



L'ACTIVITÉ PHYSIQUE : UN ALLIÉ POUR LES MUSCLES... ET POUR TOUT L'ORGANISME

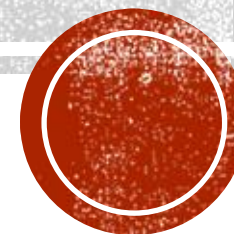
Nadège Zanou, M.D., Ph.D.

Institut des Sciences du Sport

Université de Lausanne

02.05.2026

Borné Nau, Grandson



PLAN

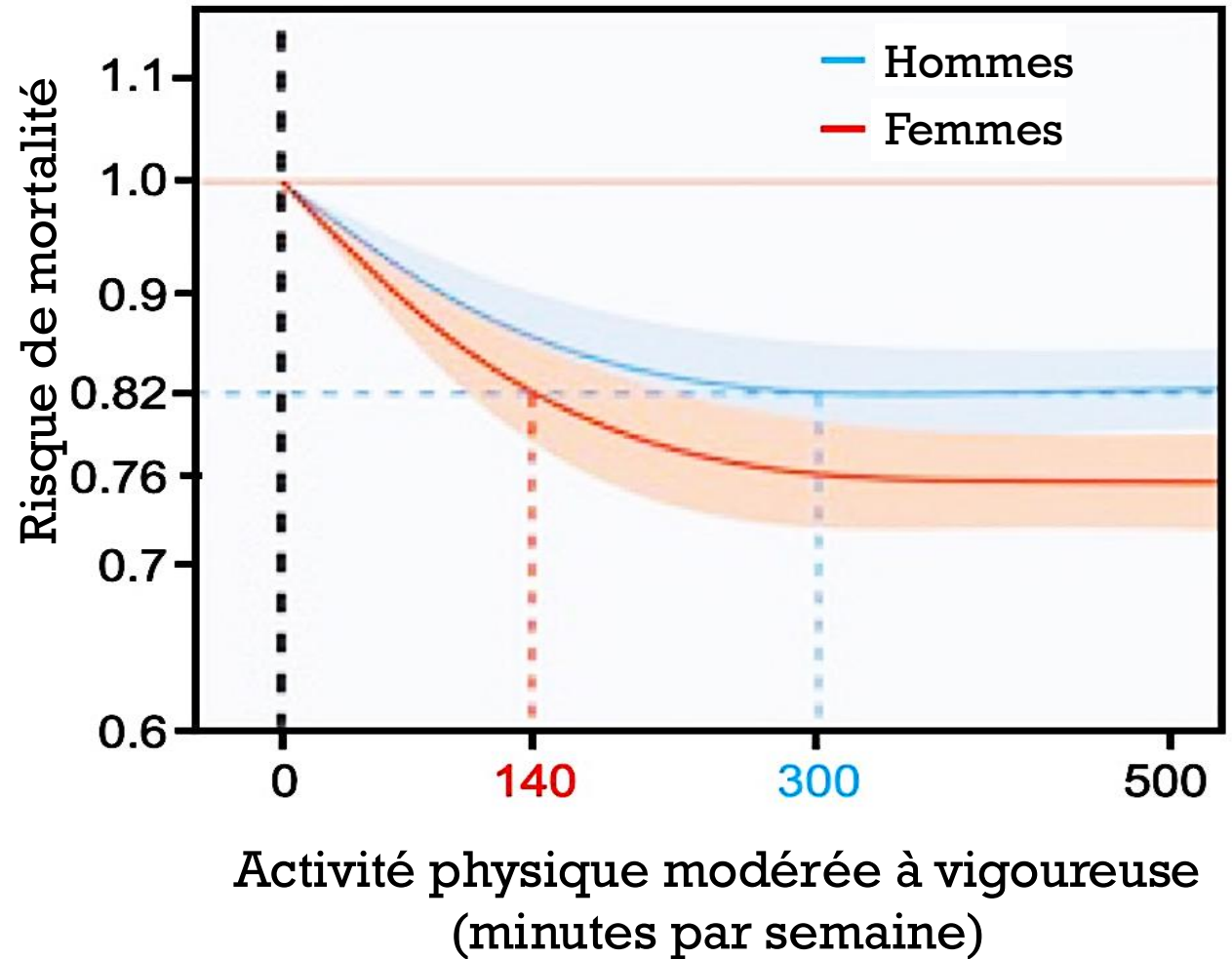
- **Généralités sur l'Activité physique**
- Modalités d'exercice
- Le muscle comme organe au centre du mouvement
- Les filières énergétiques à l'effort
- Effets de l'activité physique sur le muscle et les autres organes du corps
- Intérêt pour les maladies neuromusculaires



Activité physique: un outil pour améliorer la performance mais surtout un allié pour la santé !



nadege.zanou@unil.ch



Recommandations OMS

- Exercice modéré: 150-300 min par semaine
- Exercice intense: 75-150 min par semaine

Adapté de Ji et al., 2024



Buts de l'activité physique/exercice

**Développer
de la Force**



**Développer
de l'endurance**



**Être en
bonne santé**

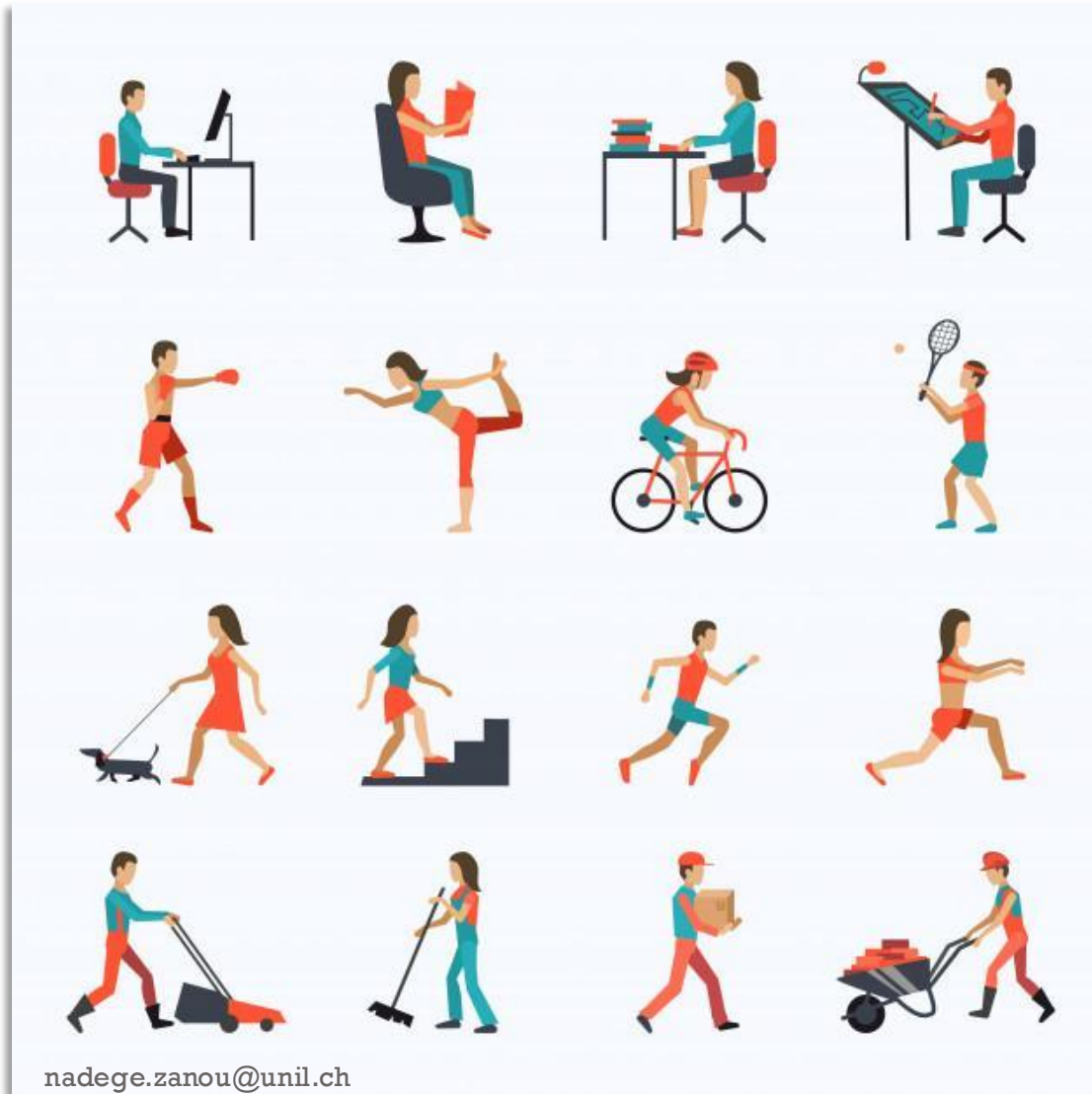


Différence entre activité physique et exercice

- L'activité physique: englobe tout mouvement corporel augmentant la dépense énergétique au-dessus du repos (ex: ménage, marche, jardinage).
- L'exercice est une activité physique planifiée, structurée et répétitive visant à améliorer la forme physique: (ex: jogging, natation, musculation) visant à améliorer la santé ou la condition physique.
- L'activité physique est spontanée, l'exercice est intentionnel et structuré.



Tout mouvement compte comme activité physique !



- Tous les mouvements du corps
- Marcher
- Prendre les escaliers
- Faire le ménage
- Jardiner



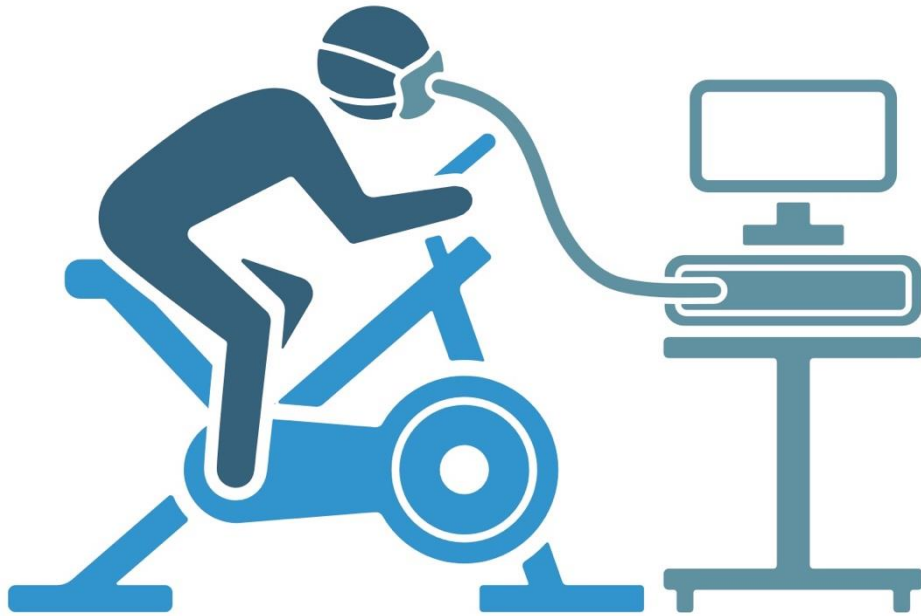
PLAN

- Généralités sur l'Activité physique
- **Modalités d'exercice**
- Le muscle comme organe au centre du mouvement
- Les filières énergétiques à l'effort
- Effets de l'activité physique sur le muscle et les autres organes du corps
- Intérêt pour les maladies neuromusculaires



Classification des modalités d'exercice

Exercice aérobic



Exercice de résistance



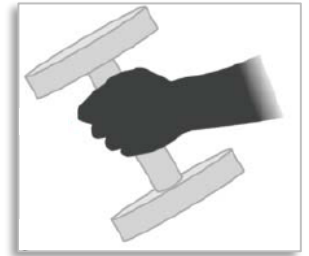
Adaptations exercice aérobie versus de résistance

Aérobie



- Augmentation:
 - du débit cardiaque
 - de la consommation maximale d'oxygène
 - du pouvoir oxydatif du muscle (mitochondries +++)
 - de la résistance à la fatigue
- Contribue à l'efficacité de l'effort fourni et la prolongation de l'exercice

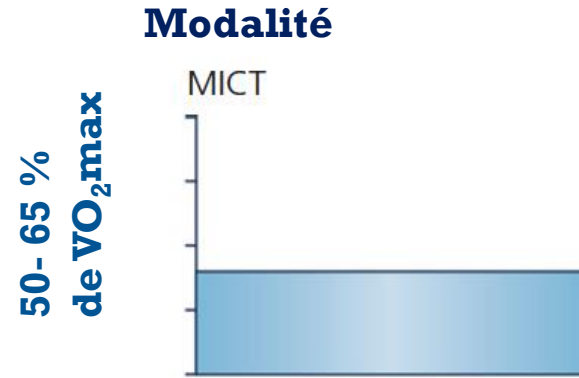
Résistance



- Augmentation:
 - de la taille des muscles (hypertrophie)
 - de la production de force ainsi que des adaptations nerveuses
- Permet de devenir plus fort et plus puissant

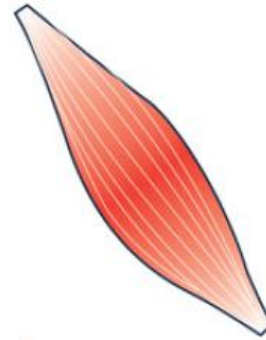


Exercice aérobie



Adaptations physiologiques

Muscle squelettique



- Stress cellulaire
- Réponses moléculaires
- Contenu en mitochondries
- Densité capillaire

