

# PHYSIOLOGIE DU STRESS

Adaptation · Effort · Récupération

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 :

- définir le stress comme réponse physiologique d'adaptation ;
- différencier stress aigu et stress chronique ;
- expliquer le rôle du système nerveux sympathique dans le stress aigu ;
- comprendre le rôle de l'adrénaline et de la noradrénaline ;
- expliquer la réponse fight or flight, ou combat-fuite ;
- comprendre l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien ;
- expliquer le rôle du cortisol dans le stress chronique ;
- décrire les effets métaboliques du stress ;
- comprendre les effets immunitaires du stress aigu et chronique ;
- comprendre les effets cardiovasculaires du stress ;
- expliquer l'adaptation du corps à l'effort physique ;
- comprendre l'augmentation du débit cardiaque pendant l'effort ;
- expliquer l'augmentation de la ventilation ;
- comprendre la mobilisation du glucose ;
- expliquer la thermorégulation pendant l'effort ;
- comprendre les mécanismes de récupération après stress ou effort.

### Introduction générale

Le stress est une réponse d'adaptation.

Il apparaît lorsqu'un organisme doit faire face à une contrainte, une menace, une demande ou un changement.

Le stress n'est pas uniquement psychologique.

Il peut être physique, biologique, émotionnel, métabolique ou environnemental.

Exemples de situations de stress :

- douleur ;
- peur ;
- effort physique ;
- infection ;
- hypoglycémie ;
- hémorragie ;
- froid ;
- chaleur ;
- chirurgie ;
- traumatisme ;
- manque de sommeil ;
- surcharge émotionnelle ;
- examen ;
- conflit ;
- maladie aiguë ;
- inflammation.

Le stress mobilise plusieurs systèmes :

- système nerveux sympathique ;
- médullosurrénale ;
- axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien ;
- système cardiovasculaire ;
- système respiratoire ;
- métabolisme énergétique ;
- système immunitaire ;
- système endocrinien ;
- muscles ;
- foie ;
- tissu adipeux ;
- cerveau.

La réponse au stress est utile lorsqu'elle est courte et proportionnée.

Elle permet :

- d'augmenter la vigilance ;
- d'accélérer le cœur ;
- d'améliorer l'apport en oxygène ;
- de mobiliser le glucose ;
- de préparer les muscles ;
- de maintenir la pression artérielle ;
- de survivre à une agression.

Mais si le stress devient chronique, intense ou mal récupéré, il peut dépasser les capacités d'adaptation.

Il peut alors favoriser :

- fatigue ;
- troubles du sommeil ;
- hyperglycémie ;
- hypertension ;
- inflammation chronique ;
- troubles digestifs ;
- baisse de l'immunité fonctionnelle ;
- fonte musculaire ;
- anxiété ;
- troubles cardiovasculaires ;
- épuisement des réserves.

La physiologie du stress est donc une physiologie de l'adaptation, mais aussi des limites de l'adaptation.

## 20.1. Stress aigu

### 2. Définition

Le stress aigu est une réponse rapide, brève et intense à une situation perçue comme menaçante ou exigeante.

Il prépare l'organisme à réagir immédiatement.

Il repose surtout sur :

- activation du système nerveux sympathique ;
- libération de noradrénaline par les terminaisons nerveuses sympathiques ;
- libération d'adrénaline et de noradrénaline par la médullosurrénale ;
- augmentation de la vigilance ;
- adaptation cardiovasculaire ;
- adaptation respiratoire ;
- mobilisation énergétique.

Le stress aigu est une réponse de survie.

Il est utile si la réponse est adaptée à la situation.

### 3. Exemples de stress aigu

Exemples :

- entendre un bruit brutal ;
- éviter un accident ;
- courir pour fuir un danger ;
- avoir une douleur soudaine ;
- subir une hémorragie ;
- faire un effort intense ;
- ressentir une peur importante ;
- passer un examen ;
- avoir une hypoglycémie ;
- être exposé au froid brutal.

Dans toutes ces situations, l'organisme doit mobiliser rapidement de l'énergie et maintenir les organes vitaux perfusés.

## Système sympathique

### 4. Définition

Le système nerveux sympathique est une partie du système nerveux autonome.

Il prépare l'organisme à l'action.

Il est activé lors :

- du stress ;
- de l'effort ;
- de la douleur ;
- de la peur ;
- de l'hypotension ;
- de l'hypoglycémie ;
- du froid ;
- d'une urgence physiologique.

Il agit rapidement, en quelques secondes.

## 5. Effets généraux du sympathique

Le système sympathique provoque :

- augmentation de la fréquence cardiaque ;
- augmentation de la contractilité cardiaque ;
- vasoconstriction dans certains territoires ;
- redistribution du sang vers les muscles et organes prioritaires ;
- bronchodilatation ;
- dilatation des pupilles ;
- sudation ;
- mobilisation du glucose ;
- mobilisation des graisses ;
- diminution relative de la digestion ;
- augmentation de la vigilance ;
- augmentation du tonus musculaire ;
- préparation à une réponse motrice.

Le corps passe en mode action.

## 6. Sympathique et cœur

Le sympathique agit sur le cœur via les récepteurs bêta-1.

Il augmente :

- fréquence cardiaque ;
- contractilité ;
- vitesse de conduction ;
- débit cardiaque.

Cela permet d'envoyer plus de sang aux organes qui en ont besoin.

Pendant un stress aigu, le cœur doit fournir plus d'oxygène, de glucose et de nutriments aux tissus actifs.

## 7. Sympathique et vaisseaux

Le sympathique agit aussi sur les vaisseaux.

