

SYSTEME ENDOCRINIEN

Le 07 Novembre 1998

{Licence STAPS 98-99. C1-M2. Cours de François COTTIN}

INTRODUCTION.....	3
1. DEFINITION DU SYSTEME ENDOCRINIEN.....	3
<u>1.1. Différence système nerveux, système endocrinien.....</u>	<u>3</u>
2. LES HORMONES.....	5
<u>2.1. Caractéristiques d'une hormone.....</u>	<u>5</u>
<u>2.2. Fonction essentielle.....</u>	<u>5</u>
<u>2.3. Nature chimique.....</u>	<u>5</u>
2.3.1. Les hormones aminées.....	5
2.3.2. Les hormones peptidiques.....	6
2.3.3. Les hormones stéroïdes.....	6
3. ORIGINE ET SECRETION.....	6
<u>3.1. Les glandes endocrines.....</u>	<u>6</u>
<u>3.2. Synthèse.....</u>	<u>6</u>
<u>3.3. Transport.....</u>	<u>7</u>
3.3.1. Hormones peptidiques (protéines et acides aminés).....	7
3.3.2. Hormones stéroïdiques + thyroïdiennes).....	7
<u>3.4. Sécrétion.....</u>	<u>7</u>
<u>3.5. Mise en action de la réponse hormonale.....</u>	<u>7</u>
<u>3.6. Résumé.....</u>	<u>7</u>
4. LES TROIS ASPECTS DE L'ACTION HORMONALE.....	8

<u>4.1. Spécificité.....</u>	<u>8</u>
<u>4.2. Liaison spécifique hormone-récepteur.....</u>	<u>8</u>
<u>4.3. Régulation de la sécrétion hormonale.....</u>	<u>9</u>
4.3.1. Stimulation.....	9
4.3.2. Rétroaction négative ou feed-back.....	9
4.3.3. Régulation.....	10
5. ENDOCRINOLOGIE DU SPORT.....	11
<u>5.1. Les hormones glycémiantes.....</u>	<u>11</u>
5.1.1. L'insuline.....	11
5.1.1.1. Rôle de l'insuline.....	12
5.1.2. Les catécholamines.....	13
5.1.2.1. Rôles.....	13
5.1.2.2. Catécholamines et puissance d'exercice.....	14
5.1.2.3. Catécholamines et durée de l'exercice.....	14
5.1.2.4. Catécholamines et entraînement.....	15
5.1.3. Le glucagon.....	15
5.1.4. Hormone de croissance, GH (growth hormone).....	17
5.1.5. Cortisol et glucocorticoïdes.....	17
5.1.5.1. Exercice intense.....	18
5.1.5.2. Exercice prolongé.....	18
5.1.6. Aldostérone et minéralo-corticoïdes.....	18
6. HORMONES SEXUELLES.....	19
<u>6.1. Hormones ovariennes.....</u>	<u>19</u>
6.1.1. Conséquences.....	19
6.1.2. Causes.....	20
<u>6.2. Les androgènes.....</u>	<u>20</u>
<u>6.3. Les anabolisants.....</u>	<u>21</u>

INTRODUCTION

Le système endocrinien encore appelé hormonal ou humoral constitue le second système de communication majeur de l'organisme, les hormones se comportant comme des médiateurs transportés par le sang qui contrôlent et intègrent beaucoup de fonctions : la circulation, l'équilibre hydrique et électrolytique, la digestion et l'absorption des aliments, le métabolisme organique et l'équilibre énergétique, la reproduction.

Le système endocrinien diffère de la plupart des autres systèmes de l'organisme par le fait que les diverses glandes endocrines ne sont pas en continuité anatomique les unes avec les autres ; cependant, elles forment un système au sens fonctionnel du mot. A l'inverse d'un appareil qui est facilement isolable d'un point de vue anatomique, un système est fonctionnelle, c'est à dire qu'il diffuse dans tout l'organisme.

1. DEFINITION DU SYSTEME ENDOCRINIEN

Une source fréquente de confusion à propos du système endocrinien est liée non à l'existence d'une sécrétion de plusieurs hormones par une même glande, mais à l'existence de fonctions mixtes exercées par les gonades, le pancréas, les reins et le tube digestif. Tous ces organes contiennent des cellules glandulaires endocrines, mais accomplissent aussi d'autres fonctions non endocriniennes complètement distinctes. Ainsi, la majeure partie du pancréas participe à la production d'enzymes digestives ; celles-ci sont produites par les glandes exocrines, c'est-à-dire que les produits de sécrétion sont transportés non pas dans le sang mais dans des canaux qui aboutissent, dans ce cas, dans le tube digestif. La fonction endocrinienne du pancréas est assumée par des îlots de cellules endocrines éparpillés dans tout le pancréas et tout à fait distincts des glandes exocrines. Ce type de séparation de fonctions est vrai pour tous les organes qui ont des rôles mixtes, c'est-à-dire que la fonction endocrinienne est en général accomplie par des cellules glandulaires distinctes des autres cellules qui constituent l'organe.