MICT: entraînement continu d'intensité modérée

HIIT: entraînement par intervalles à haute intensité

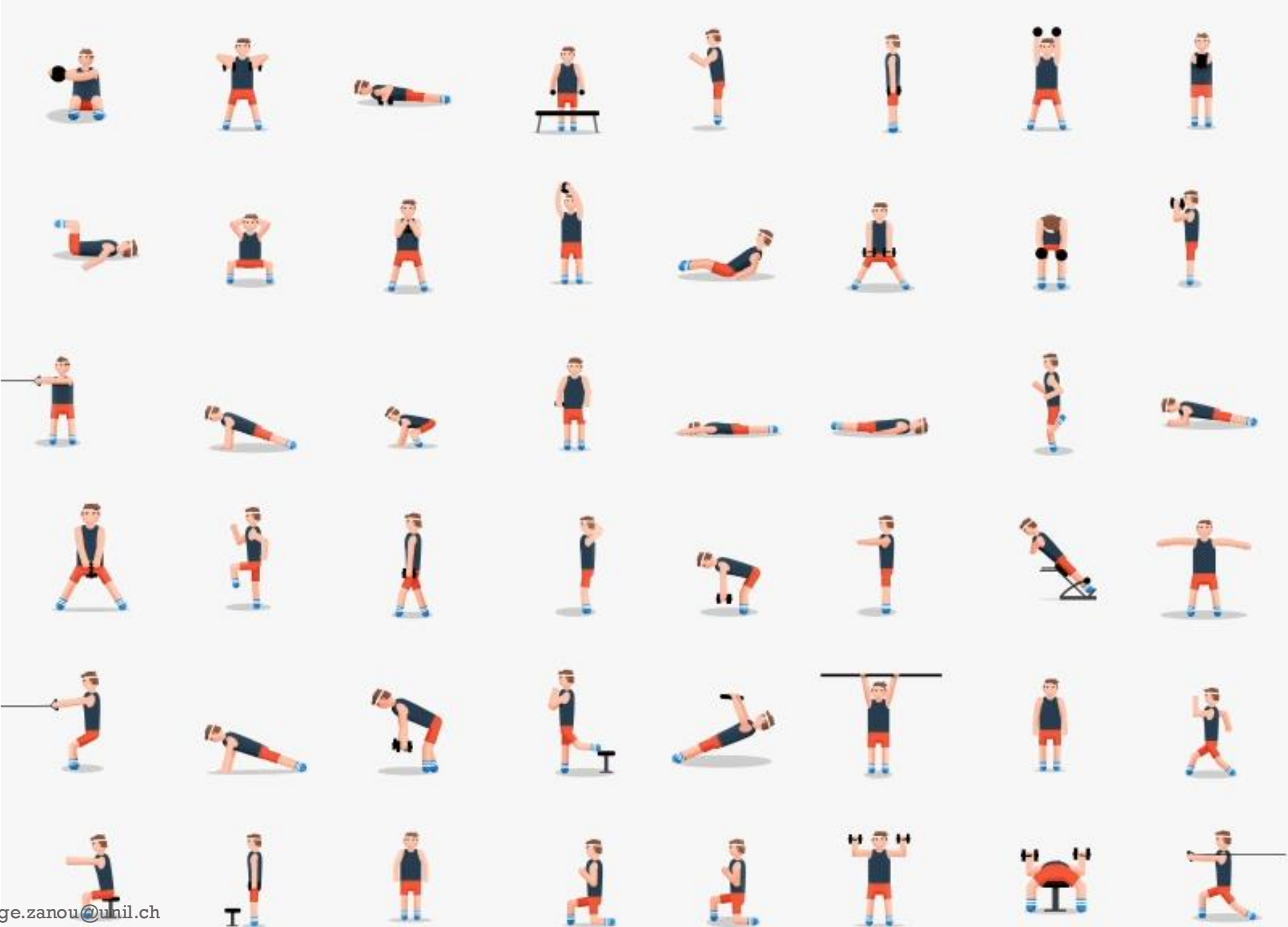
SIT: entraînement par intervalle de sprint



Exercice de résistance

- Tout exercice impliquant une contraction musculaire en réponse à l'application d'une force ou d'une charge.
- Cette contrainte, contre laquelle le corps réagit, peut provenir du poids du corps ou, plus souvent, d'une résistance externe (équipement de musculation, bandes élastiques, résistance totale, poids, machines, etc.).
- Oblige les tissus à s'adapter.
- Renforce le corps et lui fait développer certaines aptitudes spécifiques (force, coordination, vitesse de contraction musculaires).





Alternative : l'électrostimulation neuromusculaire (angl. NMES)

- Consiste à utiliser des impulsions électriques pour forcer la contraction des muscles.
- Imité ainsi le processus naturel par lequel le cerveau envoie des signaux aux muscles pour les faire bouger.
- Contrairement à une contraction volontaire (recrutement de 10 à 20 % des fibres), la NMES peut engager une plus grande partie des fibres musculaires, notamment en profondeur.



PLAN

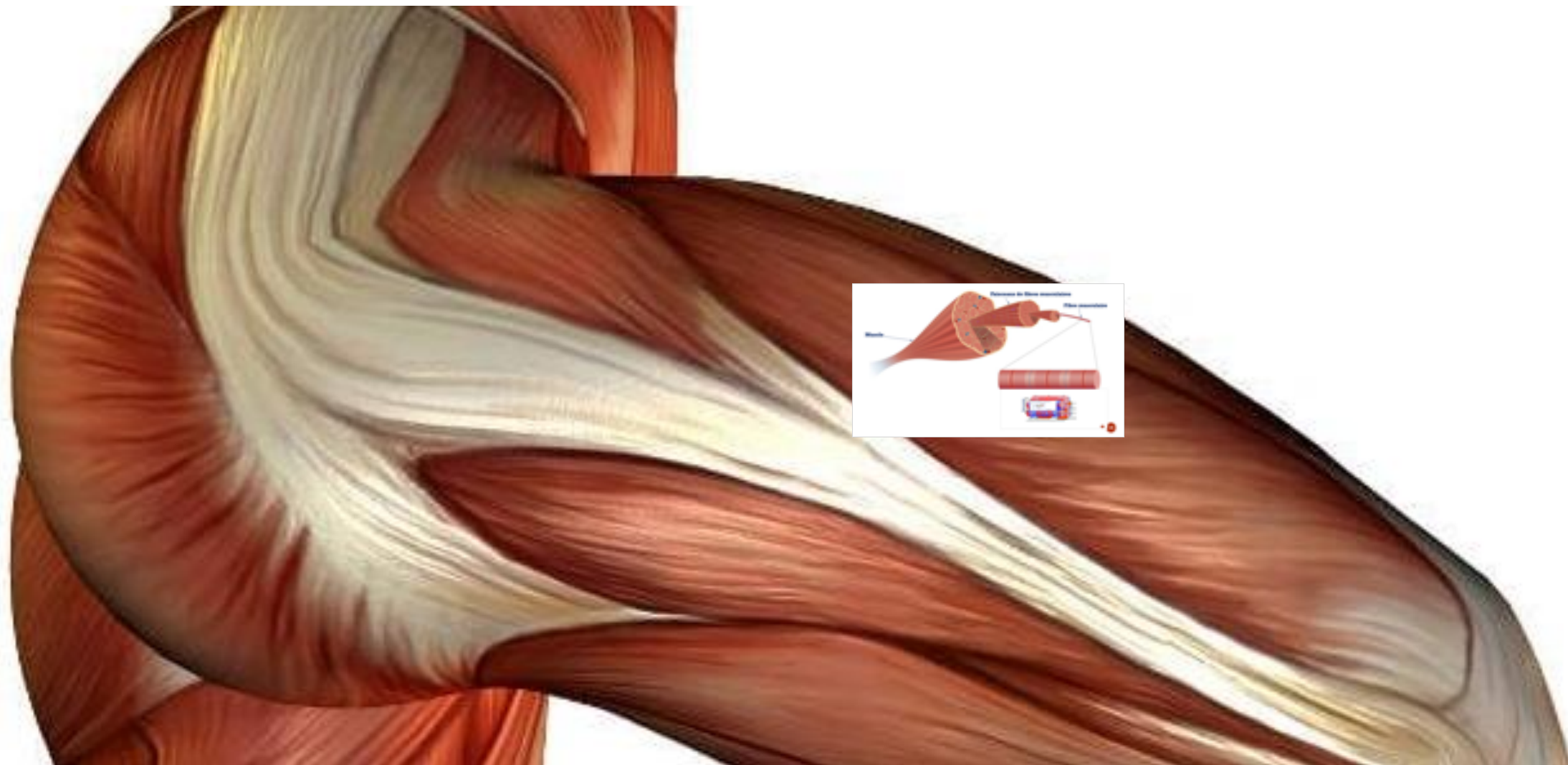
- Généralités sur l'Activité physique
- Modalités d'exercice
- **Le muscle comme organe au centre du mouvement**
- Les filières énergétiques à l'effort
- Effets de l'activité physique sur le muscle et les autres organes du corps
- Intérêt pour les maladies neuromusculaires





Que se passe t-il dans notre organisme lorsque nous bougeons ?

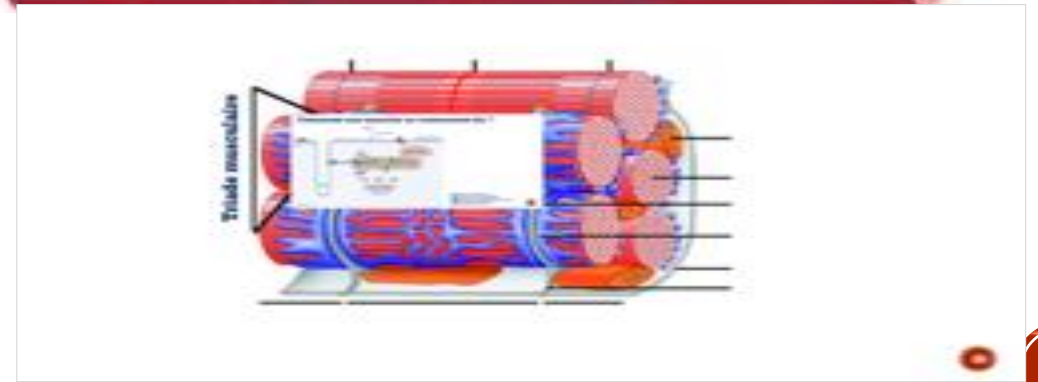
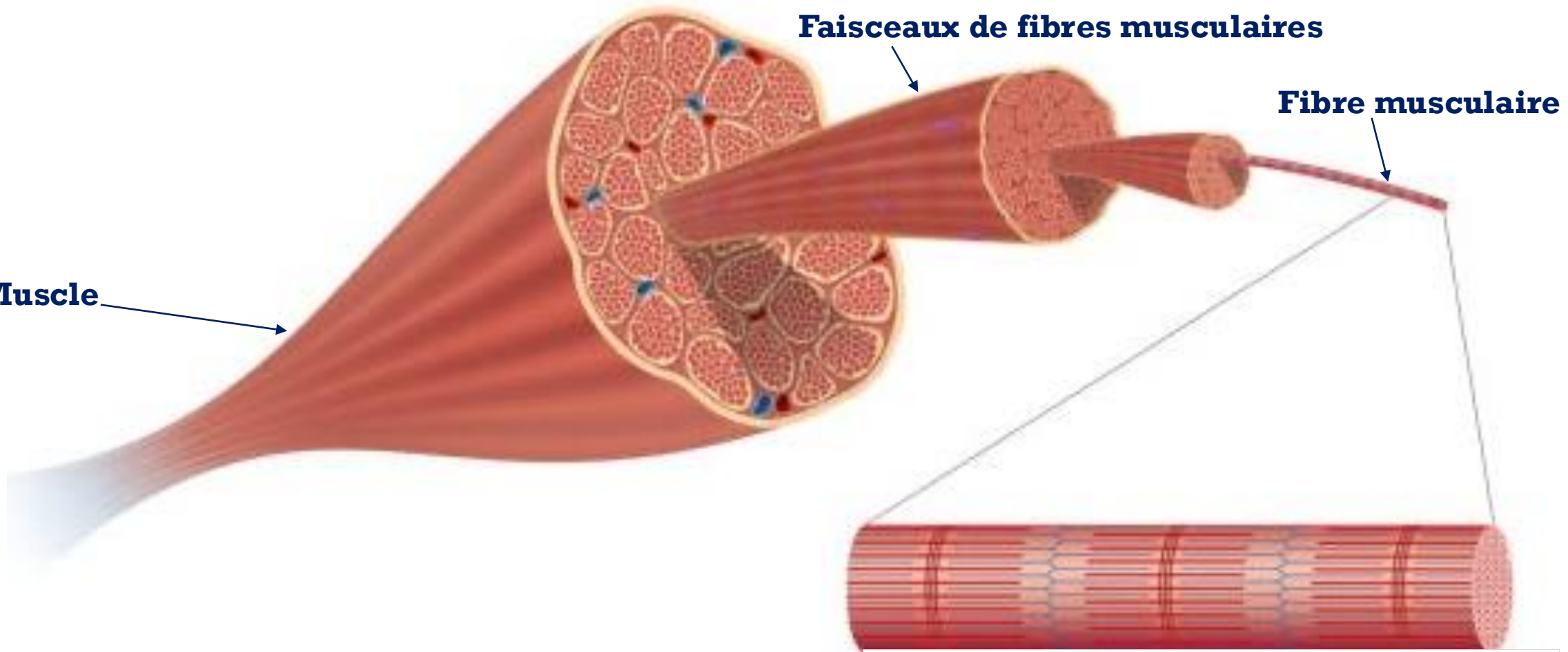




