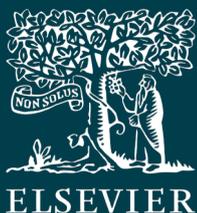


| ANATOMIE

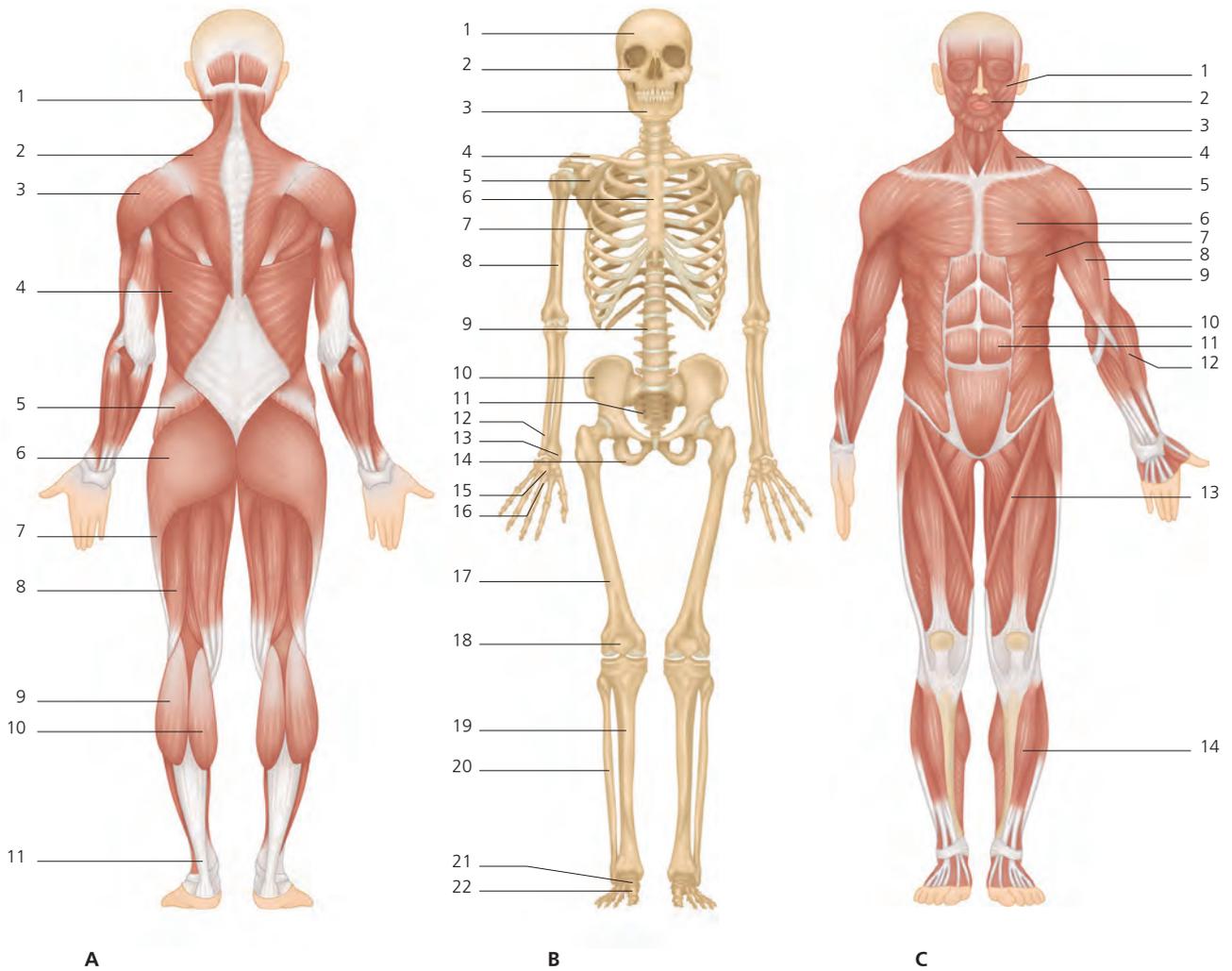
L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE POUR LES INFIRMIER(E)S

Accédez gratuitement à quelques schémas d'anatomie !



2

Appareil locomoteur



► 2.1. Vue générale des muscles et des os.

- A**
- 1 Sternocléidomastoïdien
 - 2 Trapèze
 - 3 Delfoïde
 - 4 Grand dorsal
 - 5 Moyen glutéal
 - 6 Grand glutéal
 - 7 Grand trochanter
 - 8 Biceps crural
 - 9 Gastrocnémien latéral
 - 10 Gastrocnémien médial
 - 11 Tendon calcanéén

- B**
- 1 Crâne
 - 2 Maxillaire
 - 3 Mandibule
 - 4 Clavicule
 - 5 Scapula
 - 6 Sternum
 - 7 Côtes
 - 8 Humérus
 - 9 Rachis
 - 10 Os coxal
 - 11 Sacrum
 - 12 Ulna
 - 13 Radius
 - 14 Ischion
 - 15 Carpe
 - 16 Métacarpe
 - 17 Fémur
 - 18 Patella
 - 19 Tibia
 - 20 Fibula
 - 21 Tarse
 - 22 Métatarse

- C**
- 1 Zygomatique
 - 2 Orbiculaire de la bouche
 - 3 Sternocléidomastoïdien
 - 4 Trapèze
 - 5 Delfoïde
 - 6 Grand pectoral
 - 7 Grand dentelé
 - 8 Biceps brachial
 - 9 Triceps brachial
 - 10 Grand oblique de l'abdomen
 - 11 Grand droit
 - 12 Long supinateur
 - 13 Sartorius
 - 14 Tibial antérieur

Les points clés

L'appareil locomoteur est constitué de deux types d'éléments :

- ◆ des éléments passifs : le squelette osseux et les articulations permettant l'union des différents os constituant le squelette osseux;
- ◆ des éléments actifs : les muscles qui permettent le maintien et la mobilisation de l'appareil locomoteur passif.

