.

C2 – Réponses graduées du muscle : La secousse musculaire isolée s'observe surtout en laboratoire. L'activité musculaire dans l'organisme se manifeste par des contractions musculaires relativement longues et continues et leur force varie en fonction des besoins. En règle générale, la contraction musculaire peut être modulée de deux façons, soit par une accélération de la fréquence des stimulations, qui produira une sommation temporelle des contractions soit par la sommation spatiale d'unités motrices; ce qui donnera une sommation de leurs forces respectives.

- Sommation temporelle et téтанos Fig n° 6 : En condition isométrique, si une seconde impulsion électrique est appliquée au muscle avant la fin de la secousse, la seconde contraction part du niveau atteint par la première, de sorte que la réponse globale devient plus forte et dure plus longtemps. Ce phénomène est appelé sommation temporelle.

En rapprochant les deux excitations, on obtient une fusion de plus en plus parfaite des deux réponses. Si on répète régulièrement les excitations, la contraction se développe en série de paliers modulés au rythme des excitations et atteint une sorte de plateau ondulant d'autant plus élevé que la fréquence est plus grande. C'est le téтанos imparfait. Pour une certaine fréquence, dite fréquence de fusion, la réponse tend vers un maximum, le téтанos parfait. Le niveau atteint par la sommation des contractions à forte fréquence de stimulation correspond à la force maximale que peut développer ce muscle. Cette force est 2 à 5 fois plus grande que celle correspondant à la contraction isolée.

La fréquence de fusion dépend de la nature des fibres qui constituent le muscle donc de la durée de la secousse musculaire. Elle peut aller de 30 stimulations/seconde pour un muscle lent comme le muscle soléaire de la jambe, jusqu'à 350 stimulations par seconde pour les muscles rapides oculaires.

- Sommation spatiale Fig n° 7 : Bien que la sommation temporelle des contractions donne plus de force à la réponse musculaire, la force de contraction musculaire dépend de la sommation spatiale; c'est-à-dire du nombre d'unités qui se contractent simultanément. On peut reproduire ce phénomène expérimentalement en administrant des stimulations électriques d'intensité croissante pour mobiliser un nombre de fibres musculaires de plus en plus grand. Au fur et à mesure que l'on augmente l'intensité du stimulus, les contractions musculaires sont de plus en plus grandes. Le stimulus maximal permet la contraction de toutes les unités motrices du muscle. Dans l'organisme, la stimulation nerveuse d'un nombre croissant d'unités motrices du même muscle nous donne le même résultat. Au cours des contractions musculaires faibles et précises, un nombre relativement peu élevé d'unités motrices sont stimulées. Inversement, lorsqu'un grand nombre d'unités motrices sont activées, le muscle se contracte avec force. C'est ainsi que la main qui vous tapote la joue pourrait aussi vous administrer une gifle. Dans n'importe quel muscle, les unités motrices les plus petites, c'est-à-dire celles qui possèdent le moins de fibres musculaires sont commandées par les motoneurones les plus sensibles ont tendance à être activés les premiers. Les unités motrices plus grosses, qui dépendent des neurones moins sensibles sont activées dans le cas de contractions plus fortes.
- Sommation asynchrone des unités motrices Fig n° 8 : La contraction volontaire correspond à un téтанos physiologique parfait, quelque soit le niveau de la force obtenue. L'étude des potentiels d'unités motrices a permis de montrer qu'elles fonctionnent à fréquence peu élevée et ne sont pas activées simultanément, mais qu'il existe une rotation entre elles; c'est-à-dire que tandis qu'une se contracte, l'autre se relâche, puis une autre se décharge, suivie, d'une autre encore et ainsi de suite. Les unités motrices se déchargent donc synchroniquement. La tension déployée, par le muscle, demeure continue, régulière et non saccadée, même pour des fréquences de stimulation faible (5 stimulations/seconde).

4. CONTRACTION ET TRAVAIL MUSCULAIRE

4.1 – LES DIFFÉRENTES MODALITÉS D'ACTIVITÉ

Marcher, courir, nager, rouler à bicyclette, toutes ces activités musculaires résultent de la mise en jeu du système musculaire. L'analyse d'une activité physique doit tenir compte de la position dans laquelle les muscles sont sollicités et de leur durée de contraction.

Le résultat de la contraction d'un muscle dépend du rapport entre sa force F_m et la force extérieure F_e qui lui est opposé. Trois cas sont possibles :

1. $F_m = F_e$: Dans ce cas il n'y a pas de raccourcissement ou d'allongement du muscle et il n'y a pas de mouvement. On est en présence d'une contraction isométrique.

Les ponts d'actine myosine exercent leur action, mais il n'y a pas de glissement de filaments fins sur les filaments épais. L'énergie dépensée pendant la contraction est toute dissipée sous forme de chaleur.

La force musculaire est différente de la force extérieure. Il y a donc mouvement, mais deux cas sont possibles.

2. $F_m > F_e$: IL s'agit d'une contraction avec raccourcissement.

3. $F_m < F_e$: La force extérieure est supérieure, la contraction se fait avec allongement du muscle. Ces deux types de contraction sont dits anisométriques.

En physiologie on admet que le muscle effectue un travail dans les trois cas, on parle de :

- Travail dynamique actif quand il se raccourcit.
- Travail dynamique résistant quand malgré son état de contraction, il s'allonge.
- Travail statique pour la contraction isométrique.

4.2 – CONTRACTION MUSCULAIRE STATIQUE : RELATION TENSION-LONGUEUR :

A – ÉTUDE DU MUSCLE AU REPOS :

Cette contraction musculaire s'effectue à longueur constante : contraction isométrique brève et maintenue.

Dans ces conditions, on a pu démontrer que la tension développée par le muscle dépend beaucoup de la longueur des fibres au moment de l'activation, c'est-à-dire du degré de tension préalable. Expérimentalement on a pu établir chez l'animal le diagramme tension longueur sur une préparation nerf muscle. Ce même diagramme a été retrouvé chez l'homme.

Dans le cas d'un muscle au repos, lors d'un étirement progressif, une tension n'apparaît qu'à d'une longueur donnée, la longueur d'équilibre. C'est la longueur que prend spontanément le muscle désinséré quand il n'est soumis à aucune force externe. À partir de cette longueur, la tension croît exponentiellement jusqu'à une longueur de 1,8 fois de sa longueur d'équilibre. Le muscle peut donc supporter sans dommage d'être étiré 1,8 fois sa longueur d'équilibre, mais tout étirement supplémentaire lèse les fibres musculaires.

La courbe tension-longueur du muscle au repos est appelée courbe tension passive.

Lorsqu'on étire le muscle, l'élongation se manifeste d'abord dans le sarcomère où les filaments d'actine et de myosine glissent les uns par rapport aux autres. Les bandes I s'allongent et les bandes A sont inchangées. Outre l'élongation des éléments élastiques pendant l'étirement du muscle. Ces éléments élastiques sont principalement les tendons.

B - ÉTUDE DU MUSCLE EN ACTIVITÉ :

Le degré d'étirement préalable d'un muscle n'a pas seulement une importance pour la tension du muscle au repos, mais aussi vis-à-vis de la force qu'il développe pendant sa contraction.

Si on mesure la tension isométrique d'un muscle à longueur croissante c'est-à-dire en modifiant sa longueur avant chaque excitation, on constate que la tension qu'il développe n'apparaît que pour une longueur du muscle égale à 40% de sa longueur d'équilibre. C'est la plus courte longueur à laquelle un muscle peut encore développer une force. La tension croît ensuite rapidement, passe par un maximum, et décroît enfin pour les valeurs élevées de la longueur du muscle.

La longueur à laquelle on enregistre une tension maximale est définie comme la longueur de repos, car elle coïncide avec la longueur du muscle en absence de toute contraction (Fig n° 9).

C – RELATION ENTRE LA TENSION DÉVELOPPÉE ET LA LONGUEUR DU SARCOMÈRE :

En déduisant point par point la tension passive de la tension totale, on obtient une 3e courbe dite tension utile, mettant en évidence la force contractile nette utilisable pour la réalisation d'un travail musculaire.

On peut expliquer par l'arrangement des filaments dans le sarcomère, la dépendance qui existe entre la force de contraction et le degré d'étirement préalable du muscle.

. Au maximum d'étirement préalable, les filaments ne se recouvrent guère, et au aucun pont ne se constitue entre eux et en conséquence, aucune force de contraction n'est développée.

- . Pour des étirements progressivement décroissants (entre A et B) le recouvrement des micro filaments croît et la force de contraction développée croît proportionnellement. L'optimum est atteint entre (B et C), lorsque les ponts moléculaires peuvent s'attacher à l'actine sur toute la longueur du filament de myosine.
- . Pour les longueurs du muscle inférieures à la longueur de repos (C à E) la force de contraction diminue rapidement, car il existe un recouvrement excessif des filaments qui s'oppose à la formation de ponts.

Les stries Z peuvent entrer en contact avec les filaments de myosine en E, et ainsi le couplage électromécanique est empêché.

On peut donc expliquer quantitativement les liens entre la force contractile et le degré d'étirement préalable du muscle, par le degré de recouvrement des filaments d'actine et de myosine. La réaction chimique qui commande la contraction ne peut intervenir que lorsque les filaments d'actine et de myosine sont étroitement adjacents.

Lorsqu'ils se recouvrent, la force isométrique est proportionnelle au nombre de molécules d'actine et de myosine qui sont en interaction Fig n° 10.

4.3 – CONTRACTION STATIQUE DANS LA VIE COURANTE :

La contraction isométrique apparaît dans la vie courante sous deux formes : maintien de la posture et le maintien d'une charge.

- . Le maintien d'une posture : Il résulte de la contraction isométrique de certains groupes musculaires : muscles de la nuque pour le maintien de la tête sur le cou, muscles extenseurs para vertébraux pour le maintien du tronc en position érigée et les extenseurs des membres inférieurs (muscles du mollet, quadriceps, fessiers).

La contraction de tous ces muscles est nécessaire pour que le centre de gravité du corps soit maintenu à l'intérieur du polygone de sustentation délimité par les deux pieds.

- . Le maintien d'une charge extérieure : Il nécessite une contraction isométrique continue (certains cas de postes de travail industriel). Dans ce cas la force statique est appelée à lutter soit contre la pesanteur, soit contre une autre force extérieure : exemple lors de la poussée d'une pédale.

4.4 – CONTRACTION MUSCULAIRE DYNAMIQUE :

A. TRAVAIL DYNAMIQUE ACTIF : diagramme – force – vitesse Fig n° 11

La relation de la force musculaire avec la vitesse de raccourcissement a été précisée sur le muscle isolé de l'animal lors d'une contraction obtenue par téτανisation électrique maximale.