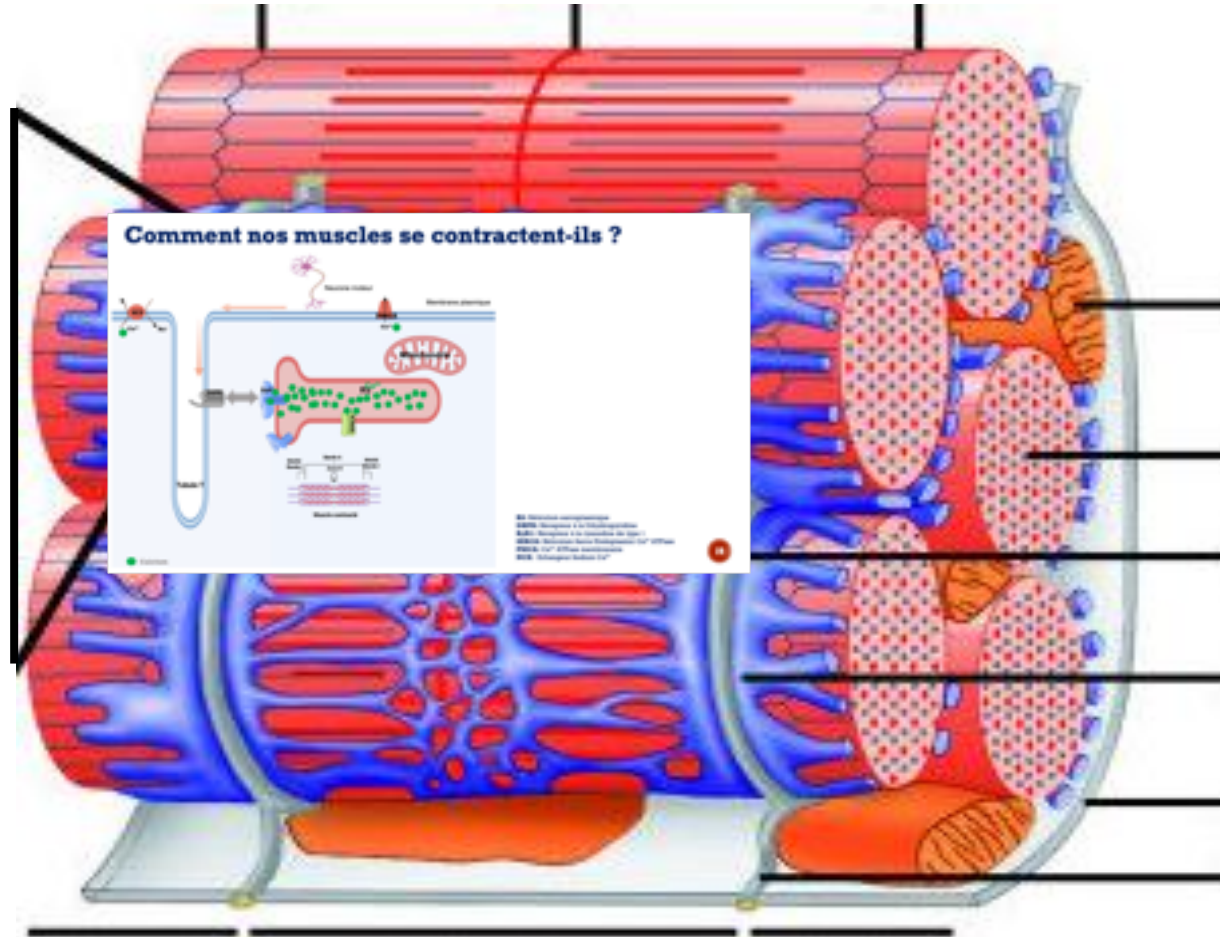
Muscle

Faisceaux de fibres musculaires

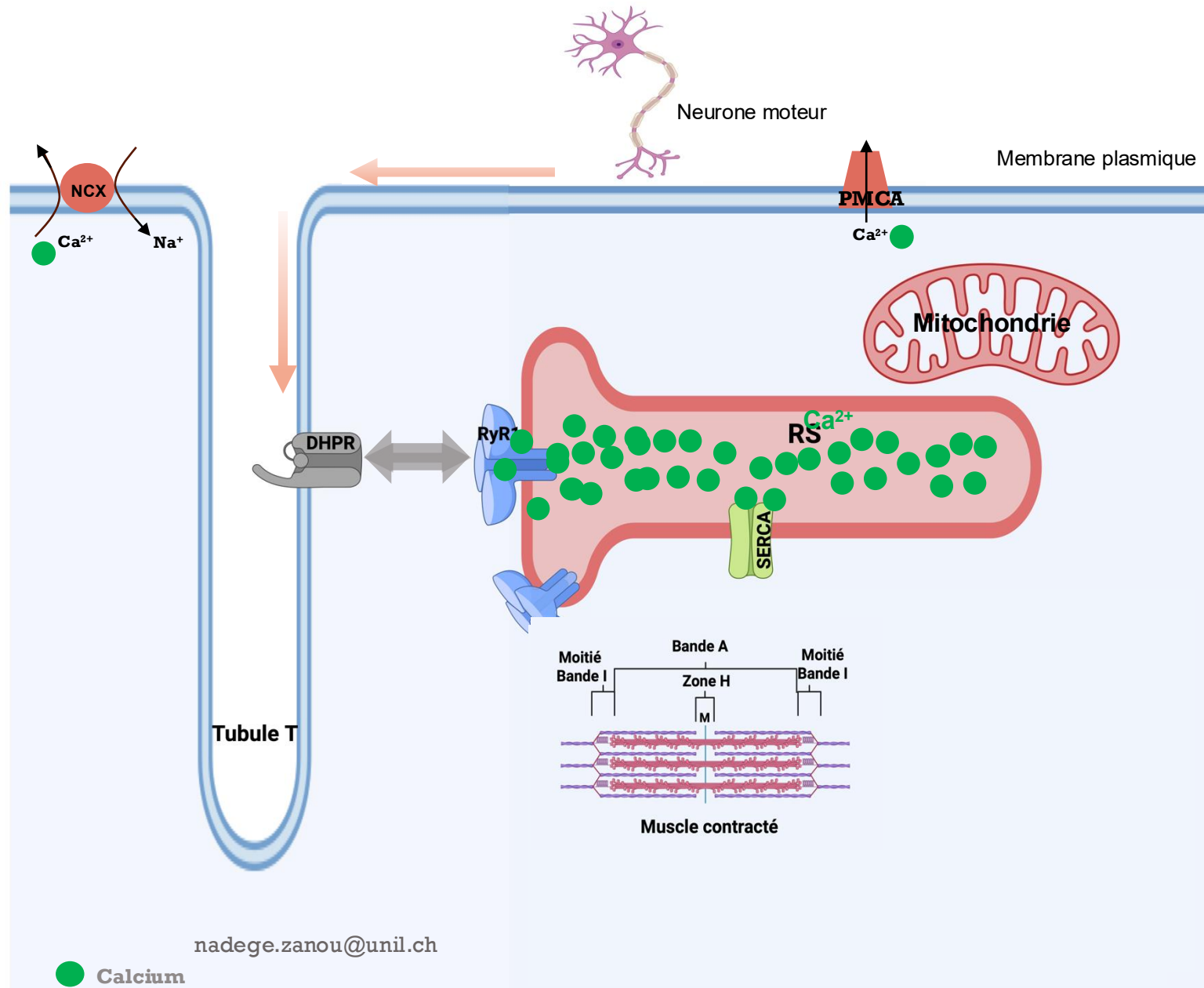
Fibre musculaire



Triade musculaire



Comment nos muscles se contractent-ils ?



RS: Réticulum sarcoplasmique
DHPR: Récepteur à la Dihydropyridine
RyR1: Récepteur à la ryanodine de type 1
SERCA: Réticulum Sarco/Endoplasmic Ca²⁺ ATPase
PMCA: Ca²⁺ ATPase membranaire
NCX: Echangeur Sodium Ca²⁺

nadege.zanou@unil.ch

● Calcium



Forme de contraction musculaire

- **Contraction concentrique (phase de montée/effort) :**
 - Raccourcissement du muscle pour vaincre une résistance.
 - *Exemple : monter lors d'un squat, plier le bras lors d'un curl biceps, la phase de poussée au développé couché.*
- **Contraction excentrique (phase de descente/freinage) :**
 - Allongement du muscle pendant la contraction.
 - Permet de porter des charges plus lourdes.
 - Phase qui cause le plus de courbatures: **Déconseillé dans le DMD !!!**
 - *Exemple : descendre lors d'un squat, tendre le bras lentement lors d'un curl biceps, freiner la barre au développé couché.*
- **Contraction isométrique (phase statique/gainage) :**
 - Contraction du muscle sans changement de longueur et sans mouvement articulaire.
 - *Exemple : tenir la position "chaise" contre un mur, gainage (planche), maintenir une charge à mi-hauteur.*



PLAN

- Généralités sur l'Activité physique
- Modalités d'exercice
- Le muscle comme organe au centre du mouvement
- **Les filières énergétiques à l'effort**
- Effets de l'activité physique sur le muscle et les autres organes du corps
- Intérêt pour les maladies neuromusculaires



Quelles sont les sources d'énergie à l'effort ?