Le squelette osseux possède trois fonctions :

- ◆ mécanique : locomotion;
- ◆ métabolique : réserve en calcium et en phosphore;
- ◆ hématopoïétique : il renferme la moelle osseuse.

Les muscles du squelette comportent une insertion d'origine sur un os fixe et une insertion terminale sur un os mobile; la contraction du muscle entraîne les mouvements des os et articulations sous-jacents.

Le corps humain est divisé en différentes parties dont le squelette osseux constitue la trame :

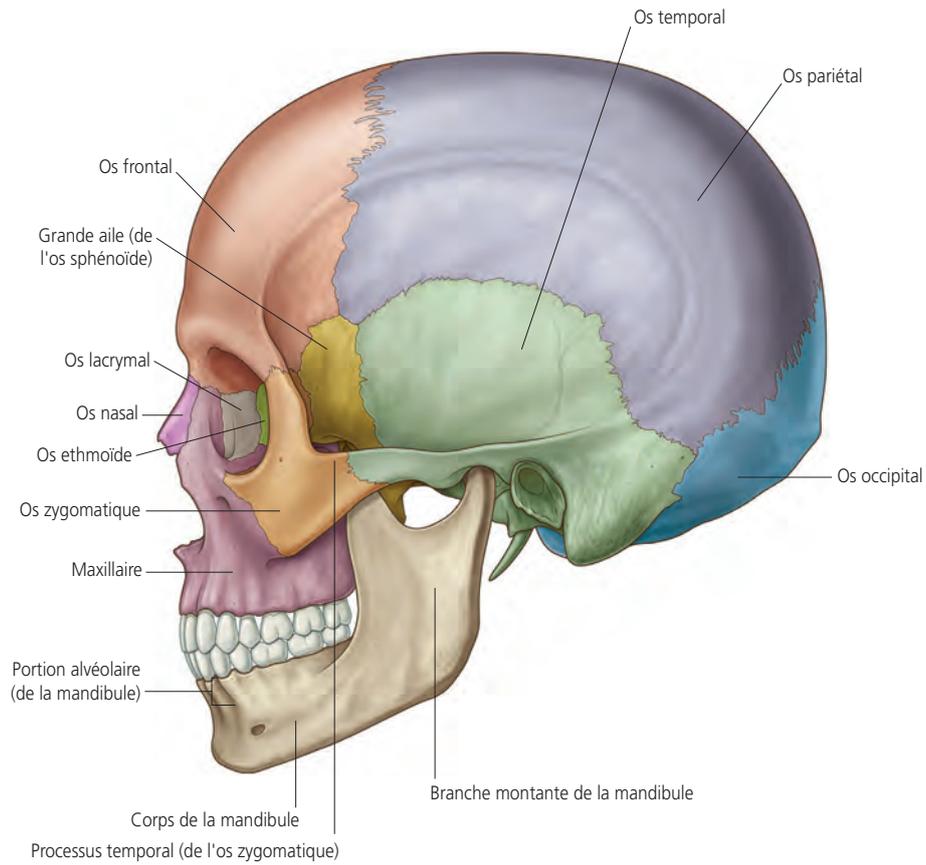
- la tête composée de la face et du crâne;
- le cou;
- le tronc composé du thorax, de l'abdomen et du pelvis (bassin);
- les membres supérieurs, unis au tronc par la ceinture scapulaire;
- les membres inférieurs, unis au tronc par la ceinture pelvienne.

Les os qui constituent le squelette du corps humain sont de différents types :

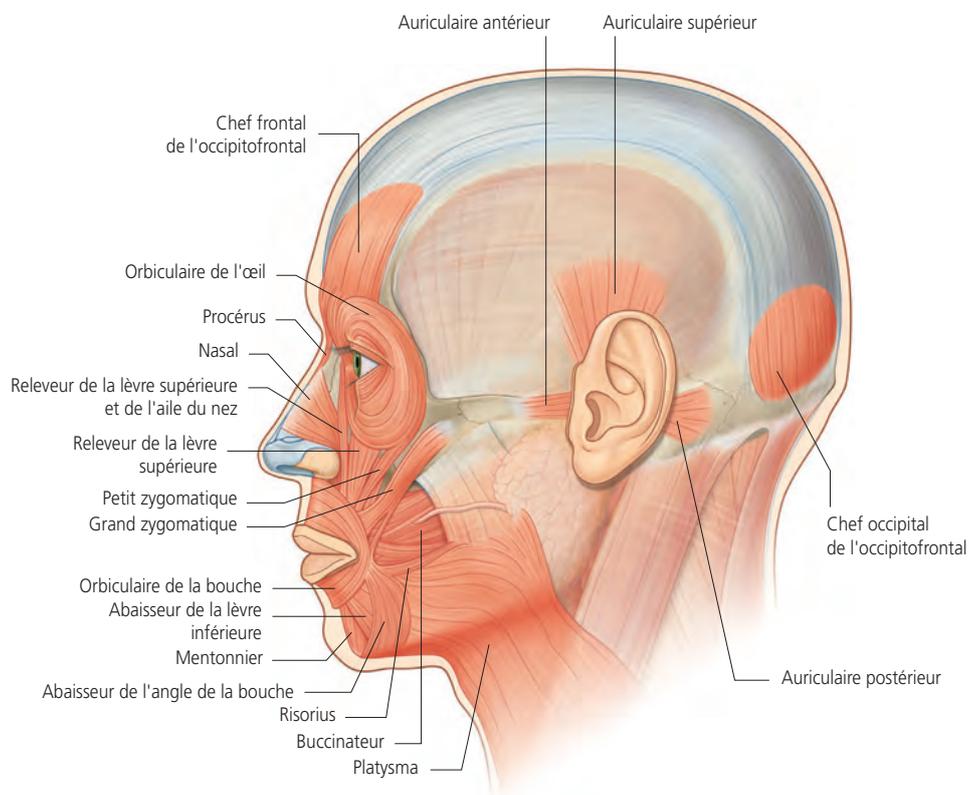
- os longs (exemple : humérus), se composant d'un corps (diaphyse) et de deux extrémités (épiphyses) avec une métaphyse entre la diaphyse et l'épiphyse. À l'intérieur de la diaphyse, se trouve le canal médullaire qui renferme la moelle osseuse;
- os plats (exemple : scapula), formés par deux lames de tissu cortical entre lesquelles s'interpose du tissu spongieux;
- os courts (exemple : os du carpe), formés d'une couche extérieure de tissu cortical et d'une couche interne de tissu spongieux;
- os pneumatiques (exemple : ethmoïde), renfermant des cavités tapissées de muqueuses remplies d'air.