L'expérience a montré que, la force de contraction développée par un muscle, diminue lorsque la vitesse à laquelle il se raccourcit augmente. La force est maximale pour une vitesse nulle, c'est-à-dire lors d'une contraction isométrique.

La relation force vitesse analogue à celle constatée sur le muscle isolé téτανisé a été obtenue chez l'homme. On constate que plus le mouvement effectué est rapide moins grande est la force développée.

La diminution de la force de contraction lorsque la vitesse de contraction croît, peut s'exprimer quantitativement à partir du phénomène de glissement des filaments de myosine et d'actine les uns par rapport aux autres.

La force développée par le muscle est en effet proportionnelle au nombre de liens formés par unité de temps entre filaments d'actine et de myosine. Plus vite les filaments d'actine et de myosine glissent les uns sur les autres, durant la contraction plus faible est le nombre de liens qu'ils peuvent contacter par unité de temps. Donc lorsque la vitesse croît, la force doit diminuer.

B. CONTRACTION AVEC ALLONGEMENT : TRAVAIL DYNAMIQUE RÉSISTANT :

Si toutes les fibres musculaires sont mobilisées, lors d'une contraction volontaire, pour maintenir une charge donnée, leur mobilisation partielle suffit pour la reposer. L'expérience quotidienne le laisse entrevoir : un sujet doit effectuer un effort moins important pour reposer une charge que pour la soulever et descend un escalier plus aisément qu'il ne le monte. Dans ce cas, la pesanteur représente la force extérieure principale que doivent surmonter les muscles lors de leur contraction avec allongement. La marche, le saut, la levée ou la pose d'un objet sont des exemples où la contraction musculaire s'oppose à la pesanteur.

Lors des contractions excentriques (avec allongement), la force produite augmente avec la vitesse de contraction. Par exemple, quand vous essayez de poser un objet très lourd sur la table; ce sont les contractions excentriques rapides qui permettent de développer les forces les plus élevées.

5. ETUDE ENERGETIQUE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE:

Lors de la contraction d'un muscle, l'énergie servant à l'activité contractile est fournie par l'ATP. Mais, les quantités d'ATP emmagasinées dans les muscles ne sont pas importantes; il doit donc être régénéré de façon continue afin que la contraction puisse se poursuivre. En effet, une fois que l'ATP est hydrolysé en ADP et en phosphate organique, sa régénération se fait en une fraction de seconde suivant trois voies : par interaction de l'ADP avec la créatine phosphate. À partir du glycogène emmagasiné et par une voie anaérobie appelée glycolyse anaérobie et enfin par respiration aérobie.

5.1 – PHOSPHORYLATION DIRECTE DE L'ADP PAR LA CRÉATINE PHOSPHATE :

Au début d'une activité musculaire intense, l'ATP emmagasiné dans les muscles actifs s'épuise rapidement. La créatine phosphate CP, une molécule à haute énergie est utilisée pour régénérer l'ATP pendant que les voies métaboliques s'adaptent à l'augmentation soudaine de la demande d'ATP. L'ensemble, l'ATP et la créatine phosphate présents dans le muscle permettent de maintenir une puissance musculaire maximale pendant 15 secondes. La réaction couplée est facilement réversible, et les réserves de CP sont reconstituées au cours des périodes d'inactivité.

5.2 – GLYCOLYSE ANAÉROBIE ET PRODUCTION D'ACIDE LACTIQUE :

Au moment où les réserves d'ATP et de CP sont utilisées, d'autres quantités d'ATP sont produites par le catabolisme du glucose provenant de la circulation. Cette glycolyse fournit 2 ATP et de l'acide pyruvique par molécule de glucose dégradée. Lorsque les muscles se contractent vigoureusement pendant un temps assez long, les muscles sont gonflés, compriment les vaisseaux sanguins qu'ils contiennent; provoquant une diminution de l'apport de sang et par le fait même celui de l'oxygène. Dans ces conditions, l'acide pyruvique est transformé en acide lactique et l'ensemble du processus est appelé glycolyse anaérobie.

Cette voie anaérobie procure environ 5% de l'ATP que fournit la voie aérobie, par molécule de glucose; cependant, elle produit de l'ATP deux fois et demi plus vite. Par conséquent, lorsqu'il faut de grandes quantités d'ATP durant de courtes périodes d'activité musculaire soutenue (30 à 40 secondes); la glycolyse peut en fournir une grande partie. Les réserves d'ATP et CP et le système glycolyse acide lactique peuvent entretenir une activité musculaire intense pendant une minute.

5.3– RESPIRATION CELLULAIRE AÉROBIE :

Lors d'une activité musculaire légère, mais prolongée, 95% de l'ATP utilisé par les muscles est fourni par la respiration cellulaire aérobie par des réactions de phosphorylation oxydative. Ce mécanisme fournit de grandes quantités d'ATP (36 molécules d'ATP par molécule de glucose oxydée). Tant qu'elle dispose de quantités suffisantes d'oxygène de glucose, la cellule musculaire fabrique de l'ATP au moyen de réactions aérobies. Lorsque la demande commence à dépasser la capacité du système cardio-vasculaire de procurer des nutriments et l'oxygène; ces cellules font intervenir les réactions anaérobies qui vont entraîner une accumulation d'acide lactique et une fatigue musculaire.

5.4– SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES MIS EN JEU PENDANT LES ACTIVITÉS SPORTIVES :

Les spécialistes en physiologie de l'exercice physique ont pu évaluer la part de chaque système de production d'énergie dans les activités sportives. L'énergie nécessaire aux activités qui demandent une puissance instantanée, mais qui dure que quelques minutes (plongeon, sprint), provient uniquement des réserves d'ATP et de CP, les autres mécanismes de production d'énergie n'ont pas le temps de s'activer avant de l'activité. Les activités qui nécessitent des efforts intermittents (Tennis, football, natation...) sont presque uniquement alimentées par la voie anaérobie qui produit de l'acide lactique. Les épreuves plus longues (marathon, course à pied) dans lesquelles l'endurance est essentielle font appel principalement aux voies aérobies.

5.5 – FATIGUE MUSCULAIRE :

Le glycogène emmagasiné dans les cellules musculaires leur permet de se passer, pendant un certain temps, du glucose apporté par le sang. Cependant, en cas d'effort soutenu, ces réserves s'épuisent aussi et la production d'ATP ne suffit plus à la demande. Les muscles se contractent de manière de moins en moins efficace. La fatigue musculaire finit par apparaître et l'activité s'arrête, même si le muscle reçoit encore des stimulations. La fatigue musculaire est une incapacité physiologique de se contracter.

Chaque élément de la chaîne permettant la réalisation d'un travail mécanique à partir de sa programmation jusqu'à sa réalisation peut être impliqué dans la fatigue musculaire. Quatre d'entre eux sont plus fréquemment impliqués :

1 – La diminution de la fréquence d'émission des influx par les motoneurones liés surtout à la diminution de la stimulation centrale.

- 2 – Une grande accumulation d'acide lactique ainsi que des déséquilibres ioniques contribuent également à la fatigue. L'acide lactique provoque une chute du pH des muscles et entraîne une fatigue extrême et réduit l'utilisation de la voie anaérobie dans la production d'ATP.
- 3 – Pendant la transmission des potentiels d'action, les cellules musculaires perdent du potassium et reçoivent un excès de sodium. Tant qu'il y a de l'ATP pour alimenter la pompe à Na^+K^+ , ces déséquilibres ioniques sont corrigés. Mais, lorsqu'il ne reste plus d'ATP la pompe cesse de fonctionner et la cellule musculaire ne répond plus à la stimulation.
- 4 – Déplétion des réserves de glycogène.

6. PHÉNOMÈNES THERMIQUES DE LA CONTRACTION :

6.1 – THERMOGÉNÈSE DE REPOS :

Comme tous les tissus, les muscles produisent de la chaleur de façon continue. La thermogénèse de repos est très affectée par la température avec Q_{10} de 2,5. Ceci signifie que les 30 kg de muscle d'un homme au repos à 37 °C produisent environ 300 cal/mn, correspondant à l'utilisation d'environ 60 ml O_2 /mn : c'est une fraction appréciable du métabolisme de base. La fonction de ce métabolisme de repos consiste à maintenir la structure du muscle et le potentiel de repos. Cette thermogénèse joue un rôle important dans la thermorégulation.

6.2 – CHALEUR INITIALE ET CHALEUR RETARDÉE :

L'excitation augmente la production de chaleur par le muscle de façon explosive. C'est ainsi que durant un exercice de grande intensité, certains muscles sont le siège d'un dégagement de chaleur important représentant une augmentation de 75 à 80 % de la valeur de repos.

Ces dégagements de chaleur ont pu être identifiés sur une préparation nerf-muscle, au cours de secousses isolées ou de brefs tétanos. C'est ainsi qu'on a pu distinguer deux phases :

- L'une de chaleur initiale : c'est un dégagement précoce qui débute avant même la réponse mécanique et accompagne la contraction.
- L'autre de chaleur retardée : quantitativement un peu plus importante (+30% environ). Elle apparaît dès la phase de décontraction de la secousse, ou à la fin du tétanos, mais persiste lorsque le muscle est revenu à l'état de repos et se prolonge pendant plusieurs dizaines de minutes après le relâchement (chaleur retardée). Elle correspond à des processus oxydatifs permettant au muscle de reconstituer les substrats énergétiques entrant dans le métabolisme anaérobie (ATP, phosphocréatine) qui ont été utilisés au tout début de la contraction musculaire.

6.3 – COMPOSANTES DE LA CHALEUR INITIALE :

La chaleur initiale libérée pendant une contraction isométrique peut être décomposée en plusieurs phases.

- 1 – La chaleur d'activation :** Elle apparaît juste après l'excitation dès le milieu de la période de latence et elle atteint son maximum au moment où la tension est à peine détectable. Elle résulte de l'interaction entre les protéines contractiles.
- 2 – La chaleur de maintien :** Le début de la contraction tétanique implique la même réorganisation interne des éléments contractiles et élastiques que le début de la secousse, et s'accompagne des mêmes effets thermiques. Une fois la tension stabilisée, de l'énergie continue à être dissipée, sous forme d'un flux de chaleur de maintien de la contraction, aussi longtemps que les excitations entretiennent l'état d'activité.
- 3 – La chaleur de raccourcissement :** Lorsque l'on permet à un muscle initialement tétanisé en isométrie de se raccourcir, on observe une augmentation importante de la chaleur produite, très supérieure à la chaleur de maintien, il s'agit d'une chaleur de raccourcissement, liée directement au travail mécanique réalisé.
- 4 – La chaleur de relaxation :** Lorsqu'un muscle préalablement tétanisé se relâche, un dégagement supplémentaire de chaleur peut être observé correspondant à la libération de l'énergie stockée dans les éléments élastiques du muscle Fig n° 11.