Glucides



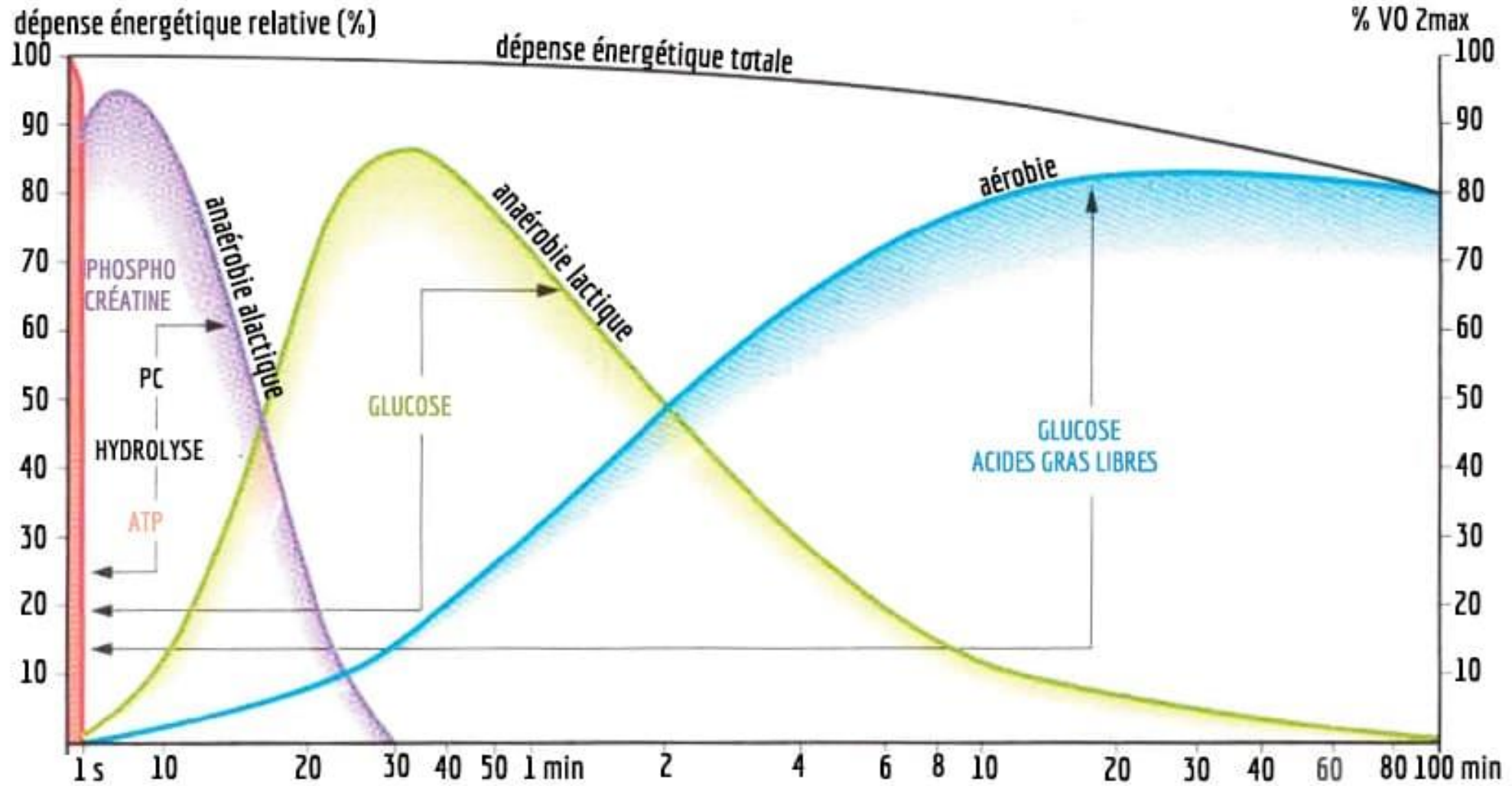
Lipides



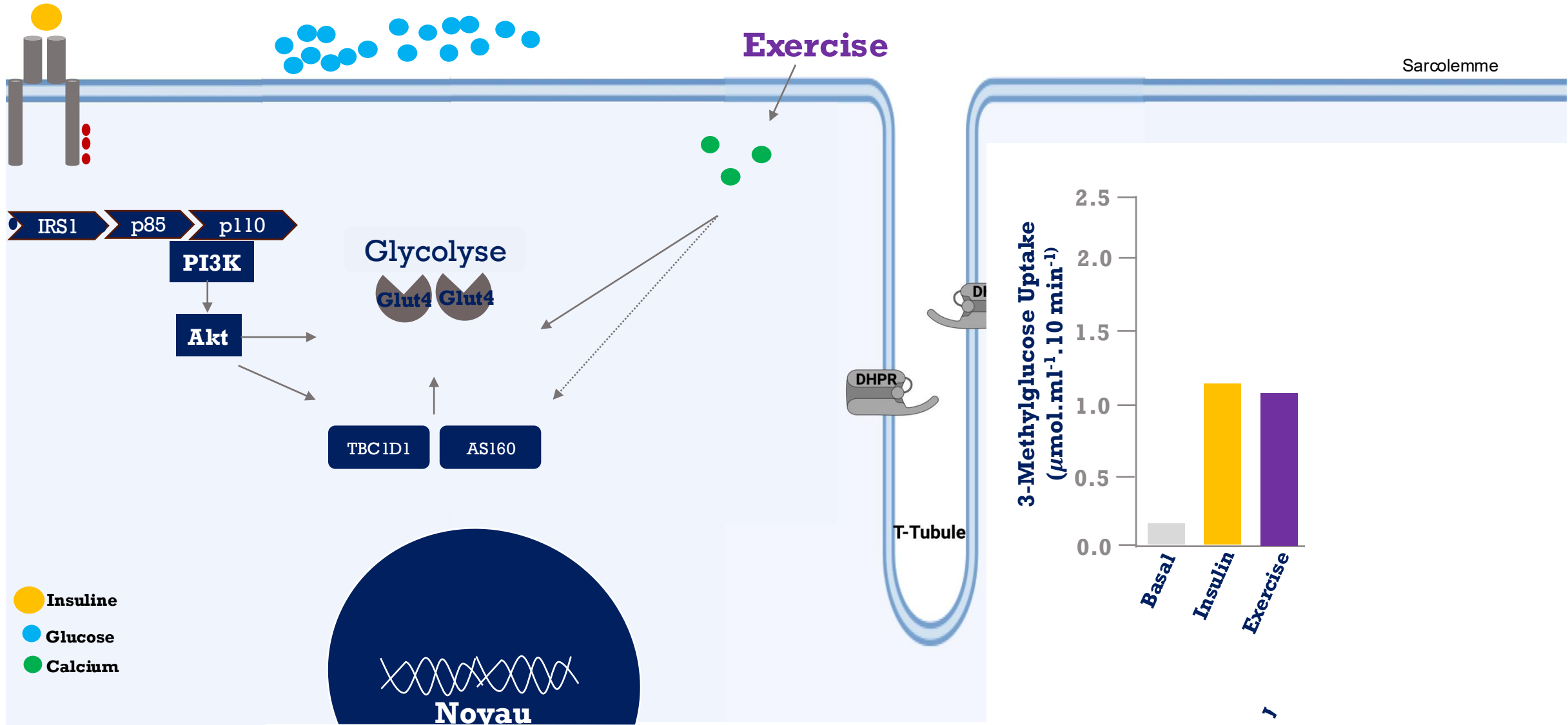
Protéines



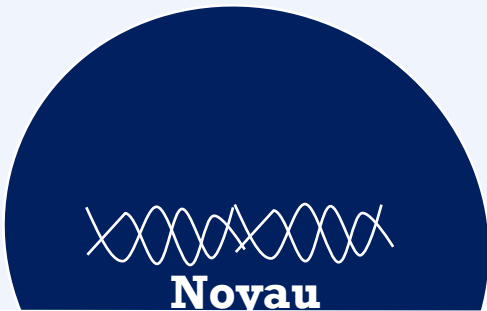
Filières énergétiques à l'effort



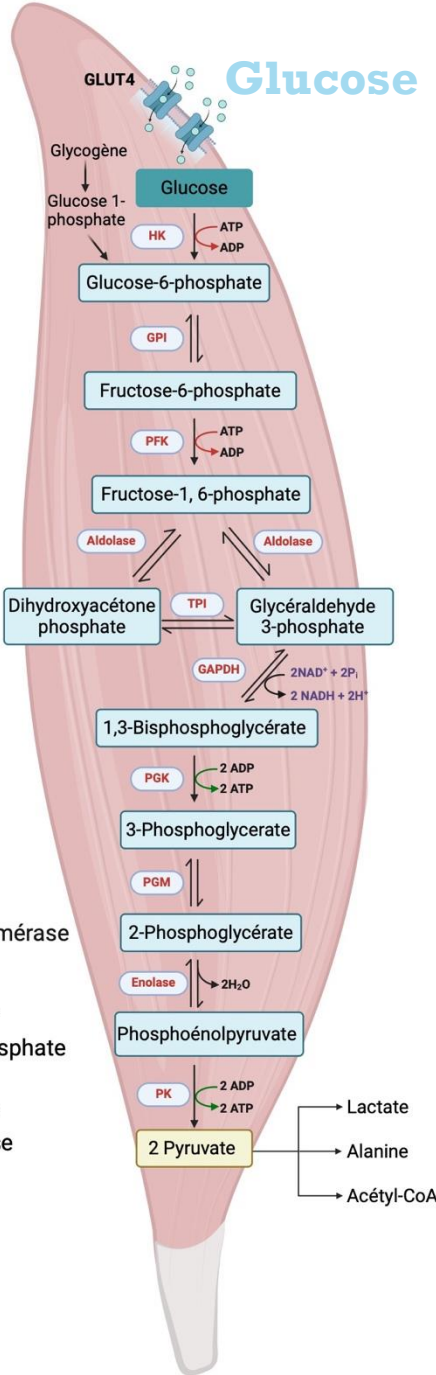
Effet majeur de l'exercice sur la glycémie



- Insuline
- Glucose
- Calcium



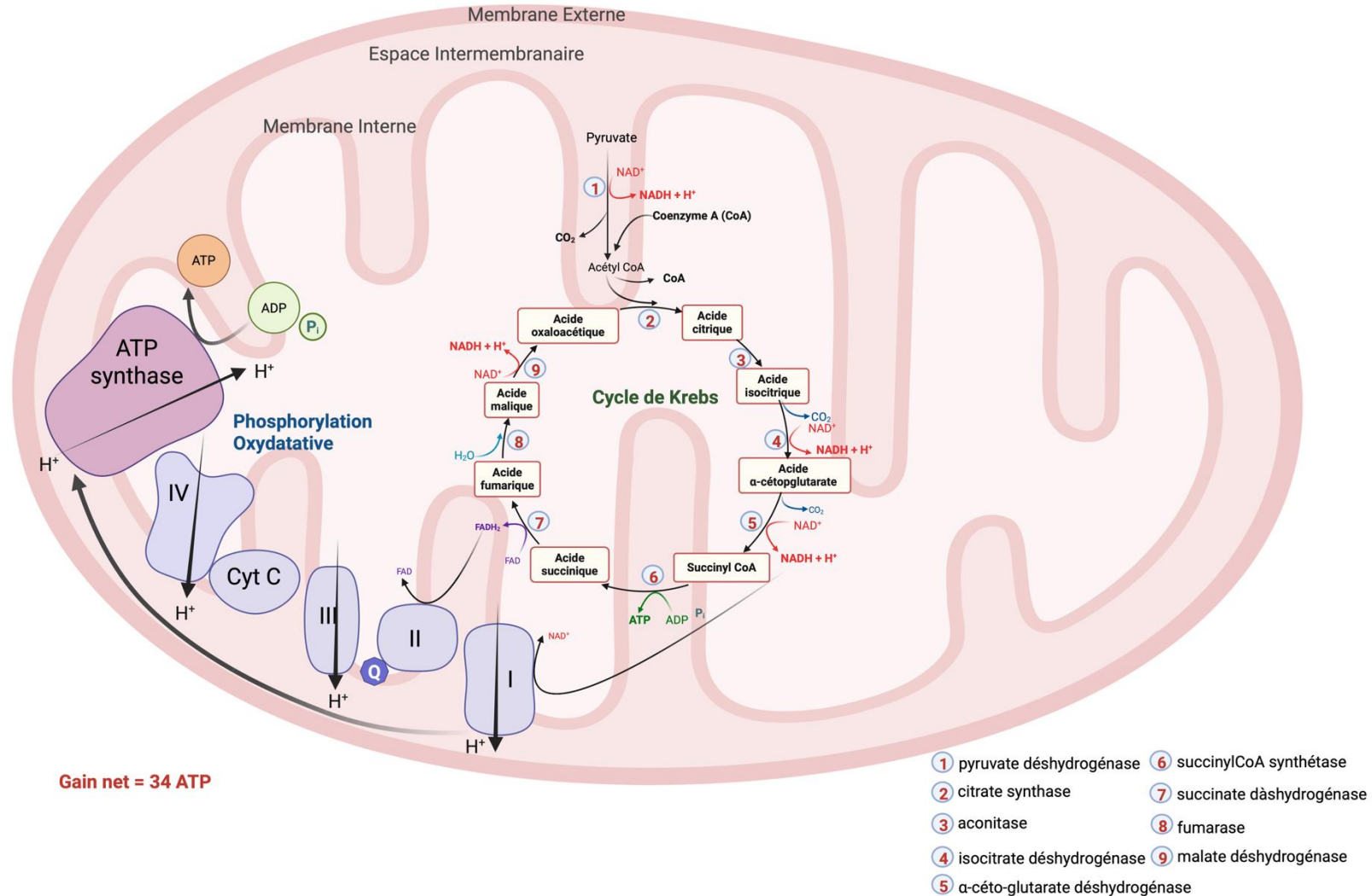
La glycolyse



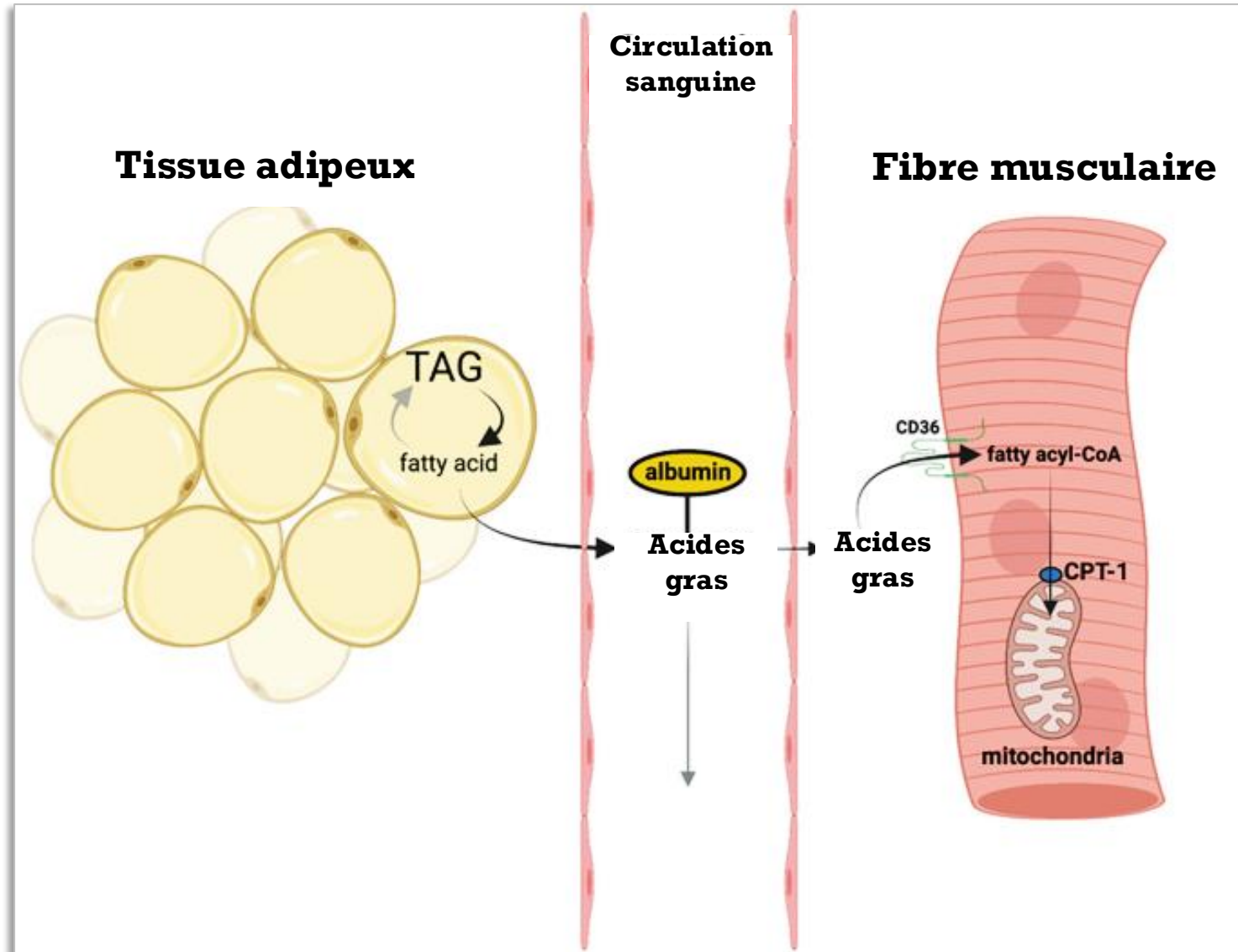
- HK:** hexokinase
- GPI:** glucose 1-phosphate isomérase
- PFK1:** phosphofructokinase
- TPI:** triose phospho isomérase
- GAPDH:** glyceraldéhyde 3- phosphate déshydrogénase
- PGK:** phosphoglycérate kinase
- PGM:** phosphoglycérate mutase
- PK:** pyruvate kinase

Gain net = 2 ATP

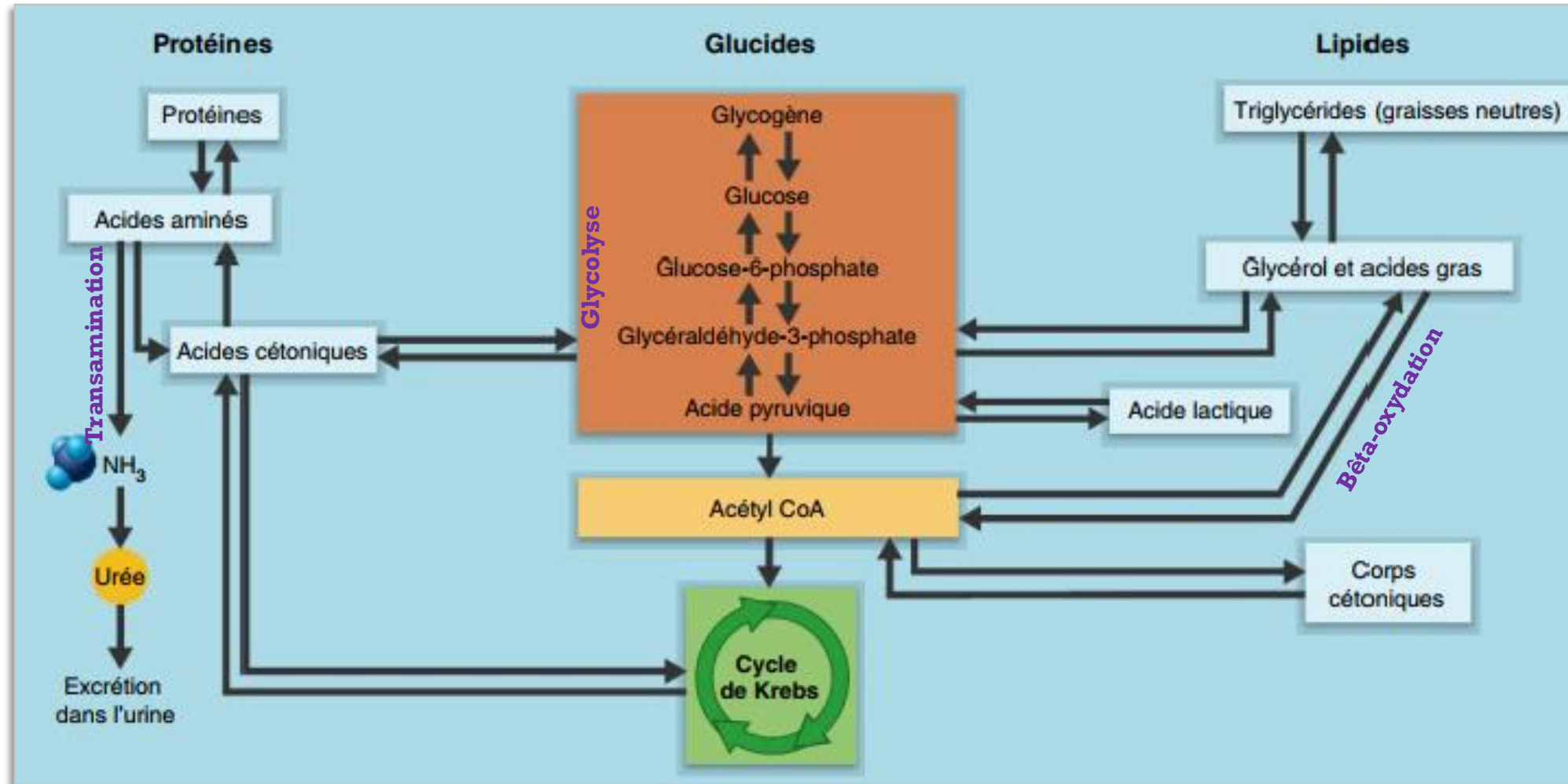
Les mitochondries: notre centrale énergétique



