

Histologie : les tissus fondamentaux

OSSIK • COURS 07-01 • LE CORRIGÉ • RÉVISION 0.5

PASS - majeure santé - classement d'après la maquette publique de Paris Cité, sans lien avec l'université. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ta faculté fait foi.

Sommaire du cours

Partie 1 • Préparation des tissus et lecture raisonnée des coupes	1
Partie 2 • Épithéliums de revêtement et glandes	6
Partie 3 • Tissus conjonctifs et matrices extracellulaires	11
Partie 4 • Cartilage, tissu osseux et ossification	15
Partie 5 • Sang, moelle osseuse et organes lymphoïdes	20
Partie 6 • Muscles, neurones et glie : critères microscopiques	25

Partie 1 • Préparation des tissus et lecture raisonnée des coupes

Prérequis et objectifs

Prérequis : cellules, matrice extracellulaire et unités de longueur.

À la fin de ce cours : passer de la préparation à l'interprétation ; reconnaître les artéfacts ; construire un diagnostic morphologique argumenté.

Une coupe est un échantillon transformé

L'histologie étudie l'organisation des cellules et de leur matrice dans les tissus. Une lame n'est pas une fenêtre parfaitement transparente sur le vivant : elle résulte d'un prélèvement, d'une conservation, d'une inclusion, d'une coupe et d'une coloration. Chaque étape préserve certaines propriétés et peut en modifier d'autres. Une identification solide relie donc l'image au mode de préparation.

La fixation limite l'autolyse et préserve les structures. Les aldéhydes établissent notamment des liaisons entre molécules ; la vitesse de pénétration et l'épaisseur du prélèvement comptent. Une fixation tardive peut provoquer une dégradation centrale malgré une périphérie correcte. Une fixation excessive peut masquer des épitopes et compliquer certains immunomarquages. Préserver la forme et conserver l'accessibilité moléculaire ne sont pas toujours des objectifs parfaitement compatibles.

L'inclusion en paraffine exige généralement déshydratation et passage par des solvants. Des lipides sont extraits pendant ces étapes : les adipocytes peuvent apparaître comme de grandes vacuoles vides. L'absence de coloration dans cet espace ne signifie donc pas qu'il était vide dans le tissu vivant. Les coupes congelées conservent mieux certains lipides et activités enzymatiques, avec une qualité

morphologique différente.

Ce que les colorations révèlent

L'hématoxyline-éosine associe un marquage nucléaire et une coloration de nombreux composants protéiques. Les structures riches en acides nucléiques apparaissent souvent basophiles ; le cytoplasme riche en protéines et le collagène prennent des teintes éosinophiles. Basophilie signifie affinité pour un colorant basique, pas nécessairement pH basique du compartiment observé.

Le PAS met en évidence des groupements glucidiques oxydables et souligne notamment certaines membranes basales, mucines et réserves de glycogène. Une digestion préalable par diastase peut aider à attribuer un signal au glycogène. Les colorations trichromiques rendent plus lisible le contraste entre collagène et muscle. Les colorations de fibres élastiques ou réticulaires répondent à des questions plus ciblées.

L'immunohistochimie utilise un anticorps contre un antigène. Un signal positif indique la présence d'un épitope accessible dans les conditions techniques, pas automatiquement une activité fonctionnelle. Une absence peut correspondre à une faible quantité, un masquage ou un problème de méthode. Le témoin positif vérifie que le protocole peut révéler l'antigène ; le témoin négatif aide à détecter le bruit de fond.

Méthode	Information privilégiée	Limite exemplaire
Hématoxyline-éosine	Architecture générale	Faible spécificité moléculaire
PAS	Constituants glucidiques	Plusieurs molécules différentes sont positives
Trichrome	Distribution du collagène et du muscle	Interprétation dépendante du protocole
Immunomarquage	Antigène ciblé	Spécificité et conservation de l'épitope
Microscopie électronique	Ultrastructure	Champ restreint et préparation exigeante

Reconstruire mentalement les trois dimensions

Un tube coupé perpendiculairement donne un profil circulaire ; une coupe oblique produit un ovale ; une coupe longitudinale montre une lumière allongée. Plusieurs profils voisins peuvent appartenir au même tube contourné. Le nombre de profils sur une lame n'est donc pas le nombre d'organes ou de conduits distincts dans le volume.

Une cellule allongée peut paraître ronde en coupe transversale. Un noyau absent d'un profil cellulaire peut simplement être situé dans un autre plan. De même, une glande tubuleuse ramifiée peut donner plusieurs sections qui ressemblent à des acini. La continuité doit être recherchée sur plusieurs champs ou coupes successives.

Un épithélium simple coupé tangentiellement peut sembler stratifié. Pour le classer, il faut retrouver la lame basale et la surface libre, puis examiner les contacts des cellules. L'alignement des noyaux n'est qu'un indice indirect. Les critères les plus fiables combinent rapport à la lumière, limites

tissulaires et spécialisations de surface.

Les quatre familles tissulaires

Les épithéliums rassemblent des cellules jointives polarisées reposant sur une lame basale. Les tissus conjonctifs possèdent une matrice extracellulaire souvent abondante contenant fibres et substance fondamentale. Les tissus musculaires sont spécialisés dans la production de force ; le tissu nerveux organise la réception, l'intégration et la transmission d'informations. Un organe associe généralement plusieurs familles.

Dans un intestin, l'épithélium absorbant côtoie un chorion conjonctif, des cellules immunitaires, des vaisseaux, des muscles lisses et des réseaux nerveux. Nommer l'organe ne dispense pas de reconnaître chacune de ses couches. Inversement, identifier un tissu musculaire lisse ne suffit pas à nommer l'organe puisqu'il est présent dans plusieurs systèmes.

Méthode de lecture en quatre passages

Au faible grossissement, on observe la forme globale, l'existence d'une capsule, d'une lumière, de lobules ou de couches. Au grossissement intermédiaire, on distingue les territoires : épithélium, tissu conjonctif, muscle, vaisseaux et unités sécrétrices. Au fort grossissement, on examine noyaux, cytoplasmes, bordures et détails discriminants. Enfin, on revient au faible grossissement pour vérifier que les détails concordent avec l'architecture.

Lecture raisonnée

1. Architecture globale • 2. Territoires tissulaires • 3. Détails cellulaires • 4. Hypothèse d'identification • 5. Vérification des critères

Limite du schéma : le raisonnement revient souvent à une étape précédente ; il ne s'agit pas d'une reconnaissance automatique en cinq cases.

Une proposition d'identification doit citer au moins deux critères positifs et, si possible, un critère qui distingue une alternative. « Bronchiole parce qu'il existe une lumière et du muscle » est faible ; « petite voie aérienne avec épithélium adapté, muscle lisse et absence de cartilage et de glandes dans la paroi » est plus discriminant. Un critère absent n'est exploitable que si la coupe permettait réellement de le voir.

Artéfacts et incertitude

Les plis créent des zones plus épaisses et plus foncées ; les déchirures produisent des espaces artificiels ; les rétractions peuvent séparer épithélium et tissu conjonctif. Une strie de coupe peut traverser plusieurs tissus sans respecter leurs limites : cette continuité géométrique suggère un artéfact. Les précipités de colorant doivent être distingués de granules intracellulaires par leur distribution et leur mise au point.

L'interprétation doit rester à l'échelle permise par les données. Une lame pédagogique peut illustrer une structure typique sans représenter toute la variabilité humaine. Les descriptions de normalité n'autorisent pas un diagnostic clinique à partir d'une image isolée. L'objectif est d'apprendre à argumenter une identification, à repérer ce qui manque et à demander la méthode qui résoudrait

l'incertitude.

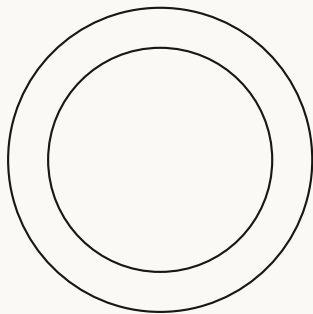
Coupe oblique : distinguer forme et orientation

Atelier. Un tube cylindrique de diamètre constant est coupé transversalement puis obliquement. Pourquoi le second profil paraît-il plus large ?