Il peut provoquer une vasoconstriction dans certains territoires :

- peau ;
- tube digestif ;
- reins selon contexte ;
- circulation veineuse.

La vasoconstriction permet de maintenir la pression artérielle.

Elle permet aussi de rediriger le sang vers les organes prioritaires.

En cas de stress aigu, le sang est moins orienté vers la digestion et davantage vers les muscles, le cerveau et le cœur.

## 8. Sympathique et bronches

Le sympathique favorise la bronchodilatation via les récepteurs bêta-2.

Les bronches se dilatent.

L'air circule plus facilement.

Cela améliore l'apport en oxygène pendant une situation d'action ou d'effort.

## 9. Sympathique et digestion

Le stress aigu freine globalement la digestion.

On observe :

- diminution de la motricité digestive ;
- diminution de certaines sécrétions ;
- vasoconstriction digestive ;
- ralentissement relatif des fonctions digestives.

C'est logique : en situation de danger immédiat, digérer n'est pas prioritaire.

## Adrénaline

### 10. Définition

L'adrénaline est une catécholamine produite principalement par la médullosurrénale.

Elle est libérée dans le sang lors de l'activation sympathique.

Elle agit comme une hormone de réponse rapide au stress.

Elle prépare l'organisme à l'action.

### 11. Effets de l'adrénaline

L'adrénaline provoque notamment :

- tachycardie ;
- augmentation de la force de contraction du cœur ;
- bronchodilatation ;
- mobilisation du glucose ;
- glycogénolyse hépatique et musculaire ;
- lipolyse ;
- augmentation de la vigilance ;
- dilatation pupillaire ;
- sudation ;
- tremblements possibles ;
- diminution relative de certaines fonctions digestives.

Elle permet une mobilisation énergétique rapide.

### 12. Adrénaline et glycémie

L'adrénaline augmente la disponibilité du glucose.

Elle stimule :

- glycogénolyse hépatique ;
- glycogénolyse musculaire ;
- libération de glucose par le foie ;
- mobilisation rapide de substrats énergétiques.

Cela permet aux muscles et au cerveau d'avoir rapidement du carburant.

### 13. Adrénaline et symptômes ressentis

Lors d'un stress aigu, l'adrénaline peut provoquer :

- palpitations ;
- tremblements ;
- sueurs ;
- bouche sèche ;
- sensation d'oppression ;
- vigilance augmentée ;
- respiration plus rapide ;
- tension musculaire ;
- sensation d'énergie ou d'agitation.

Ces signes sont des manifestations physiologiques de l'activation sympathique.

Ils peuvent être utiles face à un danger, mais désagréables si le stress est émotionnel ou disproportionné.

## Noradrénaline

## 14. Définition

La noradrénaline est à la fois un neurotransmetteur et une hormone.

Elle est libérée :

- par les terminaisons nerveuses sympathiques ;
- par la médullosurrénale en plus faible proportion que l'adrénaline selon contexte.

Elle joue un rôle important dans :

- vasoconstriction ;
- vigilance ;
- pression artérielle ;
- attention ;
- réponse au stress.

## 15. Effets de la noradrénaline

La noradrénaline provoque surtout :

- vasoconstriction ;
- augmentation des résistances vasculaires ;
- maintien de la pression artérielle ;
- augmentation de la vigilance ;
- modulation de l'attention ;
- participation à la réponse cardiovasculaire au stress.

Elle est particulièrement importante pour maintenir la pression artérielle en situation de stress, de douleur, d'hypovolémie ou de danger.

## 16. Adrénaline et noradrénaline : différence simplifiée

Molécule	Rôle dominant simplifié
Adrénaline	mobilisation globale : cœur, bronches, glucose, énergie
Noradrénaline	vasoconstriction, pression artérielle, vigilance

Les deux travaillent ensemble.

Elles permettent une réponse rapide, coordonnée et adaptée au stress aigu.

## Réponse fight or flight

### 17. Définition

La réponse fight or flight signifie "combat ou fuite".

C'est la réponse physiologique qui prépare le corps à affronter un danger ou à s'en éloigner.

Elle est déclenchée par le cerveau, notamment par les circuits de la peur, de la vigilance et de l'hypothalamus.

Elle active rapidement le système sympathique et la médullosurrénale.

### 18. Objectif de la réponse combat-fuite

L'objectif est de favoriser la survie immédiate.

Le corps doit :

- voir mieux ;
- respirer mieux ;
- pomper plus vite ;
- envoyer plus de sang aux muscles ;
- mobiliser du glucose ;
- augmenter la vigilance ;
- réduire les fonctions non urgentes ;
- préparer une réaction motrice rapide.

### 19. Manifestations physiologiques

Organe / système	Effet
Cœur	tachycardie, contractilité augmentée
Vaisseaux	vasoconstriction cutanée/digestive, redistribution

Organe / système	Effet
Poumons	bronchodilatation, ventilation augmentée
Foie	libération de glucose
Tissu adipeux	lipolyse
Pupilles	dilatation
Peau	sueurs, pâleur possible
Muscles	tonus augmenté
Digestion	ralentissement relatif
Cerveau	vigilance, attention, réaction rapide

## 20. Réponse utile mais coûteuse

La réponse combat-fuite est utile à court terme.

Mais elle consomme de l'énergie.

Elle augmente le travail cardiaque.

Elle modifie la digestion, le sommeil, les hormones et l'immunité si elle se prolonge.

C'est pourquoi une réponse aiguë est physiologique, mais une activation chronique peut devenir délétère.