7. EXPLORATION FONCTIONNELLE DE L'ACTIVITÉ MUSCULAIRE : ÉTUDE DE L'EMG :

C'est l'étude du fonctionnement des unités motrices et du muscle d'après les phénomènes électriques de la contraction réflexe ou volontaire. Ceux-ci sont enregistrés par deux techniques :

7.1 – L'ÉLECTROMYOGRAPHIE ÉLÉMENTAIRE :

Elle permet d'étudier l'activité d'une ou de plusieurs unités motrices. Les variations de potentiels sont recueillies à l'aide d'aiguilles fines (0,25 mm de diamètre). Les électrodes réceptives sont reliées à un amplificateur. La fréquence est de 20 à 25 battements par seconde, ce qui correspond du point de vue mécanique à un tétanos. Le tracé montre que lorsque la force de contraction augmente deux phénomènes surviennent :

- Le nombre d'unités activées augmente, il y a recrutement des unités motrices.
- La fréquence de battement de chaque unité motrice s'élève de 20 à 30/s.

Pour les contractions maximales, on constate que la fréquence de battements atteint 40 à 45/s, dans ce cas toutes les unités motrices sont activées simultanément.

L'enregistrement montre que lorsque la force de contraction augmente, c'est non seulement la fréquence d'excitation de chaque unité motrice qui croît, mais aussi le nombre d'unités. En effet, on voit apparaître un grand nombre de petites impulsions.

Ces spikes sont engendrés par des unités motrices voisines, mais suffisamment éloignées des électrodes pour ne provoquer que de faibles changements de potentiel au niveau des électrodes.

7.2 – L'ÉLECTROMYOGRAPHIE GLOBALE :

Elle permet d'étudier l'activité du muscle entier. L'activité électrique globale d'une contraction volontaire ou réflexe est recueillie entre deux électrodes placées en regard du muscle étudié. La fréquence des potentiels se situe aux environs de 50/s. Une relation entre les phénomènes mécaniques et électriques a été mise en évidence.

Cette relation présente un grand intérêt, car elle nous permet de mesurer par l'électromyographie, la force de contraction d'un muscle lors de son activité Fig n° 13.

7.3 – L'INTÉRÊT PRATIQUE DE L'EMG :

L'EMG permet de décrire le potentiel d'unité motrice, de mesurer la vitesse de propagation de ces phénomènes et de comprendre le mécanisme de fonctionnement des unités motrices.

L'EMG est très utilisé en neurophysiologie pour établir le diagnostic de maladies musculaires : Paralysie, myasthénie (diminution de la force des muscles), ou myotonie (augmentation incontrôlée de cette force).

