

Déclic

PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME LOCOMOTEUR

Os · Articulations · Muscles

PARCOURS : Préparation EIDE

AUTEUR : Anaïs – Daranjo - IDE

DATE : Juin 2026

1. Objectifs du chapitre

À la fin de ce chapitre, tu dois être capable de :

- expliquer les grandes fonctions physiologiques du système locomoteur ;
- comprendre le rôle mécanique des os ;
- expliquer le rôle de l'os comme réserve minérale ;
- comprendre l'hématopoïèse dans la moelle osseuse ;
- expliquer le remodelage osseux ;
- différencier ostéoblastes, ostéocytes et ostéoclastes ;
- comprendre le métabolisme phosphocalcique ;
- expliquer le rôle du calcium, du phosphore, de la parathormone, de la calcitonine et de la vitamine D ;
- comprendre la physiologie des articulations ;
- expliquer la mobilité, la stabilité, le cartilage, la synovie, la lubrification et l'amortissement ;
- expliquer la contraction musculaire ;
- comprendre le rôle du sarcomère, de l'actine, de la myosine, du calcium et de l'ATP ;
- expliquer le couplage excitation-contraction ;
- comprendre la jonction neuromusculaire ;
- expliquer le rôle du motoneurone, de l'acétylcholine, de la plaque motrice et de la dépolarisation musculaire ;
- différencier métabolisme musculaire aérobie et anaérobie ;
- expliquer la fatigue musculaire et la récupération.

Introduction générale

Le système locomoteur permet au corps humain de se tenir, de bouger, de se déplacer, de maintenir une posture, de protéger certains organes et de produire de la chaleur.

Il regroupe trois grands ensembles fonctionnels :

- les os ;
- les articulations ;
- les muscles.

Ces trois éléments travaillent ensemble.

Les os forment une charpente rigide.

Les articulations permettent aux os de bouger les uns par rapport aux autres.

Les muscles produisent la force qui met les os en mouvement.

Mais le système locomoteur ne sert pas seulement à marcher ou à porter des objets.

Il participe aussi à :

- la posture ;
- l'équilibre ;
- la respiration ;
- la protection des organes ;
- la réserve minérale ;
- la production des cellules sanguines ;
- la thermorégulation ;
- le métabolisme énergétique ;
- l'autonomie ;
- la communication non verbale ;
- l'adaptation à l'effort.

Le système locomoteur dépend fortement du système nerveux, du système cardiovasculaire, du système endocrinien et du métabolisme cellulaire.

Un mouvement volontaire simple nécessite :

- une commande nerveuse ;
- une jonction neuromusculaire fonctionnelle ;
- des fibres musculaires excitables ;
- du calcium ;
- de l'ATP ;
- des tendons ;
- des articulations mobiles ;

- des os résistants ;
- une vascularisation suffisante ;
- une récupération métabolique correcte.

7.1. Physiologie osseuse

2. Généralités

L'os est un tissu vivant, dynamique, vascularisé, innervé et capable de se remodeler.

Il ne faut pas le voir comme une matière morte ou figée.

L'os est un tissu conjonctif spécialisé, dur et minéralisé.

Il contient :

- des cellules osseuses ;
- une matrice extracellulaire ;
- des fibres de collagène ;
- des cristaux minéraux ;
- des vaisseaux sanguins ;
- des nerfs ;
- de la moelle osseuse.

La matrice osseuse associe deux grandes propriétés :

- une résistance mécanique donnée par le collagène ;
- une rigidité donnée par les sels minéraux, surtout le calcium et le phosphate.

Cette association permet à l'os d'être à la fois solide et légèrement flexible.

Un os trop peu minéralisé devient mou ou fragile.

Un os dont la matrice organique est altérée devient cassant.

Un os qui ne se renouvelle plus correctement devient plus vulnérable aux fractures.

3. Fonctions physiologiques de l'os

L'os assure plusieurs fonctions majeures.

Fonction	Explication
Soutien	forme la charpente du corps
Protection	protège cerveau, moelle, cœur, poumons, organes pelviens
Mouvement	sert de levier aux muscles
Réserve minérale	stocke calcium et phosphate
Hématopoïèse	produit les cellules sanguines dans la moelle rouge
Remodelage	adapte sa structure aux contraintes
Équilibre acido-basique	participe indirectement aux tampons minéraux
Fonction endocrine	l'os produit certaines molécules impliquées dans le métabolisme

L'os est donc à la fois un organe mécanique, métabolique et hématopoïétique.

Rôle mécanique

4. Soutien du corps

Le squelette soutient le corps.

Il donne sa forme générale à l'organisme.

Sans squelette, les tissus mous ne pourraient pas se maintenir dans une position organisée.

La colonne vertébrale soutient le tronc.

Le bassin transmet le poids du corps vers les membres inférieurs.

Les os des membres servent de leviers pour le mouvement.

5. Protection des organes

Certains os protègent des organes vitaux.

Structure osseuse	Organe protégé
Crâne	encéphale
Colonne vertébrale	moelle épinière
Cage thoracique	cœur, poumons, gros vaisseaux
Bassin	vessie, organes génitaux internes, rectum
Orbites	yeux

La protection n'est pas absolue, mais elle limite les lésions lors des traumatismes modérés.

6. Levier pour le mouvement

Les os servent de leviers.

Les muscles s'attachent aux os par les tendons.

Quand un muscle se contracte, il tire sur l'os.

Le mouvement se produit au niveau d'une articulation.

Exemple :

- le biceps se contracte ;
- il tire sur le radius ;
- le coude se fléchit.

Le mouvement dépend donc de l'association :

muscle tendon os articulation

7. Adaptation aux contraintes

L'os s'adapte aux contraintes mécaniques.

Quand un os est soumis régulièrement à des contraintes raisonnables, il peut se renforcer.

Quand il n'est plus sollicité, il peut perdre de la densité.

Exemples :

- l'activité physique stimule le maintien de la masse osseuse ;
- l'immobilisation prolongée favorise la perte osseuse ;
- l'apésanteur entraîne une diminution de la densité osseuse ;
- l'alitement prolongé diminue les contraintes sur le squelette.

Cette capacité d'adaptation dépend du remodelage osseux.

Réserve minérale

8. L'os comme réservoir

L'os est le principal réservoir de calcium et de phosphore de l'organisme.

La majorité du calcium corporel est stockée dans le squelette.

La majorité du phosphore est également présente dans l'os, sous forme de cristaux minéraux.

Ces minéraux donnent à l'os sa dureté.

Mais ils peuvent aussi être mobilisés en cas de besoin.

L'os participe donc au maintien de la calcémie et de la phosphatémie.

9. Hydroxyapatite

Les sels minéraux de l'os sont principalement sous forme de cristaux d'hydroxyapatite.

L'hydroxyapatite contient :

- calcium ;
- phosphate ;
- hydroxyle.

Elle donne à l'os sa rigidité.