Les os sont unis entre eux par des articulations :

- articulations continues (synarthroses), où les deux os sont réunis directement par différents tissus (conjonctif, élastique, etc.);
- articulations discontinues ou diarthroses, considérées comme les vraies articulations et se composant :
 - de surfaces articulaires : appartenant aux pièces osseuses constituant l'articulation, revêtues de cartilage hyalin voire de fibrocartilage ou de tissu conjonctif,
 - d'une capsule articulaire attachée aux surfaces articulaires : rigide ou lâche, elle est formée d'une couche interne (la synoviale) et d'une couche externe (le manchon fibreux). Elle permet le maintien de l'articulation et le glissement des surfaces articulaires l'une sur l'autre grâce à la sécrétion de la synovie,
 - d'une cavité articulaire, espace situé entre les surfaces articulaires,
 - de différents éléments assurant avec la capsule le maintien et/ou la congruence de l'articulation : ligaments, disques articulaires, bourrelets synoviaux, bourses synoviales.



► 2.2. Vue latérale du crâne.



► 2.3. Muscles de la face.

Tête

La tête comprend :

- un squelette osseux formé de deux parties : les os de la face et les os du crâne;
- des articulations (souvent continues) entre les différentes pièces osseuses;
- des muscles recouvrant, mobilisant et solidarissant les os et les articulations.

Face

Définition

La face est constituée d'un squelette osseux qui se divise en deux parties principales : la mâchoire supérieure et la mâchoire inférieure.

- La mâchoire supérieure est formée d'un os impair et médian, le vomer, et de douze os pairs :
 - les maxillaires (maxillaires supérieurs),
 - les cornets inférieurs,
 - les os lacrymaux (unguis),
 - les os nasaux (os propres du nez ou OPN),
 - les palatins,
 - les os zygomatiques (malaires).
- La mâchoire inférieure est uniquement constituée par la mandibule.

La face comprend aussi :

- des articulations unissant entre eux les os de la face;
- des muscles faciaux recouvrant, mobilisant et solidarissant les os et les articulations.

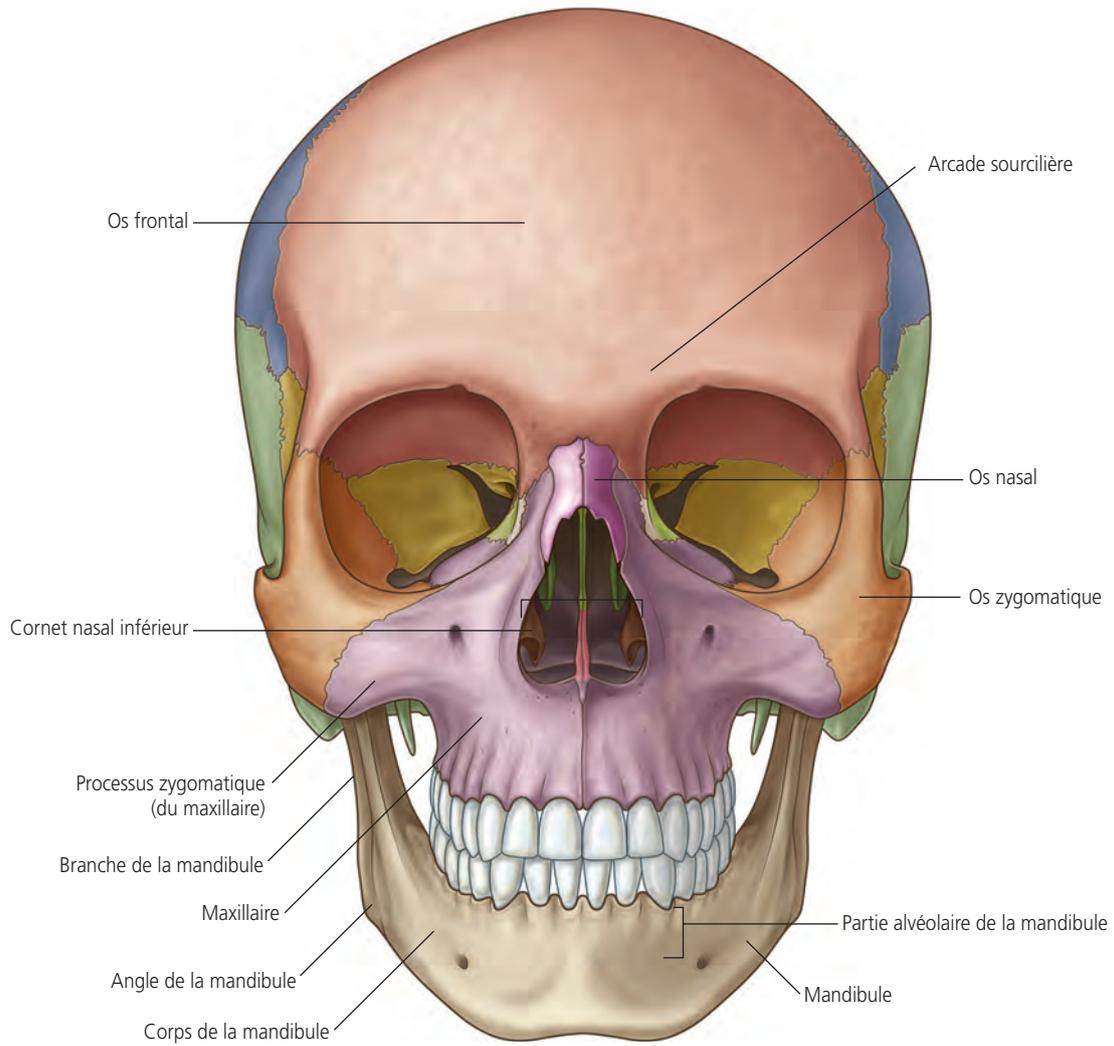
Situation

Le squelette osseux de la face est situé en dessous de la moitié antérieure du crâne.