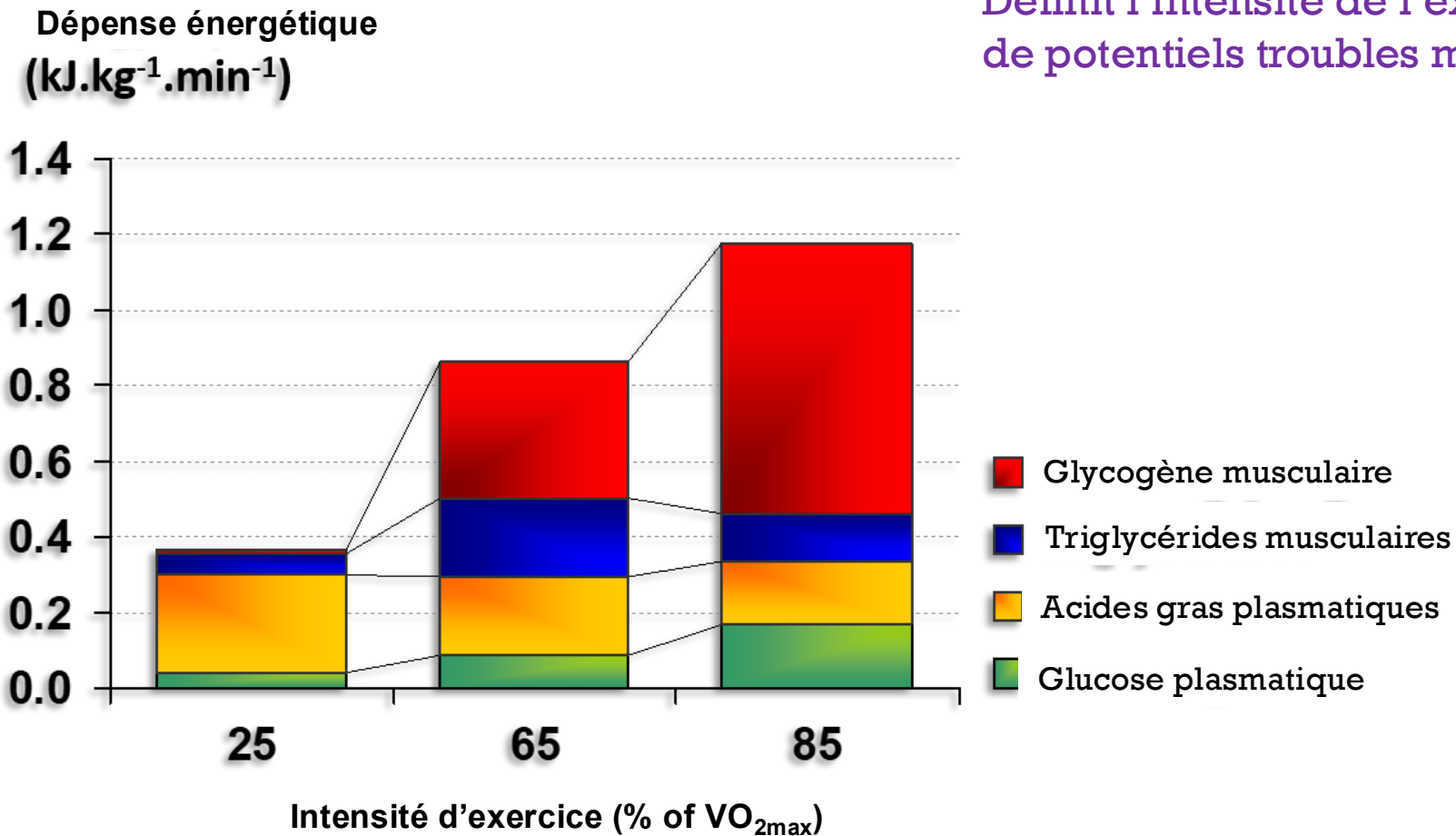
Mobilisation des lipides à l'effort



Résumé des voies métaboliques à l'effort



Source énergétique à l'effort



Définit l'intensité de l'exercice en fonction de potentiels troubles métaboliques !

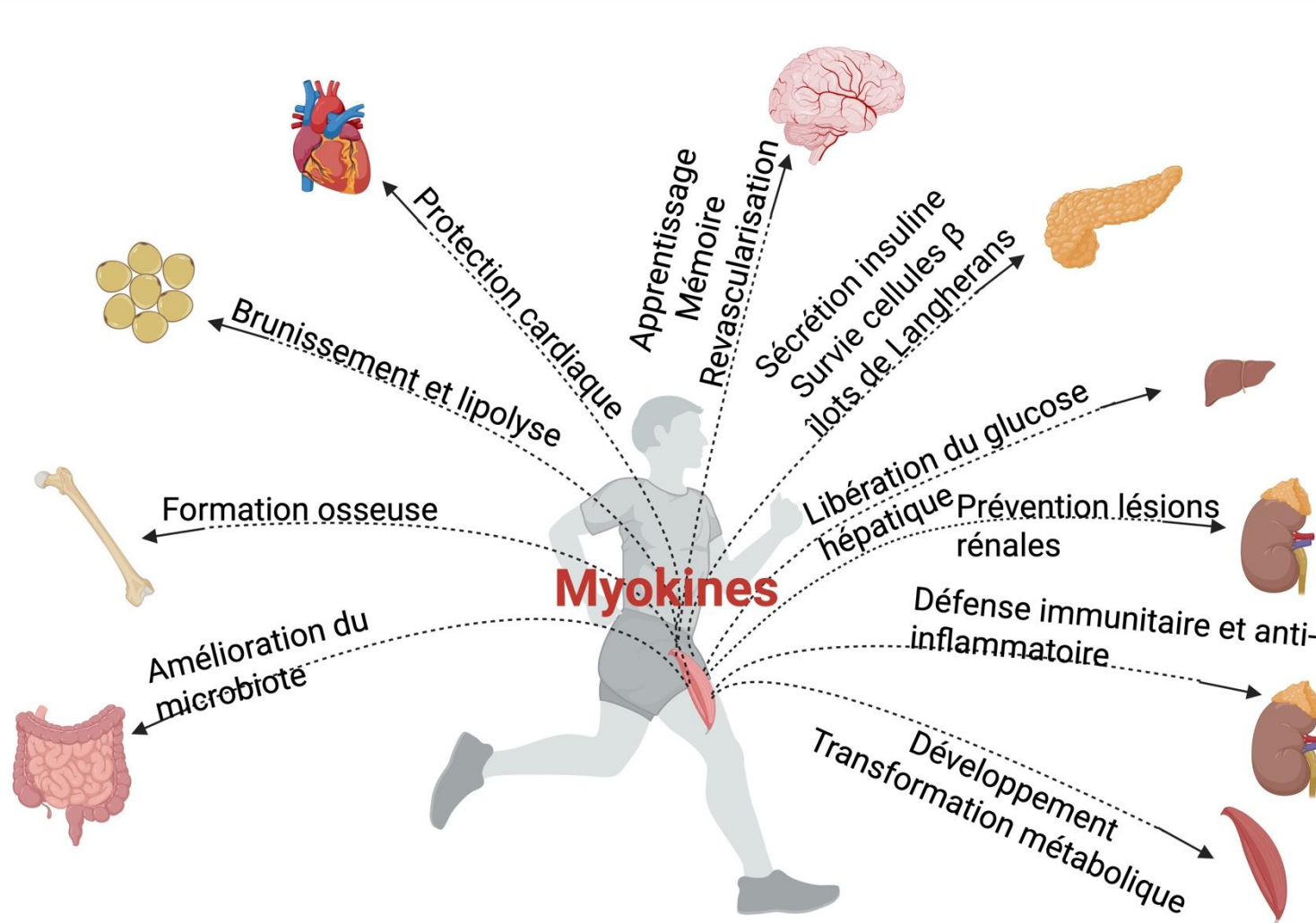


PLAN

- Généralités sur l'Activité physique
- Modalités d'exercice
- Le muscle comme organe au centre du mouvement
- Les filières énergétiques à l'effort
- **Effets de l'activité physique sur le muscle et les autres organes du corps**
- Intérêt pour les maladies neuromusculaires



Communication muscle-organes: rôle des myokines



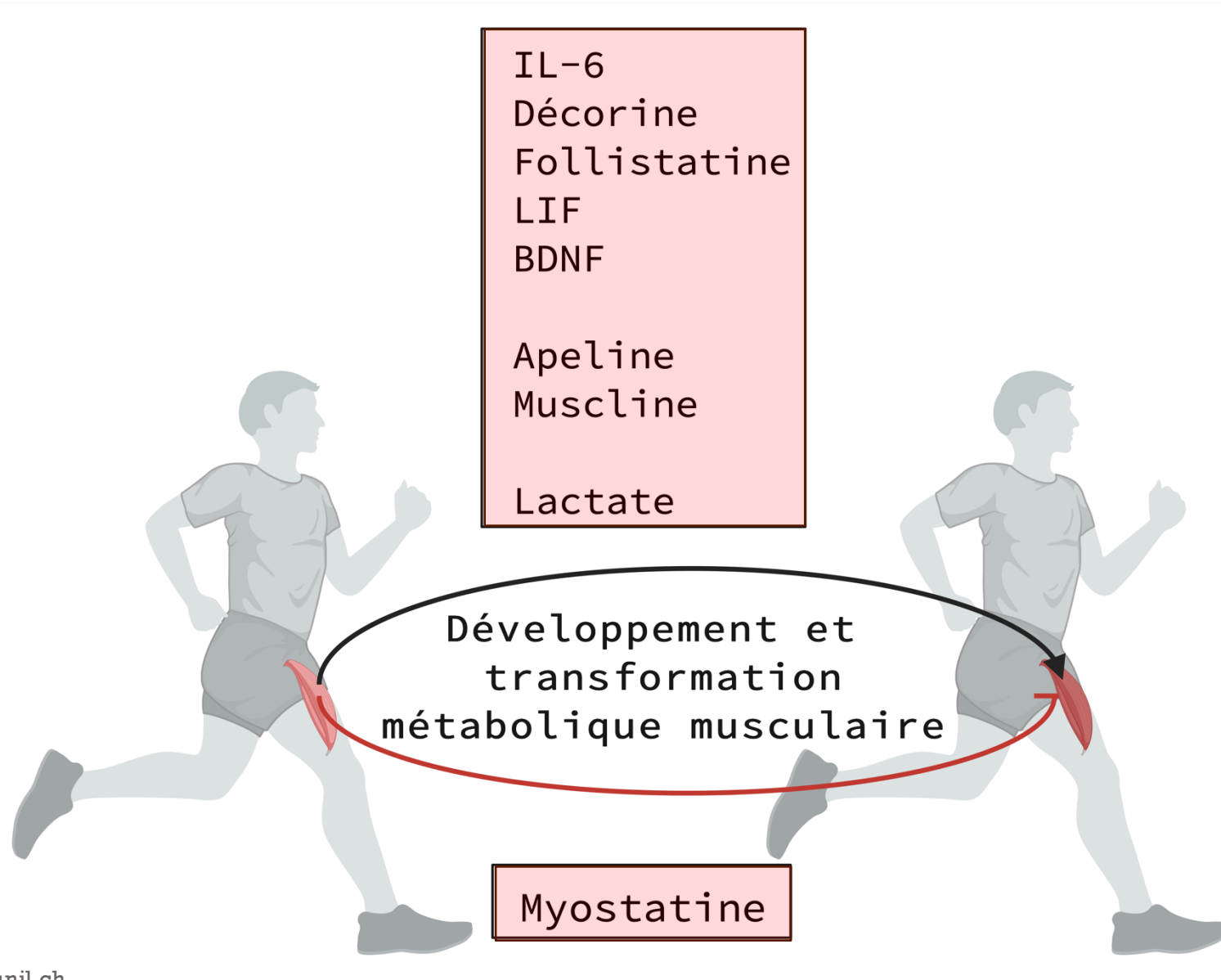
Myokines/exerkines

Protéines messagères ou cytokines sécrétées par les muscles squelettiques lors de leur contraction pendant l'exercice physique.