Le collagène donne la résistance à la traction.

L'hydroxyapatite donne la résistance à la compression.

L'équilibre entre matrice organique et minéralisation est indispensable.

10. Importance du calcium

Le calcium n'est pas seulement utile aux os.

Il est indispensable pour :

- contraction musculaire ;
- contraction cardiaque ;
- transmission nerveuse ;
- coagulation ;
- signalisation cellulaire ;
- libération de neurotransmetteurs ;
- activité enzymatique ;
- minéralisation osseuse.

Comme le calcium est vital, l'organisme régule très strictement la calcémie.

Si le calcium sanguin baisse, l'organisme peut mobiliser le calcium osseux pour préserver les fonctions vitales.

Cela peut se faire au détriment du squelette si le déséquilibre est chronique.

11. Importance du phosphore

Le phosphore est également essentiel.

Il intervient dans :

- structure osseuse ;
- ATP ;
- ADN ;
- ARN ;
- phospholipides membranaires ;
- signalisation cellulaire ;
- équilibre acido-basique ;
- phosphorylation des protéines.

Le phosphore est donc à la fois un minéral osseux et une molécule centrale du métabolisme énergétique.

Hématopoïèse

12. Définition

L'hématopoïèse est la production des cellules sanguines.

Elle se déroule principalement dans la moelle osseuse rouge.

La moelle osseuse rouge produit :

- globules rouges ;
- globules blancs ;
- plaquettes.

Elle contient des cellules souches hématopoïétiques capables de donner naissance aux différentes lignées sanguines.

13. Moelle rouge et moelle jaune

Il existe deux grands types de moelle osseuse.

Type	Rôle
Moelle rouge	production des cellules sanguines
Moelle jaune	riche en tissu adipeux, réserve énergétique

Chez l'enfant, la moelle rouge est plus largement répartie dans le squelette.

Chez l'adulte, elle est surtout présente dans :

- sternum ;
- côtes ;
- vertèbres ;
- bassin ;

- os plats ;
- extrémités proximales de certains os longs.

14. Lignées sanguines

La moelle osseuse produit plusieurs lignées.

Lignée	Cellules produites
Lignée érythroïde	globules rouges
Lignée myéloïde	granulocytes, monocytes
Lignée lymphoïde	lymphocytes
Lignée mégacaryocytaire	plaquettes

La production est régulée selon les besoins.

Exemple :

En cas d'hypoxie, le rein produit de l'érythropoïétine, ou EPO, qui stimule la production des globules rouges.

15. Intérêt physiologique

L'hématopoïèse relie directement l'os au sang, à l'immunité et à l'oxygénation.

Une atteinte de la moelle osseuse peut provoquer :

- anémie ;
- leucopénie ;
- thrombopénie ;
- immunodépression ;
- risque hémorragique ;
- fatigue ;
- infections ;
- troubles de coagulation.

Le squelette est donc aussi un organe hématologique.

Remodelage osseux

16. Définition

Le remodelage osseux est le processus permanent de destruction et de reconstruction du tissu osseux.

L'os est constamment renouvelé.

Ce remodelage permet :

- réparation des microfissures ;
- adaptation aux contraintes mécaniques ;
- maintien de la solidité ;
- régulation du calcium et du phosphore ;
- remplacement de l'os ancien par de l'os nouveau.

Le remodelage repose sur l'équilibre entre deux activités :

- résorption osseuse ;
- formation osseuse.

17. Résorption osseuse

La résorption osseuse correspond à la destruction contrôlée de la matrice osseuse.

Elle est réalisée par les ostéoclastes.

Les ostéoclastes dégradent :

- la partie minérale ;
- la matrice organique.

Ils libèrent du calcium et du phosphate dans le milieu extracellulaire.

18. Formation osseuse

La formation osseuse correspond à la fabrication de nouvelle matrice osseuse.
Elle est réalisée par les ostéoblastes.
Les ostéoblastes produisent d'abord une matrice organique appelée ostéoïde.
Ensuite, cette matrice se minéralise avec calcium et phosphate.

19. Cycle du remodelage

Le remodelage osseux suit plusieurs étapes.

1. Activation : recrutement des cellules de remodelage.
2. Résorption : les ostéoclastes creusent une lacune.
3. Inversion : préparation de la surface.
4. Formation : les ostéoblastes déposent l'ostéoïde.
5. Minéralisation : calcium et phosphate rigidifient la matrice.
6. Quiescence : retour à un état stable.

Ce cycle se produit dans de nombreuses petites unités de remodelage osseux.

20. Équilibre formation/résorption

Chez un adulte jeune en bonne santé, la formation et la résorption sont globalement équilibrées.

Si la résorption dépasse la formation, la masse osseuse diminue.

Si la formation dépasse la résorption, la masse osseuse augmente ou se reconstruit.

Dans l'ostéoporose, la densité et la qualité osseuse diminuent, ce qui augmente le risque de fracture.

21. Influence des contraintes mécaniques

L'os répond aux contraintes mécaniques.

Cette adaptation est souvent résumée par la loi de Wolff.

Un os soumis à des charges adaptées se renforce.

Un os peu sollicité se fragilise.

Exemples :

- activité physique avec impact modéré : stimulation osseuse ;
- immobilisation : perte osseuse ;
- alitement prolongé : déminéralisation ;
- microgravité : perte de densité osseuse.

Le mouvement est donc nécessaire à la santé osseuse.

Cellules osseuses

22. Vue d'ensemble

Le tissu osseux contient plusieurs types cellulaires.

Cellule	Fonction principale
Ostéoblastes	construisent l'os
Ostéocytes	entretiennent et surveillent l'os
Ostéoclastes	détruisent/résorbent l'os
Cellules ostéoprogénitrices	précurseurs des ostéoblastes

Ces cellules travaillent ensemble pour maintenir l'os vivant, adaptable et fonctionnel.

Ostéoblastes

23. Définition

Les ostéoblastes sont les cellules qui fabriquent l'os.

Ils produisent la matrice organique osseuse, appelée ostéoïde.

Cette matrice contient notamment :

- collagène de type I ;
- protéines osseuses ;
- substances favorisant la minéralisation.

Les ostéoblastes participent ensuite à la minéralisation de cette matrice.

24. Rôle des ostéoblastes

Les ostéoblastes permettent :

- formation osseuse ;
- réparation après fracture ;
- croissance osseuse ;
- dépôt de collagène ;
- minéralisation ;
- régulation locale du remodelage.

Quand un ostéoblaste est entouré par la matrice qu'il a produite, il peut devenir un ostéocyte.

25. Régulation des ostéoblastes

L'activité des ostéoblastes est influencée par :

- contraintes mécaniques ;
- hormones sexuelles ;
- vitamine D ;
- parathormone selon le mode d'exposition ;
- facteurs de croissance ;
- état nutritionnel ;
- vascularisation ;
- inflammation ;
- âge.