- Le maxillaire forme avec le maxillaire controlatéral la plus grande partie de la mâchoire supérieure. Il est situé en dessous de l'orbite, en dehors des fosses nasales et au-dessus de la cavité buccale. Il contribue à former les parois de ces cavités.
- L'os lacrymal (ou unguis) est situé en arrière de la branche montante du maxillaire.
- Le palatin contribue à former la partie postérieure des fosses nasales et à limiter l'arrière-fond de la fosse ptérygo-maxillaire.
- Le cornet inférieur est situé au-dessous des masses latérales de l'ethmoïde.
- L'os nasal (ou os propre du nez (OPN)) est situé de part et d'autre de la ligne médiane, au-dessous de l'échancrure nasale de l'os frontal.
- L'os zygomatique (malaire) forme le relief de la pommette.
- Le vomer est situé à la partie postérieure et inférieure de la cloison des fosses nasales.
- La mandibule constitue la partie inférieure du squelette de la face.

Morphologie externe

- Le maxillaire est un os pneumatique, quadrilatère, volumineux mais léger car creusé dans ses deux tiers supérieurs; la cavité s'appelle le sinus maxillaire. Le bord inférieur de la face externe est occupé par des saillies verticales qui répondent aux racines des dents.
- L'os lacrymal comporte deux faces (externe/interne) et quatre bords.
- Le palatin est formé d'une lame horizontale et d'une lame verticale qui se réunissent à angle droit.
- Le cornet inférieur est une lamelle osseuse, enroulée en cornet.
- L'os nasal est constitué d'une lame quadrilatère aplatie d'avant en arrière.
- L'os zygomatique (malaire) comporte deux faces, quatre bords et quatre angles.
- Le vomer est une lame verticale, médiane et mince de forme quadrilatère.
- La mandibule comporte trois parties :
 - une partie moyenne : le corps, incurvé en forme de fer à cheval dont le bord supérieur ou alvéolaire est creusé de cavités : les alvéoles pour les racines des dents;
 - deux parties latérales : les branches montantes.



► 2.4. Vue antérieure du crâne.

Articulations

Articulation temporo-mandibulaire

Définition : articulation reliant la face et le crâne.

Surfaces articulaires : le condyle de la mandibule et la surface articulaire temporale dont l'incongruence est rétablie par un ménisque articulaire.

Ligaments : ligament stylo-mandibulaire, ligament sphéno-mandibulaire.

Autres articulations de la face

Les autres articulations unissant entre eux les os de la face sont des articulations continues (synarthrose).

Muscles

Les muscles de la face sont :

- les muscles de la région palpébrale, nasale et buccale. Ils forment avec les muscles de la voûte crânienne les muscles de la mimique et sont tous innervés par le nerf facial;
- les muscles masticateurs, innervés par des branches du nerf mandibulaire.

D'autres muscles (dont le muscle occipito-frontal) sont communs à la face et au crâne.

Crâne

Définition

Le crâne est une boîte osseuse ovoïde, constituée de huit os unis entre eux par des articulations continues particulières : les sutures. Le crâne contient le cerveau (encéphale), protégé par ses enveloppes méningées.

À retenir

Les huit os du crâne sont :

- l'os frontal (impair) ;
- l'os ethmoïde (impair) ;
- l'os sphénoïde (impair) ;
- l'os temporal (pair) ;
- l'os pariétal (pair) ;
- l'os occipital (impair).

Le crâne est divisé en deux parties :

- **la voûte du crâne** qui est la partie supérieure, formée par la partie verticale de l'os frontal en avant, les os pariétaux et l'écaïlle des os temporaux latéralement et la partie supérieure de l'os occipital en arrière.
- **la base du crâne**, partie inférieure, qui comprend toutes les autres parties du squelette de la boîte crânienne : l'ethmoïde et la partie horizontale de l'os frontal en avant, le sphénoïde à la partie moyenne, l'os occipital et les os temporaux en arrière.

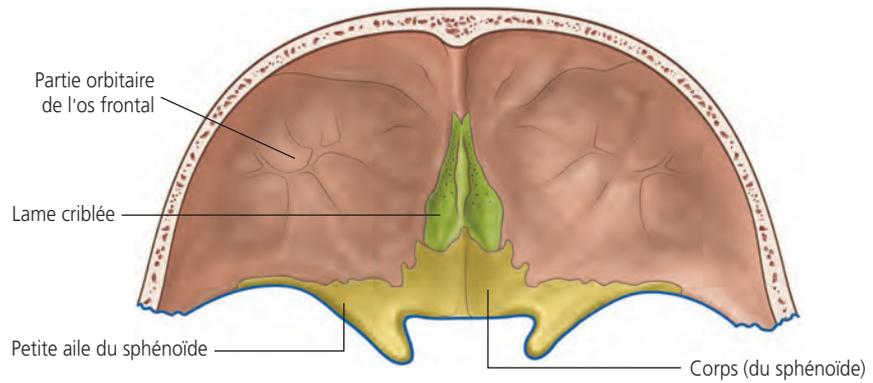
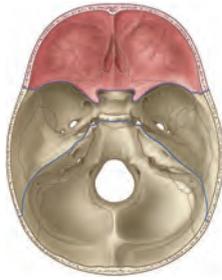
Chaque os du crâne présente une face externe (exocrânienne) et une face interne (endocrânienne).