## 21. Stress aigu et retour au calme

Après un stress aigu, le corps doit revenir à l'équilibre.

Cela implique :

- diminution de l'activité sympathique ;
- retour progressif du parasympathique ;
- ralentissement du cœur ;
- normalisation de la respiration ;
- baisse des catécholamines ;
- récupération énergétique ;
- relâchement musculaire ;
- reprise des fonctions digestives ;
- retour à l'homéostasie.

La récupération fait partie de la réponse au stress.

Un stress aigu sans récupération suffisante peut contribuer à une charge chronique.

## 22. Schéma à insérer

**Image conseillée :**

Schéma stress aigu : danger cerveau/hypothalamus système sympathique adrénaline/noradrénaline cœur, bronches, vaisseaux, foie, muscles.

### 20.2. Stress chronique

## 23. Définition

Le stress chronique correspond à une activation prolongée ou répétée des systèmes de stress.

Il peut apparaître lorsque les contraintes durent dans le temps ou lorsque la récupération est insuffisante.

Il ne s'agit pas seulement d'un stress "fort".

C'est surtout un stress qui dure, revient trop souvent ou dépasse les capacités d'adaptation.

Le stress chronique implique principalement :

- axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien ;
- cortisol ;
- système sympathique persistant ;
- modifications métaboliques ;
- modifications immunitaires ;
- modifications cardiovasculaires ;
- troubles du sommeil ;
- fatigue des systèmes d'adaptation.

## 24. Allostasie

L'allostase correspond à la capacité du corps à maintenir l'équilibre par le changement.

Le corps ne reste pas fixe : il s'adapte.

**Exemple :**

Lors d'un effort, la fréquence cardiaque augmente pour maintenir l'oxygénation des tissus.

C'est une adaptation normale.

Mais si les systèmes d'adaptation restent activés trop longtemps, cela crée une charge.

On parle de charge allostatique.

## 25. Charge allostatique

La charge allostatique correspond au coût physiologique d'une adaptation prolongée.

Elle peut augmenter lorsque :

- le stress est répété ;
- le stress dure longtemps ;
- la récupération est insuffisante ;
- le sommeil est mauvais ;
- les réserves énergétiques sont faibles ;
- l'inflammation persiste ;
- les contraintes psychologiques ou physiques sont chroniques.

La charge allostatique peut finir par fragiliser l'organisme.

## Cortisol

### 26. Définition

Le cortisol est une hormone glucocorticoïde produite par le cortex surrénalien.

Il est indispensable à la vie.

Il participe à :

- réponse au stress ;
- maintien de la glycémie ;
- métabolisme énergétique ;
- modulation de l'inflammation ;
- pression artérielle ;
- adaptation au jeûne ;
- réponse aux agressions.

Le cortisol n'est pas mauvais en soi.

Il devient problématique surtout lorsqu'il est trop élevé, trop longtemps, mal rythmé ou insuffisant face à un stress physiologique majeur.

### 27. Rythme du cortisol

Le cortisol suit un rythme circadien.

Il est généralement plus élevé le matin et plus bas le soir.

Ce rythme participe :

- au réveil ;
- à la mobilisation énergétique matinale ;
- à l'adaptation de la vigilance ;
- à l'organisation du cycle veille-sommeil.

Un stress chronique ou un mauvais sommeil peut perturber ce rythme.

### 28. Cortisol et stress aigu prolongé

Dans un stress aigu qui dure plus longtemps que quelques minutes, le cortisol prend le relais des catécholamines.

Les catécholamines agissent très vite.

Le cortisol agit plus lentement, mais plus durablement.

Il aide à maintenir l'énergie disponible pendant une agression prolongée.

## Axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien



## 29. Définition

L'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, ou axe HHS, contrôle la sécrétion de cortisol.

Il relie :

- hypothalamus ;
- hypophyse ;
- cortex surrénalien.

**Schéma :**

**Stress Hypothalamus CRH Hypophyse ACTH Cortex surrénalien Cortisol**

Le cortisol exerce ensuite un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et l'hypophyse.

## 30. Étapes de l'axe HHS

1. Le cerveau détecte un stress.
2. L'hypothalamus sécrète la CRH.
3. La CRH stimule l'hypophyse antérieure.
4. L'hypophyse sécrète l'ACTH.
5. L'ACTH stimule le cortex surrénalien.
6. Le cortex surrénalien produit du cortisol.
7. Le cortisol agit sur de nombreux tissus.
8. Le cortisol freine CRH et ACTH par rétrocontrôle négatif.

## 31. Rétrocontrôle négatif

Le rétrocontrôle négatif évite une sécrétion excessive de cortisol.

Quand le cortisol est suffisant, il freine :

- l'hypothalamus ;
- l'hypophyse.

Cela diminue la production de CRH et d'ACTH.

Ce système permet normalement de limiter la réponse au stress.

Dans certaines situations chroniques, la régulation peut être perturbée.

## Effets métaboliques

### 32. Objectif métabolique du cortisol

Le cortisol aide à fournir de l'énergie pendant une contrainte prolongée.

Il augmente la disponibilité des substrats énergétiques.

Il agit surtout sur :

- foie ;
- muscles ;
- tissu adipeux ;
- pancréas ;
- système immunitaire ;
- cerveau.

### 33. Cortisol et glycémie

Le cortisol favorise la néoglucogenèse hépatique.

Cela signifie qu'il aide le foie à fabriquer du glucose à partir de molécules non glucidiques.

Substrats possibles :

- acides aminés ;
- lactate ;
- glycérol.