Les œstrogènes jouent un rôle protecteur sur le squelette. Leur baisse après la ménopause favorise la perte osseuse.

Ostéocytes

26. Définition

Les ostéocytes sont des cellules osseuses matures.

Ils proviennent d'ostéoblastes emprisonnés dans la matrice osseuse minéralisée.

Ils sont situés dans de petites cavités appelées lacunes.

Ils communiquent entre eux par de fins prolongements dans des canalicules.

27. Rôle des ostéocytes

Les ostéocytes sont les cellules de surveillance de l'os.

Ils détectent :

- contraintes mécaniques ;
- microfissures ;
- besoins de remodelage ;
- variations de l'environnement osseux.

Ils régulent l'activité des ostéoblastes et des ostéoclastes.

Ils participent donc à l'adaptation de l'os aux contraintes.

28. Ostéocytes et mécanotransduction

La mécanotransduction correspond à la transformation d'une contrainte mécanique en signal biologique.

Quand l'os subit une contrainte, les ostéocytes détectent les forces mécaniques.

Ils envoient ensuite des signaux qui modifient le remodelage osseux.
C'est ainsi que l'os peut se renforcer dans les zones sollicitées.

Ostéoclastes

29. Définition

Les ostéoclastes sont les cellules qui résorbent l'os.
Ce sont de grandes cellules multinucléées dérivées de la lignée monocyte-macrophage.
Elles détruisent la matrice osseuse de manière contrôlée.

30. Rôle des ostéoclastes

Les ostéoclastes permettent :

- résorption osseuse ;
- libération de calcium et phosphate ;
- remodelage ;
- réparation des microdommages ;
- adaptation de la structure osseuse.

Ils acidifient localement la zone de résorption pour dissoudre la partie minérale.

Ils libèrent aussi des enzymes qui dégradent la matrice organique.

31. Régulation des ostéoclastes

L'activité ostéoclastique est influencée par :

- parathormone ;
- vitamine D indirectement ;
- cytokines inflammatoires ;
- œstrogènes ;
- système RANK/RANKL/OPG ;
- contraintes mécaniques ;
- âge ;
- certaines pathologies.

Une activation excessive des ostéoclastes favorise la perte osseuse.

32. Système RANK/RANKL/OPG

Le système RANK/RANKL/OPG est important dans la régulation des ostéoclastes.

- RANK est un récepteur sur les précurseurs ostéoclastiques.
- RANKL stimule leur différenciation en ostéoclastes.
- OPG bloque RANKL et freine la formation des ostéoclastes.

Ce système est important pour comprendre certains traitements anti-résorptifs.

Métabolisme phosphocalcique

33. Définition

Le métabolisme phosphocalcique correspond à l'ensemble des mécanismes qui régulent le calcium et le phosphate dans l'organisme.

Il implique principalement :

- os ;
- reins ;
- intestin ;
- parathyroïdes ;
- thyroïde par la calcitonine ;
- vitamine D ;

- hormones sexuelles ;
- alimentation.

L'objectif est de maintenir :

- une calcémie compatible avec les fonctions vitales ;
- une phosphatémie adaptée ;
- une minéralisation osseuse correcte.

Calcium

34. Rôle du calcium

Le calcium est indispensable pour :

- minéralisation osseuse ;
- contraction musculaire ;
- contraction cardiaque ;
- coagulation ;
- transmission nerveuse ;
- libération de neurotransmetteurs ;
- signalisation intracellulaire ;
- excitabilité neuromusculaire.

La calcémie est donc très strictement contrôlée.

35. Calcium osseux et calcium sanguin

La majorité du calcium est stockée dans l'os.

Une petite fraction circule dans le sang.

Le calcium sanguin existe sous plusieurs formes :

- calcium ionisé ;
- calcium lié aux protéines, surtout albumine ;
- calcium complexé.

Le calcium ionisé est la forme biologiquement active.

Une hypoalbuminémie peut modifier le calcium total mesuré sans forcément modifier le calcium ionisé.

Phosphore

36. Rôle du phosphore

Le phosphore est essentiel pour :

- hydroxyapatite osseuse ;
- ATP ;
- ADN ;
- ARN ;
- phospholipides membranaires ;
- phosphorylation cellulaire ;
- équilibre acido-basique.

Il est donc lié à la fois à l'os et au métabolisme énergétique.

37. Phosphore et rein

Le rein joue un rôle central dans l'élimination du phosphate.

La parathormone diminue la réabsorption rénale du phosphate.

Cela favorise son élimination dans les urines.

En insuffisance rénale chronique, le phosphate peut s'accumuler, perturbant le métabolisme phosphocalcique et osseux.

Parathormone

38. Définition

La parathormone, ou PTH, est une hormone produite par les glandes parathyroïdes.
Elle est sécrétée lorsque la calcémie diminue.
Son rôle principal est d'augmenter la calcémie.

39. Effets de la PTH

La PTH agit sur :

- os ;
- reins ;
- vitamine D ;
- intestin indirectement.

Organe	Effet de la PTH
Os	augmente la résorption osseuse indirectement
Rein	augmente la réabsorption du calcium
Rein	diminue la réabsorption du phosphate
Rein	stimule l'activation de la vitamine D
Intestin	augmente indirectement l'absorption du calcium via vitamine D active

40. PTH et os

La PTH stimule indirectement l'activité des ostéoclastes.
Elle augmente donc la libération de calcium et phosphate depuis l'os.
Mais son effet dépend du mode d'exposition.
Une exposition chronique élevée favorise la résorption osseuse.
Une exposition intermittente peut stimuler la formation osseuse, principe exploité par certains traitements.

Calcitonine

41. Définition

La calcitonine est une hormone produite par les cellules C de la thyroïde.
Elle tend à diminuer la calcémie.
Elle agit principalement en freinant l'activité des ostéoclastes.
Chez l'humain adulte, son rôle physiologique est moins central que celui de la PTH et de la vitamine D.

42. Effets de la calcitonine

La calcitonine :

- inhibe partiellement la résorption osseuse ;
- diminue l'activité ostéoclastique ;
- favorise une baisse modérée du calcium sanguin.

Elle est surtout importante à connaître dans la régulation globale, même si elle n'est pas le régulateur majeur de la calcémie chez l'adulte.

Vitamine D

43. Définition

La vitamine D est une molécule liposoluble activée par le foie et le rein.
Sa forme active est le calcitriol.
Elle augmente l'absorption intestinale du calcium et du phosphate.

44. Rôle de la vitamine D

La vitamine D permet :

- absorption intestinale du calcium ;
- absorption intestinale du phosphate ;
- minéralisation osseuse ;
- maintien de la calcémie ;
- interaction avec la PTH ;
- fonctionnement musculaire ;
- modulation immunitaire.