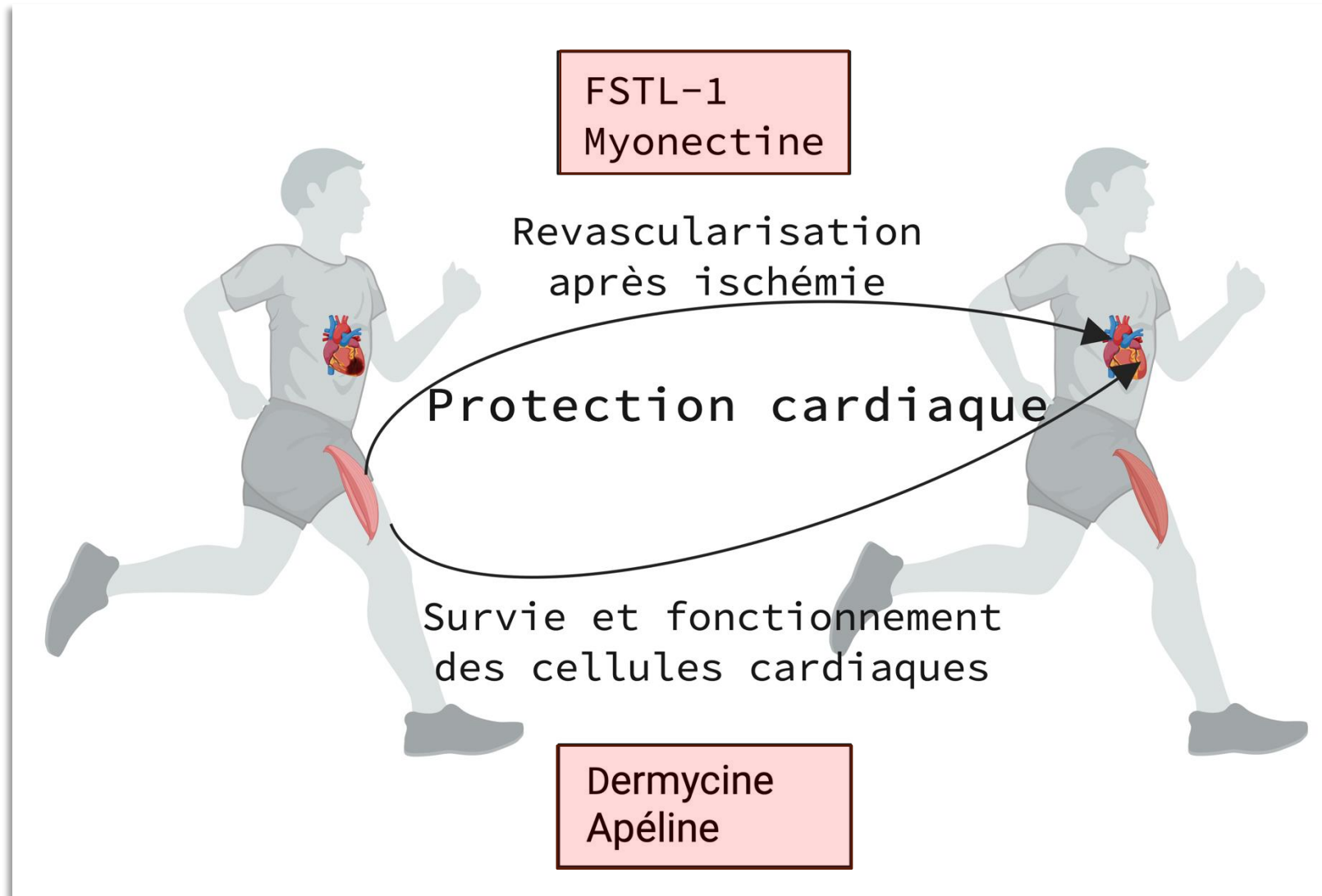
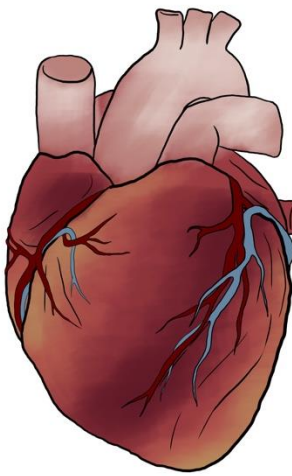
- **Production** : libérées uniquement lorsque les muscles sont sollicités (exercice).
- **Action** : passent dans le sang et agissent sur tout le corps, renforçant le système immunitaire et stimulant la santé mentale.
- **Bénéfices** : permet de lutter contre de nombreuses maladies (l'obésité, le diabète, et protègent contre des maladies neurodégénératives).
- **Exemples** : l'irisine, l'interleukine 6 (IL-6), l'interleukine 10 (IL-10).



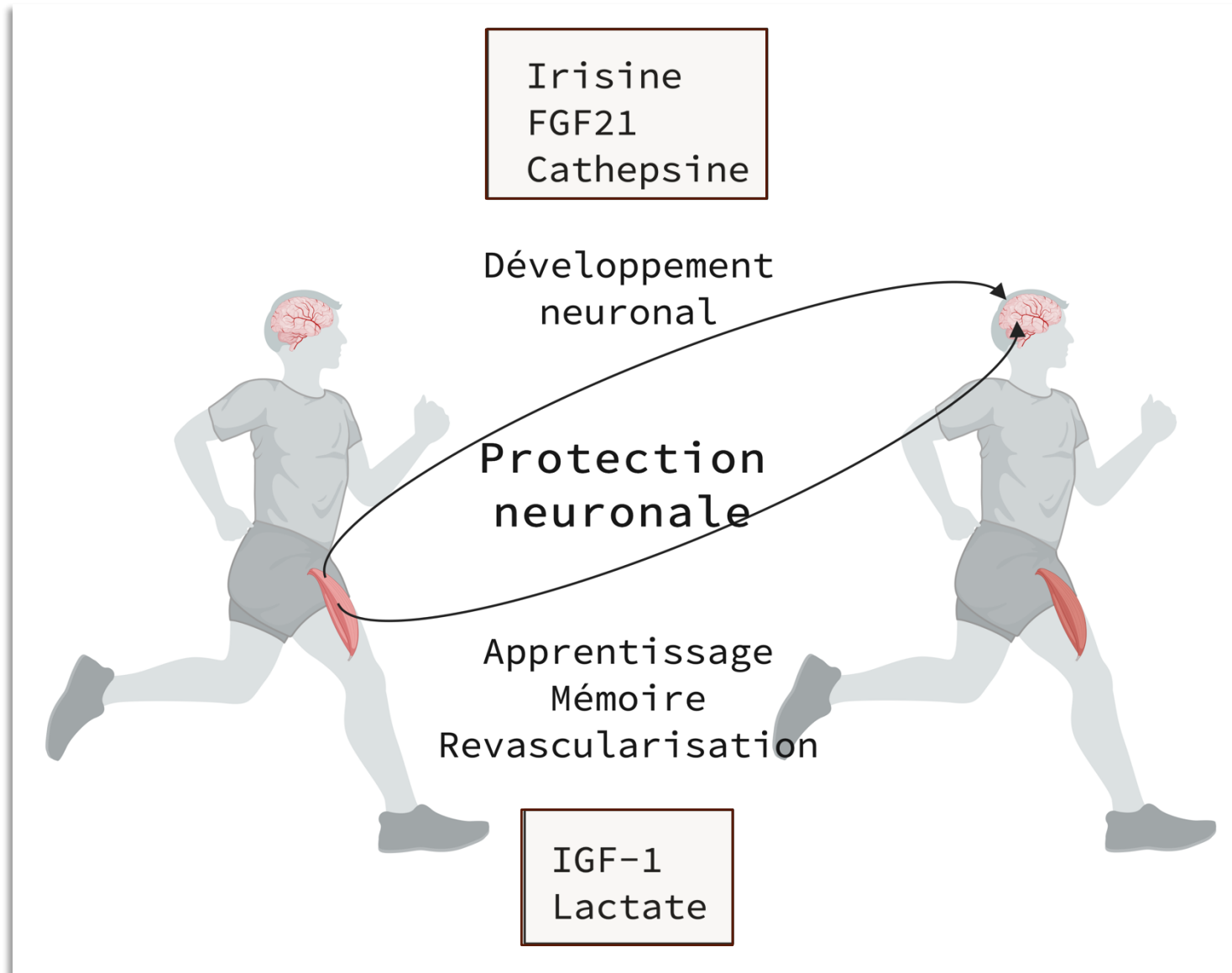
Effets de l'activité physique sur le muscle



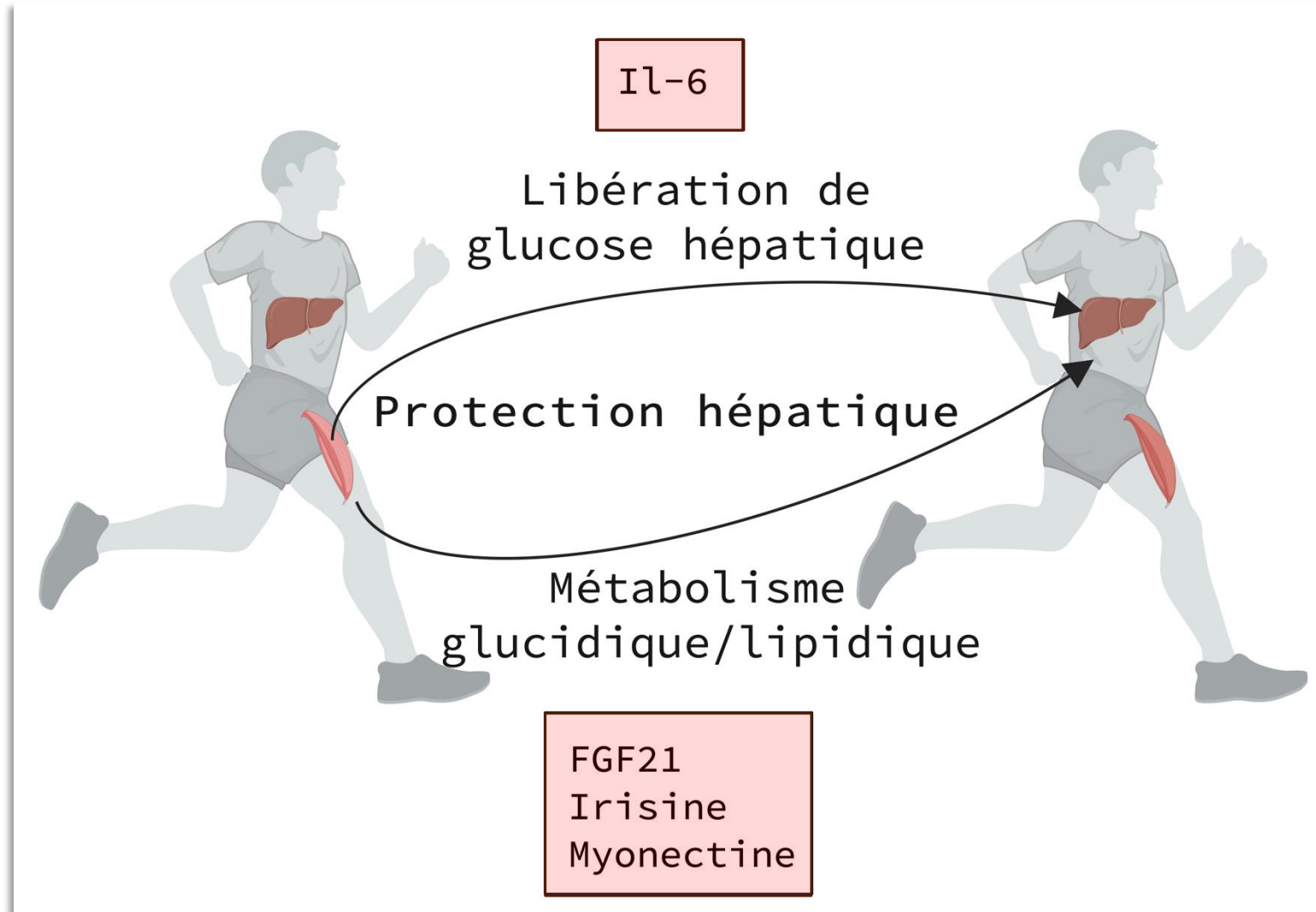
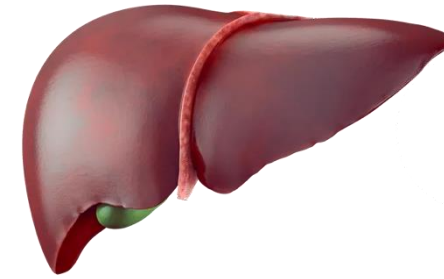
Effets de l'activité physique sur le cœur



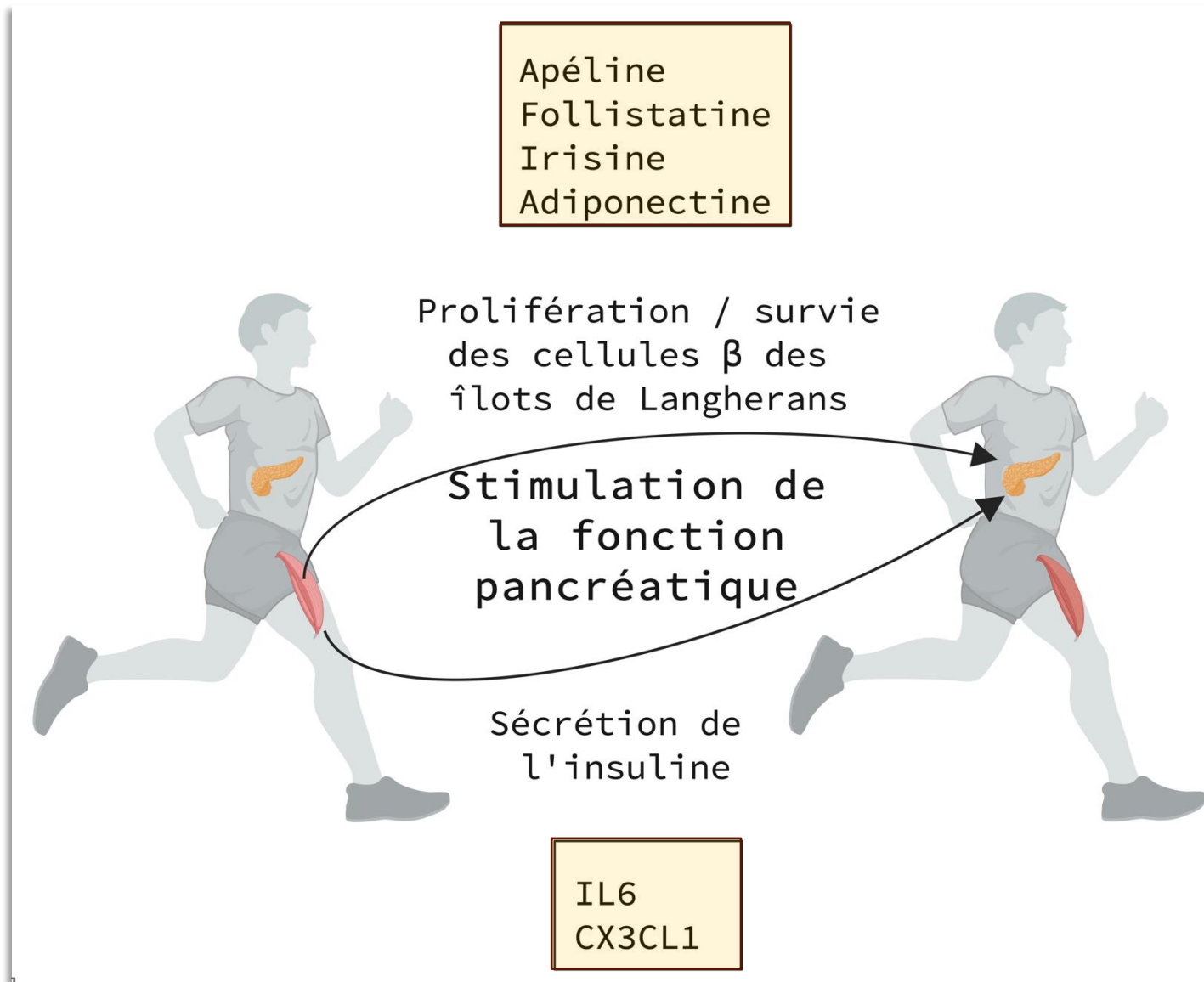
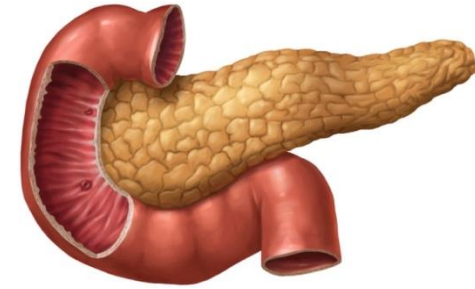
Effets de l'activité physique sur le cerveau