Situation

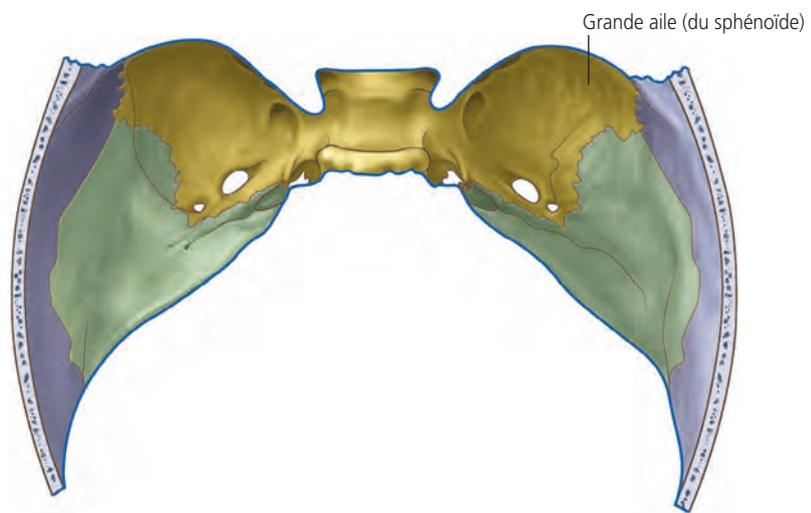
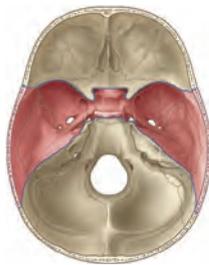
Le crâne se situe à l'extrémité céphalique de l'individu.

La base du crâne est divisée sur sa face endocrânienne en trois parties ou dépressions appelées fosses crâniennes antérieure, moyenne et postérieure. Elles comportent de nombreux orifices (foramens) qui livrent passage à des nerfs et des vaisseaux allant ou venant à l'encéphale.

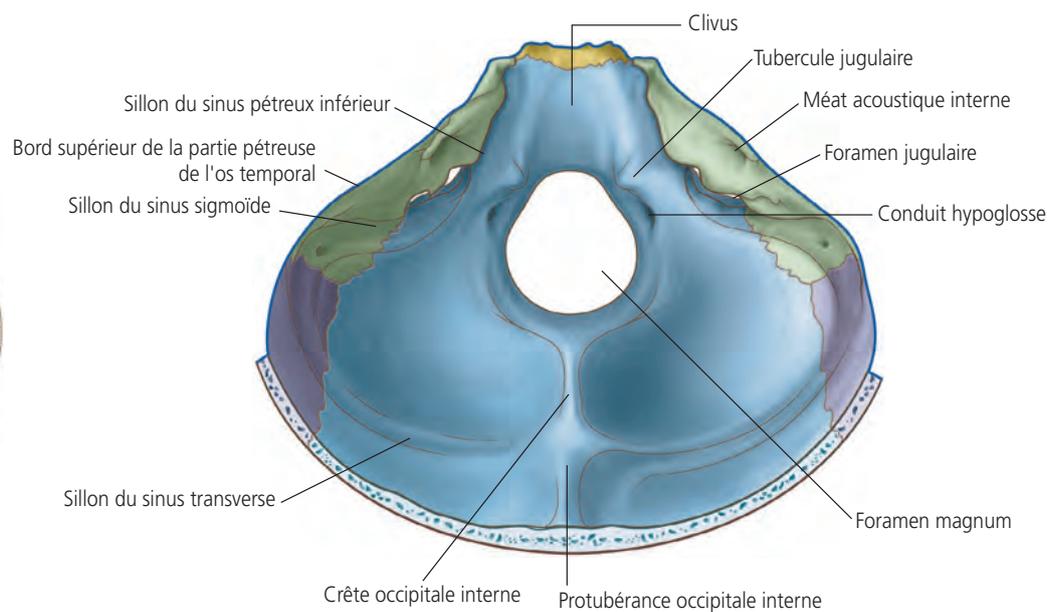
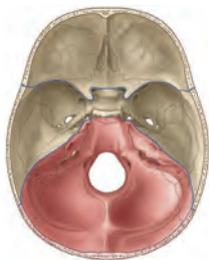
- **L'os frontal** est situé à la partie antérieure et supérieure du crâne.
- **L'os ethmoïde** est situé entre les deux orbites dont il constitue en partie la paroi médiane.
- **L'os sphénoïde** est situé à la partie moyenne de la base du crâne, entre :
 - en avant, l'ethmoïde et le frontal ;
 - en arrière, l'occipital ;
 - latéralement, les os pariétaux et les temporaux.



► 2.5. Fosse crânienne antérieure.



► 2.6. Fosse crânienne moyenne.



► 2.7. Fosse crânienne postérieure.

Os et tissu osseux

Définition

Les os forment l'appareil locomoteur. Ils contiennent 99 % du calcium (soit 1200 g) et 90 % du phosphate (soit 600 g) de l'organisme.

Les os ont une triple fonction :

- ils soutiennent le corps, protègent l'encéphale et forment un levier pour les muscles;
- ils régulent les échanges de calcium et de phosphate du corps;
- ils sont le siège de l'hématopoïèse.

Selon la forme des os, on distingue les os longs, les os courts, les os plats et les os pneumatiques (voir [Introduction](#)).

Constitution

Les os sont entourés depuis l'extérieur par une couche dense de tissu conjonctif, le périoste. À l'intérieur, l'os est recouvert de cellules plates avec une fonction ostéogène. Cette couche de cellules se nomme l'endoste.

Au microscope, on distingue l'os compact (formant la diaphyse des os longs et l'enveloppe des os plats et courts) de l'os spongieux (composant les épiphyses et les métaphyses des os longs et l'intérieur des os plats et des os courts). Chez l'adulte, ces deux formes sont constituées par des unités morphologiques et fonctionnelles, les lamelles osseuses.

À retenir

L'os cortical représente en poids 95 % du tissu osseux, soit 3,5 m² de surface d'échange interne. L'os spongieux représente en poids 20 % du tissu osseux soit une surface d'échange de 7 m². Classiquement, on dit que l'os cortical a une fonction mécanique et l'os spongieux une fonction métabolique. Néanmoins la résistance mécanique de l'os spongieux entre en ligne de compte dans des états pathologiques comme une maladie osseuse raréfiante appelée ostéoporose.