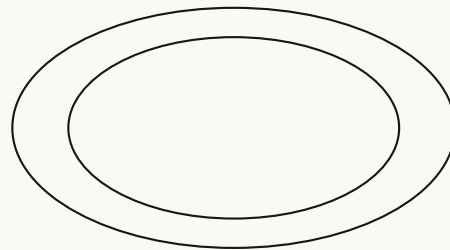
Correction. La coupe perpendiculaire produit un cercle ; la coupe oblique produit une ellipse. Son grand axe augmente lorsque le plan devient plus parallèle à l'axe du tube. Une grande lumière allongée n'implique donc pas une dilatation. On compare les petits axes, l'épaisseur de paroi et les profils voisins, en gardant à l'esprit déformation et fixation. Des noyaux paraissant superposés peuvent également résulter d'une coupe tangentielle. La démarche robuste suit la continuité de la lame basale et examine plusieurs territoires avant de qualifier un épithélium de stratifié. La géométrie de coupe constitue une hypothèse concurrente à toute interprétation biologique de taille.

Lecture visuelle : Un même tube circulaire peut donner deux profils de coupe

Un même tube circulaire peut donner deux profils de coupe



Plan perpendiculaire à l'axe



Plan oblique à l'axe

Profils idéalisés, sans déformation de préparation.

L'allongement apparent ne démontre pas un changement de diamètre du tube.

Les deux profils idéalisés proviennent d'un tube de section circulaire vu dans un plan perpendiculaire ou oblique à son axe. L'obliquité produit un allongement apparent. La préparation peut ajouter des déformations, non modélisées ici.

Question de lecture. Une lumière elliptique prouve-t-elle une déformation du tube ?

Correction. Non : le plan de coupe suffit à produire cet aspect. L'interprétation croise orientation, série de coupes et architecture de la paroi.



Exercices progressifs

Exercice 1. Pourquoi un adipocyte apparaît-il souvent vide en paraffine ?

Exercice 2. Un tube donne quatre profils ronds dans un champ. Combien de tubes distincts existe-t-il ?

Exercice 3. Une zone très basophile est-elle nécessairement alcaline ?

Exercice 4. Un immunomarquage négatif exclut-il la présence de la protéine ?

Exercice 5. Proposer une stratégie pour distinguer une lumière réelle d'une déchirure.

Corrections argumentées

Correction 1. Les solvants de préparation ont souvent extrait les lipides. L'espace clair correspond alors à une structure initialement remplie, et non à une vacuole physiologiquement vide.

Correction 2. Le nombre est indéterminé : un même tube contourné peut être sectionné plusieurs fois. Des coupes successives ou une reconstruction seraient nécessaires.

Correction 3. Non. La basophilie décrit une affinité tinctoriale, notamment de molécules acides comme les acides nucléiques, et ne mesure pas directement le pH.

Correction 4. Non. Quantité insuffisante, épitope masqué ou défaut technique sont possibles. Un témoin positif et une méthode indépendante permettent de préciser l'interprétation.

Correction 5. Chercher un revêtement organisé, une continuité avec d'autres profils et un contenu cohérent. Une déchirure traverse souvent les structures de façon irrégulière et sans paroi spécialisée. L'absence de revêtement sur un seul plan reste insuffisante.

Références et portée

Rédaction pédagogique originale. Les ressources suivantes servent au recoupement ciblé et à l'approfondissement ; elles ne certifient pas l'exigibilité locale. Consultation documentaire : 1 octobre 2026.

- OpenStax : [4 1 types of tissues](#)
- Ressource universitaire : histologyguide.org



Partie 2 · Épithéliums de revêtement et glandes

Prérequis et objectifs

Prérequis : polarité cellulaire, jonctions et matrice extracellulaire.

À la fin de ce cours : classer un épithélium ; reconnaître les spécialisations ; distinguer organisation et mode de sécrétion glandulaire.

La définition précède la forme

Un épithélium est un assemblage de cellules étroitement associées, polarisées, reposant sur une lame basale. Son domaine apical regarde une surface libre ; son domaine basal assure l'ancrage ; les faces latérales participent aux jonctions. Il ne contient normalement pas de vaisseaux sanguins dans son épaisseur. Sa nutrition dépend de la diffusion depuis le tissu conjonctif sous-jacent, ce qui n'empêche pas une innervation ou une présence de cellules immunitaires.

La lame basale comporte notamment des réseaux de laminines et de collagène IV ainsi que d'autres composants de matrice. Elle contribue à l'adhérence, à la polarité, à la filtration dans certains sites et au support de régénération. Le terme membrane basale peut inclure, selon les conventions histologiques, des composants associés du tissu conjonctif. Il faut connaître la convention du support sans confondre ce réseau extracellulaire avec une membrane lipidique.

Compter les couches puis regarder la surface

Un épithélium simple possède une seule couche ; toutes ses cellules touchent la lame basale. Dans un épithélium pseudostratifié, tous les éléments cellulaires reposent également sur cette lame, mais les noyaux sont à des hauteurs différentes et certaines cellules n'atteignent pas la lumière. Dans un épithélium stratifié, seules les cellules basales contactent directement la lame basale.

La forme des cellules superficielles donne le qualificatif pavimenteux, cubique ou cylindrique. Un épithélium stratifié pavimenteux peut donc avoir des cellules basales cubiques. La classification ne repose pas sur la moyenne de toutes les formes de la paroi. En coupe tangentielle ou oblique, il faut rechercher plusieurs zones correctement orientées avant de décider.

Type	Critère	Exemple fonctionnel
Simple pavimenteux	Une couche très mince	Endothélium, échanges rapides
Simple cubique	Cellules aussi hautes que larges	Plusieurs segments tubulaires rénaux
Simple cylindrique	Cellules hautes	Absorption intestinale
Pseudostratifié cilié	Noyaux étagés, contact basal de toutes les cellules	Épithélium respiratoire typique
Stratifié pavimenteux	Cellules superficielles aplaties	Protection de l'œsophage ou de l'épiderme

Type	Critère	Exemple fonctionnel
Urothélium	Couches variables, cellules superficielles spécialisées	Distension et barrière urinaire

L'endothélium tapisse les vaisseaux ; le mésothélium tapisse les séreuses. Les deux sont des épithéliums simples pavimenteux, mais leur localisation et leurs fonctions ne sont pas interchangeables. Un espace bordé de cellules aplaties doit être interprété dans son contexte pour distinguer vaisseau, séreuse ou autre structure.

Spécialisations apicales

Les microvillosités sont soutenues par des faisceaux d'actine. Leur densité peut créer un plateau strié ou une bordure en brosse visible en microscopie optique. Elles augmentent la surface et portent des protéines d'absorption ou des enzymes. Les cils mobiles reposent sur des microtubules et déplacent le liquide ou le mucus à la surface. Les stéréocils sont de longues expansions à actine, non des cils mobiles classiques.

La kératinisation de l'épiderme produit une couche cornée dont les cellules ont perdu leur noyau et une grande partie de leurs organites. L'épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé conserve des cellules nucléées en surface, comme dans l'œsophage. Les deux assurent une protection mécanique, mais leurs environnements hydriques diffèrent.

L'urothélium contient des cellules superficielles volumineuses, parfois binucléées, dont la membrane apicale est spécialisée. Lors de la distension, l'épithélium paraît moins épais et la surface des cellules se modifie. Il ne change pas pour autant de famille à chaque remplissage de la vessie. La forme observée dépend ici de l'état fonctionnel de l'organe.

Glandes exocrines et endocrines

Une glande exocrine libère son produit vers une surface épithéliale, directement ou par un conduit. Une glande endocrine sécrète vers le milieu interstitiel puis les capillaires, sans conduit excréteur destiné à une surface. Une cellule caliciforme est une glande exocrine unicellulaire au sein d'un épithélium. Une glande salivaire est une organisation pluricellulaire comprenant unités sécrétrices, canaux et tissu de soutien.

La forme des unités permet de distinguer structures tubuleuses, acineuses ou alvéolaires selon les conventions. L'arbre canalaire peut être simple ou composé. Ces termes décrivent des dimensions différentes : « composée » qualifie la ramification des conduits, pas la coexistence de plusieurs produits. Une glande peut donc être composée et séreuse, ou composée et mixte.

Les cellules séreuses produisent généralement une sécrétion riche en protéines. Leur base est souvent basophile en raison du réticulum rugueux ; leur pôle apical contient des granules. Les cellules muqueuses accumulent des mucines et apparaissent souvent plus claires, avec un noyau refoulé vers la base. Le traitement histologique peut modifier l'aspect des unités mixtes ; la morphologie doit être croisée avec la coloration.