1.1. Différence système nerveux, système endocrinien

On sait depuis longtemps que le système endocrinien et le système nerveux s'influencent réciproquement, ce qui revient à dire que le système nerveux et le système endocrinien se comportent comme un seul système avec des interactions.

Le système nerveux ne fait pas que sécréter des hormones ; il exerce aussi un contrôle sur la sécrétion hormonale de diverses glandes endocrines ; inversement, les hormones modifient la fonction nerveuse et influencent fortement de nombreux types de comportement.

Toutes ces relations entre les systèmes nerveux et endocrinien constituent la base de la neuroendocrinologie. Cependant, il existe des caractéristiques fondamentales entre ces deux grands systèmes de communication.

	Système nerveux	Système endocrinien
Vitesse	Milli secondes	Minute à jour
Lieu de l'effet	Lieu de la libération	A distance
Transport	Tissus nerveux	Sang

2. LES HORMONES

Une hormone est un médiateur chimique spécialisé qui est sécrété par des cellules glandulaires endocrines spécifiques en réponse à certains stimuli, et qui est transporté par le sang à d'autres sites de l'organisme où il modifie l'activité cellulaire. Les hormones sont efficaces à de très faibles concentrations sanguines.

2.1. Caractéristiques d'une hormone

- Sécrétée par une région limitée de l'organisme.
- L'excision d'une glande suite à des troubles spécifiques peut-être compenser par injection d'extraits.
- Il est possible d'isoler, d'extraire et de synthétiser une hormone.

2.2. Fonction essentielle

- Réguler les métabolismes.
- Assurer l'homéostasie (constance du milieu intérieur).

2.3. Nature chimique

Les hormones peuvent être classées en trois grands groupes chimiques :

Les dérivés d'acides aminés.

Les protéines et polypeptides (protéines complexes).

Les stéroïdes (molécule lipidique).

2.3.1. Les hormones aminées

Les hormones aminées, toutes dérivées d'un acide aminé, la tyrosine, comprennent l'hormone thyroïdienne ainsi que l'adrénaline et la noradrénaline (catécholamines) qui sont les deux principales hormones produites par la médullo-surrénale.

2.3.2. Les hormones peptidiques

La grande majorité des hormones sont des peptides ou des protéines. Elles ont des dimensions variables comprises entre celles de très petits peptides (constitués de trois acides aminés seulement) et de petites protéines. Si le nombre d'acides aminés d'une chaîne polypeptidique est inférieur à 50, on dit que la molécule est un peptide ; si la séquence comporte plus de 50 unités d'acides aminés, on dit que le polypeptide est une protéine.

2.3.3. Les hormones stéroïdes

Le troisième groupe d'hormones est constitué par les stéroïdes qui sont des molécules lipidiques. Les hormones stéroïdes sont produites par le cortex surrénale, les testicules, les ovaires et le placenta. Le groupe des stéroïdes comprend entre autre le cholestérol, ainsi que la testostérone et les oestrogènes qui sont respectivement les hormones sexuelles mâles et femelles.

3. ORIGINE ET SECRETION

Les principales glandes endocrines sont :

- L'hypothalamus.
- L'hypophyse.
- La thyroïde.
- Les reins.
- Les testicules et les ovaires.

3.1. Les glandes endocrines

Sécrétion interne ---> sang et lymph

Composées de cellules spécifiques à l'intérieur desquelles les hormones sont produites et emmagasinées :

- Production continue (vitesse / besoin)

Peu de stockage ---> prohormone : précurseur peptidique dont la scission produit une ou plusieurs hormones peptidiques actives, vésicules de l'Appareil de Golgi, qui est un prolongement du réticulum sarcoplasmique.

3.2. Synthèse

3 grands groupes :

Protéines / polypeptides (+++)

code génétique

Acides aminés

tyrosine

Stéroïdes

cholestérol

3.3. Transport

Dépend du type d'hormone.

3.3.1. Hormones peptidiques (protéines et acides aminés)

Hydrosolubles ----> forme libre dans le plasma.

3.3.2. Hormones stéroïdiques + thyroïdiennes)

Ces hormones sont difficilement missibles, une partie est liée à une protéine plasmaticque.