Le cortisol aide donc à maintenir la glycémie pendant le stress ou le jeûne.

Mais s'il est élevé longtemps, il peut favoriser l'hyperglycémie et une résistance à l'insuline.

### 34. Cortisol et protéines

Le cortisol peut augmenter le catabolisme protéique dans certains tissus, notamment le muscle.

Les acides aminés libérés peuvent être utilisés par le foie pour produire du glucose.

À court terme, c'est utile pour survivre.

À long terme, cela peut provoquer :

- fonte musculaire ;
- faiblesse ;
- retard de cicatrisation ;
- fragilité cutanée ;
- baisse des réserves physiques.

### 35. Cortisol et lipides

Le cortisol modifie le métabolisme des lipides.

Il peut favoriser :

- mobilisation des acides gras ;
- redistribution des graisses selon les contextes hormonaux ;
- modifications de l'appétit ;
- stockage graisseux dans certaines situations chroniques.

Les effets dépendent du contexte : durée du stress, niveau d'insuline, alimentation, sommeil, activité physique et génétique.

### 36. Cortisol et insuline

Le cortisol peut s'opposer à certains effets de l'insuline.

Il peut diminuer l'utilisation du glucose par certains tissus et augmenter la production de glucose par le foie.

Cela favorise une élévation de la glycémie en situation de stress.

C'est utile dans une agression aiguë, mais problématique si cela devient chronique.

## Effets immunitaires

### 37. Stress aigu et immunité

Le stress aigu peut stimuler certaines composantes de la défense.

Il prépare le corps à une éventuelle blessure ou infection.

Il peut mobiliser des cellules immunitaires et augmenter temporairement certains mécanismes de surveillance.

### 38. Cortisol et inflammation

Le cortisol a des effets anti-inflammatoires et immunomodulateurs.

Il freine :

- production de certaines cytokines ;
- activation excessive des cellules immunitaires ;
- migration de certains leucocytes ;
- inflammation prolongée ;
- réactions immunitaires trop fortes.

C'est pourquoi les médicaments corticoïdes sont utilisés comme anti-inflammatoires.

### 39. Stress chronique et immunité

Le stress chronique peut désorganiser la réponse immunitaire.

Il peut favoriser :

- réponse immunitaire moins efficace ;
- infections plus fréquentes chez certaines personnes ;
- récupération plus lente ;
- inflammation chronique de bas grade ;
- dérégulation immunitaire ;
- cicatrisation plus lente ;
- réactivation de certains virus selon contexte.

Le problème n'est pas seulement une "baisse" de l'immunité.

C'est souvent une mauvaise régulation : certaines réponses sont freinées, d'autres deviennent inflammatoires.

### 40. Stress et cicatrisation

Le stress chronique peut ralentir la cicatrisation.

Mécanismes possibles :

- cortisol élevé ;
- inflammation désorganisée ;
- sommeil altéré ;
- nutrition perturbée ;
- glycémie augmentée ;
- diminution de synthèse de collagène ;
- immunité locale moins efficace.

La cicatrisation nécessite énergie, protéines, oxygène, perfusion et régulation inflammatoire.

Le stress chronique peut perturber plusieurs de ces éléments.

## Effets cardiovasculaires

### 41. Stress aigu cardiovasculaire

Dans le stress aigu, le système cardiovasculaire s'active.

Effets :

- tachycardie ;
- contractilité augmentée ;
- débit cardiaque augmenté ;
- vasoconstriction ;
- pression artérielle augmentée ou maintenue ;
- redistribution du débit sanguin.

Cette réponse est utile pour l'action immédiate.

### 42. Stress chronique cardiovasculaire

Si l'activation sympathique et hormonale reste élevée trop souvent, cela peut favoriser :

- élévation tensionnelle ;
- augmentation du travail cardiaque ;
- augmentation de la fréquence cardiaque au repos chez certaines personnes ;
- altération du sommeil ;
- inflammation vasculaire ;
- perturbation métabolique ;
- risque cardiovasculaire augmenté selon terrain.

Le stress chronique n'agit pas seul.

Il interagit avec :

- sommeil ;
- alimentation ;
- activité physique ;
- tabac ;
- alcool ;
- obésité ;
- diabète ;
- hypertension ;
- génétique ;
- niveau socio-environnemental ;
- maladies chroniques.

### 43. Stress et pression artérielle

Le stress augmente le tonus sympathique.

Cela peut augmenter :

- fréquence cardiaque ;
- contractilité ;
- vasoconstriction ;
- résistances périphériques ;
- libération de rénine ;
- activation du système rénine-angiotensine-aldostérone.

À court terme, cela aide à maintenir la perfusion.

À long terme, cela peut participer à une hypertension chez certaines personnes vulnérables.

#### 44. Stress et sommeil

Le stress chronique perturbe souvent le sommeil.

Or le sommeil est nécessaire pour :

- récupération cérébrale ;
- régulation hormonale ;
- sensibilité à l'insuline ;
- immunité ;
- mémoire ;
- humeur ;
- récupération musculaire ;
- régulation cardiovasculaire.

Un mauvais sommeil augmente à son tour la sensibilité au stress.

Cela peut créer un cercle vicieux.

#### 45. Tableau stress aigu / stress chronique

Critère	Stress aigu	Stress chronique
Durée	courte	prolongée ou répétée
Système dominant	sympathique + catécholamines	axe HHS + cortisol + sympathique persistant
Objectif	survie immédiate	adaptation prolongée
Énergie	mobilisation rapide	maintien prolongé des substrats
Immunité	mobilisation initiale	dérégulation possible
Cœur	débit augmenté	charge cardiovasculaire possible
Digestion	freinée temporairement	troubles fonctionnels possibles
Récupération	retour à l'équilibre	récupération insuffisante

#### 46. Schéma à insérer

**Image conseillée :**

Schéma stress chronique : stress répété hypothalamus CRH hypophyse ACTH surrénale cortisol effets métaboliques, immunitaires, cardiovasculaires, avec rétrocontrôle négatif.