Trois modes de libération

Dans une sécrétion mérocrine, le produit sort principalement par exocytose sans perte majeure de cytoplasme. Dans une sécrétion apocrine, une portion apicale est libérée avec le produit, selon la substance et la glande considérées. Dans une sécrétion holocrine, la cellule entière se désintègre et contribue à la sécrétion, comme dans la glande sébacée. Le nom historique d'une glande ne suffit pas toujours à décrire chaque mécanisme de libération qu'elle emploie.

Décrire une glande

1. Destination exocrine ou endocrine • 2. Architecture des unités • 3. Organisation des conduits • 4. Nature du produit • 5. Mode de libération

Limite du schéma : ce sont cinq axes descriptifs indépendants ; ils ne forment pas une chronologie de sécrétion.

Renouvellement et lecture d'une coupe

Les épithéliums exposés à l'usure se renouvellent grâce à des populations souches ou progénitrices situées dans des niches. Les cellules produites migrent et se différencient avant d'être éliminées. Dans l'intestin, les cryptes et villosités organisent cette dynamique ; dans l'épiderme, le renouvellement se fait depuis les couches profondes vers la surface. Une cellule apicale spécialisée n'a donc pas nécessairement la même capacité de division qu'une cellule basale.

Devant une lame, il faut identifier lumière, lame basale, nombre de couches, forme superficielle et spécialisation apicale. Pour une glande, on ajoute conduits, unités sécrétrices, vascularisation et stroma. Aucun critère isolé ne résout toutes les coupes : une petite lumière entourée de cellules cubiques peut correspondre à un canal, un tubule rénal ou un follicule selon son environnement.

Deux noyaux superposés ne font pas deux couches

Cas comparatif. La coupe A montre des noyaux à différentes hauteurs ; toutes les cellules rejoignent la lame basale mais certaines n'atteignent pas la lumière. La coupe B montre de petites cellules basales et des cellules superficielles aplaties, dont certaines ne touchent pas la lame basale.

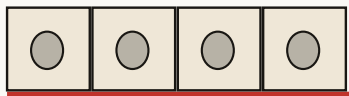
Correction. A correspond à un épithélium pseudostratifié. B correspond à un épithélium pavimenteux stratifié, nommé d'après la couche superficielle. Une cellule basale cubique ne change pas ce nom. Pour décrire ensuite la fonction, on ajoute les spécialisations : cils, kératinisation, cellules muqueuses. Ces informations sont indépendantes du nombre de couches. Une coupe isolée peut ne pas montrer les prolongements basaux ; l'identification reste alors une conclusion fondée sur plusieurs indices, pas une simple lecture du niveau des noyaux.



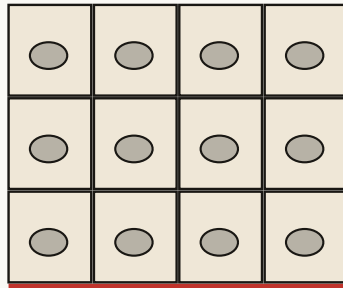
Lecture visuelle : Épithéliums : compter les couches, lire le pôle apical

Épithéliums : compter les couches, lire le pôle apical

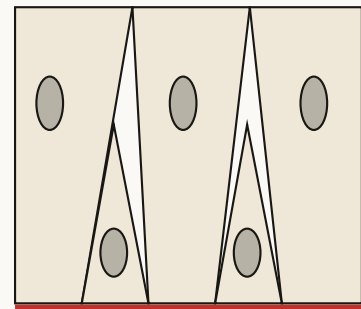
Lumière

**Simple cubique**

Lumière

**Stratifié**

Lumière

**Pseudostratifié**

Rouge : membrane basale. Pseudostratifié : toutes les cellules la touchent.

La ligne rouge indique la membrane basale ; la lumière est en haut. Le cubique simple possède une seule assise. Le stratifié possède plusieurs assises. Dans le pseudostratifié, toutes les cellules rejoignent la membrane basale, mais seules les cellules hautes atteignent la lumière. Couleurs conventionnelles, pas coloration histologique.

Question de lecture. Des noyaux à plusieurs hauteurs prouvent-ils une stratification ?

Correction. Non : le contact des cellules avec la membrane basale est décisif. Un épithélium pseudostratifié peut donner cette impression sans plusieurs couches superposées complètes.

Exercices progressifs

Exercice 1. Des noyaux sont étagés mais toutes les cellules touchent la lame basale. Classer.

Exercice 2. Pourquoi un épithélium stratifié pavimenteux peut-il contenir des cellules cubiques ?

Exercice 3. Une bordure apicale contient de l'actine. Quel mécanisme est probable ?

Exercice 4. Distinguer glande composée, mixte et holocrine.

Exercice 5. Une paroi urothéliale est mince sur une coupe et épaisse sur une autre. Faut-il conclure à une maladie ?

Corrections argumentées

Correction 1. Il s'agit d'un épithélium pseudostratifié. La hauteur différente des noyaux ne suffit pas à définir plusieurs couches réelles.

Correction 2. Le qualificatif pavimenteux décrit les cellules de surface. Les cellules basales peuvent être cubiques et participer au renouvellement.



Correction 3. Des microvillosités ou des stéréocils sont compatibles avec cette charpente. La localisation et la forme permettent de choisir ; un cil mobile typique repose sur des microtubules.

Correction 4. Composée décrit les canaux ramifiés ; mixte peut qualifier la présence de composantes séreuses et muqueuses ; holocrine décrit la libération par désintégration cellulaire. Les termes ne sont pas mutuellement exclusifs.

Correction 5. Non. Le degré de distension et le plan de coupe modifient l'épaisseur apparente. Il faut comparer l'organisation et les cellules superficielles avant d'évoquer une anomalie.

Références et portée

Rédaction pédagogique originale. Les ressources suivantes servent au recoupement ciblé et à l'approfondissement ; elles ne certifient pas l'exigibilité locale. Consultation documentaire : 1 octobre 2026.

- [OpenStax : 4 2 epithelial tissue](#)
- [Ressource universitaire : histologyguide.org](#)

Partie 3 · Tissus conjonctifs et matrices extracellulaires

Prérequis et objectifs

Prérequis : protéines fibreuses, matrice extracellulaire et tissus fondamentaux.

À la fin de ce cours : relier composition et mécanique ; reconnaître les cellules conjonctives ; distinguer matrice, fibres et adipocytes.

Une matrice vivante, produite et remodelée

Un tissu conjonctif associe cellules, fibres et substance fondamentale. La matrice extracellulaire comprend les deux dernières composantes. Elle n'est pas un remplissage inerte : elle transmet des contraintes, retient de l'eau, présente des signaux et influence migration et différenciation. Sa composition résulte d'une synthèse et d'une dégradation continues.

Les fibroblastes produisent de nombreux constituants de matrice. Lorsqu'ils sont actifs, ils présentent un cytoplasme et un noyau relativement développés ; des formes moins actives paraissent plus fusiformes et discrètes. Cette morphologie dépend du contexte et ne correspond pas à deux espèces définitivement séparées. Les myofibroblastes combinent production de matrice et propriétés contractiles, notamment pendant la réparation.

Collagènes et résistance à la traction

Les collagènes constituent une famille de protéines. Le type I est abondant dans tendons, derme et os ; le type II caractérise la matrice du cartilage hyalin ; le type III participe aux réseaux réticulaires ; le type IV forme des réseaux dans les lames basales. Tous les collagènes ne construisent donc pas de grosses fibres visibles de la même manière.

La synthèse d'un collagène fibrillaire comporte des étapes intracellulaires, dont hydroxylation et assemblage de la triple hélice, puis des étapes extracellulaires de maturation et de réticulation. L'hydroxylation dépend notamment de la vitamine C. La solidité finale exige donc à la fois une synthèse correcte et une organisation extracellulaire adaptée. Une forte quantité de collagène désorganisé n'équivaut pas à un tendon fonctionnel.

Les fibres de collagène résistent surtout aux forces de traction. Dans un tendon, leur orientation parallèle répond à une direction dominante ; dans le derme réticulaire, les faisceaux entrecroisés répartissent les contraintes dans plusieurs directions. L'architecture importe autant que la composition chimique.