Le tissu osseux est un ensemble de cellules et de matrice extracellulaire, en constant renouvellement. On distingue ainsi :

- les cellules : ostéoblastes, ostéocytes, ostéoclastes, cellules ostéoprogénitrices;
- la matrice extracellulaire, avec des fibres de collagène de type I, divers composants de la substance fondamentale osseuse ou ostéoïde (fibronectine, ostéopontine, ostéocalcine) et une partie minérale (l'hydroxyapatite).

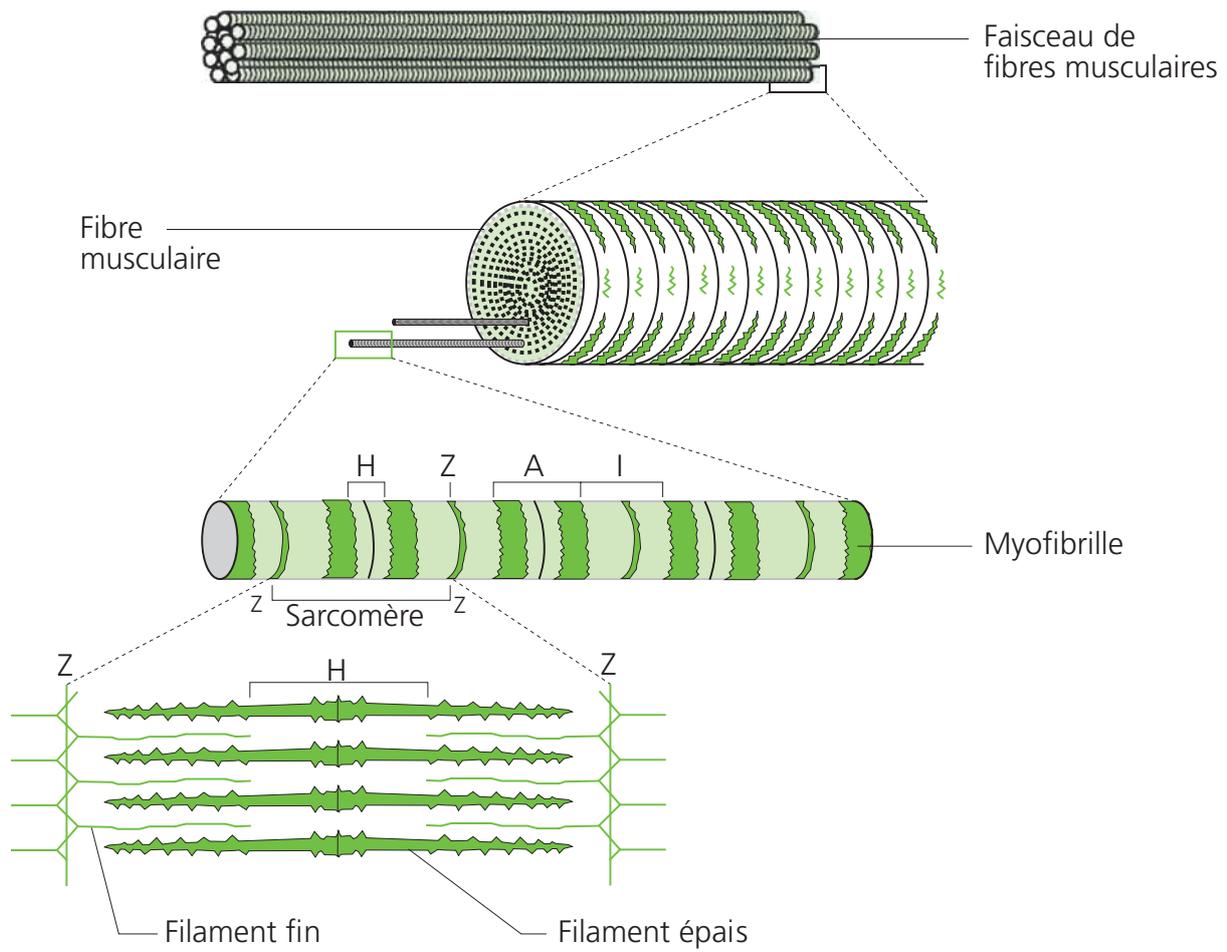
Formation osseuse et croissance

La formation du tissu osseux est due aux ostéoblastes qui secrètent une substance pré-osseuse : la substance ostéoïde. Sous l'influence de la vitamine D, la substance ostéoïde sera rapidement calcifiée et deviendra le tissu osseux proprement dit.

La résorption osseuse se fait grâce aux ostéoclastes qui sous l'action de la parathormone détruisent les différents constituants du tissu normal, d'où une libération de calcium et de phosphore qui retournent dans les liquides interstitiels. L'os n'est pas une masse statique, mais une masse soumise à de constantes transformations avec un permanent équilibre de formation et de résorption osseuses. Même chez le squelette adulte, 10 % des os sont encore soumis à des transformations servant à :

- la prévention contre la dégénération des os;
- l'adaptation fonctionnelle à des charges mécaniques;
- la réparation de microtraumatismes;
- la mobilisation rapide de calcium.

Durant la croissance, l'os fibrillaire ou primaire sera remplacé par la forme définitive de l'os lamellaire. L'accroissement de l'os en épaisseur est assuré par les ostéoblastes situés en surface de l'os. L'accroissement en longueur se fait par prolifération des cellules du cartilage de conjugaison, zone située chez l'individu en croissance osseuse entre l'épiphyse et la métaphyse. Après la puberté, le cartilage de conjugaison s'ossifie et la croissance s'arrête.



► 2.43. Structure du muscle squelettique.

Après une fracture de l'os commence une guérison naturelle de la fracture (guérison secondaire) par le biais d'une cicatrice faite de tissu conjonctif et cartilagineux. En quelques semaines, le cartilage est remplacé par de l'os et un cal osseux (cicatrice osseuse) qui mène à la réparation de la cassure.