Une carence en vitamine D peut favoriser :

- défaut de minéralisation ;
- douleurs osseuses ;
- faiblesse musculaire ;
- rachitisme chez l'enfant ;
- ostéomalacie chez l'adulte ;
- fragilité osseuse.

45. Régulation intégrée de la calcémie

Si la calcémie baisse :

1. les parathyroïdes sécrètent plus de PTH ;
2. la PTH augmente la réabsorption rénale du calcium ;
3. la PTH stimule l'activation rénale de la vitamine D ;
4. la vitamine D augmente l'absorption intestinale du calcium ;
5. la PTH favorise la mobilisation osseuse si nécessaire.

Si la calcémie augmente :

- la PTH diminue ;
- la résorption osseuse diminue ;
- l'excrétion rénale peut augmenter ;
- la calcitonine peut participer à limiter la hausse.

46. Schémas à insérer

Images conseillées :

Schéma du remodelage osseux : ostéoclastes résorbent, ostéoblastes reconstruisent, ostéocytes surveillent.

Schéma du métabolisme phosphocalcique : parathyroïdes, PTH, os, rein, intestin, vitamine D, calcium, phosphate.

7.2. Physiologie articulaire

47. Articulations

Une articulation est une jonction entre deux os ou plus.

Elle peut avoir plusieurs fonctions :

- permettre le mouvement ;
- assurer la stabilité ;
- transmettre les forces ;
- amortir les contraintes ;
- guider les mouvements ;
- protéger les extrémités osseuses.

Toutes les articulations ne sont pas aussi mobiles.

Certaines sont presque immobiles, comme les sutures du crâne.

D'autres sont très mobiles, comme l'épaule.

Certaines combinent stabilité et mobilité, comme la hanche ou le genou.

48. Types fonctionnels d'articulations

Type fonctionnel	Mobilité
Synarthrose	immobile ou presque
Amphiarthrose	mobilité limitée
Diarthrose	grande mobilité, articulation synoviale

Les articulations synoviales sont les plus importantes pour le mouvement volontaire.

Elles comprennent :

- cartilage articulaire ;
- capsule articulaire ;
- membrane synoviale ;
- liquide synovial ;
- ligaments ;
- parfois ménisques, labrum ou bourses.

Mobilité

49. Définition

La mobilité articulaire correspond à la capacité d'une articulation à permettre un mouvement.

Elle dépend de plusieurs facteurs :

- forme des surfaces articulaires ;
- capsule articulaire ;
- ligaments ;
- cartilage ;
- muscles ;
- tendons ;
- tonus musculaire ;
- douleur ;
- âge ;
- état neurologique ;
- intégrité des tissus périarticulaires.

50. Amplitude articulaire

L'amplitude articulaire est l'étendue possible d'un mouvement.

Exemples :

- flexion ;
- extension ;
- abduction ;
- adduction ;
- rotation ;
- circumduction ;
- pronation ;
- supination.

Une amplitude normale dépend de l'articulation.

L'épaule est très mobile.

La hanche est mobile mais plus stable.

Le genou est surtout spécialisé dans flexion-extension avec rotations limitées.

La cheville permet des mouvements importants pour la marche.

51. Mobilité et muscle

La mobilité dépend des articulations, mais aussi des muscles.

Un muscle trop raide limite le mouvement.

Un muscle trop faible diminue le contrôle articulaire.

Une douleur provoque une limitation réflexe.

Exemple :

Après une immobilisation, l'articulation peut devenir raide à cause de la capsule, des ligaments, des muscles et des tissus périarticulaires.

Stabilité

52. Définition

La stabilité articulaire est la capacité d'une articulation à rester alignée et fonctionnelle pendant le mouvement ou l'appui. Elle dépend de plusieurs éléments.

Élément	Rôle
Forme osseuse	congruence des surfaces
Capsule	maintien global
Ligaments	limitation des mouvements excessifs
Muscles	stabilisation dynamique
Tendons	contrôle et transmission des forces
Cartilage	surface régulière et amortissante
Proprioception	contrôle neurologique de la position

La stabilité n'est pas seulement passive. Elle dépend aussi du système nerveux et des muscles.

53. Stabilité passive et active

La stabilité passive est assurée par :

- forme des os ;
- capsule ;
- ligaments ;
- ménisques ;
- labrum ;
- cartilage.

La stabilité active est assurée par :

- muscles ;
- tendons ;
- tonus musculaire ;
- réflexes ;
- proprioception ;
- contrôle moteur.

Exemple :

L'épaule a une grande mobilité mais une stabilité osseuse limitée. Elle dépend donc fortement des muscles, notamment de la coiffe des rotateurs.

54. Proprioception

La proprioception est la perception de la position et du mouvement du corps.

Elle repose sur des récepteurs situés dans :

- muscles ;
- tendons ;
- articulations ;
- ligaments ;
- peau.

Elle permet d'ajuster la posture et de protéger les articulations.

Après une entorse, la proprioception peut être perturbée. Cela augmente le risque de récurrence si elle n'est pas récupérée.

Cartilage articulaire

55. Définition

Le cartilage articulaire est un tissu conjonctif spécialisé qui recouvre les extrémités osseuses dans les articulations synoviales. Il est lisse, résistant et élastique.

Il permet le glissement des surfaces articulaires.

Il est composé principalement :

- de chondrocytes ;
- de collagène ;
- de protéoglycanes ;
- d'eau ;
- de matrice extracellulaire.

56. Particularités du cartilage

Le cartilage articulaire est :

- non vascularisé ;
- non innervé ;
- pauvre en cellules ;
- nourri par diffusion à partir du liquide synovial ;
- très dépendant des contraintes mécaniques modérées.

Comme il n'est pas vascularisé, il cicatrise mal.

Une lésion cartilagineuse profonde peut donc être difficile à réparer.

57. Rôle du cartilage

Le cartilage articulaire permet :

- glissement ;
- réduction des frottements ;
- répartition des pressions ;
- absorption des chocs ;
- protection de l'os sous-chondral ;
- adaptation mécanique.

Il fonctionne avec le liquide synovial.

58. Cartilage et compression

Le cartilage contient beaucoup d'eau.

Lorsqu'il est comprimé, une partie de l'eau se déplace.

Quand la pression diminue, l'eau revient.

Ce comportement participe à l'amortissement.

Le cartilage agit donc comme un matériau viscoélastique.

59. Cartilage et arthrose

Dans l'arthrose, le cartilage se dégrade progressivement.

Mais l'arthrose n'est pas seulement une maladie du cartilage.

Elle implique aussi :

- os sous-chondral ;
- membrane synoviale ;
- capsule ;
- muscles ;
- inflammation locale modérée ;
- facteurs mécaniques et métaboliques.

La dégradation du cartilage entraîne douleur, raideur, perte de mobilité et gêne fonctionnelle selon l'articulation.

Liquide synovial

60. Définition

Le liquide synovial est un liquide visqueux présent dans la cavité des articulations synoviales.

Il est produit par la membrane synoviale.