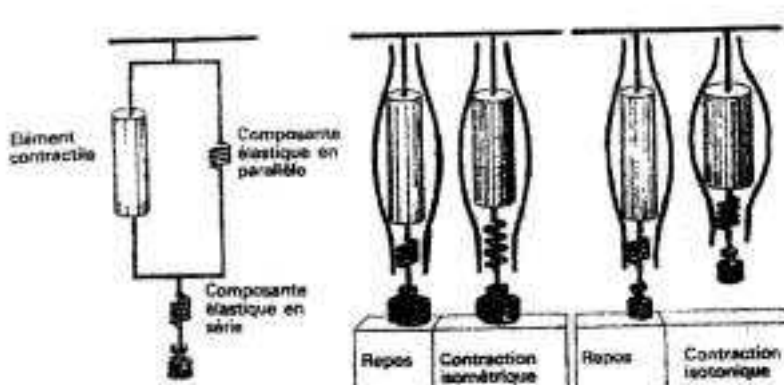


Fig. n° 1 : MODELES DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

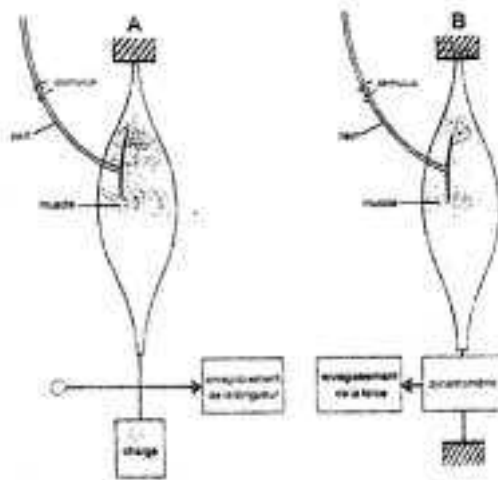


Fig. n° 2 : CONTRACTION ISOTONIQUE CONTRACTION ISOMETRIQUE

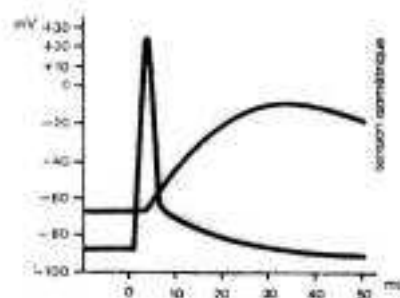


Fig. n° 2 : POTENTIEL D'ACTION ET CONTRACTION MUSCULAIRE

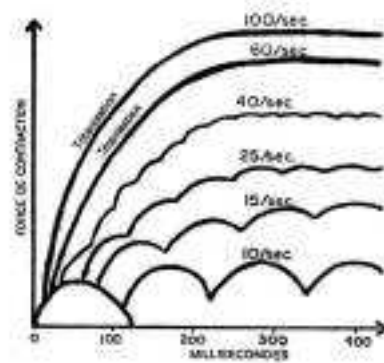


Fig. n° 3 : SOMMATION ONDULANTE ET TETANISATION

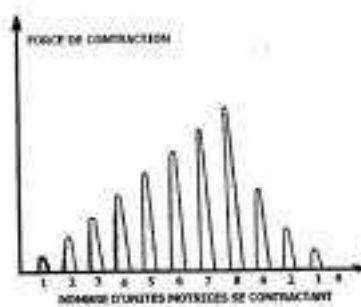


Fig. n° 4 : SOMMATION D'UNITES MOTRICES MULTIPLES

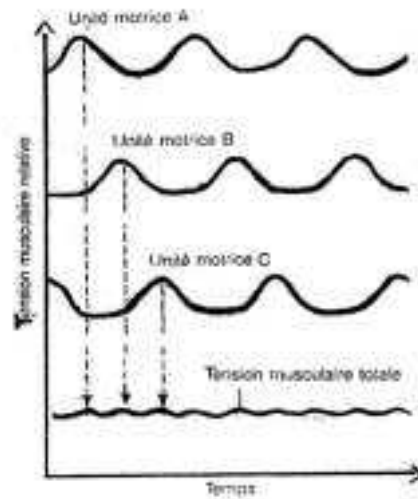


Fig. n° 5 : SOMMATION ASYNCHRONE D'UNITES MOTRICES

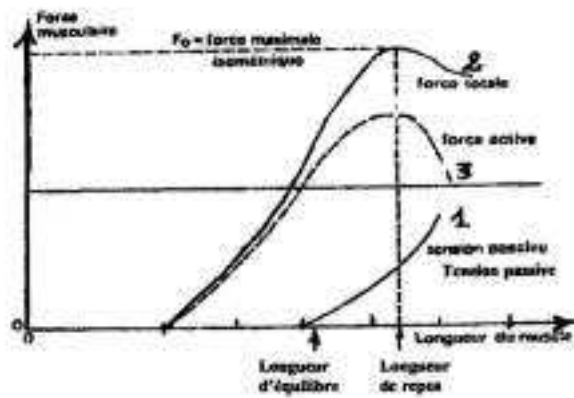


Fig. n° 6 : DIAGRAMME TENSION-Longueur

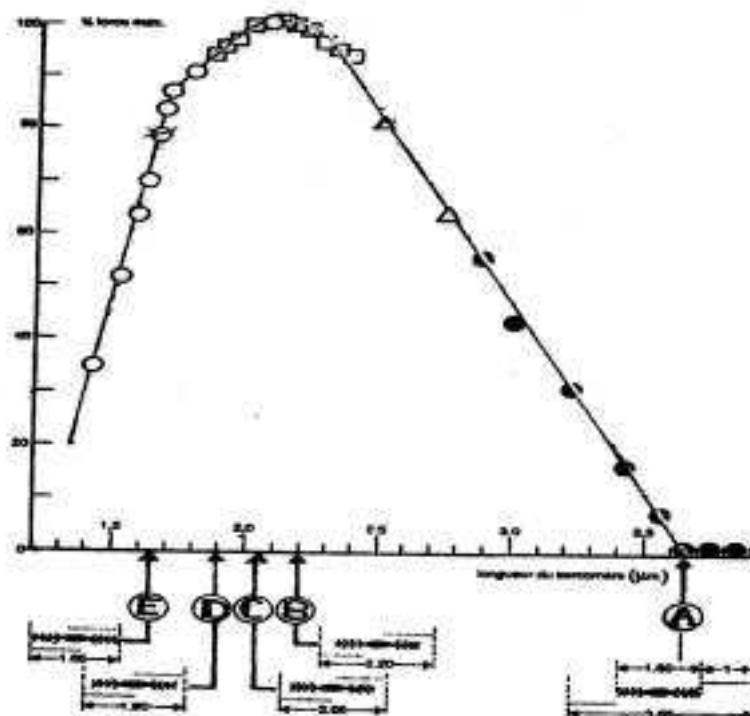


Fig. n° 7 : FORCE ISOMETRIQUE DEVELOPPEE EN FONCTION DE LA LONGUEUR DU SARCOMERE

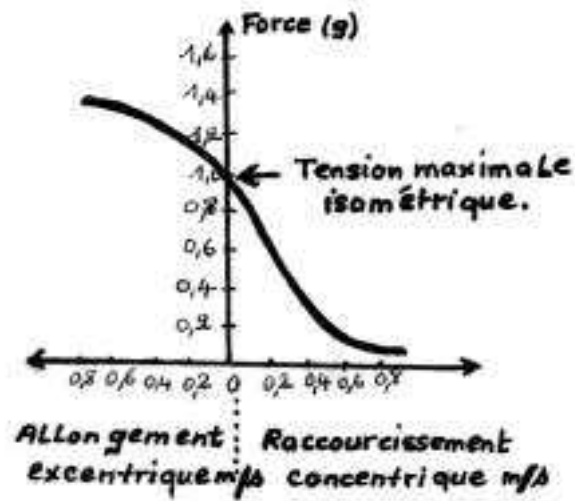


Fig. n° 8 : DIAGRAMME FORCE-VITESSE

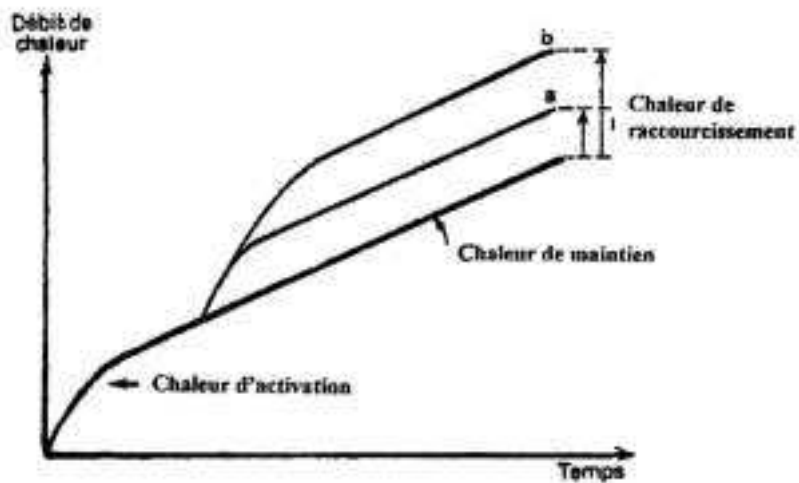


Fig. n° 9 : PRODUCTION DE CHALEUR PAR LE MUSCLE

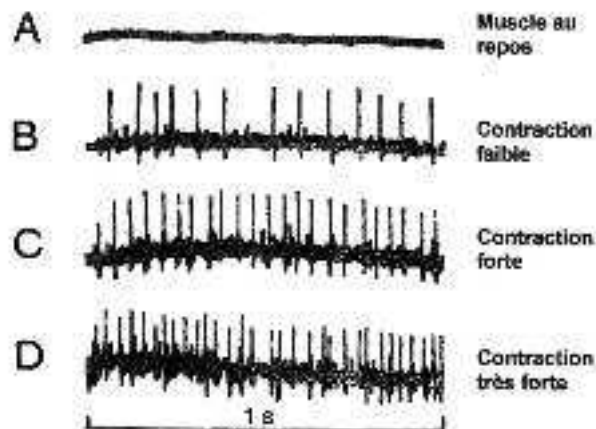


Fig. n° 10 : ELECTROMYOGRAMME D'UN MUSCLE

THEME VB
LOCOMOTRICITE
BIOCHIMIE

BIOCHIMIE DE LA LOCOMOTRICITE

Les objectifs éducationnels

Au terme de ce cours, l'étudiant pourra :

- 1- Citer les éléments organiques et minéraux entrant dans la composition des tissus cartilagineux et osseux.
- 2- Schématiser les voies de biosynthèse et de dégradation du collagène et de l'élastine
- 3- Connaître les aspects pathologiques associés au métabolisme du collagène et de l'élastine
- 4- Discuter les mécanismes biochimiques impliqués dans le processus de l'ossification.
- 5- Préciser les mécanismes de la régulation du remodelage osseux
- 6- Connaître les paramètres biochimiques utilisés dans l'exploration du tissu osseux.
- 7- Connaître les constituants protéiques de la myofibrille.
- 8- Décrire les phénomènes biochimiques de la contraction et de la relaxation musculaire.
- 9- Définir les différentes voies métaboliques aboutissant à la synthèse de l'ATP dans la cellule musculaire.
- 10- Indiquer selon la nature de l'effort les différents combustibles utilisés par le muscle.
- 11- Connaître les effets de l'entraînement musculaire.
- 12- Préciser les marqueurs biochimiques des pathologies musculaires.

PLAN DU COURS

I- LE TISSU CARTILAGINEUX ET OSSEUX

- A. Composition du tissu cartilagineux
- B. Composition du tissu osseux
- C. Métabolisme du collagène
- D. Métabolisme des fibres élastiques
- E. Remodelage osseux
- F. Exploration biochimique de l'équilibre phosphocalcique

II- LE TISSU MUSCULAIRE SQUELETTIQUE

- A. Constituants de la fibre musculaire
- B. Structure de la myofibrille
- C. Composition protéique de la myofibrille

D. Mécanisme de la contraction

E. Les sources d'énergie de la contraction musculaire

F. Utilisation des combustibles

- 1- Utilisation du glucose
- 2- Utilisation des acides gras
- 3- Utilisation des corps cétoniques
- 4- Utilisation des acides aminés
- 5- Restauration des biomolécules énergétiques

G. La fatigue musculaire

H. Effets de l'entraînement

I. Explorations biochimiques des pathologies musculaires

I-TISSU CARTILAGINEUX ET OSSEUX

A.COMPOSITION DU TISSU CARTILAGINEUX

Les cartilages sont des formations conjonctives spécialisées dont les cellules appelées chondrocytes sont disséminées au sein d'une matrice extra cellulaire solide, mais non calcifiée. Ils sont dépourvus de vascularisation.

Le tissu cartilagineux est riche en eau d'où sa déformabilité. Sa teneur en eau diminue avec l'âge. Il est riche en sulfates (environ 40 %), sodium et potassium (environ 50 %). Il contient aussi de faibles quantités de chlorures, de carbonates, de magnésium et de phosphates. On distingue 3 types de cartilage : le cartilage hyalin, le cartilage fibreux et le cartilage élastique.

TABEAU 1 : Caractéristiques des différents types de cartilage

Type du cartilage	Abondance et Composition de la SF	Composition de la partie fibrillaire	Densité en chondrocytes	Glycoprotéines de structure	Localisations
C. hyalin	Abondante Chondroïtine 6S +++ Kératane S +	Collagène II, IX, XI	Moyennement abondants	Chondronectine Chondrocalcine	articulations
C. fibreux	Moyennement abondante	Collagène II, I	Peu abondants	Chondronectine Chondrocalcine	DIV, tendons, ménisques, SP
C.élastique	Peu abondante	Collagène II Elastine, fibrilline	Abondants	Chondronectine Chondrocalcine	pavillon de l'oreille, trompe d'Eustache, ailes du nez, épiglote

C : cartilage, SF : substance fondamentale, DIV : disques intervertébraux, SP : symphyse pubienne

Une diminution du chondroïtine 6 sulfate avec une élévation du taux du kératane sulfate est notée lors de la vieillesse.

B. COMPOSITION DU TISSU OSSEUX

Le tissu osseux est un tissu conjonctif dont la substance fondamentale est calcifiée. Les cellules retrouvées dans le tissu osseux appartiennent à deux principales lignées : la lignée ostéoblastique et la lignée ostéoclastique.

La composition globale moyenne de l'os brut est de 25 % d'eau, 25 % de substances organiques et 50 % d'éléments minéraux. Le tissu osseux constitue un réservoir pour l'organisme contenant 99 % des réserves de calcium et 88 % des réserves de phosphore. Il contient en outre du Mg, du Na et du K. La composition organique et minérale du tissu osseux est la suivante :

Matrice organique	Matrice minérale
Collagène I +++	Phosphates tricalciques +++
Ostéocalcine (Gla protéine), ostéonectine	Carbonates de Ca ++
Protéoglycanes	Citrates de Ca +
Citrates, lactates	

Une des caractéristiques importantes du collagène osseux est le grand espace ménagé entre ses molécules de tropocollagène où se déposent les cristaux de phosphates tricalciques : hydroxyapatite. La Gla protéine (protéine renfermant plusieurs résidus de γ carboxyGlu) et l'ostéonectine présentent une grande affinité pour le Ca et favorisent l'ostéof ormation.

D'autre part, la présence de nombreuses liaisons croisées entre les molécules de tropocollagène est à l'origine de sa grande résistance et de son insolubilité.

C. MÉTABOLISME DU COLLAGÈNE

Le collagène est le principal composant de la plupart des tissus conjonctifs. Il forme une sorte d'ossature extra cellulaire. Il existe plusieurs types de collagène (28 types). Le principal collagène du tissu cartilagineux est le collagène de type II.

C.1.BIOSYNTÈSE DU COLLAGÈNE

Sa biosynthèse comporte deux phases : une phase intracellulaire dans les fibroblastes, menant à la formation du procollagène et une phase extracellulaire correspondant à l'assemblage des tropocollagènes en fibres.

*La phase intracellulaire

Elle comporte plusieurs étapes :

1^{ère} étape : synthèse des chaînes peptidiques de procollagène (plus longues que les chaînes α du tropocollagène). Les trois chaînes synthétisées en même temps, possèdent des peptides supplémentaires appelés « peptides de coordination » ou régions « Pro », situées au-delà des extrémités N et C terminales des futures chaînes de tropocollagène.

2^{ème} étape : modifications post-traductionnelles des chaînes α dans la lumière du réticulum endoplasmique :

- Hydroxylation : Deux types d'hydroxylases spécifiques transforment la proline en hydroxyPro et la lysine en hydroxyLys. Les hydroxylations sont importantes pour la stabilité de la molécule de collagène, car elles permettent la formation de liaisons indispensables à la cohésion de la triple hélice. L'oxygène moléculaire, le fer à l'état ferreux, l'acide α -céto-glu

tarique et l'acide ascorbique (vitamine C) sont indispensables à ce processus.

- Glycosylation : glycosylation de l'hydroxyLys grâce à des transférases spécifiques du collagène.
- Formation de l'hélice de procollagène par un enroulement des 3 chaînes α : Cet enroulement est initié et stabilisé par la formation de ponts disulfures intercaténaux au niveau des peptides d'extension de l'extrémité C-terminale, riches en résidus cystéine.

La molécule de procollagène en triple hélice hydroxylée, glycosylée, passe alors dans l'appareil de Golgi puis rejoint le milieu extracellulaire.

* La phase extracellulaire

Elle est réalisée en deux étapes :

1^{ère} étape : clivage des « régions Pro » du procollagène grâce à des procollagènes-peptidases avec libération de tropocollagène.

2^{ème} étape : assemblage des molécules de tropocollagène en microfibrilles puis en fibrilles et en fibres. Cette deuxième étape est sous la dépendance de la Lysine oxydase, cuivre dépendante.