Élasticité et hydratation

Les fibres élastiques associent un cœur riche en élastine et des microfibrilles contenant notamment de la fibrilline. Elles permettent déformation puis retour vers une forme de repos. Elles sont importantes dans les grosses artères, le poumon et certains ligaments. Collagène et fibres élastiques coopèrent : l'un limite l'étirement excessif, les autres contribuent au recul.

La substance fondamentale contient des glycosaminoglycanes, des protéoglycanes et des glycoprotéines d'adhérence. Les charges négatives de plusieurs glycosaminoglycanes retiennent des

ions et de l'eau, produisant un gel hydraté résistant à la compression. L'acide hyaluronique se distingue de nombreux autres glycosaminoglycanes par son organisation et son absence de liaison covalente à une protéine centrale dans les protéoglycanes classiques.

La fibronectine relie plusieurs composants de matrice et des intégrines cellulaires. La laminine est centrale dans les lames basales. Ces molécules organisent des interfaces ; elles ne jouent pas seulement un rôle de colle passive. Les cellules détectent les propriétés mécaniques de leur environnement à travers leurs adhérences et adaptent leur comportement.

Composant	Propriété principale	Exemple
Collagène fibrillaire	Résistance à la traction	Tendon
Fibres élastiques	Recul après déformation	Artère élastique
Protéoglycanes hydratés	Résistance à la compression	Cartilage
Glycoprotéines d'adhérence	Organisation et liaison cellule-matrice	Fibronectine, laminine

Tissus lâches, denses et réticulaires

Le tissu conjonctif lâche présente des fibres moins serrées, une substance fondamentale abondante et de nombreuses cellules. Il soutient les épithéliums, accompagne les vaisseaux et facilite les échanges et la surveillance immunitaire. Le tissu dense contient davantage de faisceaux fibreux relativement aux cellules et à la substance fondamentale.

Le tissu dense orienté, comme un tendon, montre des faisceaux parallèles et des noyaux de ténocytes allongés entre eux. Le tissu dense non orienté présente des faisceaux dans plusieurs directions. Une coupe transversale de tendon peut masquer le parallélisme : il faut connaître le plan ou rechercher des zones longitudinales.

Un réseau de fibres réticulaires forme un support délicat pour certaines cellules, notamment dans des organes hématopoïétiques ou lymphoïdes. Les techniques argentiques révèlent souvent ce réseau mieux qu'une coloration standard. Le thymus fait exception à une généralisation abusive : son organisation stromale repose fortement sur des cellules épithéliales réticulaires.

Cellules résidentes et cellules recrutées

Les macrophages phagocytent, présentent des antigènes et produisent des médiateurs. Leur aspect varie avec l'activité ; un cytoplasme vacuolaire peut révéler des contenus internalisés. Les mastocytes possèdent des granules riches en médiateurs et participent notamment aux réponses immédiates et à la surveillance tissulaire. Ils ne sont pas simplement des basophiles sanguins devenus tissulaires.

Les plasmocytes sécrètent des anticorps. Leur noyau excentré, leur chromatine en amas et leur cytoplasme basophile sont des indices classiques ; une zone claire juxtanucléaire correspond à l'appareil de Golgi. Des lymphocytes et granulocytes peuvent traverser les vaisseaux et être recrutés dans le tissu selon les signaux inflammatoires.

Le tissu conjonctif n'est donc pas identifié par une seule cellule emblématique. Le diagnostic dépend du rapport cellules-matrice, des types de fibres, de leur orientation et de la vascularisation. Une

augmentation de cellules inflammatoires ne change pas automatiquement l'identité du tissu de soutien, mais modifie son état fonctionnel.

Tissus adipeux

L'adipocyte blanc uniloculaire contient une grande goutte lipidique refoulant le noyau en périphérie. Les adipocytes s'organisent en lobules vascularisés et innervés. Le tissu adipeux stocke l'énergie, amortit les contraintes et sécrète des médiateurs ; il participe à la régulation métabolique. Sa quantité ne dit pas à elle seule comment ces fonctions sont réglées.

L'adipocyte brun multiloculaire contient de nombreuses petites gouttes et des mitochondries abondantes. La protéine UCP1 permet une dissipation contrôlée du gradient protonique sous forme de chaleur. La couleur et la fonction dépendent notamment de la vascularisation et des mitochondries. Les adipocytes beiges illustrent une plasticité supplémentaire selon les dépôts et les stimulations.

Comparer deux tissus conjonctifs

Types de cellules

Nature des fibres

Orientation des fibres

Quantité de substance fondamentale

Vascularisation

Repères complémentaires, sans séquence causale

Limite du schéma : cette grille décrit des caractères observables ; elle ne remplace pas une coloration spécifique lorsque certains composants sont invisibles.

Réparation et remodelage

Après lésion, recrutement cellulaire, prolifération vasculaire et dépôt de matrice participent à la réparation. La matrice initiale est remaniée ; les faisceaux peuvent se réorienter sous l'effet des forces. Une cicatrice riche en collagène peut rétablir une continuité sans reproduire exactement l'architecture et l'élasticité d'origine. Le remodelage implique des protéases et leurs inhibiteurs : la dégradation est aussi nécessaire que la synthèse pour restaurer une organisation adaptée.

Prévoir une réponse mécanique à partir de la matrice

Question. Deux prélèvements ont une quantité comparable de collagène. Le premier possède des faisceaux parallèles ; le second des faisceaux entrecroisés. Lequel est le plus résistant ?

Correction. La question est incomplète : il faut préciser direction et type de sollicitation. Le premier transmet efficacement une traction dans l'axe des faisceaux ; une traction transverse peut recruter moins de fibres. Le second répartit davantage les contraintes entre directions. Une mesure de quantité totale ne donne ni orientation, ni réticulation, ni hydratation. Pour comparer une cicatrice au tissu initial, on teste donc rigidité et résistance dans des directions définies. Une matrice plus abondante peut devenir plus raide tout en ayant une architecture moins adaptée à la fonction.

Exercices progressifs

Exercice 1. Quel collagène associer à tendon, cartilage hyalin et lame basale ?

Exercice 2. Pourquoi un tissu riche en protéoglycanes retient-il l'eau ?

Exercice 3. Un tissu dense à faisceaux parallèles est-il adapté à des contraintes identiques dans toutes les directions ?

Exercice 4. Citer deux différences entre adipocytes blancs et bruns.

Exercice 5. Une cicatrice contient beaucoup de collagène mais reste mécaniquement imparfaite. Expliquer.

Corrections argumentées

Correction 1. Principalement type I dans le tendon, type II dans le cartilage hyalin et réseau de type IV dans la lame basale. Il s'agit de dominantes structurales, pas d'une exclusivité absolue de chaque tissu.

Correction 2. Les charges fixes négatives attirent des contre-ions et favorisent l'hydratation, créant un gel dont les propriétés contribuent à la résistance à la compression.

Correction 3. Il est surtout adapté à une traction dominante selon l'axe des faisceaux. Des faisceaux entrecroisés distribuent mieux des contraintes multidirectionnelles.

Correction 4. Le blanc est surtout uniloculaire avec noyau périphérique ; le brun est multiloculaire et riche en mitochondries exprimant UCP1. Les deux sont vascularisés mais leur fonction dominante diffère.

Correction 5. Quantité et organisation sont distinctes. Orientation, réticulation, composition et relations avec les autres tissus déterminent la résistance et l'élasticité finales.

Références et portée

Rédaction pédagogique originale. Les ressources suivantes servent au recoupement ciblé et à l'approfondissement ; elles ne certifient pas l'exigibilité locale. Consultation documentaire : 1 octobre 2026.

- [OpenStax : 4 3 connective tissue supports and protects](#)
- [Ressource universitaire : histologyguide.org](#)

Partie 4 · Cartilage, tissu osseux et ossification

Prérequis et objectifs

Prérequis : matrice extracellulaire, collagène et tissu conjonctif.

À la fin de ce cours : reconnaître cartilage et os ; distinguer cellules de formation et résorption ; expliquer croissance et remodelage.

Cartilage : soutien hydraté sans réseau vasculaire propre

Le cartilage comporte des chondrocytes dans des lacunes et une matrice abondante. Sa nutrition repose sur la diffusion depuis les tissus voisins ou, pour le cartilage articulaire, depuis le liquide synovial et les interfaces appropriées. L'absence de vaisseaux intramatriciels contribue à une capacité de réparation limitée. Une lésion profonde et une lésion superficielle n'ont pas les mêmes possibilités de recrutement cellulaire.