### 20.3. Adaptation à l'effort

#### 47. Définition

L'effort physique est une forme de stress physiologique contrôlé.

**Pendant l'effort, les muscles consomment davantage d'ATP.**

Ils ont besoin de plus :

- d'oxygène ;
- de glucose ;
- d'acides gras ;
- de débit sanguin ;
- d'élimination du CO<sub>2</sub> ;
- d'élimination de la chaleur ;
- de régulation hydro-électrolytique.

Le corps adapte donc plusieurs systèmes en même temps.

Les principaux systèmes impliqués sont :

- cardiovasculaire ;
- respiratoire ;
- musculaire ;
- métabolique ;
- nerveux ;
- endocrinien ;
- cutané ;
- rénal après l'effort selon hydratation.

#### 48. Effort et homéostasie

Pendant l'effort, les constantes internes changent, mais de manière contrôlée.

##### Exemples :

- fréquence cardiaque augmente ;
- ventilation augmente ;
- température augmente ;
- consommation d'oxygène augmente ;
- production de CO<sub>2</sub> augmente ;
- utilisation du glucose augmente ;
- lipolyse augmente selon durée ;
- transpiration augmente ;
- redistribution du débit sanguin.

Le corps ne cherche pas à rester immobile.

Il cherche à s'adapter efficacement.

### Augmentation du débit cardiaque

#### 49. Définition

Le débit cardiaque correspond au volume de sang éjecté par le cœur en une minute.

Formule :

Débit cardiaque = Fréquence cardiaque × Volume d'éjection systolique

Pendant l'effort, le débit cardiaque augmente pour apporter plus de sang aux muscles.

#### 50. Augmentation de la fréquence cardiaque

Au début de l'effort :

- le tonus parasympathique diminue ;
- le tonus sympathique augmente ;
- la fréquence cardiaque augmente.

Cela permet d'augmenter rapidement le débit cardiaque.

La fréquence cardiaque augmente proportionnellement à l'intensité de l'effort jusqu'à certaines limites.

#### 51. Augmentation du volume d'éjection systolique

Le volume d'éjection systolique peut augmenter grâce à :

- augmentation du retour veineux ;
- pompe musculaire ;
- pompe respiratoire ;
- stimulation sympathique ;
- contractilité augmentée ;
- remplissage ventriculaire adapté.

Le cœur éjecte davantage de sang à chaque battement.

#### 52. Redistribution du débit sanguin

Pendant l'effort, le débit sanguin est redistribué.

Il augmente vers :

- muscles actifs ;
- cœur ;
- peau pour la thermorégulation selon intensité ;
- cerveau de manière maintenue.

Il diminue relativement vers :

- tube digestif ;
- reins selon intensité et durée ;
- certains territoires non prioritaires.

Cette redistribution est contrôlée par le sympathique et par des mécanismes locaux.

#### 53. Vasodilatation musculaire

Dans les muscles actifs, les métabolites locaux provoquent une vasodilatation.

Exemples de signaux locaux :

- $\text{CO}_2$  augmenté ;
- $\text{H}^+$  augmenté ;
- adénosine ;
- potassium local ;
- chaleur ;
- baisse d' $\text{O}_2$  ;
- lactates selon contexte ;
- monoxyde d'azote.

Cela augmente le débit sanguin local.

Même si le sympathique provoque une vasoconstriction dans beaucoup de territoires, les muscles actifs peuvent se dilater localement pour recevoir plus de sang.

## **Augmentation de la ventilation**

### **54. Besoin respiratoire pendant l'effort**

Pendant l'effort, les muscles produisent plus de  $\text{CO}_2$  et consomment plus d' $\text{O}_2$ .

La ventilation augmente pour :

- apporter plus d' $\text{O}_2$  ;
- éliminer plus de  $\text{CO}_2$  ;
- limiter l'acidose ;
- participer à l'équilibre du pH ;
- répondre à la demande métabolique.

### **55. Adaptation ventilatoire**

L'augmentation de la ventilation repose sur :

- augmentation du volume courant ;
- augmentation de la fréquence respiratoire ;
- activation des centres respiratoires ;
- informations venant des muscles ;
- signaux du  $\text{CO}_2$  et du pH ;
- commande centrale anticipatrice ;
- chémorécepteurs ;
- mécanorécepteurs.

Au début de l'effort, la ventilation augmente très vite, avant même que le  $\text{CO}_2$  ne change fortement.

Le cerveau anticipe l'effort.

### **56. $\text{CO}_2$ et pH**

Pendant l'effort, les muscles produisent plus de  $\text{CO}_2$ .

Le  $\text{CO}_2$  est transporté vers les poumons.

La ventilation augmente pour l'éliminer.

Si l'effort est très intense, la production d'ions  $\text{H}^+$  augmente.

La ventilation augmente encore pour aider à limiter l'acidose.

### **57. Seuil ventilatoire**

Lors d'un effort progressif, il arrive un moment où la ventilation augmente plus fortement par rapport à l'intensité.

C'est lié à l'augmentation de la production de  $\text{CO}_2$  et à la gestion des ions  $\text{H}^+$ .

Ce phénomène est associé au seuil ventilatoire.