Il contient notamment :

- eau ;
- acide hyaluronique ;
- protéines ;
- lubrifiants ;
- cellules en faible quantité.

Il ressemble à un lubrifiant biologique.

61. Rôle du liquide synovial

Le liquide synovial assure plusieurs fonctions :

- lubrification ;
- nutrition du cartilage ;
- réduction des frottements ;
- amortissement ;
- évacuation de déchets ;
- facilitation du mouvement.

Comme le cartilage n'a pas de vaisseaux, il dépend du liquide synovial pour recevoir ses nutriments.

Lubrification

62. Principe

La lubrification articulaire permet aux surfaces de glisser avec très peu de frottement.

Elle dépend :

- du cartilage ;
- du liquide synovial ;
- de l'acide hyaluronique ;
- des protéines lubrifiantes ;
- du mouvement articulaire.

Le mouvement aide à répartir le liquide synovial sur les surfaces articulaires.

63. Importance du mouvement

Une articulation immobilisée longtemps devient plus raide.

Le cartilage est moins bien nourri.

Le liquide synovial circule moins bien.

La capsule peut perdre en souplesse.

Les muscles périarticulaires s'affaiblissent.

Le mouvement adapté est donc important pour la santé articulaire.

Amortissement

64. Définition

L'amortissement articulaire correspond à la capacité d'une articulation à absorber et répartir les contraintes.

Il dépend :

- du cartilage ;
- des ménisques ;
- du liquide synovial ;
- des muscles ;
- des ligaments ;
- de l'alignement articulaire ;
- de la qualité osseuse.

65. Ménisques

Les ménisques sont présents notamment dans le genou.

Ils permettent :

- répartition des charges ;
- augmentation de la congruence ;
- absorption des chocs ;
- stabilité ;
- protection du cartilage.

Une lésion méniscale peut perturber la mécanique du genou.

66. Labrum

Certaines articulations possèdent un labrum.

Exemples :

- épaule ;
- hanche.

Le labrum augmente la profondeur de la cavité articulaire et participe à la stabilité.

67. Liens cliniques de la physiologie articulaire

La physiologie articulaire permet de comprendre :

- entorse ;
- luxation ;
- arthrose ;
- arthrite ;
- épanchement articulaire ;
- raideur ;
- instabilité ;
- tendinopathie périarticulaire ;
- bursite ;
- limitation fonctionnelle.

Trouble	Mécanisme
Entorse	atteinte ligamentaire, stabilité passive diminuée
Luxation	perte de contact articulaire
Arthrose	dégradation progressive de l'articulation
Arthrite	inflammation articulaire
Épanchement	excès de liquide dans l'articulation
Raideur	limitation capsule, muscles, douleur, inflammation
Instabilité	défaut ligamentaire, musculaire ou proprioceptif

68. Schémas à insérer

Images conseillées :

Schéma d'une articulation synoviale : cartilage, capsule, membrane synoviale, liquide synovial, ligaments.

Schéma du cartilage comprimé puis relâché pour montrer l'amortissement.

7.3. Physiologie musculaire

69. Définition générale

Le tissu musculaire est spécialisé dans la contraction.

Il transforme l'énergie chimique de l'ATP en force mécanique.

Il existe trois types de muscles :

- muscle strié squelettique ;
- muscle cardiaque ;

- muscle lisse.

Dans ce chapitre, on se concentre surtout sur le muscle strié squelettique, car il appartient directement au système locomoteur.

Le muscle strié squelettique permet :

- mouvement volontaire ;
- posture ;
- stabilisation articulaire ;
- respiration ;
- expression faciale ;
- production de chaleur ;
- protection des organes.

Contraction musculaire

70. Définition

La contraction musculaire est le processus par lequel une fibre musculaire produit une tension ou un raccourcissement.

Elle repose sur l'interaction entre deux protéines principales :

- actine ;
- myosine.

Elle nécessite :

- calcium ;
- ATP ;
- signal nerveux ;
- intégrité de la fibre musculaire ;
- fonctionnement du réticulum sarcoplasmique ;
- bonne oxygénation et métabolisme adaptés.

71. Contraction et mouvement

Un muscle ne pousse pas. Il tire.

Quand il se contracte, il tire sur ses tendons, qui tirent sur les os.

Le mouvement se produit au niveau d'une articulation.

Exemple :

- le biceps se contracte ;
- il tire sur le radius ;
- le coude se fléchit.

Le muscle antagoniste doit souvent se relâcher pour permettre le mouvement.

Sarcomère

72. Définition

Le sarcomère est l'unité contractile du muscle strié.

Il est situé à l'intérieur des myofibrilles.

Il est limité par deux lignes Z.

Les sarcomères alignés donnent au muscle strié son aspect strié au microscope.

Chaque sarcomère contient :

- filaments fins d'actine ;
- filaments épais de myosine ;
- protéines régulatrices ;
- protéines de structure.

73. Raccourcissement du sarcomère

Pendant la contraction, les filaments d'actine et de myosine ne raccourcissent pas eux-mêmes.

Ils glissent les uns par rapport aux autres.

Ce glissement rapproche les lignes Z.
Le sarcomère se raccourcit.
La fibre musculaire se raccourcit.
Le muscle produit une tension.
C'est la théorie du glissement des filaments.

Actine

74. Définition

L'actine est une protéine formant les filaments fins du sarcomère.
Elle contient des sites de fixation pour la myosine.
Au repos, ces sites sont masqués par des protéines régulatrices, notamment la tropomyosine.
Pour que la myosine puisse se fixer à l'actine, il faut que le calcium permette le déplacement de cette tropomyosine.

75. Troponine et tropomyosine

La tropomyosine bloque les sites de liaison de la myosine sur l'actine au repos.
La troponine est une protéine régulatrice qui fixe le calcium.
Quand le calcium se fixe sur la troponine, la tropomyosine se déplace.
Les sites de liaison sur l'actine deviennent accessibles.
La myosine peut alors s'accrocher à l'actine.

Myosine

76. Définition

La myosine est une protéine motrice formant les filaments épais du sarcomère.
Elle possède des têtes capables de se fixer à l'actine.
Les têtes de myosine utilisent l'ATP.
Elles réalisent un mouvement de bascule qui tire l'actine.
Ce mouvement produit le raccourcissement du sarcomère.

77. Cycle des ponts actine-myosine

La contraction repose sur un cycle répété.

Étapes simplifiées :

1. la tête de myosine se fixe à l'actine ;
 2. elle bascule et tire le filament d'actine ;
 3. l'ATP se fixe sur la myosine ;
 4. la myosine se détache de l'actine ;
 5. l'ATP est hydrolysé ;
 6. la tête de myosine est rechargée ;
 7. le cycle recommence si calcium et ATP sont disponibles.
- Sans ATP, la myosine ne peut pas se détacher correctement de l'actine.