Il y a donc une fraction libre et une fraction liée.

3.4. Sécrétion

Concentrations sanguines très faibles (ng / ml) {ng = nanogramme}.

Fonction de deux facteurs essentiels :

- Cycle biologique naturel :

Saison, jour, heure

- Stimulation :

Repos, stress, SNC

3.5. Mise en action de la réponse hormonale

(SNC : de l'ordre de la milli secondes)

HORMONES : fonction du type

1. Hormones peptidiques (protéines et AA)

Rapide - de quelques minutes voire quelques secondes à quelques heures

2. Hormones stéroïdiques

Lente - de quelques heures à quelques jours

3.6. Résumé

Type d'hormone	Peptidique	Stéroïde
Nature chimique	Protéines et AA Grande majorité	Lipides dérivés du cholestérol

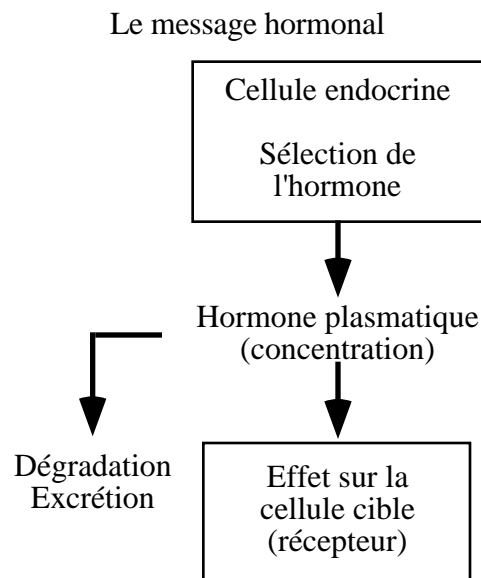
Vitesse de sécrétion	Rapide : mn à h	Lente : heures à jours
Mode de transport	Hydrosolubles : peptides	Liée à des protéines plasmatiques Fraction libre / fraction liée Stéroïde libre + protéine plasmatique = complexe Stéroïde - Protéine
Vitesse d'élimination	Rapide : mn à h	

4. LES TROIS ASPECTS DE L'ACTION HORMONALE

4.1. Spécificité

Action limitée à un ou des organes cibles spécifiques.

Présence de récepteurs hormonaux spécifiques ---> dans la membrane cellulaire ou à l'intérieur de l'organe cible ---> clef / serrure.



Spécificité variable en fonction du type d'hormone et affinité pour le récepteur :