Plusieurs facteurs influencent la croissance de l'os :

- des facteurs hormonaux :
 - TGF β (Transforming Growth Factor beta),
 - IGF (Insulin-like Growth Factor),
 - FGF (Fibroblast Growth factor),
 - PTH, hormones thyroïdiennes, thyrocalcitonine,
 - hormones surrénaliennes et gonadiques;
- des facteurs génétiques : maladies génétiques pouvant perturber la croissance osseuse (exemple de l'ostéogénèse imparfaite ou maladie des os de verre), etc.;
- des facteurs mécaniques : immobilisation prolongée inhibant la croissance ou activité physique favorisant la croissance;
- des facteurs vasculaires : risque d'ostéonécrose en cas d'interruption de la vascularisation du tissu osseux;
- des facteurs métaboliques : apport calcique quotidien, apport de phosphore et de vitamine D.

Fonction

Métabolisme phosphocalcique

Les parathyroïdes sécrètent la parathormone ou PTH qui est une hormone hypercalcémiant. Cette hormone tend à élever le calcium sanguin (Ca^{++}) et à le ramener à son niveau normal (100 mg/l). Son action est triple sur l'organisme :

- action osseuse : augmentation de l'ostéolyse par stimulation de l'activité des ostéoclastes. Le calcium des os est ainsi mobilisé et contribue à élever la calcémie. L'excédent de phosphore mobilisé simultanément à partir du phosphate tricalcique des os (Ca_3PO_4), est éliminé par les urines;
- action rénale : augmentation de la réabsorption active du calcium au niveau du tube contourné proximal et diminution de la réabsorption de phosphore au même niveau. Il en résulte une élévation de la calcémie et une augmentation du phosphore dans les urines;
- action intestinale : augmentation de l'absorption intestinale du calcium et du phosphore.

À retenir

La vitamine D facilite la résorption intestinale de Ca^{++} . À doses modérées, elle favorise la calcification osseuse. Mais à doses excessives, elle peut engendrer une ostéolyse.

Hématopoïèse

L'hématopoïèse est l'ensemble des phénomènes qui concourent à la fabrication et au remplacement continu et régulé des cellules sanguines. Chaque jour, elle produit environ 10^{13} cellules sanguines, ce qui correspond par exemple à la production de plus de deux millions d'hématies par seconde.

Cette considérable activité de production est assurée par une petite population de cellules de la moelle osseuse appelées cellules souches hématopoïétiques. Jusqu'à l'âge de 5 ans, tous les os ont une activité hématopoïétique. Ensuite cette activité va progressivement se limiter au niveau des os courts et plats (sternum, côtes, vertèbres, os coxaux).

À retenir

L'hématopoïèse est contrôlée afin de maintenir à peu près constant le nombre de cellules sanguines malgré des variations de consommation importantes liées à des circonstances pathologiques (hémorragies, infections, etc.). Cette régulation repose sur des mécanismes cellulaires et humoraux (facteurs de croissance) qui peuvent être stimulateurs ou inhibiteurs de l'hématopoïèse.

Muscles

Définition

On distingue deux grands types de muscles : les muscles striés et les muscles lisses.

Les muscles striés (nommés ainsi d'après leur aspect microscopique) sont sous contrôle du système nerveux central (système volontaire). Ils unissent en général des os entre eux (muscles du squelette) et permettent la motricité.

Les muscles lisses ne sont pas sous contrôle direct du système nerveux central, mais sous le contrôle du système nerveux autonome (système involontaire) ; par exemple, l'estomac comporte deux couches de tissu musculaire lisse.

Le myocarde (muscle du cœur) est un cas particulier, car bien que ce muscle soit strié (microscopiquement parlant), il est muni d'un système propre de contraction, sensible aux stimulations hormonales, et il est difficile de le contrôler consciemment (*voir chapitre Appareil cardiovasculaire*).

Les muscles striés du squelette sont dotés de fibres de deux types (la proportion étant variable suivant les muscles, et sous contrôle génétique) :

- les fibres « lentes » (type I ou « rouge »), plus efficaces en métabolisme aérobie (particulièrement riches en myoglobine et en mitochondries). Ce sont les fibres de l'endurance ;
- les fibres « rapides » (type IIa), plus efficaces en métabolisme anaérobie. Produisant plus de puissance pendant de courtes impulsions, elles sont plus sensibles à la fatigue.

Il existe entre les deux un intermédiaire qui sont les fibres IIb et qui selon la génétique de la personne et son type de préparation ou d'encadrement physique deviendront des types I ou types IIa.

Constituants

Le myocyte ou fibre musculaire est la cellule musculaire de base. C'est une cellule longiligne qui comporte des fibres contractiles constituées de polymères de protéines du cytosquelette : l'actine et la myosine. Le phénomène de contraction correspond à un glissement de ces deux éléments et résulte en un raccourcissement de la fibre musculaire.

Le myocyte est sous le contrôle d'un neurone particulier : le neurone moteur ou motoneurone.

Contraction musculaire

Chaque fibre musculaire est sous le contrôle d'un seul motoneurone qui stimule la cellule via une synapse. L'arrivée d'un potentiel d'action sur le bouton présynaptique entraîne la libération d'acétylcholine qui déclenche un potentiel d'action musculaire. Le signal se propage alors le long de la membrane cellulaire. Si chaque myocyte est sous le contrôle d'un seul motoneurone, un motoneurone peut contrôler plusieurs cellules musculaires. Toutes les cellules sous le contrôle d'un même motoneurone seront stimulées en même temps. L'ensemble de ce motoneurone et des cellules musculaires sous son contrôle forme une unité motrice.

L'activation de l'unité motrice va entraîner la contraction du muscle, résultant donc de la contraction coordonnée de chacune des cellules du muscle. On peut distinguer quatre phases au cours de la contraction d'une cellule musculaire :

- l'excitation ou la stimulation qui correspond à l'arrivée du message nerveux sur la fibre musculaire ;
- le couplage excitation-contraction qui regroupe l'ensemble des processus permettant de transformer le signal nerveux reçu par la cellule en un signal intracellulaire vers les fibres contractiles ;
- la contraction proprement dite ;
- la relaxation qui est le retour de la cellule musculaire à l'état de repos.