Calcium

78. Rôle du calcium

Le calcium est le signal déclencheur de la contraction musculaire.
Dans le muscle squelettique, il est stocké dans le réticulum sarcoplasmique.

Lorsqu'un potentiel d'action arrive dans la fibre musculaire, le calcium est libéré dans le cytoplasme.

Il se fixe sur la troponine.

Cela déplace la tropomyosine et permet l'interaction actine-myosine.

79. Relaxation musculaire

Pour que le muscle se relâche, le calcium doit être retiré du cytoplasme.

Il est repompé dans le réticulum sarcoplasmique par des pompes calcium.

Ces pompes consomment de l'ATP.

Quand le calcium diminue dans le cytoplasme :

- la troponine ne fixe plus le calcium ;
- la tropomyosine recouvre les sites de liaison ;
- la myosine ne peut plus s'accrocher efficacement ;
- la contraction cesse.

ATP

80. Rôle de l'ATP dans le muscle

L'ATP est indispensable à plusieurs étapes.

Il permet :

- le détachement de la myosine de l'actine ;
- la recharge énergétique de la tête de myosine ;
- le mouvement de contraction ;
- le repompage du calcium ;
- le fonctionnement de la pompe sodium-potassium ;
- le maintien du potentiel de membrane.

Le muscle consomme donc beaucoup d'ATP pendant et après la contraction.

81. Sources d'ATP musculaire

Le muscle peut produire ou régénérer l'ATP par plusieurs voies :

- phosphocréatine ;
- glycolyse anaérobie ;
- respiration aérobie mitochondriale ;
- utilisation des acides gras ;
- utilisation du glucose ;
- utilisation du glycogène musculaire.

Chaque voie est utilisée selon l'intensité, la durée de l'effort et la disponibilité en oxygène.

Couplage excitation-contraction

82. Définition

Le couplage excitation-contraction est le lien entre le signal électrique reçu par la fibre musculaire et la contraction mécanique.

Il transforme une excitation membranaire en contraction.

Étapes générales :

1. activation du motoneurone ;
2. libération d'acétylcholine à la jonction neuromusculaire ;
3. dépolarisation de la membrane musculaire ;
4. propagation du potentiel d'action ;
5. activation des tubules T ;
6. libération de calcium par le réticulum sarcoplasmique ;
7. fixation du calcium sur la troponine ;
8. interaction actine-myosine ;
9. contraction ;

10. recapture du calcium ;
11. relaxation.

83. Tubules T

Les tubules T sont des invaginations de la membrane musculaire.
Ils permettent au potentiel d'action de pénétrer rapidement à l'intérieur de la fibre musculaire.
Ils transmettent l'information électrique vers le réticulum sarcoplasmique.
Cela permet une libération coordonnée du calcium dans toute la fibre.

84. Réticulum sarcoplasmique

Le réticulum sarcoplasmique est une structure intracellulaire spécialisée dans le stockage du calcium.
Il libère du calcium au moment de la contraction.
Il récupère ensuite le calcium pour permettre la relaxation.
Il est donc essentiel au cycle contraction-relaxation.

Jonction neuromusculaire

85. Définition

La jonction neuromusculaire est la synapse entre un motoneurone et une fibre musculaire squelettique.
Elle permet au système nerveux de commander le muscle.

Elle comprend :

- terminaison du motoneurone ;
- fente synaptique ;
- plaque motrice ;
- récepteurs à l'acétylcholine ;
- enzyme acétylcholinestérase.

Motoneurone

86. Définition

Un motoneurone est un neurone moteur qui commande une ou plusieurs fibres musculaires.
Son corps cellulaire est situé dans la moelle épinière ou le tronc cérébral selon les muscles.
Son axone se projette vers le muscle.
Quand il émet un potentiel d'action, il peut déclencher la contraction des fibres musculaires qu'il innerve.

87. Unité motrice

Une unité motrice correspond à :

- un motoneurone ;
- toutes les fibres musculaires qu'il innerve.

Les petites unités motrices permettent des mouvements fins.

Exemple :

- muscles des doigts ;
- muscles oculomoteurs.

Les grandes unités motrices permettent des mouvements puissants.

Exemple :

- muscles de la cuisse ;
- muscles du dos.

Acétylcholine

88. Définition

L'acétylcholine est le neurotransmetteur de la jonction neuromusculaire.
Elle est libérée par la terminaison du motoneurone.
Elle traverse la fente synaptique.
Elle se fixe sur des récepteurs nicotiniques situés sur la plaque motrice.
Cette fixation déclenche la dépolarisation musculaire.

89. Dégradation de l'acétylcholine

L'acétylcholine doit être rapidement éliminée pour que le signal reste bref et contrôlé.
Elle est dégradée par une enzyme appelée acétylcholinestérase.
Si l'acétylcholine reste trop longtemps dans la fente synaptique, la transmission peut être perturbée.

Plaque motrice

90. Définition

La plaque motrice est la zone spécialisée de la membrane musculaire qui reçoit le signal du motoneurone.
Elle contient de nombreux récepteurs à l'acétylcholine.
Lorsque l'acétylcholine se fixe, des canaux s'ouvrent.
Le sodium entre dans la cellule.
La membrane se dépolarise.
Si le seuil est atteint, un potentiel d'action musculaire se déclenche.

Dépolarisation musculaire

91. Définition

La dépolarisation musculaire correspond à une modification du potentiel électrique de la membrane de la fibre musculaire.
Elle est déclenchée par l'entrée de charges positives, notamment Na^+ , après activation des récepteurs à l'acétylcholine.
La dépolarisation se propage ensuite sur la membrane et dans les tubules T.
Elle provoque la libération de calcium.
Elle est donc le signal électrique qui initie la contraction.

92. Maladies de la jonction neuromusculaire

La jonction neuromusculaire peut être perturbée.

Exemples :

- myasthénie grave ;
- botulisme ;
- curare ou curares en anesthésie ;
- intoxication aux organophosphorés ;
- syndrome de Lambert-Eaton.

Ces troubles montrent que la contraction musculaire dépend de la bonne transmission entre nerf et muscle.

Métabolisme du muscle

93. Besoin énergétique musculaire

Le muscle a besoin d'ATP pour :

- contraction ;
- relâchement ;
- pompes ioniques ;
- recapture du calcium ;
- maintien du potentiel de membrane ;
- récupération après effort.

La demande énergétique varie selon :

- intensité de l'effort ;
- durée ;
- type de fibres musculaires ;
- oxygénation ;
- entraînement ;
- disponibilité du glucose ;
- réserves de glycogène ;
- disponibilité des acides gras.

94. Phosphocréatine

La phosphocréatine est une réserve rapide d'énergie dans le muscle.

Elle permet de régénérer rapidement de l'ATP à partir d'ADP.

Elle est utilisée surtout lors des efforts très courts et intenses.

Exemples :

- sprint très bref ;
- saut ;
- levée de charge lourde ;
- démarrage explosif.