Les chondroblastes produisent la matrice avant d'être entourés par celle-ci et de devenir des chondrocytes. Des groupes isogéniques peuvent résulter de divisions d'un même chondrocyte. La matrice territoriale autour des cellules est souvent plus colorée que la matrice interterritoriale, notamment en raison de sa composition en protéoglycanes. La lacune visible peut être accentuée par la rétraction technique : elle ne signifie pas que la cellule flotte normalement dans une grande cavité vide.

Le périchondre associe une couche fibreuse et une couche plus chondrogène. Il participe à la croissance appositionnelle lorsque présent. Le cartilage articulaire et le fibrocartilage ne possèdent pas le périchondre typique ; cette exception est déterminante. La croissance interstitielle résulte de divisions et production de matrice au sein du cartilage.

Trois cartilages

Le cartilage hyalin possède une matrice d'aspect homogène en coloration standard, contenant principalement du collagène II et des protéoglycanes. Il est présent dans les surfaces articulaires, les cartilages costaux et certaines voies aériennes. Le cartilage élastique contient en plus un réseau de fibres élastiques, adapté à une déformation réversible, notamment dans le pavillon de l'oreille ou l'épiglotte.

Le fibrocartilage associe des chondrocytes et des faisceaux collagéniques épais, riches notamment en collagène I. Il résiste à des contraintes combinant traction et compression. Les disques intervertébraux et certaines zones d'insertion en fournissent des exemples, avec une organisation régionale spécifique. Il ne faut pas décrire tout un disque intervertébral comme un bloc uniforme de fibrocartilage : le noyau pulpeux et l'anneau fibreux diffèrent.

Type	Matrice caractéristique	Indice microscopique
Hyalin	Collagène II peu individualisé en H&E	Aspect vitreux, groupes de chondrocytes
Élastique	Réseau élastique ajouté	Fibres visibles avec coloration adaptée

Type	Matrice caractéristique	Indice microscopique
Fibrocartilage	Faisceaux collagéniques épais	Chondrocytes souvent alignés entre faisceaux

Os : une matrice minéralisée et vascularisée

Le tissu osseux contient une phase organique, notamment collagène I, et une phase minérale riche en cristaux d'apatite. Le collagène contribue à la résistance à la traction et à la ténacité ; le minéral favorise la rigidité et la résistance à la compression. Supprimer l'un ou l'autre altère différemment les propriétés mécaniques.

Les ostéoblastes produisent l'ostéoïde, matrice organique avant minéralisation. Certains deviennent des ostéocytes emprisonnés dans la matrice ; d'autres deviennent des cellules bordantes ou disparaissent. Les ostéocytes communiquent par leurs prolongements dans les canalicules et participent à la perception des contraintes et à la régulation du remodelage.

Les ostéoclastes sont de grandes cellules multinucléées issues de la lignée hématopoïétique monocyte-macrophage. Ils résorbent l'os grâce à une interface spécialisée acidifiée et à des enzymes. Ils ne sont pas des ostéoblastes qui auraient changé de métier. La coopération des deux lignées permet le renouvellement du tissu.

Os compact et spongieux

L'os compact lamellaire comporte souvent des ostéons organisés autour de canaux contenant vaisseaux et nerfs. Les lamelles concentriques et l'orientation du collagène contribuent aux propriétés mécaniques. Des canaux perforants relient les réseaux vasculaires sans reproduire la même organisation concentrique. Des lamelles interstitielles correspondent notamment à des restes de remodelages antérieurs.

L'os spongieux forme un réseau de travées séparées par des espaces médullaires. Les travées sont organisées selon les contraintes et nourries depuis leurs surfaces. Il s'agit de tissu osseux véritable, pas d'un os « mou ». Compact et spongieux décrivent l'architecture ; lamellaire et tissé décrivent l'organisation de la matrice. Ces axes de classification doivent être distingués.

Le périoste recouvre les surfaces externes non articulaires ; l'endoste tapisse les surfaces internes et les travées. Ils contiennent des cellules participant au renouvellement. Une coupe d'os décalcifié montre mieux certains détails cellulaires mais a perdu sa phase minérale ; une préparation non décalcifiée répond à d'autres questions. La technique conditionne donc ce que l'on peut conclure sur la minéralisation.

Ossification intramembraneuse et endochondrale

L'ossification intramembraneuse forme de l'os à partir d'un tissu mésenchymateux sans modèle cartilagineux préalable typique. L'ossification endochondrale utilise une ébauche cartilagineuse qui est progressivement remaniée et remplacée. Le cartilage ne devient pas simplement os par imprégnation minérale : invasion vasculaire, recrutement de cellules et dépôt d'une nouvelle matrice interviennent.

Dans une plaque de croissance, on décrit classiquement des zones de réserve, prolifération, hypertrophie, calcification puis invasion et ossification du côté métaphysaire. Les colonnes de chondrocytes organisent la croissance longitudinale. Le cartilage articulaire persiste à l'extrémité, tandis que la plaque de croissance finit par disparaître lors de sa fermeture. Croissance en longueur et croissance en épaisseur reposent sur des mécanismes distincts.

Ossification endochondrale simplifiée



Schéma de principe original • lire les conditions et limites dans le texte

Limite du schéma : les zones coexistent spatialement dans un os en croissance ; tous les sites d'ossification n'évoluent pas au même rythme.

Remodelage couplé

Une unité de remodelage associe activation, résorption, transition puis formation. Le signal RANKL favorise la différenciation ostéoclastique via RANK, tandis que l'ostéoprotégérine peut limiter cette interaction en agissant comme récepteur leurre. Les ostéocytes et cellules de la lignée ostéoblastique contribuent à cette régulation. Les hormones et contraintes mécaniques modulent l'équilibre sans remplacer les mécanismes cellulaires locaux.

Une augmentation de résorption peut être suivie d'une formation, mais le bilan final n'est pas nécessairement nul. Une perte osseuse peut résulter de cycles où la quantité remplacée est inférieure à la quantité retirée. Le remodelage entretient aussi l'homéostasie minérale ; la fonction de soutien et la fonction de réserve sont étroitement liées.

Orienter une plaque de croissance

En allant du côté épiphysaire vers le côté diaphysaire d'une plaque de croissance, on reconnaît des chondrocytes de réserve, des colonnes prolifératives, des cellules hypertrophiées puis une région de matrice calcifiée au voisinage de l'invasion vasculaire et du dépôt osseux. Ces territoires se chevauchent et ne constituent pas des cloisons.

Question. Une travée contient un axe de cartilage calcifié entouré de matrice osseuse : est-ce du cartilage qui a simplement changé de nom ?



Correction. Non. Le cartilage constitue ici un support transitoire ; les ostéoblastes déposent une nouvelle matrice osseuse à sa surface. Il faut distinguer calcification, qui dépose du minéral, et ossification, qui produit du tissu osseux. Une coupe doit conserver les repères épiphyse/diaphyse pour interpréter l'ordre observé.

Grandir, remplacer et remodeler : trois bilans distincts

Le cartilage peut augmenter par division de chondrocytes au sein de la matrice et par ajout depuis un périchondre lorsqu'il existe. L'os minéralisé ne grandit pas de la même façon par expansion interstitielle uniforme : des ostéoblastes déposent de la matrice sur des surfaces. Au cartilage de croissance, la succession prolifération, hypertrophie et remplacement permet l'allongement ; ce n'est pas un ensemble de chondrocytes qui se transforme intégralement et directement en ostéoblastes.

Les ostéoblastes appartiennent à une lignée mésenchymateuse ; les ostéoclastes sont issus de la lignée hématopoïétique monocyte-macrophage et sont multinucléés. Les ostéocytes sont des cellules incorporées dans la matrice et connectées par un réseau canaliculaire. Une cellule située dans une lacune n'est donc pas, par définition, un ostéoclaste en train de résorber.

Du front de résorption au dépôt organisé

Le remodelage associe résorption puis formation dans une unité fonctionnelle, avec des signaux de couplage. Un bilan global stable peut cacher des flux élevés et opposés ; une masse osseuse inchangée ne signifie pas absence de renouvellement. Les ostéocytes contribuent à la perception de l'environnement mécanique et à la régulation de ces flux.

Exercice. Un modèle résorbe 12 unités de matrice et en forme 10 pendant une période ; un second résorbe 2 et forme 2. Comparer bilan et turnover.