Lien avec la pathologie

Des produits comme le curare peuvent empêcher l'action de l'acétylcholine ; la transmission de l'influx entre le nerf et le muscle est alors bloquée, d'où une paralysie.

BASES DE PHYSIOLOGIE

Les échanges de calcium dans l'organisme

Les échanges de calcium (Ca^{++}) de l'organisme impliquent essentiellement 3 organes :

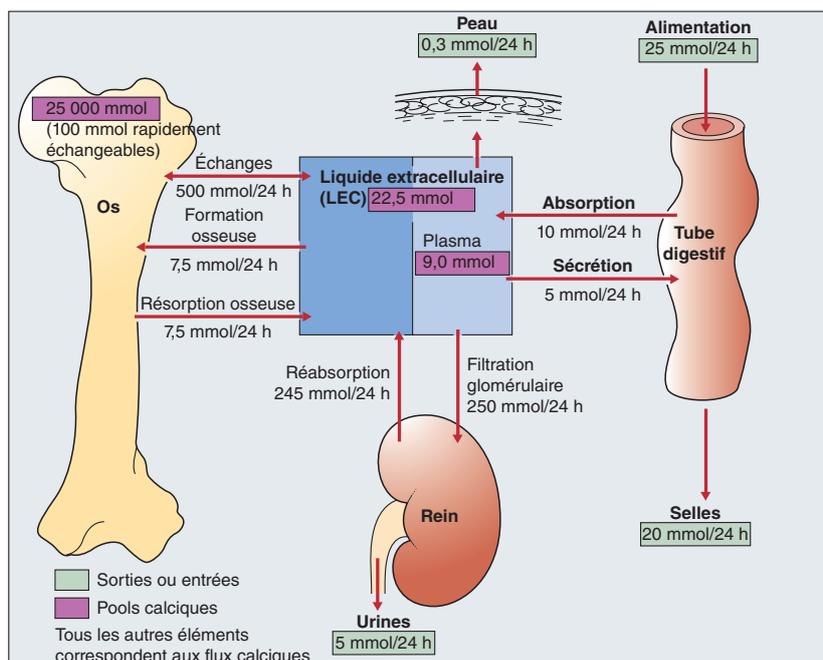
- L'intestin : 20 à 30 % du calcium ingéré (alimentation) est absorbé dans l'intestin, avec en contrepartie une sécrétion du Ca^{++} sanguin dans l'intestin, le Ca^{++} non absorbé ou sécrété est éliminé dans les selles.
 - Le Ca^{++} est absorbé :
 - par voie transcellulaire (à travers les cellules) : mécanisme actif, prédominant dans le duodénum, où le calcium passe de la lumière intestinale à la cellule intestinale grâce à des canaux calciques (TRPV6), puis est relargué dans le sang sous l'action d'une pompe à calcium (Ca-ATPase), le tout selon des gradients électrochimiques;
 - par voie paracellulaire (entre les cellules) : passive, par perméabilité, présente tout le long de l'intestin grêle.
- Les facteurs influençant l'absorption intestinale de Ca^{++} sont :
 - la quantité de Ca^{++} ingérée : absorption passive si $< 200 \text{ mg/j}$ d'apport, active et linéaire si $> 200 \text{ mg/j}$;
 - la nature de l'alimentation : diminution de l'absorption par création de complexes avec phytates ou oxalates (sons, céréales, oseille, rhubarbe...) ou augmentation de l'absorption (acides aminés, richesse en lipides, acidité gastrique);
 - les hormones : diminution de l'absorption si excès de glucocorticoïdes ou d'hormones thyroïdiennes ou augmentation de l'absorption par les œstrogènes et le calcitriol (hormone hypercalcémiant synthétisée à partir de la vitamine D).

- Le rein : l'élimination urinaire de Ca^{++} (calciurie) n'est que de 5 mmol/j (200 mg/j). L'essentiel du Ca^{++} est réabsorbé par les tubules rénaux (245 mmol/j) essentiellement dans le tube contourné proximal en suivant la réabsorption de l'eau et du sodium par voie paracellulaire. Les facteurs influençant la calciurie à la baisse sont : une calcémie basse, et une augmentation de la PTH, du calcitriol (synthétisé en situation d'alcalose métabolique, d'hypovolémie) ou de médicaments (diurétiques thiazidiques).
- L'os : il est en remodelage permanent (formation/résorption) et constitue la réserve en calcium de l'organisme (99 %). La calcémie est maintenue dans des limites de valeurs très étroites, au détriment si besoin des réserves osseuses avec un pool très rapidement échangeable de Ca^{++} osseux puis à moyen terme un pool mobilisable aux dépens d'une déminéralisation osseuse. Le calcium non osseux (1 %) intervient dans de multiples fonctions indispensables à l'organisme : coagulation sanguine, contraction musculaire, conduction nerveuse, libération d'hormones...

Les 3 principales hormones régulant le métabolisme calcique sont :

- la PTH (hormone parathyroïdienne) : hormone hypercalcémiant (*voir section Métabolisme phosphocalcique*);
- le calcitriol : hormone hypercalcémiant induisant la synthèse des protéines qui fixent et transportent le calcium. Il augmente le renouvellement du calcium osseux en favorisant l'ossification ainsi que l'absorption digestive et rénale du calcium;
- la calcitonine : hormone hypocalcémiant favorisant à court terme l'action des ostéoclastes.

Chez la femme, on note également le rôle des oestrogènes qui stimulent la formation osseuse et diminuent la résorption osseuse (*figure 2.44*).



► 2.44. Échange de calcium dans l'organisme.

Source : Marshall W.J., Bangert S.K., *Biochimie médicale. Physiopathologie et diagnostic. Collection Campus référence. Paris : Elsevier, 2005.*