Elle s'épuise rapidement, en quelques secondes.

Métabolisme aérobie

95. Définition

Le métabolisme aérobie utilise l'oxygène.

Il se déroule principalement dans les mitochondries.

Il produit beaucoup d'ATP.

Il utilise :

- glucose ;
- acides gras ;
- parfois acides aminés selon contexte.

Il est particulièrement important pour les efforts prolongés et d'intensité modérée.

96. Avantages du métabolisme aérobie

Le métabolisme aérobie est :

- très rentable en ATP ;
- durable ;
- efficace pour les efforts longs ;
- dépendant de l'oxygène ;
- dépendant de la vascularisation ;
- dépendant des mitochondries.

Il produit principalement :

- ATP ;
- CO₂ ;
- eau.

Le CO₂ est éliminé par les poumons.

97. Fibres musculaires oxydatives

Certaines fibres musculaires sont spécialisées dans le métabolisme aérobie.

Elles possèdent :

- beaucoup de mitochondries ;
- bonne vascularisation ;
- myoglobine ;
- résistance à la fatigue.

Elles sont adaptées aux efforts prolongés.

Métabolisme anaérobie

98. Définition

Le métabolisme anaérobie produit de l'ATP sans utilisation suffisante d'oxygène.

Il repose surtout sur la glycolyse anaérobie.

Il produit moins d'ATP, mais plus rapidement.

Il est utile lors des efforts intenses et courts.

99. Glycolyse anaérobie

La glycolyse transforme le glucose en pyruvate.

Quand l'oxygène est insuffisant ou que la demande est très rapide, le pyruvate est transformé en lactate.

Cela permet de régénérer du NAD^+ et de maintenir la glycolyse.

Le rendement est faible :

- environ 2 ATP nets par molécule de glucose.

Mais la vitesse de production est rapide.

100. Lactates dans le muscle

Les lactates augmentent lorsque la glycolyse anaérobie est fortement sollicitée.

Ils peuvent être :

- utilisés par certaines fibres musculaires ;
- transportés vers le foie ;
- reconvertis en glucose ;
- oxydés lorsque l'oxygène est disponible.

Les lactates ne sont pas seulement des déchets.

Ils sont aussi un intermédiaire métabolique.

101. Fibres musculaires glycolytiques

Certaines fibres musculaires sont plus adaptées aux efforts rapides et puissants.

Elles possèdent :

- moins de mitochondries ;
- forte activité glycolytique ;
- contraction rapide ;
- fatigue plus rapide ;
- capacité à produire beaucoup de force rapidement.

Elles sont utiles dans les efforts explosifs.

102. Comparaison aérobie / anaérobie

Critère	Métabolisme aérobie	Métabolisme anaérobie
Oxygène	nécessaire	non nécessaire directement
Localisation	mitochondries	cytoplasme

Critère	Métabolisme aérobie	Métabolisme anaérobie
Rendement ATP	élevé	faible
Vitesse	plus lente	rapide
Durée	prolongée	courte
Produits	CO ₂ , eau, ATP	lactate, ATP
Effort typique	endurance	effort intense bref

Fatigue musculaire

103. Définition

La fatigue musculaire correspond à une diminution de la capacité du muscle à produire une force ou à maintenir un effort.

Elle peut être périphérique, centrale ou mixte.

Elle n'est pas due à une seule cause.

Elle dépend de facteurs nerveux, métaboliques, ioniques, énergétiques et mécaniques.

104. Causes périphériques

La fatigue périphérique concerne le muscle lui-même ou la jonction neuromusculaire.

Causes possibles :

- diminution des réserves de phosphocréatine ;
- diminution du glycogène ;
- accumulation de métabolites ;
- perturbation du calcium ;
- perturbation du potassium ;
- acidose locale ;
- altération de la transmission neuromusculaire ;
- microtraumatismes musculaires ;
- baisse de l'excitabilité membranaire.

105. Causes centrales

La fatigue centrale concerne le système nerveux.

Elle peut être liée à :

- baisse de la commande motrice ;
- douleur ;
- manque de sommeil ;
- motivation ;
- température ;
- stress ;
- inflammation ;
- neurotransmetteurs ;
- perception de l'effort ;
- protection contre une lésion.

Le cerveau peut réduire volontairement ou involontairement la commande musculaire pour protéger l'organisme.

106. Fatigue et lactates

Les lactates ont longtemps été considérés comme la cause principale de la fatigue.

En réalité, la fatigue est multifactorielle.

Les lactates participent au contexte métabolique, mais ils ne sont pas simplement responsables de la douleur ou de la fatigue à eux seuls.

D'autres facteurs interviennent :

- ions H⁺ ;
- phosphate inorganique ;
- calcium ;

- potassium ;
- glycogène ;
- température ;
- atteinte des fibres ;
- système nerveux.

107. Fatigue et douleur musculaire retardée

Les douleurs musculaires retardées après effort, souvent appelées courbatures, apparaissent généralement plusieurs heures après un effort inhabituel.

Elles sont liées surtout à :

- micro-lésions ;
- inflammation locale ;
- contractions excentriques ;
- remodelage musculaire.

Elles ne sont pas directement dues à une accumulation durable de lactates.

Récupération

108. Définition

La récupération correspond au retour progressif du muscle à un état fonctionnel après un effort.

Elle nécessite :

- restauration des réserves énergétiques ;
- élimination ou réutilisation des métabolites ;
- rééquilibration ionique ;
- réparation des micro-lésions ;
- réhydratation ;
- apport nutritionnel ;
- oxygénation ;
- repos ;
- sommeil.

109. Restauration de l'ATP et phosphocréatine

Après un effort bref et intense, la phosphocréatine doit être reconstituée.

Cette reconstitution dépend de l'oxygène et des mitochondries.

Elle se fait assez rapidement, mais demande une récupération suffisante.

110. Restauration du glycogène

Après un effort prolongé ou intense, les réserves de glycogène musculaire peuvent diminuer.

Leur restauration dépend :

- des apports glucidiques ;
- du temps ;
- de l'insuline ;
- du niveau d'épuisement ;
- de l'entraînement ;
- du sommeil.

Le glycogène est une réserve importante pour les efforts futurs.

111. Récupération et oxygène

Après l'effort, la consommation d'oxygène reste élevée pendant un certain temps.

Cela permet :

- reconstitution des réserves énergétiques ;
- oxydation d'une partie des lactates ;

- restauration des gradients ioniques ;
- retour à l'équilibre thermique ;
- récupération cardiorespiratoire.

Ce phénomène est parfois appelé dette d'oxygène, même si le terme moderne insiste davantage sur l'excès de consommation d'oxygène post-exercice.

112. Récupération et adaptation

La récupération permet aussi l'adaptation.