Il correspond à une transition métabolique importante pendant l'effort.

## **Mobilisation du glucose**

### **58. Besoin énergétique**

**Pendant l'effort, les muscles ont besoin d'ATP.**

Ils utilisent plusieurs sources d'énergie :

- ATP déjà présent ;
- phosphocréatine ;
- glycogène musculaire ;
- glucose sanguin ;
- acides gras ;
- parfois acides aminés selon durée et contexte.

Le choix du carburant dépend :

- de l'intensité ;
- de la durée ;
- de l'entraînement ;
- de l'alimentation ;
- de l'oxygène disponible ;
- des réserves de glycogène ;
- de l'état hormonal.

### 59. Effort intense

Lors d'un effort intense et court, le muscle utilise surtout :

- phosphocréatine ;
- glycogène musculaire ;
- glycolyse anaérobie.

**La production d'ATP est rapide.**

Les lactates peuvent augmenter.

### 60. Effort prolongé

Lors d'un effort prolongé, le muscle utilise davantage :

- métabolisme aérobie ;
- glucose ;
- glycogène ;
- acides gras.

Avec le temps, la contribution des lipides peut augmenter, surtout si l'effort est modéré et que l'oxygène est disponible.

### 61. Rôle du foie

Le foie maintient la glycémie pendant l'effort.

Il libère du glucose grâce à :

- glycogénolyse ;
- néoglucogenèse.

Les hormones impliquées sont :

- glucagon ;
- adrénaline ;
- noradrénaline ;
- cortisol selon durée ;
- baisse relative de l'insuline.

Le foie évite que la glycémie chute trop pendant l'effort prolongé.

### 62. Rôle de l'insuline

Pendant l'effort, la sécrétion d'insuline diminue généralement.

Cela permet au foie de libérer du glucose.

Mais le muscle actif peut capter du glucose même avec moins d'insuline.

La contraction musculaire active des voies qui augmentent l'entrée du glucose dans le muscle.

C'est pourquoi l'activité physique améliore la sensibilité à l'insuline.

### 63. Rôle du glucagon

Le glucagon augmente pendant l'effort prolongé ou entre les apports.

Il stimule le foie pour maintenir la glycémie.

Il favorise :

- glycogénolyse ;

- néoglucogenèse ;
- libération du glucose.

#### 64. Rôle des catécholamines

Adrénaline et noradrénaline favorisent :

- glycogénolyse ;
- lipolyse ;
- mobilisation rapide des substrats ;
- adaptation cardiovasculaire ;
- maintien de la pression artérielle.

Elles sont très importantes pendant les efforts intenses.

## Thermorégulation

#### 65. Production de chaleur pendant l'effort

Le muscle transforme l'énergie chimique en travail mécanique.

Mais une grande partie de l'énergie est libérée sous forme de chaleur.

Pendant l'effort, la production de chaleur augmente fortement.

Le corps doit évacuer cette chaleur pour éviter l'hyperthermie.

#### 66. Vasodilatation cutanée

Pour perdre de la chaleur, le corps augmente le débit sanguin cutané.

La vasodilatation cutanée amène le sang chaud vers la surface.

La chaleur peut être dissipée vers l'extérieur par :

- radiation ;
- convection ;
- conduction ;
- évaporation.

#### 67. Sudation

La sudation est un mécanisme majeur de refroidissement.

Les glandes sudoripares produisent de la sueur.

Lorsque la sueur s'évapore, elle emporte de la chaleur.

La sudation est efficace seulement si l'évaporation est possible.

En atmosphère humide, la sueur s'évapore moins bien.

Le refroidissement devient moins efficace.

#### 68. Pertes hydriques et électrolytiques

La sudation entraîne une perte :

- d'eau ;
- de sodium ;
- de chlore ;
- de petites quantités d'autres électrolytes.

Si les pertes ne sont pas compensées, il peut apparaître :

- déshydratation ;
- baisse de performance ;
- tachycardie plus importante ;
- hypotension ;
- crampes selon contexte ;
- troubles électrolytiques ;
- coup de chaleur dans les formes graves.

#### 69. Coup de chaleur d'effort

Le coup de chaleur d'effort est une urgence.

Il survient lorsque la production de chaleur dépasse les capacités de dissipation.



Facteurs favorisants :

- chaleur ;
- humidité ;
- effort intense ;
- déshydratation ;
- vêtements inadaptés ;
- manque d'acclimatation ;
- sommeil insuffisant ;
- certains médicaments ;
- pathologies ;
- absence de récupération.

Il peut provoquer une hyperthermie sévère avec atteinte neurologique.

## Récupération

### 70. Définition

La récupération correspond au retour progressif à l'équilibre après un stress ou un effort.

Elle est indispensable.

Une adaptation efficace ne repose pas seulement sur l'activation des systèmes de stress.

Elle repose aussi sur leur désactivation.

Sans récupération, l'organisme reste en charge allostatique élevée.

### 71. Récupération cardiovasculaire

Après l'effort :

- la fréquence cardiaque diminue progressivement ;
- le débit cardiaque revient vers le repos ;
- le tonus parasympathique remonte ;
- le tonus sympathique diminue ;
- la pression artérielle se stabilise ;
- la redistribution sanguine revient vers l'équilibre.

La vitesse de récupération cardiaque dépend notamment de l'entraînement, de l'intensité de l'effort, de l'hydratation, de la température et de l'état de santé.