C.2.DÉGRADATION DU COLLAGÈNE

Le collagène est une protéine fibreuse très résistante. Son catabolisme fait appel à des protéases spécifiques, les collagénases, seules protéases capables de dégrader sa triple hélice.

Les collagénases sont des métalloprotéases à zinc ; elles ont pour activateur le calcium. Elles sont sécrétées sous forme de procollagénases et sont activées par protéolyse. Leur action est inhibée par l'inhibiteur tissulaire des métalloprotéases (TIMP).

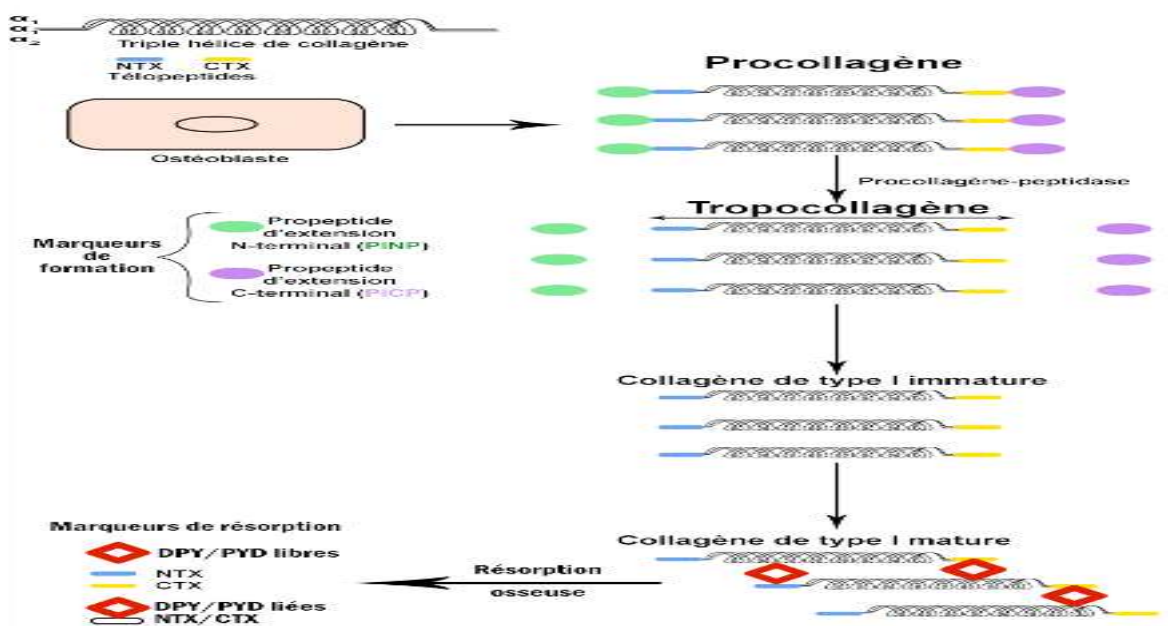


Figure 1 : Métabolisme du collagène

C3. ASPECTS PATHOLOGIQUES

La pathologie du collagène réalise des tableaux cliniques divers. Il s'agit de maladies du métabolisme affectant soit la synthèse propre des molécules de collagène soit celle des enzymes capables de transformer les molécules de collagène en fibres.

On distingue deux groupes de pathologies : les maladies héréditaires et les maladies acquises.

Les maladies héréditaires

Un déficit héréditaire en lysine oxydase s'accompagne d'un défaut de réticulation du collagène. Le déficit en cuivre par malabsorption intestinale d'origine génétique, cofacteur de la lysyl oxydase s'accompagne des mêmes conséquences.

Les maladies acquises

C'est le cas du scorbut, maladie concernant la biosynthèse du collagène. En effet, la vitamine C est indispensable pour l'hydroxylation de la proline et de la lysine. Une carence en vitamine C forme un collagène défectueux à l'origine de lé

sions au niveau de la peau ainsi qu'une fragilité des vaisseaux sanguins et des dents.

D.MÉTABOLISME DES FIBRES ÉLASTIQUES

Les fibres élastiques sont formées de deux composants distincts : les microfibrilles et l'élastine.

D-1-ELASTINE

L'élastine est une protéine fibreuse du tissu cartilagineux qui lui confère des propriétés élastiques

- Biosynthèse de l'élastine

Sa synthèse comprend 2 phases : une phase intracellulaire et une phase extracellulaire.

* **Étape intracellulaire** : L'élastine est sécrétée par les fibroblastes sous forme de tropoélastine hydrosoluble.

* **Étape extracellulaire** : le précurseur sécrété dans le milieu extracellulaire est converti en élastine insoluble sous l'action de la lysine-oxydase. Cette enzyme permet la réalisation de la réticulation de la tropoélastine en transformant les résidus de Lys en aldéhydes par désamination oxydative. Ce processus d'élastogénèse est guidé par les microfibrilles qui facilitent l'orientation des molécules de tropoélastine avec lesquelles elles interagissent par des forces électrostatiques.

- Dégradation de l'élastine

L'élastine est une molécule très résistante. Son catabolisme fait intervenir l'élastase. Celle-ci n'est pas spécifique de l'élastine. Elle peut dégrader d'autres macromolécules (collagène, protéoglycanes, fibronectine).

À l'état normal, il y a un équilibre entre biosynthèse et dégradation des fibres élastiques. Cet équilibre est assuré par des antiprotéases d'origine hépatique, véhiculée par le plasma jusque dans l'interstitium tissulaire. Il s'agit de l'alpha 1 antitrypsine, de l'alpha 2 macroglobulines et de l'inter alpha inhibiteur.

- Aspects pathologiques

Une fragmentation ou une diminution du taux d'élastine est retrouvée dans certaines maladies comme Le Cutis Laxa (groupe de maladies génétiques rares des tissus conjonctifs avec en particulier des tissus cartilagineux qui deviennent inélastiques et plissés).

D-2-LES MICROFIBRILLES

Les microfibrilles sont composées d'un nombre de glycoprotéines distinctes, dont la plus importante est la fibrilline. Elle permet l'adhésion des différents constituants de la matrice extracellulaire. La fibrilline est sécrétée dans la matrice extracellulaire après un clivage protéolytique de la fibrilline 1. Cette dernière est une glycoprotéine de masse moléculaire élevée, sécrétée par les fibroblastes 1.

- Aspects pathologiques :

La maladie de Marfan est une maladie génétique héréditaire (mutation au niveau du gène de la fibrilline1) relativement fréquente du tissu conjonctif entraînant en particulier des troubles ostéo-articulaires (grande taille des mains et des pieds avec hyperlaxité articulaire)

E.REMODELAGE OSSEUX

L'os est une structure dynamique qui ne joue pas un rôle de simple armature. Il subit, en effet, des cycles continus de remodelage sous l'action des cellules osseuses. Ce remodelage fait intervenir 2 activités opposées, mais complémentaires, assurant le maintien de la masse osseuse. Il s'agit de l'ostéorésorption et de l'ostéoformation.

Ce remaniement possède plusieurs rôles :

- rôle métabolique permettant des échanges contrôlés des sels minéraux (libérés lors de la résorption osseuse) avec le compartiment extra osseux. Ces échanges sont lents, mais quantitativement très importants.
- rôle de soutien permettant l'adaptation architecturale aux changements de conditions mécaniques (augmentation de la masse osseuse lors de la croissance/diminution de la masse osseuse lors de la sénescence ou l'immobilisation)
- rôle réparateur remplaçant un tissu osseux ancien de vitalité amoindrie par du tissu osseux nouveau.

E.1.L'OSTÉORÉSORPTION

Elle est assurée principalement par les ostéoclastes (OC), cellules géantes polynucléées naissant de la fusion des macrophages. Les ostéoclastes creusent l'os compact créant des cavités de résorption en solubilisant les cristaux d'hydroxyapatite et en hydrolysant le collagène. Les ostéoclastes libèrent en effet des collagénases et des enzymes lysosomiales qui dégradent la matrice organique. Ils sécrètent également des acides organiques (acide citrique et acide lactique) qui forment des complexes avec les cations divalents (Ca^{++}) les rendant plus solubles.

E2.L'OSTÉOFORMATION

Elle est assurée par les ostéoblastes (OB) qui ont une triple action :

- Ils synthétisent un nouveau collagène
- Ils sécrètent des phosphatases alcalines (PAL) qui sont utilisées pour générer des ions phosphates à partir de phosphates

inorganiques.

- Ils sont impliqués dans le retrait d'inhibiteurs potentiels de l'ostéof ormation en décarboxylant l'acide citrique et en hydrolysant les pyrophosphates.

En fait, à un instant donné, dans un endroit donné, un processus d'activation conduit à l'apparition d'un foyer de résorption occupé par des ostéoclastes. La cavité ainsi creusée sera secondairement comblée par du tissu ostéoïde élaboré par les ostéoblastes au cours de la phase de formation. Cette matrice sera enfin minéralisée, l'ensemble du foyer forme un Basic Multicellular Unit (BMU).

Certains facteurs vitaminiques contribuent à l'ostéof ormation. C'est ainsi que le calcitriol, dérivé actif de la vitamine D, favorise la carboxylation de certains résidus Glu de l'ostéocalcine. Le calcitriol favorise également l'absorption intestinale du Ca. La Vit C participe à l'hydroxylation de la Pro et de la Lys nécessaire à la synthèse du collagène.

E3. RÉGULATION

Le remaniement osseux est perpétuel. Il est soumis à l'influence de 2 types de régulation : une régulation hormonale et une régulation due aux adaptations de l'os aux forces mécaniques et gravitationnelles.

- Régulation hormonale

Le mécanisme hormonal fait intervenir essentiellement la parathormone (PTH) sécrétée par les glandes parathyroïdes, les métabolites de la vitamine D3 (calcitriol) et secondairement la calcitonine sécrétée par les cellules parafolliculaires de la glande thyroïde.