Après un entraînement adapté, le corps peut améliorer :

- force ;
- endurance ;
- vascularisation ;
- nombre de mitochondries ;
- réserves énergétiques ;
- coordination neuromusculaire ;
- tolérance à l'effort ;
- densité osseuse selon contraintes.

Mais si la récupération est insuffisante, le risque augmente :

- blessure ;
- fatigue chronique ;
- baisse de performance ;
- douleur persistante ;
- inflammation ;
- surmenage.

113. Schémas à insérer

Images conseillées :

Schéma du sarcomère avec actine, myosine, troponine, tropomyosine et calcium.

Schéma du couplage excitation-contraction : motoneurone acétylcholine plaque motrice dépolarisation tubules T calcium contraction.

Schéma des voies énergétiques musculaires : phosphocréatine, anaérobie lactique, aérobie.

Synthèse du chapitre

Le système locomoteur assure le mouvement, la posture, la stabilité, la protection, la réserve minérale, l'hématopoïèse et une partie de la thermorégulation.

L'os est un tissu vivant. Il soutient le corps, protège les organes, sert de levier aux muscles, stocke calcium et phosphate et contient la moelle osseuse responsable de l'hématopoïèse. Il se renouvelle constamment grâce au remodelage osseux.

Les ostéoblastes construisent l'os.

Les ostéocytes surveillent et entretiennent l'os.

Les ostéoclastes résorbent l'os.

Le métabolisme phosphocalcique repose sur l'équilibre entre os, reins, intestin, parathormone, vitamine D et calcitonine. La PTH augmente la calcémie. La vitamine D favorise l'absorption du calcium et du phosphate. La calcitonine freine partiellement la résorption osseuse.

Les articulations permettent le mouvement tout en assurant une stabilité. Le cartilage articulaire diminue les frottements et amortit les contraintes. Le liquide synovial lubrifie et nourrit le cartilage. Les ligaments, muscles, tendons et récepteurs proprioceptifs participent à la stabilité.

Le muscle squelettique transforme l'ATP en force mécanique. La contraction repose sur le glissement de l'actine et de la myosine dans le sarcomère. Le calcium déclenche la contraction. L'ATP permet le cycle actine-myosine et la relaxation.

Le couplage excitation-contraction relie le signal nerveux à la contraction musculaire. Le motoneurone libère de l'acétylcholine à la jonction neuromusculaire. La plaque motrice se dépolarise, le calcium est libéré, puis le sarcomère se contracte.

Le muscle produit son ATP grâce à la phosphocréatine, au métabolisme anaérobie et au métabolisme aérobie. La fatigue musculaire est multifactorielle. La récupération permet de restaurer les réserves, rééquilibrer les ions, réparer les micro-lésions et adapter le muscle.

À retenir absolument

Notion	Définition courte
Os	tissu vivant, mécanique, minéral et hématopoïétique
Ostéoblaste	construit l'os
Ostéocyte	surveille et entretient l'os
Ostéoclaste	résorbe l'os
Remodelage osseux	destruction/reconstruction permanente de l'os
Calcium	contraction, coagulation, nerfs, os
Phosphore	os, ATP, ADN, membranes
PTH	augmente la calcémie
Vitamine D	augmente absorption calcium/phosphate
Calcitonine	freine partiellement les ostéoclastes
Cartilage articulaire	glissement et amortissement
Liquide synovial	lubrification et nutrition du cartilage
Proprioception	perception de la position articulaire
Sarcomère	unité contractile du muscle strié
Actine	filament fin
Myosine	filament épais moteur
Calcium	déclenche la contraction
ATP	énergie contraction + relaxation
Jonction neuromusculaire	synapse motoneurone-muscle
Acétylcholine	neurotransmetteur de la plaque motrice
Dépolarisation musculaire	signal électrique déclenchant la contraction
Métabolisme aérobie	beaucoup d'ATP avec oxygène
Métabolisme anaérobie	ATP rapide sans O ₂ suffisant, lactates
Fatigue musculaire	baisse temporaire de production de force
Récupération	retour à l'équilibre et adaptation

Mini-évaluation

Réponds aux questions suivantes :

1. Quelles sont les grandes fonctions du système locomoteur ?
2. Pourquoi dit-on que l'os est un tissu vivant ?
3. Quels sont les rôles mécaniques de l'os ?
4. Pourquoi l'os est-il une réserve minérale ?
5. Quels minéraux sont principalement stockés dans l'os ?
6. Qu'est-ce que l'hématopoïèse ?
7. Où se déroule principalement l'hématopoïèse chez l'adulte ?
8. Quelle est la différence entre moelle rouge et moelle jaune ?
9. Qu'est-ce que le remodelage osseux ?
10. Quelles sont les grandes étapes du remodelage osseux ?
11. Quel est le rôle des ostéoblastes ?
12. Quel est le rôle des ostéocytes ?
13. Quel est le rôle des ostéoclastes ?
14. Comment les contraintes mécaniques influencent-elles l'os ?
15. Qu'est-ce que le métabolisme phosphocalcique ?
16. Quels sont les rôles du calcium dans l'organisme ?
17. Quels sont les rôles du phosphore ?
18. Quel est le rôle de la parathormone ?
19. Comment la PTH agit-elle sur l'os et le rein ?
20. Quel est le rôle de la vitamine D ?
21. Quel est le rôle de la calcitonine ?
22. Qu'est-ce qu'une articulation ?
23. Quelle est la différence entre mobilité et stabilité articulaire ?
24. Quels éléments assurent la stabilité passive d'une articulation ?
25. Quels éléments assurent la stabilité active ?

26. Qu'est-ce que la proprioception ?
27. Quel est le rôle du cartilage articulaire ?
28. Pourquoi le cartilage cicatrise-t-il mal ?
29. Quel est le rôle du liquide synovial ?
30. Comment une articulation amortit-elle les contraintes ?
31. Qu'est-ce que la contraction musculaire ?
32. Qu'est-ce qu'un sarcomère ?
33. Quelle est la différence entre actine et myosine ?
34. Quel est le rôle du calcium dans la contraction ?
35. Quel est le rôle de l'ATP dans la contraction et la relaxation ?
36. Qu'est-ce que le couplage excitation-contraction ?
37. Qu'est-ce qu'un motoneurone ?
38. Qu'est-ce qu'une unité motrice ?
39. Quel neurotransmetteur est libéré à la jonction neuromusculaire ?
40. Qu'est-ce que la plaque motrice ?
41. Qu'est-ce que la dépolarisation musculaire ?
42. Quelle est la différence entre métabolisme musculaire aérobie et anaérobie ?
43. À quoi sert la phosphocréatine ?
44. Pourquoi les lactates augmentent-ils lors d'un effort intense ?
45. Qu'est-ce que la fatigue musculaire ?
46. Pourquoi les courbatures ne sont-elles pas simplement dues aux lactates ?
47. Quels sont les éléments nécessaires à la récupération musculaire ?
48. Pourquoi le sommeil et la nutrition influencent-ils la récupération ?