### 72. Récupération respiratoire

Après l'effort :

- la ventilation reste augmentée un certain temps ;
- le CO<sub>2</sub> est éliminé ;
- le pH revient vers l'équilibre ;
- l'oxygène aide à restaurer les réserves énergétiques ;
- les lactates sont réutilisés ou transformés ;
- les réserves de phosphocréatine se reconstituent.

La consommation d'oxygène peut rester élevée après l'effort.

Cela correspond à l'excès de consommation d'oxygène post-exercice.

### 73. Récupération énergétique

La récupération permet :

- reconstitution de l'ATP ;
- reconstitution de la phosphocréatine ;
- restauration du glycogène musculaire ;
- utilisation ou recyclage des lactates ;
- rééquilibration ionique ;
- réparation des micro-lésions musculaires ;
- synthèse protéique ;
- adaptation à l'entraînement.

La nutrition et le sommeil sont essentiels à cette récupération.

### 74. Récupération thermique

Après l'effort, le corps doit éliminer l'excès de chaleur.

Il peut persister :

- sudation ;
- vasodilatation cutanée ;
- sensation de chaleur ;
- besoin de boire ;
- fatigue.

L'hydratation permet de restaurer le volume hydrique.

Les électrolytes peuvent être nécessaires si les pertes sudorales sont importantes ou prolongées.

## 75. Récupération nerveuse et hormonale

Après un stress aigu ou un effort :

- l'activation sympathique diminue ;
- le parasympathique remonte ;
- les catécholamines diminuent ;
- le cortisol revient progressivement vers son rythme habituel ;
- le cerveau récupère ;
- le sommeil consolide la récupération.

Un manque de récupération maintient le corps en mode alerte.

## 76. Adaptation à l'entraînement

Lorsque l'effort est répété, dosé et suivi d'une récupération suffisante, le corps s'adapte.

Adaptations possibles :

- cœur plus efficace ;
- meilleure capacité ventilatoire fonctionnelle ;
- meilleure perfusion musculaire ;
- augmentation des mitochondries ;
- meilleure utilisation des lipides ;
- meilleure sensibilité à l'insuline ;
- augmentation de la force ;
- meilleure tolérance à l'effort ;
- meilleure thermorégulation ;
- récupération plus rapide.

Le stress de l'effort devient alors un stress utile, car il déclenche une adaptation positive.

## 77. Surmenage

Si l'effort est trop intense, trop fréquent ou mal récupéré, il peut devenir délétère.

Signes possibles de mauvaise récupération :

- fatigue persistante ;
- baisse de performance ;
- sommeil perturbé ;
- irritabilité ;
- douleurs prolongées ;
- fréquence cardiaque de repos augmentée ;
- blessures répétées ;
- infections plus fréquentes ;
- perte de motivation ;
- troubles menstruels selon contexte ;
- appétit perturbé.

L'adaptation nécessite donc un équilibre entre contrainte et récupération.

## 78. Schéma à insérer

**Images conseillées :**

Schéma adaptation à l'effort : muscles actifs besoin ATP/O<sub>2</sub> débit cardiaque + ventilation + glucose + chaleur .

Schéma récupération : effort dette énergétique/thermique retour parasympathique restauration ATP, glycogène, eau, température, pH.

## Synthèse du chapitre

Le stress est une réponse physiologique d'adaptation. Il permet au corps de faire face à une contrainte, une menace ou une demande augmentée.

Le stress aigu repose surtout sur l'activation du système nerveux sympathique et la libération de catécholamines, notamment adrénaline et noradrénaline. Cette réponse prépare le corps au combat ou à la fuite : tachycardie, bronchodilatation, vasoconstriction, mobilisation du glucose, vigilance augmentée et ralentissement relatif de la digestion.

La réponse fight or flight est utile à court terme. Elle permet de mobiliser rapidement l'énergie et les organes nécessaires à l'action. Mais elle doit être suivie d'un retour au calme.

Le stress chronique repose davantage sur l'activation prolongée de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et du cortisol. L'hypothalamus sécrète la CRH, l'hypophyse sécrète l'ACTH et le cortex surrénalien produit le cortisol. Le cortisol aide à maintenir l'énergie disponible, mais s'il reste élevé ou mal régulé trop longtemps, il peut favoriser hyperglycémie, fonte musculaire, troubles immunitaires, inflammation chronique, hypertension, troubles du sommeil et fatigue.

Le stress chronique correspond à une charge allostatique élevée : l'organisme s'adapte, mais cette adaptation a un coût.

L'effort physique est une forme de stress physiologique contrôlé. Il augmente les besoins en ATP, oxygène et nutriments. Le corps répond par une augmentation du débit cardiaque, de la ventilation, de la mobilisation du glucose, de la lipolyse et de la thermorégulation.

Pendant l'effort, le cœur pompe plus, les poumons ventilent plus, les muscles consomment plus, le foie libère du glucose, le tissu adipeux mobilise les graisses et la peau évacue la chaleur par vasodilatation et sudation.

La récupération est indispensable. Elle permet le retour du parasympathique, la baisse du sympathique, la restauration des réserves énergétiques, la normalisation du pH, la baisse de température, la réhydratation, la réparation musculaire et l'adaptation à long terme.

L'adaptation saine repose donc sur un équilibre : activation suffisante face à la contrainte, puis récupération suffisante pour revenir à l'équilibre.