Correction. Le premier perd 2 unités malgré une formation importante ; son renouvellement est élevé. Le second conserve son bilan avec des flux plus faibles. Mesurer seulement la formation ne permet pas d'identifier le gain net ; mesurer seulement la masse ne quantifie pas l'activité de remodelage. Il faut également distinguer dépôt de matrice organique et minéralisation ultérieure.

Exercices progressifs

Exercice 1. Pourquoi le cartilage répare-t-il généralement moins facilement que l'os ?

Exercice 2. Un tissu montre chondrocytes alignés et épais faisceaux collagéniques. Quel type évoquer ?

Exercice 3. Comparer origine et fonction de l'ostéoblaste et de l'ostéoclaste.

Exercice 4. L'os spongieux est-il nécessairement non lamellaire ?

Exercice 5. Dans l'ossification endochondrale, le cartilage calcifié est-il déjà de l'os ?

Corrections argumentées

Correction 1. Le cartilage est avasculaire et le recrutement de cellules et nutriments est limité par la diffusion et les interfaces disponibles. L'os est vascularisé et dispose de populations de renouvellement accessibles, même si toutes les lésions osseuses ne guérissent pas aisément.

Correction 2. Un fibrocartilage est compatible avec ces critères. Le contexte anatomique et la distinction avec un tendon adjacent restent nécessaires.

Correction 3. L'ostéoblaste, de lignée mésenchymateuse, synthétise la matrice osseuse. L'ostéoclaste, de lignée hématopoïétique, résorbe l'os. Leurs activités se coordonnent mais leurs origines diffèrent.

Correction 4. Non. Un os spongieux mature peut être lamellaire. Spongieux décrit le réseau de travées, tandis que lamellaire décrit l'organisation microscopique de la matrice.

Correction 5. Non. La minéralisation d'une matrice cartilagineuse ne change pas son identité en matrice osseuse. De l'os est déposé par des ostéoblastes puis remanié.

Références et portée

Rédaction pédagogique originale. Les ressources suivantes servent au recoupement ciblé et à l'approfondissement ; elles ne certifient pas l'exigibilité locale. Consultation documentaire : 1 octobre 2026.

- OpenStax : 6 3 bone structure
- Ressource universitaire : histologyguide.org
- Révision : ressource pour « Orienter une plaque de croissance »

Recoupements de l'approfondissement v0.4

- Ressource vérifiée : approfondissement 07-01, partie 4, 1

Consultation ciblée le 2 octobre 2026 ; rédaction et exercices originaux. Ces ressources ne certifient pas une exigibilité locale.

Partie 5 · Sang, moelle osseuse et organes lymphoïdes

Prérequis et objectifs

Prérequis : cellules sanguines et distinction immunité innée/adaptative.

À la fin de ce cours : reconnaître les éléments du sang ; localiser l'hématopoïèse ; différencier ganglion, rate et thymus.

Le sang associe plasma et éléments figurés

Le plasma contient eau, protéines et solutés ; les éléments figurés comprennent hématies, leucocytes et plaquettes. Un frottis étale ces éléments pour permettre une observation individuelle. La coloration et l'épaisseur influencent l'aspect : une zone où les cellules se superposent est moins fiable pour comparer tailles et contours.

L'hématie humaine mature est une cellule anucléée biconcave riche en hémoglobine. Sur un frottis, la pâleur centrale reflète sa géométrie et son contenu. Elle ne contient ni noyau ni mitochondries, ce qui préserve l'espace et évite une consommation mitochondriale de l'oxygène transporté. Le réticulocyte est une forme récemment produite contenant encore des restes d'ARN, révélés par des méthodes adaptées.

Les plaquettes sont des fragments cytoplasmiques issus des mégacaryocytes. Elles sont plus petites que les leucocytes et participent à l'hémostase. Elles ne sont pas de minuscules leucocytes sans noyau. Leur activation modifie leur forme et leur adhérence ; sur un prélèvement, des agrégats peuvent fausser un comptage automatisé.

Reconnaître les leucocytes

Le neutrophile mature possède un noyau segmenté en plusieurs lobes reliés et des granulations fines. Il participe à la phagocytose et aux réponses rapides, notamment antibactériennes. L'éosinophile possède souvent un noyau bilobé et des granulations fortement éosinophiles ; il intervient dans des réponses antiparasitaires et allergiques selon le contexte. Le basophile possède des granules foncés pouvant masquer le noyau.

Le lymphocyte petit typique présente un noyau dense occupant la majorité du volume et une mince couronne cytoplasmique. Un lymphocyte activé peut être plus volumineux : la morphologie varie avec l'état. On ne distingue pas de façon fiable tous les lymphocytes B et T sur une simple coloration standard. Le monocyte est généralement plus grand, avec un noyau irrégulier ou réniforme et un cytoplasme plus abondant, parfois vacuolaire.

Élément	Indice morphologique dominant	Limite
Neutrophile	Noyau multilobé	Le nombre de lobes varie
Éosinophile	Granules orangés et noyau souvent bilobé	Dépend de la coloration
Basophile	Granules sombres volumineux	Noyau parfois caché

Élément	Indice morphologique dominant	Limite
Lymphocyte	Rapport noyau/cytoplasme élevé	Activation modifie fortement l'aspect
Monocyte	Grande taille, noyau irrégulier	Chevauchement possible avec formes activées

Moelle osseuse et hématopoïèse

La moelle hématopoïétique contient des précurseurs, des sinusoides, des cellules stromales et des adipocytes en proportion variable. Les cellules souches hématopoïétiques s'autorenouvellent et donnent des progéniteurs progressivement engagés. Les arbres de différenciation sont des modèles utiles ; ils simplifient une continuité d'états et de décisions régulées par les niches.

L'érythropoïèse associe diminution progressive de taille, accumulation d'hémoglobine, condensation puis expulsion du noyau. Les précurseurs érythroïdes sont souvent organisés autour de macrophages dans des îlots. L'érythropoïétine, produite principalement par le rein chez l'adulte, soutient la production selon les besoins d'oxygénation. Elle ne transforme pas directement une cellule souche en hématie en une seule étape.

La granulopoïèse s'accompagne d'apparition de granulations et de modifications nucléaires. Les mégacaryocytes augmentent leur ploïdie par des cycles particuliers sans division cellulaire complète, puis produisent des prolongements donnant des plaquettes. Leur grand noyau polylobé et leur cytoplasme abondant permettent de les repérer dans la moelle.

Ganglion lymphatique : surveiller la lymphe

Le ganglion reçoit la lymphe par des vaisseaux afférents traversant sa capsule. Elle passe dans des sinus puis quitte l'organe au hile par un vaisseau efférent. Le cortex comporte des follicules B ; la région paracorticale est riche en lymphocytes T ; la médulla contient cordons et sinus. Les veinules à endothélium haut permettent l'entrée de nombreux lymphocytes depuis le sang.

Un follicule primaire ne présente pas de centre germinatif développé. Un follicule secondaire contient un centre germinatif plus clair entouré d'un manteau. L'aspect clair reflète notamment la composition cellulaire et l'activité de cette région, pas une absence de cellules. Les centres germinatifs participent aux réponses B et à la sélection de cellules de meilleure affinité.

Rate : surveiller le sang

La rate possède une pulpe blanche immunitaire et une pulpe rouge impliquée notamment dans le contrôle et l'élimination des hématies. Les gaines lymphoïdes périartériolaires sont riches en T ; les follicules associés sont riches en B. La présence d'une artériole dans la pulpe blanche est un repère, mais une coupe n'en montre pas toujours la relation complète.

La pulpe rouge associe cordons et sinusoides. Le passage des hématies met à l'épreuve leur déformabilité et leur intégrité. La rate filtre le sang, tandis que le ganglion filtre la lymphe issue des tissus. Cette distinction explique des organisations vasculaires et des fonctions différentes. La rate ne possède pas le même système de vaisseaux lymphatiques afférents qu'un ganglion.



Thymus : maturation et sélection T

Le thymus est organisé en lobules avec cortex sombre et médulla plus claire. Le cortex est riche en thymocytes ; la médulla contient des cellules épithéliales et des corpuscules de Hassall. Le stroma thymique est principalement épithélial, ce qui le distingue de nombreux organes lymphoïdes à charpente conjonctive réticulaire.