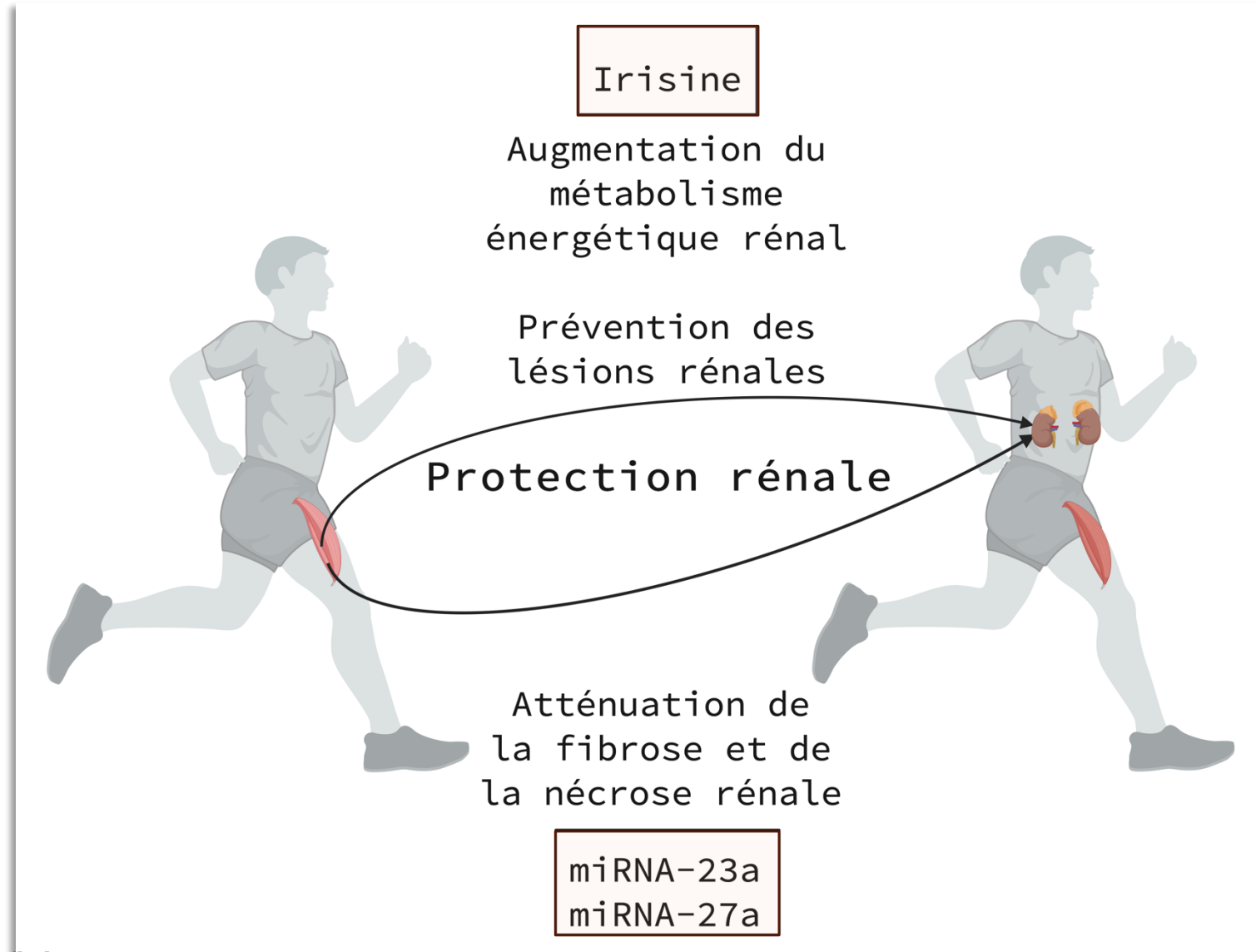
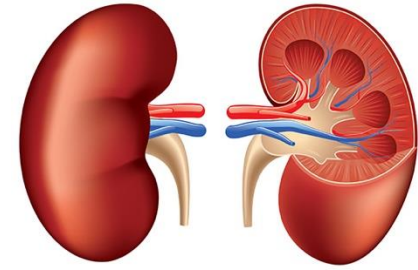
Effets de l'activité physique sur le foie



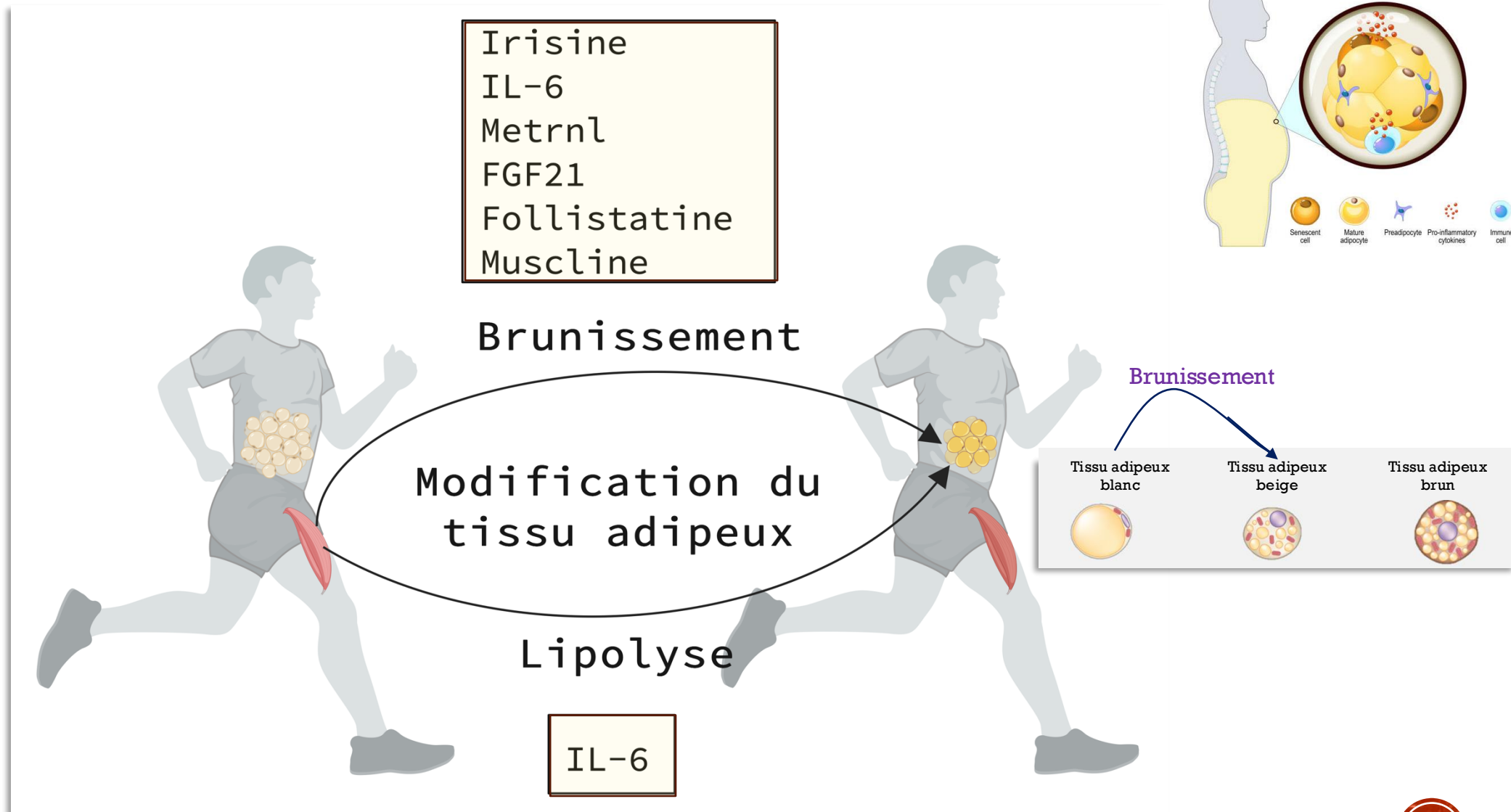
Effets de l'activité physique sur le pancréas



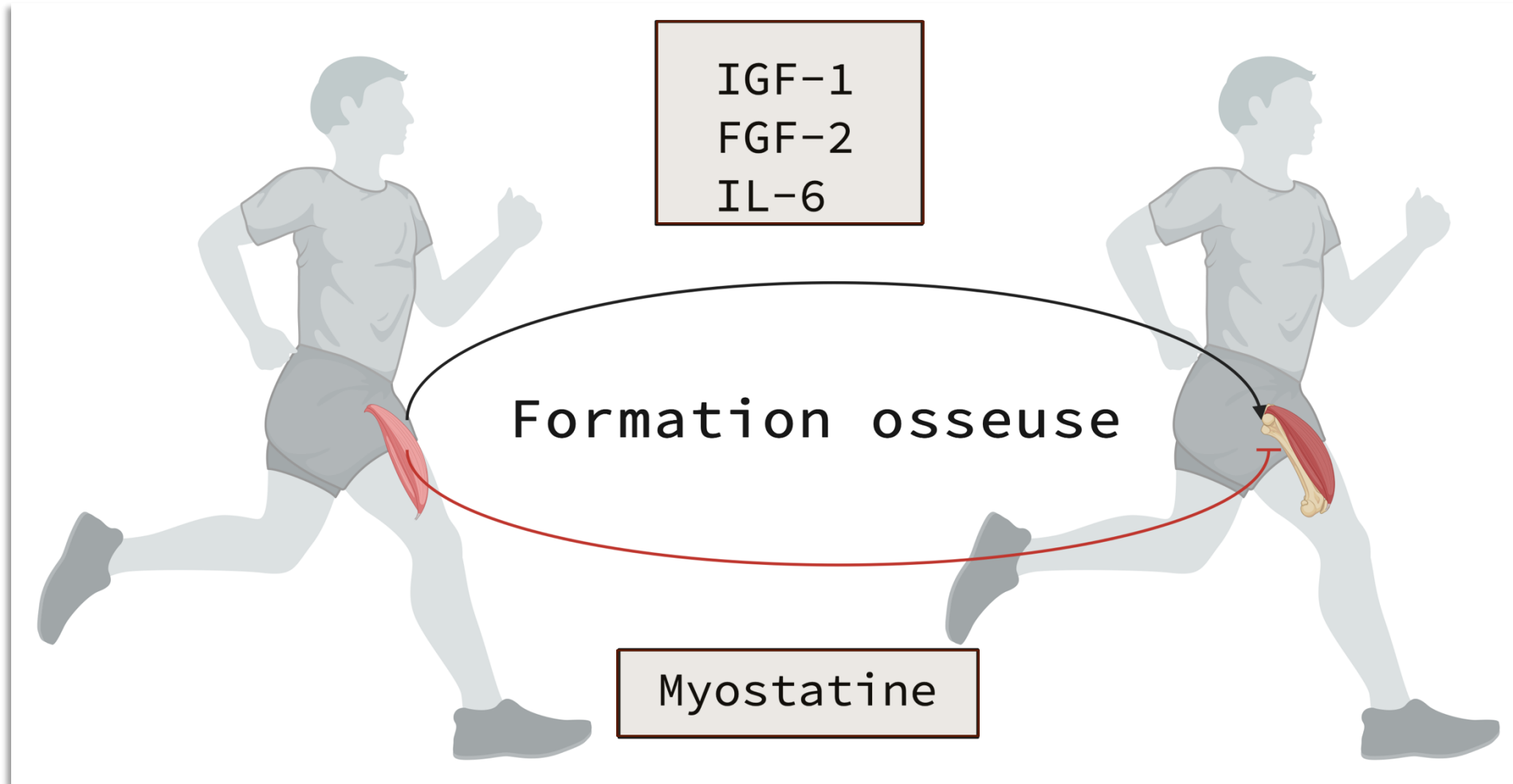
Effets de l'activité physique sur le rein



Effets de l'activité physique sur le tissu adipeux



Effets de l'activité physique sur l'os



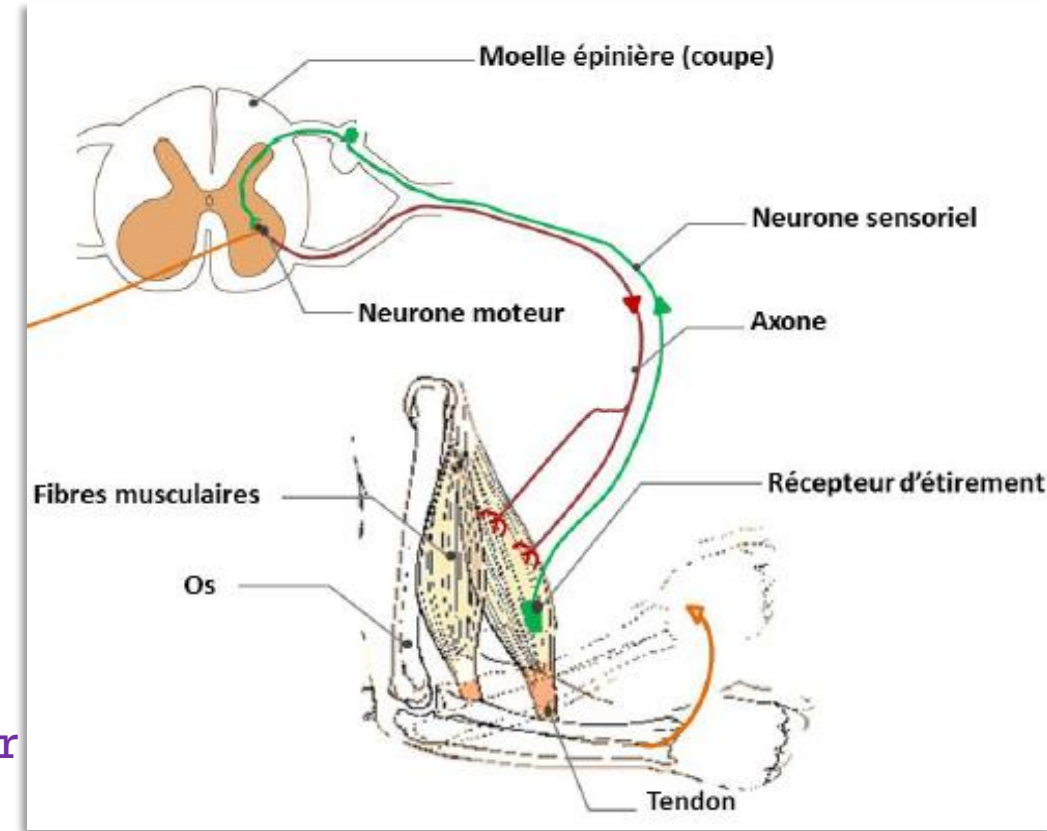
PLAN

- Généralités sur l'Activité physique
- Modalités d'exercice
- Le muscle comme organe au centre du mouvement
- Les filières énergétiques à l'effort
- Effets de l'activité physique sur le muscle et les autres organes du corps
- **Intérêt pour les maladies neuromusculaires**



Maladies neuromusculaires

- Maladies congénitales ou acquises.
- Faiblesse musculaire progressive.
 - Ex : Maladie de Duchenne
- Faiblesse musculaire d'emblée.
 - Ex: Myopathie liée au RYR1
- **Problématique actuelle**
 - Peu de médicaments validés après essais cliniques !!!
 - Nécessité de trouver des alternatives fiables pour maintenir une qualité de vie !