- **La PTH** : est libérée quand le taux de calcium ionisé plasmatique diminue. La PTH augmente le nombre de sites de remodelage (BMU). L'effet de la PTH sur l'ostéoclaste est indirect et se traduit via l'ostéoblaste qui, après stimulation par la PTH produit des facteurs de croissance activateurs des ostéoclastes : les « Osteoclast Activating Factors » ou OAF. L'os est alors résorbé sous l'effet des enzymes lysosomiales libérées par les ostéoclastes. À des concentrations physiologiques de la PTH, cette résorption est suivie d'une accrétion osseuse secondaire. Cependant, pour des concentrations très élevées, la résorption l'emporte sur l'accrétion et l'action de la PTH aboutit à la destruction progressive de l'os.
- **Métabolites de la vitamine D3** : La forme la plus active est la 1-25 di hydroxy vitamine D3 (calcitriol). Son effet principal est de favoriser la fixation du calcium et du phosphore au niveau de l'os pour permettre sa minéralisation. On continue à les dénommer vitamines bien que l'organisme humain est capable de les synthétiser ; en fait ce sont de véritables hormones.
- **La calcitonine** : a des fonctions complexes qui ne sont pas encore bien connues. Le rôle principal de cette hormone est de stimuler les capacités corporelles à s'adapter à une surcharge calcique. La calcitonine insensibilise les OC à l'action de la PTH et active les OB d'où l'ostéof ormation.

Un déséquilibre peut exister entre résorption et ostéof ormation

- soit par un manque de minéralisation : par déficit en vitamine D entraînant l'ostéomalacie chez l'adulte et le rachitisme chez l'enfant.
- soit par un excès de résorption osseuse : par sécrétion exagérée de PTH (hyperparathyroïdie).
- **Les œstrogènes** favorisent la synthèse de la trame protéique de l'os ainsi que sa minéralisation. L'ostéoporose post-ménopausique est en grande partie expliquée par la disparition des œstrogènes.
- **Le cortisol** freine la minéralisation de l'os ainsi que la synthèse de la trame protéique, c'est ainsi que les traitements prolongés de corticoïdes fragilisent l'os.

- Régulation par sollicitation mécanique et gravitationnelle

Les sollicitations mécaniques (traction et tension) et la gravitation entraînent des modifications de la masse osseuse.

F.EXPLORATION BIOCHIMIQUE DE L'ÉQUILIBRE PHOSPHOCALCIQUE

L'exploration biochimique de l'équilibre phosphocalcique revêt une importance fondamentale en particulier dans les affections squelettiques, car les renseignements cliniques et radiologiques sont souvent peu informatifs. Il existe un bilan de base standard et des explorations complémentaires :

F1.BILAN DE BASE

Il comprend le dosage de la calcémie, calciurie, phosphorémie et phosphaturie.

La calcémie désigne la détermination des 3 fractions du Ca plasmatique (50 % ionisé, 40 % lié à l'Alb et 10 % chélaté). Une hypercalcémie est secondaire à une augmentation de la fraction ionisée et elle est le plus souvent en rapport avec une hyperrésorption osseuse (hyperparathyroïdie, métastase osseuse, myélome...). Par contre, une hypocalcémie n'est pas toujours synonyme d'une diminution du Ca ionisé (vraie hypocalcémie), car elle peut être en rapport avec une diminution de l'Alb (fausse hypocalcémie), d'où l'intérêt en cas d'hypo albuminémie de corriger la calcémie en fonction de la formule suivante :

Calcémie corrigée (mg/l) = calcémie mesurée (mg/l) + [40 – Albuminémie (g/l)].

Le dosage de la fraction ionisée est certes le paramètre de choix pour apprécier les variations de la calcémie, mais son

dosage est onéreux à cause de la difficulté du prélèvement (mêmes précautions qu'un prélèvement des gaz de sang). Ce dosage est utile particulièrement lorsqu'il s'agit d'une variation de la fraction ionisée sans variation de la calcémie totale (désordres acido-basiques).

F2.LES EXPLORATIONS COMPLÉMENTAIRES

F.2.1. Marqueurs de l'ostéoformation

L'ostéoformation est caractérisée par l'élévation des paramètres plasmatiques suivants :

- Phosphatases alcalines (PAL) totales sériques (manque de sensibilité et de spécificité, car sécrétées également par le tissu hépatique et le tissu intestinal).
- l'isoenzyme osseuse de la PAL (spécifique, mais son dosage se fait dans des laboratoires spécialisés)
- l'ostéocalcine sérique (marqueur sensible et spécifique)
- Propeptides N terminaux du procollagène de type I : reflet de la synthèse du collagène de type I, principal constituant protéique de la matrice osseuse et constitue ainsi un marqueur spécifique et sensible de l'ostéoformation

F.2.2.Marqueurs de l'ostéorésorption

Dans le sérum

Télopeptides C terminaux du collagène de type I (CTX) : marqueur spécifique

Dans les urines

- Téllopeptides C et N terminaux du collagène de type I (CTX et NTX) : marqueur spécifique
- Pyridinolines et désoxypyridinolines libres urinaires (molécule de pontage des fibrilles de collagène osseux) : marqueurs spécifiques
- hydroxyproline urinaire : peu spécifique, car elle provient du collagène osseux, mais aussi d'autres collagènes tissulaires.

Intérêt des marqueurs biologiques dans l'ostéoporose

Les marqueurs de remodelage osseux et plus spécifiquement de résorption osseuse, en association avec la mesure de la densité minérale osseuse, ont une valeur prédictive du risque de fracture ostéoporotique.

F.2.3.Dosages hormonaux

Dosage de la PTH, de la vitamine D et de la calcitonine (voir Thème 12)

Ces dosages sont demandés selon le contexte clinique et selon les résultats de la calcémie et de la phosphorémie.

II.LE TISSU MUSCULAIRE SQUELETTIQUE

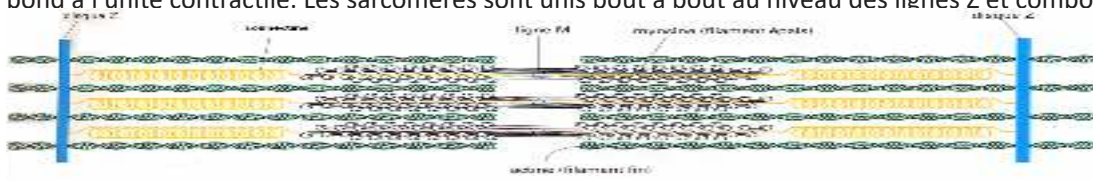
A.CONSTITUANTS DE LA FIBRE MUSCULAIRE

Le tissu musculaire représente 40 % du poids du corps. Il est riche en eau avec une teneur représentant environ 75 % du poids de l'organe.

La cellule musculaire ou fibre musculaire est constituée de plusieurs éléments : des myofibrilles (plusieurs milliers par cellule) organisées en faisceaux, un sarcoplasme remplissant les espaces intermyofibrillaires, un réticulum sarcoplasmique, de nombreuses mitochondries et plusieurs noyaux périphériques. L'ensemble est entouré par un sarcolemme. Elle contient tous les éléments minéraux habituels, particulièrement le phosphate, K^+ , Mg^{++} et le Ca^{++} . On y trouve une réserve en glycogène (réserve locale), des aa libres glucoformateurs, de la carnitine, un pigment respiratoire spécifique : la myoglobine (réserve d'oxygène). De nombreux systèmes enzymatiques sont également présents témoignant de l'intensité du métabolisme musculaire. Il s'agit en particulier des enzymes de la glycolyse, de la β oxydation, du cycle de Krebs et un groupe d'enzymes spécialisées dans le transfert du groupement phosphoryl : Adénosyl-triphosphatase (ATPase), MyoKinase et Créatine-PhosphoKinase (CPK). Il convient de réserver une place particulière à l'ATP ($4 \mu M/g$ de tissu) et à la créatine P ($25 \mu M/g$) qui sont 2 composés riches en énergie interconvertible.

B.STRUCTURE DE LA MYOFIBRILLE

Chaque myofibrille apparaît constituée par la succession d'un même motif structural appelé « sarcomère », qui correspond à l'unité contractile. Les sarcomères sont unis bout à bout au niveau des lignes Z et comportent chacun un disque



sombre A et deux demi-disques clairs I.

Sarcomère d'une microfibrille

Les sarcomères de toutes les myofibrilles d'une cellule sont étagés aux mêmes niveaux lui donnant ainsi son aspect strié. Chaque myofibrille est constituée de deux types de microfilaments : les filaments fins et les filaments épais. Le disque I est constitué de filaments d'actine, de tropomyosine et du complexe de troponines qui forment le filament fin. Le disque A contient en plus, des filaments épais résultant de l'association de plusieurs molécules de myosine. D'autre part, la région centrale du disque A (zone H) est moins dense que le reste du disque. On y distingue une ligne M formée par la protéine M. La ligne Z est formée par une protéine l' α actinine. Ces 2 protéines : la protéine M et l' α actinine assurent respectivement l'association des molécules de myosine et des molécules d'actine. Elles servent également à la synchronisation du mouvement de ces deux types de filaments.

C.CONSTITUANTS PROTÉIQUES DES MYOFIBRILLES

1- LES PROTÉINES CONTRACTILES

a- la myosine

Elle représente 55 % des protéines musculaires. C'est une protéine constituée de deux sous unités lourdes identiques (2 hélices α enroulées en super hélice) qui se terminent par 2 têtes globulaires ainsi que de 4 sous unités globulaires légères. Les 4 sous unités légères sont fixées sur les 2 têtes de myosine par des liaisons non covalentes. Il a été montré que les têtes de myosine ont une activité ATPasique. Plusieurs molécules de myosine s'associent pour former un filament épais.

b- L'actine

C'est une protéine globulaire (actine G). Elle représente 25 % des protéines musculaires. Dans les conditions physiologiques, en présence d'ATP et de Mg^{2+} , l'actine G se polymérise de manière non covalente pour former un double filament hélicoïdal : l'actine F.

2- LES PROTÉINES D'INDUCTION ET DE CONTRÔLE DE LA CONTRACTION

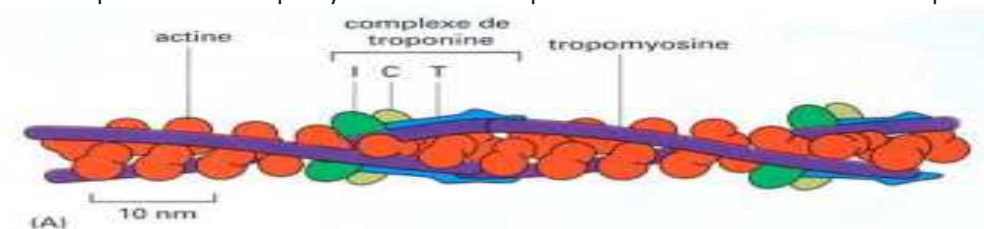
a- Tropomyosine

Elle a une forme de filament souple, composé de deux chaînes α et β enroulées l'une sur l'autre en super hélice. Sa localisation est parallèle et en dehors du sillon du double filament hélicoïdal d'actine F ce qui empêche l'interaction actine-myosine.

b- Complexe de Troponines

Il s'agit de 3 protéines globulaires formées chacune d'une seule chaîne peptidique :

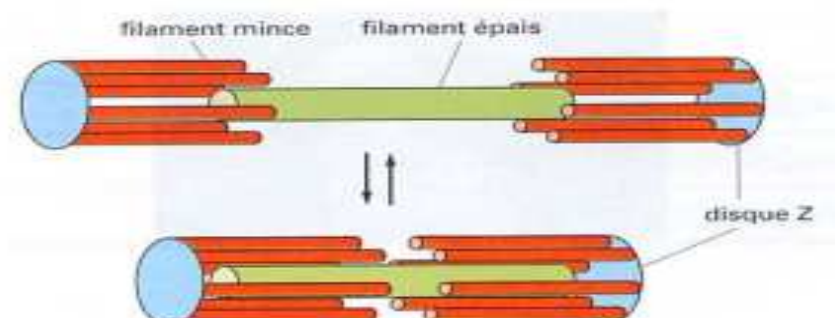
Troponine C (TpC): Protéine fixatrice de Ca (caractère acide), Troponine I (TpI): Protéine inhibitrice, Troponine T (TpT) : Protéine qui se lie à la Tropomyosine de même qu'aux 2 autres constituants du complexe Troponines.