Les processus de sélection conservent des lymphocytes capables de reconnaître le CMH et limitent ceux qui réagissent trop fortement contre le soi. Beaucoup de thymocytes disparaissent au cours de leur maturation. L'involution avec l'âge augmente la proportion de tissu adipeux sans rendre toute fonction thymique brusquement nulle.

Organes et milieu surveillé

Moelle : production et maturation B

Thymus : maturation T

Ganglion : lympho tissulaire

Rate : sang

Tissus muqueux : interfaces

Repères complémentaires, sans séquence causale

Limite du schéma : chaque organe possède plusieurs fonctions et des échanges cellulaires ; les intitulés indiquent seulement une dominante pédagogique.

Distinguer les organes sur une lame

Un organe lobulé avec cortex et médulla, sans follicules habituels et avec corpuscules de Hassall évoque le thymus. Un organe à capsule, sinus, cortex folliculaire et hile évoque un ganglion. Des territoires de pulpe blanche dispersés dans une pulpe rouge évoquent la rate. L'identification doit reposer sur cette combinaison et non sur la seule présence de lymphocytes, commune aux trois.

Relier organe lymphoïde et voie d'arrivée

Cas. Un antigène arrive depuis un tissu périphérique par la lymphe ; un autre circule dans le sang. Choisir pour chacun le principal organe secondaire de surveillance et justifier sur la coupe.

Correction. Le premier peut atteindre un ganglion par des lymphatiques afférents, puis les sinus sous-capsulaires ; les territoires folliculaires et paracorticaux organisent les rencontres cellulaires. Le second est surveillé notamment par la rate, avec pulpe blanche associée aux vaisseaux et pulpe rouge impliquée dans le contrôle des éléments sanguins. La rate ne se lit pas comme un ganglion recevant de multiples lymphatiques afférents. Des lymphocytes existent dans les deux organes : leur présence

seule ne les distingue pas. L'architecture révèle ici la voie d'échantillonnage des antigènes.

Entrer dans un ganglion : deux portes pour deux flux

La lymphe afférente transporte des antigènes, des molécules et certaines cellules depuis les tissus. Des lymphocytes naïfs arrivent aussi depuis le sang par des veinules spécialisées à endothélium haut. Les deux portes ne déversent pas nécessairement leurs contenus directement dans la même microzone. L'organisation en cortex folliculaire, paracortex et médulla contribue aux rencontres entre partenaires.

Les follicules sont des territoires riches en B ; le paracortex est riche en T et en cellules présentatrices appropriées. Un centre germinatif témoigne d'une organisation de réponse B, pas de toute l'activité immunitaire du ganglion. Sa présence ou son absence sur une petite coupe doit être interprétée avec le plan et le contexte.

Comparer rate et thymus par leurs circuits

La rate associe pulpe blanche immunitaire et pulpe rouge impliquée notamment dans les relations avec les cellules sanguines. Elle n'a pas le même circuit de lymphe afférente qu'un ganglion. Dans le thymus, la trame épithéliale et les interactions avec les thymocytes organisent la maturation T ; l'organe n'est pas un lieu habituel de follicules B activés comparables à ceux d'un ganglion.

Exercice. Une lame comporte des follicules à centre clair et des sinus sous une capsule. Une autre montre des corpuscules de Hassall. Peut-on les ranger comme deux ganglions d'activité différente ?

Correction. Non. Le premier ensemble oriente vers un ganglion ; les corpuscules de Hassall orientent vers la médulla thymique. L'activité modifie un organe, mais n'explique pas toutes les différences d'architecture entre organes. Il faut combiner les critères et ne pas conclure à partir de la densité lymphocytaire seule. Voir 17-02, partie 6 pour la fonction hémostatique des plaquettes, distincte de leur simple reconnaissance sur frottis.

Exercices progressifs

Exercice 1. Peut-on reconnaître systématiquement un lymphocyte B sur H&E ?

Exercice 2. Pourquoi le mégacaryocyte ne doit-il pas être confondu avec plusieurs cellules superposées ?

Exercice 3. Quel organe reçoit directement la lymphe tissulaire par des afférents ?

Exercice 4. Comparer pulpe blanche et pulpe rouge.

Exercice 5. Une coupe montre des lobules cortex-médulla et des corpuscules concentriques éosinophiles. Identifier et justifier.

Corrections argumentées

Correction 1. Non. La morphologie seule ne distingue pas fiablement les principales populations B et T. Des marqueurs immunologiques et le contexte architectural sont nécessaires.

Correction 2. Il possède un grand cytoplasme continu et un noyau polylobé issu d'une polyploïdisation. L'observation des contours et de plusieurs plans aide à le reconnaître.

Correction 3. Le ganglion lymphatique. La rate surveille surtout le sang et ne reproduit pas ce réseau afférent ganglionnaire.

Correction 4. La pulpe blanche organise les réponses immunitaires autour des vaisseaux ; la pulpe rouge associe cordons et sinusoides pour le contrôle des éléments sanguins, notamment des hématies.

Correction 5. Le thymus : la lobulation cortex-médulla et les corpuscules de Hassall constituent une association caractéristique. La présence de lymphocytes seule aurait été insuffisante.

Références et portée

Rédaction pédagogique originale. Les ressources suivantes servent au recoupement ciblé et à l'approfondissement ; elles ne certifient pas l'exigibilité locale. Consultation documentaire : 1 octobre 2026.

- OpenStax : 18 2 production of the formed elements
- Révision : ressource pour « Relier organe lymphoïde et voie d'arrivée »

Recoupements de l'approfondissement v0.4

- Ressource vérifiée : approfondissement 07-01, partie 5, 1

Consultation ciblée le 2 octobre 2026 ; rédaction et exercices originaux. Ces ressources ne certifient pas une exigibilité locale.

Partie 6 • Muscles, neurones et glie : critères microscopiques

Prérequis et objectifs

Prérequis : cytosquelette, contraction et organisation des neurones.

À la fin de ce cours : différencier les trois muscles ; reconnaître les composants d'un nerf ; relier morphologie et organisation fonctionnelle.

Trois tissus contractiles

Le muscle squelettique est constitué de longues fibres multinucléées. Les noyaux sont en périphérie et les myofibrilles produisent une striation transversale régulière en coupe longitudinale. Une fibre est une cellule issue de la fusion de précurseurs ; elle ne doit pas être confondue avec un faisceau contenant de nombreuses fibres. L'endomysium entoure chaque fibre, le périnysium les faisceaux et l'épimysium le muscle.

En coupe transversale, les fibres apparaissent polygonales, avec des noyaux parfois absents du plan. Le diamètre varie selon le type et les conditions. Les capillaires se situent dans le tissu conjonctif autour des fibres, pas dans leur cytoplasme. Une coloration enzymatique ou immunologique peut distinguer des types de fibres invisibles sur une coloration standard.

Le muscle cardiaque possède des cellules striées, ramifiées, avec un ou parfois deux noyaux centraux. Les disques intercalaires associent des jonctions mécaniques et communicantes. Ils coordonnent la transmission des forces et de l'activité électrique. L'organisation en réseau ne signifie pas que tout le myocarde serait une seule cellule géante : les cardiomyocytes restent individualisés par leurs membranes.

Le muscle lisse présente des cellules fusiformes à noyau central allongé, sans striation transversale visible. Les filaments contractiles s'ancrent à des corps denses et à des structures membranaires. En coupe transversale, les profils ont des diamètres variables selon l'endroit où la cellule est sectionnée ; le noyau n'apparaît que dans certaines sections.

Critère	Squelettique	Cardiaque	Lisse
Striation	Oui	Oui	Non
Noyaux	Multiples, périphériques	Centraux, souvent un	Unique, central
Forme	Long cylindre	Cellule ramifiée	Fuseau
Jonctions spécialisées	Plaque motrice avec le neurone	Disques intercalaires	Couplage variable selon le tissu
Commande dominante	Somatique	Automatisme modulé	Autonome, hormones et facteurs locaux

Sarcomère et lecture des stries

Le sarcomère s'étend d'une ligne Z à la suivante. Les filaments fins d'actine et les filaments épais de myosine s'y interdigitent. La bande A correspond à la longueur des filaments épais ; la bande I contient principalement des filaments fins sans épais ; la zone H correspond à une région centrale sans filaments fins au repos relatif. Pendant la contraction, le chevauchement augmente, la bande I et la zone H diminuent, tandis que la longueur des filaments et de la bande A reste globalement constante.