AP pour maladies neuromusculaires:

vers une recommandation basée sur un consensus (28è workshop ENMC, 2024)

Contexte

- Autrefois déconseillée par crainte d'épuiser les muscles.
- Aujourd'hui reconnue comme une **nécessité thérapeutique** pour les patients.
- Forte évidence du bénéfice de l'AP pour les patients.

But

- Pratiquée de manière régulière et adaptée, l'AP permet de briser le cercle vicieux de la sédentarité et d'améliorer globalement la santé.

Principes

- Doit être personnalisée (type, fréquence, intensité, durée).
- Ne pas forcer.
- Respecter la fatigue.
- Demander conseil au médecin.

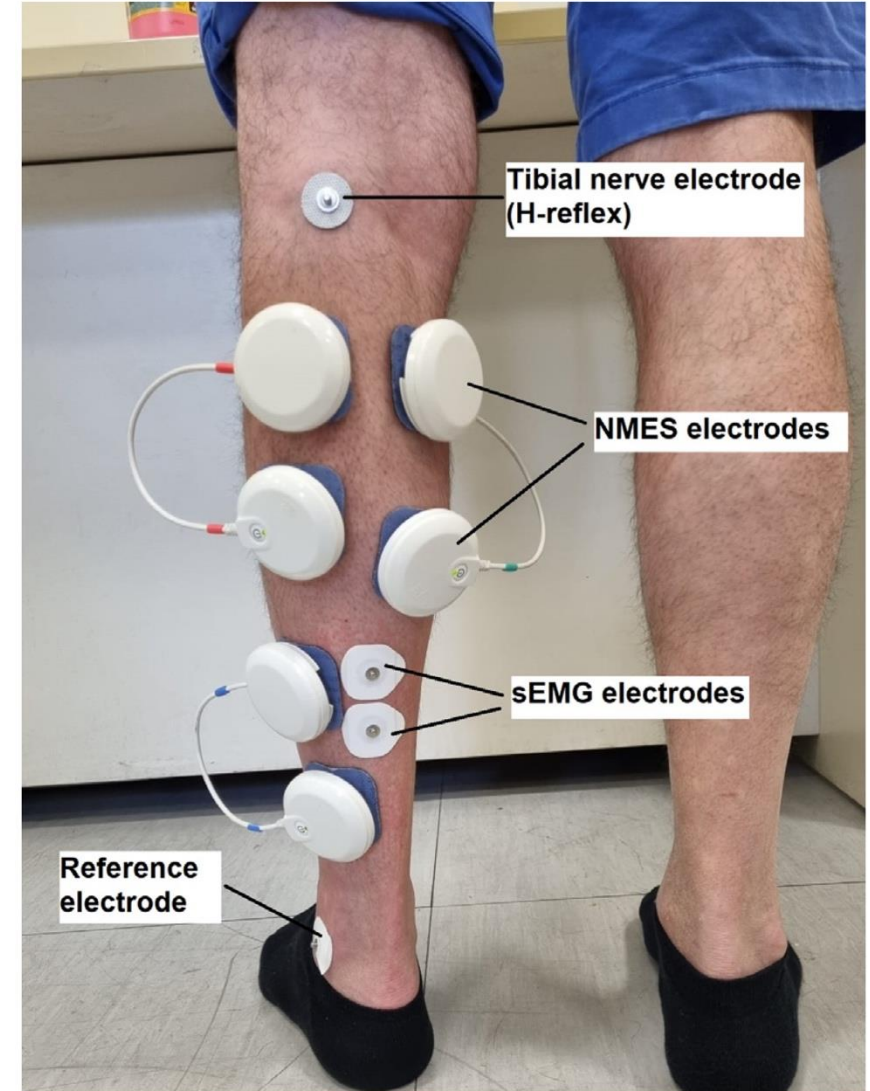


Recommandations et précautions AP pour maladies neuromusculaires

- Pour être bénéfique, l'activité **doit être adaptée** (Activité Physique Adaptée - APA)
 - souvent supervisée par des professionnels (kinésithérapeutes, coachs spécialisés)
- **Intensité** : Une intensité modérée est généralement préconisée (marche, natation, exercices doux)
 - pour éviter les dommages musculaires (notamment dans les myopathies)
- **Type d'exercices** : Privilégier les exercices concentriques (raccourcissement du muscle) et isométriques (contraction sans mouvement) plutôt qu'excentriques,
 - Exercices excentriques peuvent causer des micro-lésions risquées pour certains patients.
- **Suivi médical** : Une consultation spécialisée (neurologue, cardiologue) est recommandée avant de débuter un programme intense



NMES pour sclérose multiple



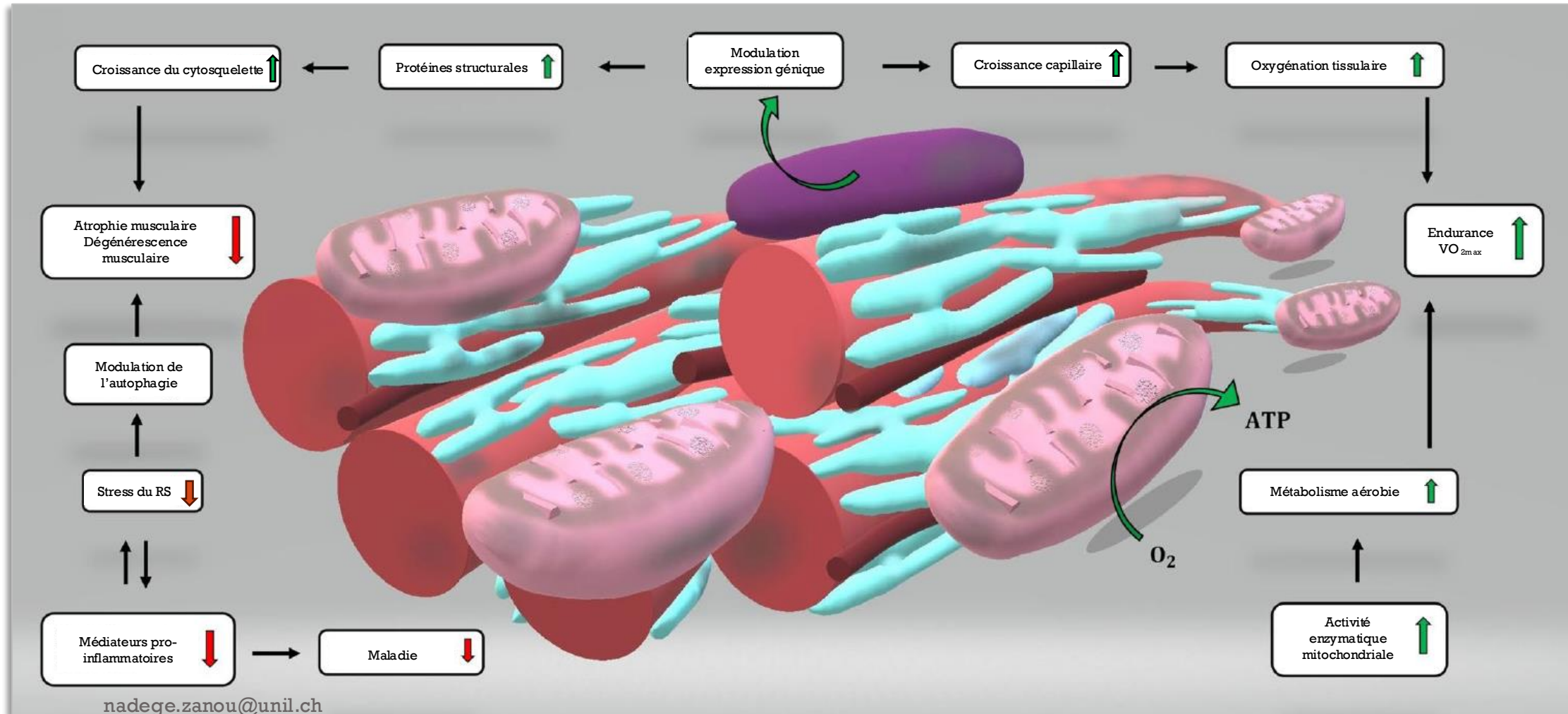
Quels bénéfices pour les patient.e.s ?

Bénéfices physiques

- **Amélioration de la condition cardiorespiratoire :**
 - L'entraînement aérobic (ex: vélo ergomètre) augmente la capacité respiratoire (VO_{2max}) et l'endurance, réduisant ainsi la fatigue liée au déconditionnement.
- **Maintien de la fonction musculaire et réduction des raideurs:**
 - Bien qu'elle ne renforce pas les muscles déjà gravement atteints, l'APA stimule les fibres musculaires viables, ralentit la fonte musculaire (atrophie) et améliore la force des muscles préservés.
- **Préservation de l'autonomie et de la qualité de vie:**
 - En améliorant la coordination et l'équilibre, le sport réduit le risque de chutes et facilite les gestes du quotidien comme la marche ou le passage de la position assise à debout.
- **Prévention des complications secondaires :**
 - Elle aide à lutter contre les raideurs articulaires (contractures), les douleurs chroniques, l'obésité et les troubles métaboliques.



Bénéfices spécifiques musculaires



Bénéfices psychologiques et sociaux

- **Santé mentale et bien-être :**
 - L'exercice libère des hormones (endorphines, dopamine) qui réduisent le stress, l'anxiété et les symptômes dépressifs.
- **Image de soi et confiance :**
 - Réussir à bouger malgré la maladie améliore l'estime de soi et la confiance dans ses capacités physiques.
- **Lien social :**
 - La pratique en groupe ou en club favorise les interactions, l'intégration sociale et brise l'isolement souvent lié au handicap.



Conclusions

Bouger = prendre soin de soi



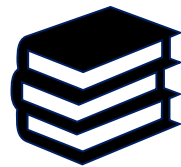
Bénéfique pour tou.te.s



À adapter à chacun



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Physiologie de l'effort musculaire - 21/05/25

[14-006-A-10] - Doi : 10.1016/S0246-0521(25)66209-7

N. Zanou, MD, PhD

Institut des sciences du sport, Université de Lausanne, rue du Bugnon 7, 1005 Lausanne, Suisse

PDF Article **Résumé Mots clés** Figures Références

Résumé

Le muscle squelettique est un organe majeur de notre organisme, dont la fonction principale est la production de force. La génération de la force musculaire est possible grâce à l'utilisation d'énergie stockée dans la cellule musculaire sous forme d'adénosine triphosphate (ATP). Les réserves d'ATP musculaire étant faibles, son renouvellement pendant l'effort est rendu possible grâce à la dégradation de la phosphorylcréatine mais surtout de macronutriments tels que les glucides et les lipides, les protéines contribuant peu à l'énergétique musculaire. La capacité du muscle à métaboliser tous ces substrats fait de lui un organe métabolique puissant au sein de notre organisme. Les glucides et lipides, principaux substrats énergétiques à l'effort, sont métabolisés via la glycolyse et la bêta-oxydation respectivement, suivies par le cycle de Krebs et la phosphorylation oxydative, lorsque les conditions sont optimales. La modalité de l'effort (intensité, durée, fréquence) détermine les substrats et voies métaboliques majoritairement sollicitées mais aussi les adaptations musculaires qui en résultent. Ainsi, l'exercice d'endurance promeut le développement de la capacité oxydative et la résistance à la fatigue qui sont médiées par les fibres lentes de type I ; tandis que l'exercice de force favorise l'augmentation de la masse musculaire et la production de force, médiées par les fibres rapides de type II. Le muscle peut aussi se retrouver dans l'incapacité de développer une force attendue. Cet état est appelé état de fatigue. Cette fatigue peut être d'origine centrale ou périphérique. Plusieurs causes expliquent la fatigue musculaire d'origine périphérique. Parmi elles, on compte la déplétion des réserves ou substrats énergétiques, ou encore l'accumulation excessive de protons, de phosphate inorganique ou de radicaux libres d'oxygène. L'entraînement et une alimentation adaptée permettent de ralentir l'apparition de cette fatigue musculaire.

Le texte complet de cet article est disponible en PDF.

Mots-clés : Muscle, Exercice, Métabolisme, Physiologie

Encyclopédie Médico-Chirurgicales

Bougez autant que vous le pouvez...



nadege.zanou@unil.ch

ASRIMM

<https://www.em-consulte.com/article/1742843/physiologie-de-l-effort-musculaire>

<https://boutique.revmed.ch/je-bouge-grace-a-mes-muscles-papier>



grâce à mes muscles

Nicolas Place et Nadège Zanou

Unil
UNIVERSITÉ DE LAUSANNE
Institut des sciences du sport
de l'Université de Lausanne

Unil.