## À retenir absolument

Notion	Définition courte
Stress	réponse d'adaptation à une contrainte
Stress aigu	réponse rapide, brève, utile à court terme
Stress chronique	activation prolongée ou répétée des systèmes de stress
Système sympathique	prépare à l'action
Adrénaline	catécholamine de mobilisation rapide
Noradrénaline	vigilance, vasoconstriction, pression artérielle
Fight or flight	réponse combat-fuite
Médullosurrénale	libère adrénaline et noradrénaline
Axe HHS	hypothalamus-hypophyse-surrénales
CRH	hormone hypothalamique stimulant ACTH
ACTH	hormone hypophysaire stimulant cortisol
Cortisol	hormone du stress prolongé
Rétrocontrôle négatif	cortisol freine CRH et ACTH
Allostasie	maintien de l'équilibre par adaptation
Charge allostatique	coût physiologique de l'adaptation chronique
Effets métaboliques	glucose, lipides, protéines mobilisés
Effets immunitaires	modulation de l'inflammation et des défenses
Effets cardiovasculaires	cœur, vaisseaux, pression artérielle
Débit cardiaque	$FC \times VES$ , augmente à l'effort
Ventilation	augmente pour apporter $O_2$ et éliminer $CO_2$
Mobilisation du glucose	foie libère du glucose pendant effort/stress
Thermorégulation	évacuation de chaleur par peau et sueur
Récupération	retour à l'équilibre après activation
Surmenage	contrainte excessive sans récupération suffisante

## Mini-évaluation

Réponds aux questions suivantes :

1. Qu'est-ce que le stress en physiologie ?
2. Pourquoi le stress n'est-il pas forcément négatif ?
3. Quelle est la différence entre stress aigu et stress chronique ?
4. Quels systèmes sont activés lors du stress aigu ?
5. Quel est le rôle du système sympathique ?
6. Quels sont les effets du sympathique sur le cœur ?
7. Quels sont les effets du sympathique sur les vaisseaux ?
8. Quels sont les effets du sympathique sur les bronches ?
9. Pourquoi la digestion est-elle freinée lors d'un stress aigu ?
10. Qu'est-ce que l'adrénaline ?
11. Quels sont les effets principaux de l'adrénaline ?
12. Comment l'adrénaline influence-t-elle la glycémie ?
13. Qu'est-ce que la noradrénaline ?
14. Quelle est la différence simplifiée entre adrénaline et noradrénaline ?
15. Qu'est-ce que la réponse fight or flight ?
16. Pourquoi la réponse combat-fuite est-elle utile à court terme ?
17. Pourquoi cette réponse devient-elle coûteuse si elle dure ?
18. Qu'est-ce que le retour au calme après un stress aigu ?
19. Qu'est-ce que le stress chronique ?
20. Qu'est-ce que l'allostase ?
21. Qu'est-ce que la charge allostatique ?
22. Qu'est-ce que le cortisol ?
23. Quel est le rythme normal du cortisol ?
24. Qu'est-ce que l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien ?
25. Quelles sont les étapes CRH, ACTH, cortisol ?
26. Qu'est-ce que le rétrocontrôle négatif du cortisol ?
27. Quels sont les effets métaboliques du cortisol ?
28. Comment le cortisol influence-t-il la glycémie ?
29. Comment le cortisol influence-t-il les protéines musculaires ?
30. Comment le cortisol influence-t-il les lipides ?
31. Quels sont les effets du stress chronique sur l'immunité ?
32. Pourquoi le stress chronique peut-il ralentir la cicatrisation ?
33. Quels sont les effets cardiovasculaires du stress aigu ?
34. Quels sont les effets cardiovasculaires possibles du stress chronique ?
35. Quel lien existe entre stress, sommeil et récupération ?
36. Pourquoi l'effort physique est-il une forme de stress physiologique ?
37. Pourquoi le débit cardiaque augmente-t-il pendant l'effort ?
38. Quelle est la formule du débit cardiaque ?
39. Comment la fréquence cardiaque s'adapte-t-elle à l'effort ?
40. Comment le volume d'éjection systolique peut-il augmenter ?
41. Pourquoi le sang est-il redistribué pendant l'effort ?
42. Pourquoi les muscles actifs se vasodilataient-ils ?
43. Pourquoi la ventilation augmente-t-elle pendant l'effort ?
44. Quel est le rôle du CO<sub>2</sub> dans l'adaptation ventilatoire ?
45. Qu'est-ce que le seuil ventilatoire ?
46. Quels substrats énergétiques le muscle peut-il utiliser ?
47. Quelle énergie est utilisée lors d'un effort court et intense ?
48. Quelle énergie est utilisée lors d'un effort prolongé ?
49. Quel est le rôle du foie pendant l'effort ?
50. Pourquoi l'insuline diminue-t-elle souvent pendant l'effort ?
51. Pourquoi le muscle actif peut-il capter du glucose malgré moins d'insuline ?
52. Quel est le rôle du glucagon pendant l'effort ?
53. Pourquoi les catécholamines sont-elles importantes pendant l'effort ?
54. Pourquoi le muscle produit-il beaucoup de chaleur ?
55. Comment le corps élimine-t-il la chaleur pendant l'effort ?
56. Pourquoi la sudation refroidit-elle le corps ?
57. Quels électrolytes peuvent être perdus dans la sueur ?
58. Qu'est-ce qu'un coup de chaleur d'effort ?
59. Qu'est-ce que la récupération ?

60. Que se passe-t-il au niveau cardiovasculaire pendant la récupération ?
61. Que se passe-t-il au niveau respiratoire pendant la récupération ?
62. Que permet la récupération énergétique ?
63. Pourquoi le sommeil est-il important après stress ou effort ?
64. Quelles adaptations positives peut provoquer l'entraînement ?
65. Qu'est-ce que le surmenage ?
66. Pourquoi l'adaptation dépend-elle de l'équilibre entre contrainte et récupération ?