Les stries résultent de l'alignement des sarcomères entre myofibrilles. Elles ne sont pas des membranes transversales séparant la cellule en compartiments. Les tubules T et le réticulum sarcoplasmique organisent le couplage excitation-contraction à une autre échelle. Les triades squelettiques et les diades cardiaques ne doivent pas être confondues.

Cellules satellites et régénération

Les cellules satellites du muscle squelettique sont situées entre la membrane de la fibre et sa lame basale. Elles peuvent participer à la croissance et à la réparation. La capacité de régénération dépend de leur disponibilité, de l'intégrité du support et de l'importance de la lésion. Le muscle cardiaque adulte possède une capacité de remplacement beaucoup plus limitée ; une lésion importante peut laisser une cicatrice conjonctive.

Le muscle lisse peut présenter une hypertrophie et, dans certains contextes, une prolifération. Ces réponses doivent être distinguées : l'hypertrophie augmente la taille des cellules, l'hyperplasie leur nombre. Un épaississement de paroi observé en coupe ne permet pas à lui seul de choisir entre les deux.

Neurone : polarité et compartiments

Le corps cellulaire neuronal contient un noyau souvent volumineux et un nucléole visible. La substance de Nissl correspond à du réticulum rugueux et à des ribosomes ; elle est présente dans le soma et les dendrites proximales mais absente du cône d'émergence axonal. Cette distribution reflète l'organisation de la synthèse protéique.

Les dendrites reçoivent de nombreux contacts ; l'axone conduit les potentiels d'action vers des terminaisons, avec des variations selon le type neuronal. Une coupe de tissu nerveux contient surtout des prolongements et de la glie ; on ne voit pas toujours des neurones complets. Le neuropile désigne l'enchevêtrement de prolongements et de synapses entre les corps cellulaires.

Glie centrale et périphérique

Les astrocytes participent à l'homéostasie ionique, au soutien métabolique et aux interfaces vasculaires. Ils contribuent au fonctionnement de la barrière hématoencéphalique mais les jonctions serrées endothéliales en constituent un élément structural majeur. Un astrocyte seul n'est donc pas la totalité de la barrière.

Les oligodendrocytes myélinisent des segments de plusieurs axones dans le système nerveux central. Les cellules de Schwann myélinisantes forment chacune un segment d'un axone périphérique. D'autres cellules de Schwann entourent des axones non myélinisés sans former une gaine compacte

individuelle. La microglie représente une population immunitaire résidente ; les cellules épendymaires tapissent les cavités ventriculaires et le canal central.

La myéline est une membrane enroulée et compactée autour d'un axone. Les nœuds de Ranvier interrompent la gaine et concentrent des éléments de l'excitabilité. En préparation paraffinée, les lipides peuvent être extraits, laissant des halos. Un halo clair autour d'un axone n'est donc pas nécessairement un espace liquidien physiologique.

Nerf et ganglion périphériques

Un nerf regroupe des fibres nerveuses dans des enveloppes conjonctives. L'endonèvre accompagne les fibres individuelles ; le périnèvre entoure un fascicule et contribue à une barrière ; l'épinèvre rassemble les fascicules et contient notamment des vaisseaux. Une fibre nerveuse comprend un axone et ses enveloppes gliales, tandis qu'un nerf est un organe composé.

Un ganglion sensitif présente des corps cellulaires neuronaux entourés de cellules satellites, souvent disposées de façon régulière. Les neurones sensitifs spinaux sont pseudounipolaires. Les ganglions autonomes contiennent des neurones multipolaires et une organisation différente, avec des synapses. La position et l'architecture aident à interpréter une coupe où tous les prolongements ne sont pas visibles.

Lire un tissu neuromusculaire

1. Striation ou neuropile • 2. Position des noyaux • 3. Organisation cellulaire • 4. Enveloppes conjonctives • 5. Jonctions et glie

Limite du schéma : les critères sont à combiner ; une coupe oblique ou un champ trop petit peut masquer le caractère décisif.

Reconstruire un sarcomère raccourci

Exercice graphique. Dessiner deux sarcomères avec des filaments épais de même longueur, l'un au repos et l'autre raccourci. Conserver aussi la longueur des filaments fins ; déplacer seulement leur chevauchement.

Correction commentée. Les lignes Z se rapprochent. La bande A, correspondant à la longueur des filaments épais, conserve sa largeur. Les bandes I et la zone H diminuent lorsque le chevauchement augmente. Une zone H peut devenir peu visible sans que la myosine ait été raccourcie. Cette géométrie explique pourquoi un dessin où tous les éléments rétrécissent serait faux. Une coupe oblique ou une préparation contracturée peut toutefois brouiller les stries : on ne mesure pas une variation physiologique de longueur à partir de deux images non comparables.

Fibre, faisceau et nerf : trois niveaux emboîtés

L'endonèvre accompagne les fibres nerveuses ; le périnèvre entoure des faisceaux et contribue à leur compartimentation ; l'épinèvre organise l'ensemble du nerf avec du tissu conjonctif et des vaisseaux. Ces enveloppes ne sont pas trois couches de myéline. La myéline est produite par une cellule gliale autour d'un segment d'axone, alors que les enveloppes conjonctives se placent à d'autres échelles.



Une cellule de Schwann myélinisante forme un internœud d'un axone périphérique. Un oligodendrocyte peut produire plusieurs segments myélinisés dans le système central. Les axones non myélinisés périphériques peuvent néanmoins être associés à des cellules de Schwann : absence de myéline compacte ne signifie pas absence de glie.

Reconnaître la myéline sans prendre un artefact pour une cavité

Les traitements qui extraient des lipides peuvent laisser un halo clair autour d'un axone. Sa forme dépend de la préparation et ne décrit pas une cavité vide physiologique. En coupe longitudinale, les interruptions de la gaine aux nœuds s'associent à une organisation particulière des canaux ; elles participent à la conduction saltatoire.

Exercice. Une coupe transversale montre de nombreux profils circulaires dans un faisceau entouré d'une limite continue. Chaque cercle est-il nécessairement un neurone entier ?

Correction. Non. Il peut s'agir de profils d'axones et de leurs gaines. Les corps cellulaires des neurones concernés se trouvent souvent à distance. Le nombre de profils ne donne pas directement le nombre de neurones dans tout le nerf, notamment en présence de branches ou de coupes obliques. Il faut préciser ce qui est compté et la géométrie de l'échantillon.

Exercices progressifs

Exercice 1. Une cellule striée possède un noyau central et se ramifie. Quel muscle évoquer ?

Exercice 2. La bande A raccourcit-elle fortement pendant une contraction normale ?

Exercice 3. Une coupe transversale de muscle lisse montre des profils sans noyau. Est-ce anormal ?

Exercice 4. Comparer un oligodendrocyte et une cellule de Schwann myélinisante.

Exercice 5. Quel tissu entoure un fascicule nerveux et contribue à sa barrière ?

Corrections argumentées

Correction 1. Le muscle cardiaque. La striation seule ne suffit pas, mais la ramification, le noyau central et les disques intercalaires forment un ensemble caractéristique.

Correction 2. Non. Elle correspond à la longueur des filaments épais, qui reste globalement constante. Le glissement modifie surtout le chevauchement et les régions I et H.

Correction 3. Non. La cellule est fusiforme et le plan peut passer loin de sa région nucléaire centrale. L'absence de noyau dans un profil n'implique pas une cellule anucléée.

Correction 4. Un oligodendrocyte peut myéliniser plusieurs segments d'axones centraux ; une cellule de Schwann myélinisante forme un segment d'un seul axone périphérique.

Correction 5. Le périnèvre. L'endonèvre accompagne les fibres et l'épinèvre entoure l'ensemble des fascicules. Ces enveloppes se situent à des échelles différentes.

Références et portée

Rédaction pédagogique originale. Les ressources suivantes servent au recoupement ciblé et à l'approfondissement ; elles ne certifient pas l'exigibilité locale. Consultation documentaire : 1 octobre 2026.

- [OpenStax : 4 4 muscle tissue and motion](#)
- [Révision : ressource pour « Reconstruire un sarcomère raccourci »](#)

Recoupements de l'approfondissement v0.4

- [Ressource vérifiée : approfondissement 07-01, partie 6, 1](#)

Consultation ciblée le 2 octobre 2026 ; rédaction et exercices originaux. Ces ressources ne certifient pas une exigibilité locale.