Représentation schématique du filament mince, montrant les 3 constituants protéiques principaux : Actine, Tropomyosine et Troponines

D- MÉCANISME DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

Lors de la contraction musculaire, le sarcomère se raccourcit de 20 à 50 % par suite d'un glissement des filaments fins par



rapport aux filaments épais (zone H et bandes I raccourcissent).

Raccourcissement du sarcomère lors de la contraction

Ce déplacement est réalisé grâce à l'attachement et au détachement cyclique de la tête globulaire de la myosine au filament d'actine F. Tout le mécanisme moléculaire de la contraction consiste à assurer ce déplacement en consommant de l'énergie chimique (ATP) qui est ainsi transformée en énergie mécanique.

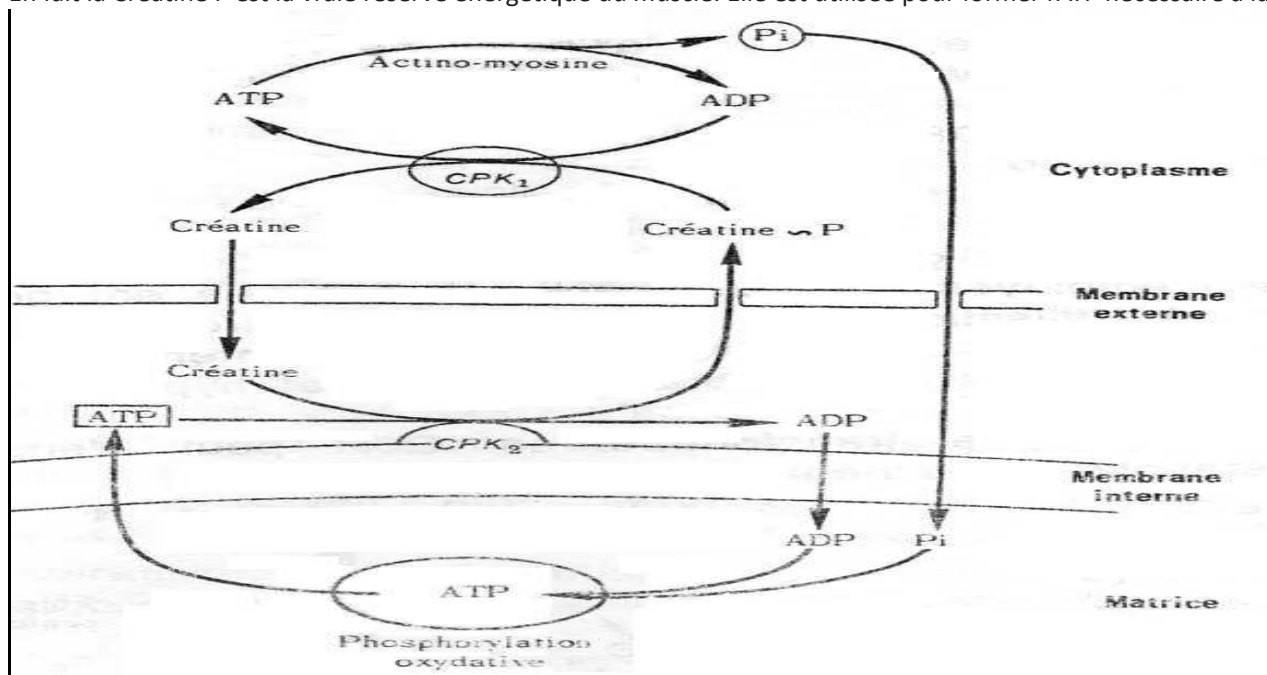
Dans les muscles au repos, les ions calcium sont concentrés dans les citernes terminales du réticulum sarcoplasmique, de sorte que la teneur en Ca^{++} au niveau des myofibrilles est très faible (10^{-7} M). L'arrivée d'un influx nerveux suite à une excitation engendre une libération d'acétylcholine au niveau de la plaque neuromusculaire. Il s'ensuit une dépolarisation qui se propage à toute la cellule musculaire jusqu'aux citernes terminales sarcoplasmiques. Le calcium est alors libéré et diffuse vers les myofibrilles au niveau desquelles sa concentration s'élève (10^{-5} M). Les ions Ca^{++} se fixent sur la TpC, il s'ensuit un changement de conformation de la TpC qui se transmet aux protéines voisines : les deux autres Tp et surtout la Tropomyosine. Cette dernière s'enfonce dans le sillon du double filament d'actine. Ainsi les têtes de myosine interagissent avec l'actine, qui stimule l'activité ATPasique de la myosine. L'hydrolyse de l'ATP entraînerait la libération du phosphate et de l'ADP entraînant une modification conformationnelle de la tête de la myosine qui exerce une traction axiale sur l'actine G du filament fin. Ce dernier progresse de quelques nanomètres de sorte que la molécule d'actine G se retrouve vis-à-vis de la tête de myosine adjacente. Il s'ensuit un raccourcissement du sarcomère. La formation de nouveaux ponts entre l'actine et la tête de la myosine sera suivie d'une nouvelle hydrolyse d'ATP, etc..

À la fin de la contraction, le calcium regagne les citernes terminales sarcoplasmiques grâce à une pompe à Ca^{++} ATP dépendante. La TpC perd son Ca^{++} , retrouve sa conformation initiale et le complexe troponine-tropomyosine, sa position bloquante. Le muscle entre alors dans une période de repos au cours de laquelle il reconstituera son stock énergétique.

E- LES SOURCES D'ÉNERGIE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

L'hydrolyse de l'ATP par la myosine ATPase est le seul mécanisme qui permet de fournir l'énergie pour la mobilisation du système actine-myosine et le recaptage des ions calcium par le réticulum sarcoplasmique. Comme sa concentration dans le muscle est faible, le stock d'ATP doit être constamment renouvelé. Plusieurs processus métaboliques concourent à ce réapprovisionnement.

En fait la Créatine P est la vraie réserve énergétique du muscle. Elle est utilisée pour former l'ATP nécessaire à la contrac-



tion musculaire grâce à la CK sarcoplasmique. La Créatine P est elle-même produite au niveau de la mitochondrie à partir de l'ATP (synthétisé par les oxydations phosphorylantes) grâce à la CK mitochondriale.

F- UTILISATION DES DIFFÉRENTS COMBUSTIBLES

Le glucose, les acides gras et les corps cétoniques constituent les principaux composés employés par les muscles à des fins énergétiques et à un degré moindre les aa (aliphatiques ramifiés)

1- UTILISATION DU GLUCOSE

L'insuline, l'exercice musculaire et l'hypoxie stimulent l'entrée du glucose dans la cellule musculaire en favorisant la syn

thèse de 2 protéines transporteuses du glucose la GLUT 1 (sarcolemme) et la GLUT 4 (membrane des vésicules intracytoplasmiques qui fusionnent après avec le sarcolemme). L'enzyme G6 Phosphatase, étant absente du muscle, le glucose issu du glycogène ne peut pas sortir des cellules et sera métabolisé sur place grâce à la glycolyse.

Lors d'un effort suraigu (sprint), le muscle utilise la créatine P comme combustible durant les premières secondes de contraction puis à cause de la disparition de la créatine P et l'apparition d'activateurs (AMP, ADP) la voie de la glycolyse est activée. La baisse du G6P et l'élévation de la teneur en Ca^{++} activent la GGL.

La poursuite de l'effort musculaire s'accompagne d'une décharge d'adrénaline qui stimule la synthèse d'AMPc ce qui favorise la GGL et inhibe la GGG.

Le pyruvate issu de la glycolyse suit différentes destinées :

- En anaérobie, il est réduit en acide lactique grâce à la LDH qui utilise le NADH2. L'accumulation d'acide lactique dans le muscle induit des modifications de forme des protéines musculaires d'où la rigidité et la fatigue. L'acide lactique peut également être capté par le foie où il sera converti en glucose par néoglucogenèse (NGG).
- En aérobie soit :
- il est transaminé en alanine (ALAT) qui passe dans la circulation et servira à la NGG hépatique (cycle glucose- alanine).
- il diffuse en majeure partie dans la mitochondrie où il est décarboxylé en acétyl-CoA qui sera dégradé dans le CK couplé à la chaîne respiratoire. La réoxydation des NADH2 cytosoliques utilise la navette α GP-PDHA.

2-UTILISATION DES ACIDES GRAS

Les AG sont dégradés dans la mitochondrie grâce à un processus aérobie, la β oxydation. Selon le type d'effort, les AG ont une double origine : ceux issus du pool des triglycérides intramusculaires et ceux provenant du milieu extracellulaire.

Lors d'un exercice léger (marche), l'apport en AG extracellulaires est supérieur aux besoins immédiats ; 50 % des AG captés seront oxydés et 50 % resteront stockés sous forme de triglycérides.

Lors d'un effort prolongé modéré (marathon), l'apport en AG extracellulaires peut devenir inférieur aux besoins et les triglycérides intramusculaires et des adipocytes péri musculaires fourniront alors le complément en AG.

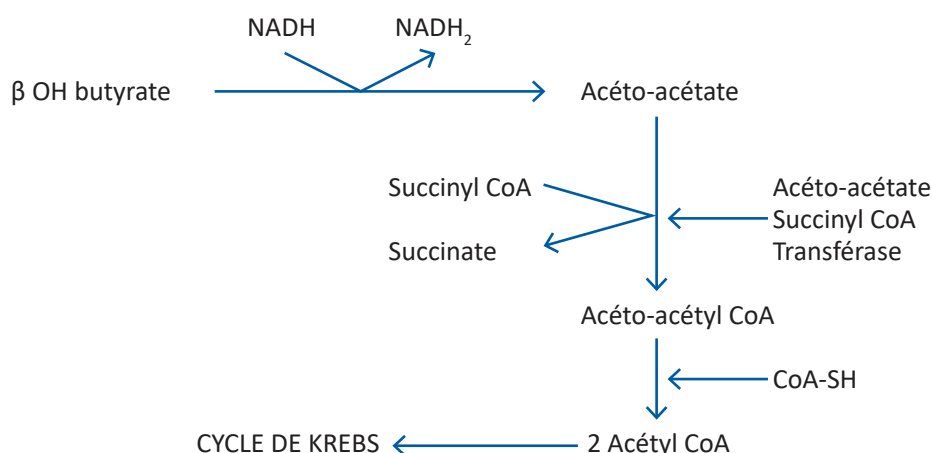
Les acides gras extra musculaires peuvent provenir des triglycérides :

- du tissu adipeux, véhiculés par l'albumine (la fraction la plus importante)
- des adipocytes périmusculaires qui diffusent directement entre les fibres musculaires (fraction non négligeable).
- des lipoprotéines sous l'action de la lipoprotéine lipase (rôle mineur).

3- UTILISATION DES CORPS CÉTONIQUES

Les corps cétoniques peuvent être utilisés comme combustibles lors d'un exercice prolongé modéré. Il s'agit du β hydroxybutyrate et l'acétoacétate synthétisés au niveau du foie.

Dans la cellule musculaire, ils pénètrent aisément dans la phase aqueuse du cytoplasme puis traversent la membrane des mitochondries pour y être oxydés selon le schéma suivant :



4- UTILISATION DES ACIDES AMINÉS

Les aa surtout aliphatiques ramifiés sont utilisés comme combustibles ultimes lors des exercices d'endurance (efforts très prolongés et modérés)

5- RESTAURATION DES BIOMOLÉCULES ÉNERGÉTIQUES

En période de repos, le muscle restaure son stock de CréatineP grâce à la CK mitochondriale qui utilise l'ATP des oxydo-réductions phosphorylantes (ORP). La pénétration du glucose reste momentanément élevée grâce à l'insuline en vue de constituer la réserve glycogénique musculaire. À ce stade le glucose arrivant aux muscles provient de la NGG hépatique qui utilise le lactate, le glycérol et divers aa (surtout Ala). Les stocks de glycogène hépatique sont reconstitués secondairement.

G- LA FATIGUE MUSCULAIRE

Dans le cas d'un effort suraigu, l'épuisement musculaire est lié à la consommation totale de la créatineP, avant l'intervention possible de l'oxydation du G6P.

Dans le cas d'un effort prolongé, l'épuisement musculaire peut survenir dans deux conditions métaboliques différentes :

- Lorsque les besoins en ATP dépassent les possibilités de synthèse par les chaînes des ORP, la cellule musculaire complète ses besoins en ATP par la glycolyse anaérobie : c'est la fermentation lactique. Dans ces conditions, c'est l'épuisement du stock de glycogène intramusculaire qui limite la durée de l'effort.
- Lorsque les besoins en ATP demeurent inférieurs aux possibilités de sa synthèse par les ORP, l'épuisement musculaire surviendra dans un tableau d'hypoglycémie après l'utilisation compétitive du glycogène hépatique et musculaire.

H- EFFET DE L'ENTRAÎNEMENT

Deux formes d'entraînement peuvent intervenir : l'entraînement en endurance (course de fond, marathon) et l'entraînement de force (sprint et haltérophilie)

1- L'ENTRAÎNEMENT EN ENDURANCE

Il favorise la constitution de fibres surtout de type I (fibres rouges à fonction tonique avec une contraction lente et à métabolisme de type aérobie). Il a pour conséquence une augmentation des mitochondries en taille et en nombre. Cet accroissement est corrélé à celui de l'activité des enzymes oxydatives (succinate DH, cytochrome oxydase, enzymes de la β oxydation) et à une accentuation de la capillarisation. On observe aussi au sein du sarcoplasme augmenté lui-même de volume, une nette élévation du nombre des granules de glycogène et des inclusions lipidiques sous forme de TG. Il y a aussi augmentation des TG des adipocytes périmusculaires. Ces TG constituent un moyen essentiel d'épargne du glycogène musculaire chez le sujet sportif. D'autre part, on note une élévation de la concentration en myoglobine. L'ensemble de ces changements favorise la production d'ATP par la voie des réactions oxydatives.

2- L'ENTRAÎNEMENT DE FORCE

Il favorise la constitution de fibres II (fibres blanches à fonction phasique et à contraction rapide et à métabolisme anaérobie). Il a comme effet une augmentation du volume sarcoplasmique dû sans doute, à une élévation des stocks de glycogène et de CréatineP. Parallèlement, on note une diminution du volume relatif des mitochondries. En outre cet entraînement peut favoriser une néosynthèse des protéines contractiles.

I- EXPLORATIONS BIOCHIMIQUES DES PATHOLOGIES MUSCULAIRES

Elle est basée sur l'étude de marqueurs d'atteintes musculaires. Le marqueur de souffrance musculaire le plus sensible et le plus utilisé est la CK et tout particulièrement son isoenzyme MM qui constitue presque exclusivement la CK musculaire. D'autres marqueurs de cytolyse musculaire sont utilisés : Il s'agit de l'aldolase A, de l'ALAT et de la LDH 5 ainsi que de la créatine et de la créatinine urinaires.

Dans certaines atteintes inflammatoires du muscle (polymyosites et dermatomyosites) ainsi qu'au cours de certaines dégénérescences musculaires (dystrophies musculaires), l'isoenzyme MM et la CK totale plasmatiques sont très élevées. Dans la dystrophie de Duchenne, la CK atteint 100 fois la valeur normale. Dans cette maladie, il y a une mutation du gène de la dystrophine, protéine sarcoplasmique qui permet l'accrochage des filaments d'actine à la laminine de la membrane basale. Une aminoacidurie est fréquente chez les malades présentant une dystrophie musculaire.

Au cours des glycogénoses musculaires, on note une augmentation de la glycémie, de la lactatémie et de la pyruvicémie. Ces glycogénoses sont dues à un déficit héréditaire en glycogène phosphorylase.

Enfin, la CK BB et l'aldolase C sont des isoenzymes utilisées comme marqueurs pour diagnostiquer une différenciation des cellules musculaires (myasthénie, myosarcome...)

ÉVALUATION FORMATIVE

QCR N° 1

PROPOSITIONS

- 1- contient une faible proportion de substance fondamentale
- 2- Est riche en chondroïtine 6S
- 3- Renferme du collagène de type II
- 4- Ne contient que du collagène de type I
- 5-Contient de l'élastine

RÉPONSES

COMPLÉMENTS

A- Tissu cartilagineux

B- Tissu osseux

QCR n° 2

Le tissu osseux

- A- Renferme plus de 50 % d'eau
- B- Renferme 50 % de sels minéraux
- C- renferme du citrate de calcium
- D- Est riche en sulfates
- E- Est relativement riche en cations alcalins

QCR N° 3

Citer les trois caractéristiques du collagène de type I rencontré dans l'os.

QCRN° 4

La minéralisation du tissu osseux :

- A- ne concerne que les fibres de collagène
- B- est réalisée au niveau du collagène de type II
- C- concerne à la fois la substance fondamentale et les fibres de collagène
- D- fait intervenir des protéines osseuses non collagéniques.
- E- se fait aux dépens des éléments minéraux du sérum

QCR N° 5

Compléter le tableau suivant, en mettant dans la case correspondante :

- un signe (+) en cas de stimulation
- un signe (-) en cas d'inhibition

Collagène	Gla protéine	Ostéorésorption	Ostéoformation
Vitamine C			
Vitamine D			
PTH			

QCR N° 6

Décrire les différentes étapes de la biosynthèse du tropocollagène

QCR N° 7

Indiquer 2 modifications post-traductionnelles des chaînes alpha du procollagène en précisant les enzymes qui sont impliquées.

QCR N° 8

Décrire les réactions extracellulaires de la biosynthèse du collagène à partir de la sécrétion du procollagène jusqu'à la formation des microfibrilles, en précisant les enzymes impliquées dans cette biosynthèse.

QCR N° 9

Citer le nom de l'enzyme qui permet l'établissement des ponts entre les molécules de tropoélastine

QCR N° 10

Citer 2 antiprotéases qui inhibent l'activité de l'élastase.

QCR N° 11

Dans le cadre d'une exploration du métabolisme osseux, indiquer la signification d'une augmentation :

RÉPONSES

- des peptides de pontage du collagène
- du citrate sanguin et urinaire
- de l'hydroxyproline urinaire.
- de l'AMPc urinaire.
- de la PAL

QCR N° 12

Citer, dans l'ordre, les étapes successives séparant la transmission de l'influx nerveux et la transconformation des protéines inductrices de la contraction.

1^{er}

2^{ème}

3^{ème}

4^{ème}

QCR N° 13

- A) La contraction musculaire résulte de l'hydrolyse du phosphagène par l'actinomyosine
B) La plus grande réserve énergétique du muscle est l'ATP
C) Les concentrations intramusculaires en ATP ne permettraient qu'une activité de l'ordre de la seconde
D) Les concentrations intramusculaires en créatine-P permettent une activité d'environ une minute
E) La régénération de l'ATP à partir de la créatine-P est une réaction anaérobie.
-

QCR N° 14

A/Citer deux réactions anaérobies permettant une régénération immédiate de l'ATP dans la fibre musculaire :

- 1) _____
2) _____

B/Citer les 2 voies de régénération du NADH musculaire

- 1) En anaérobiose : _____
2) En aérobie : _____

QCRN° 15

L'équipement enzymatique de la cellule musculaire est caractérisé par

- A- L'absence de PFK
B- L'absence de G6Pase
C- La richesse en pyruvate carboxylase
D- La richesse en isoenzyme MM de la CPK
E- La richesse en isoenzyme LDH1 (H4)
-

QCRN° 16

Citer par ordre préférentiel les combustibles utilisés lors

- a) Effort suraigu _____
b) Effort modéré prolongé _____
c) Effort intense prolongé _____
d) Fin de la contraction _____

QCRN° 17

Indiquez 2 types d'entraînement et leurs effets bénéfiques