catécholamines ---> nombreux tissus

ADH : uniquement certaines cellules rénales

4.2. Liaison spécifique hormone-récepteur

- Induit des changements dans la cellule
- Activation de second messenger

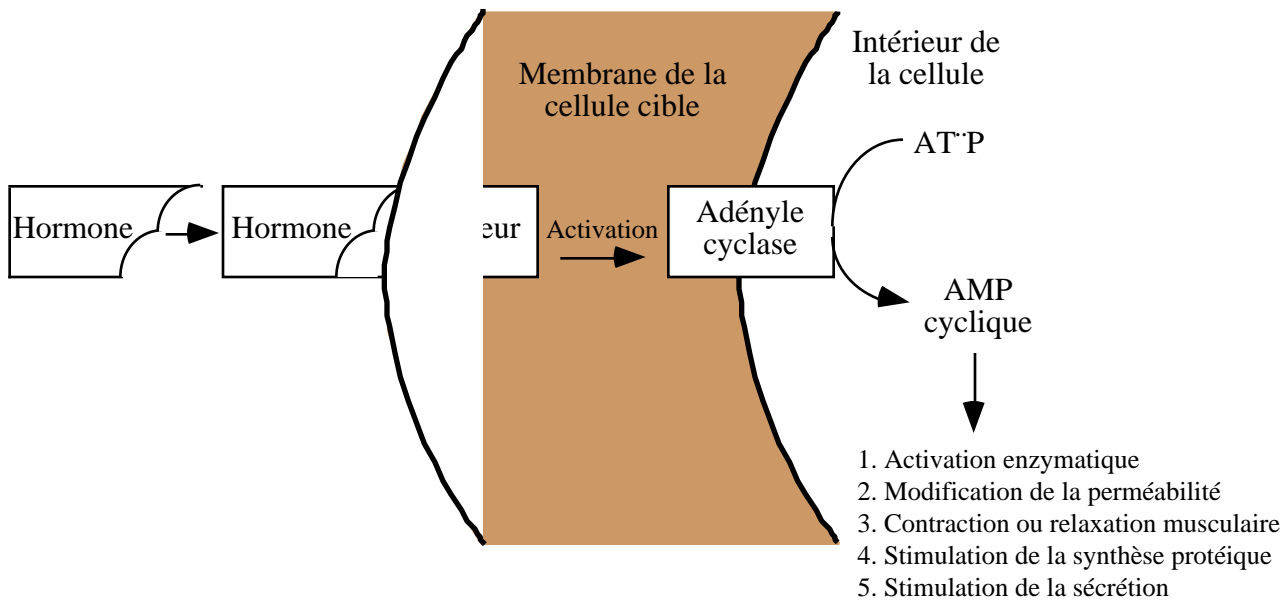


Schéma représentant la liaison hormone - récepteur transduction

Plusieurs hormones peuvent avoir le même effet sur une cellule donnée.

Ex : lipolyse, induite au niveau du tissu adipeux
adrénaline, noradrénaline, cortisol, glucagon...

4.3. Régulation de la sécrétion hormonale

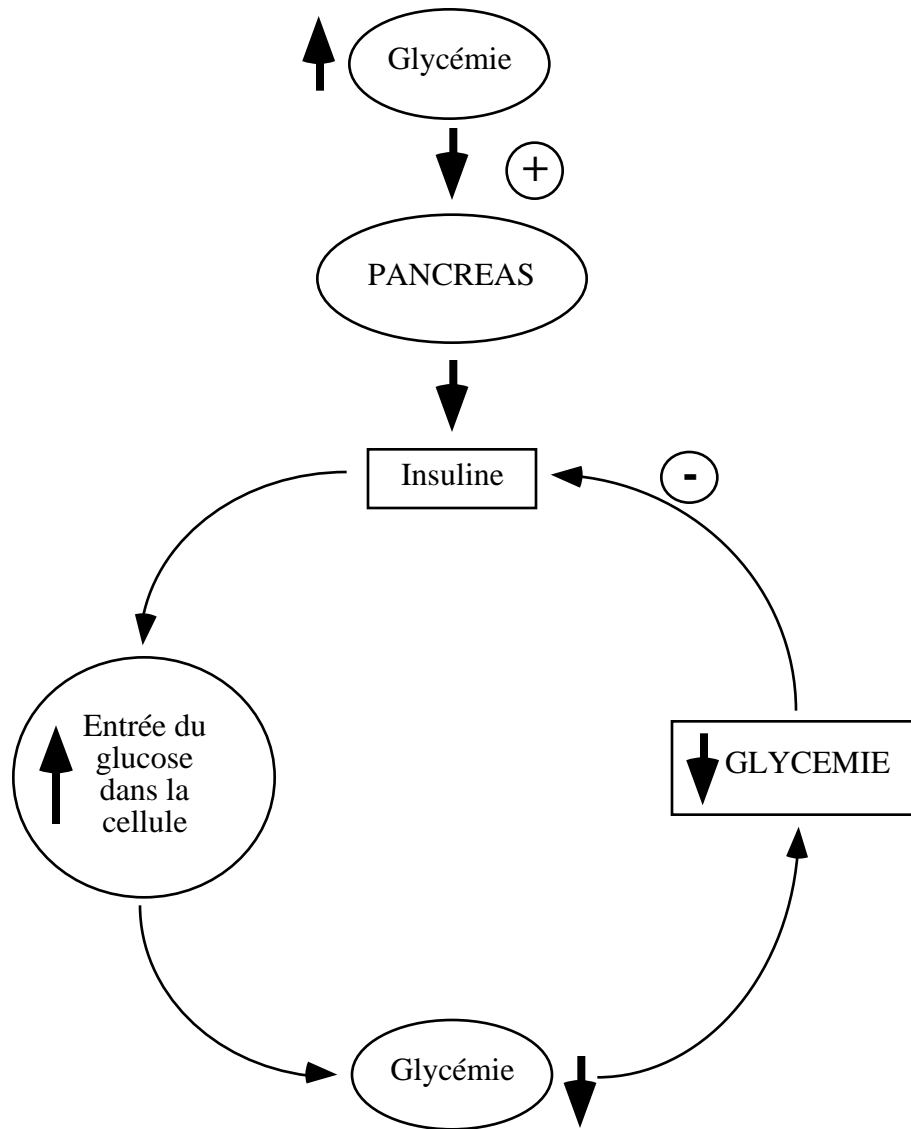
4.3.1. Stimulation

Concentration d'ions, de nutriments ou d'hormones

4.3.2. Rétroaction négative ou feed-back

Concentration d'ions, de nutriments ou d'hormones

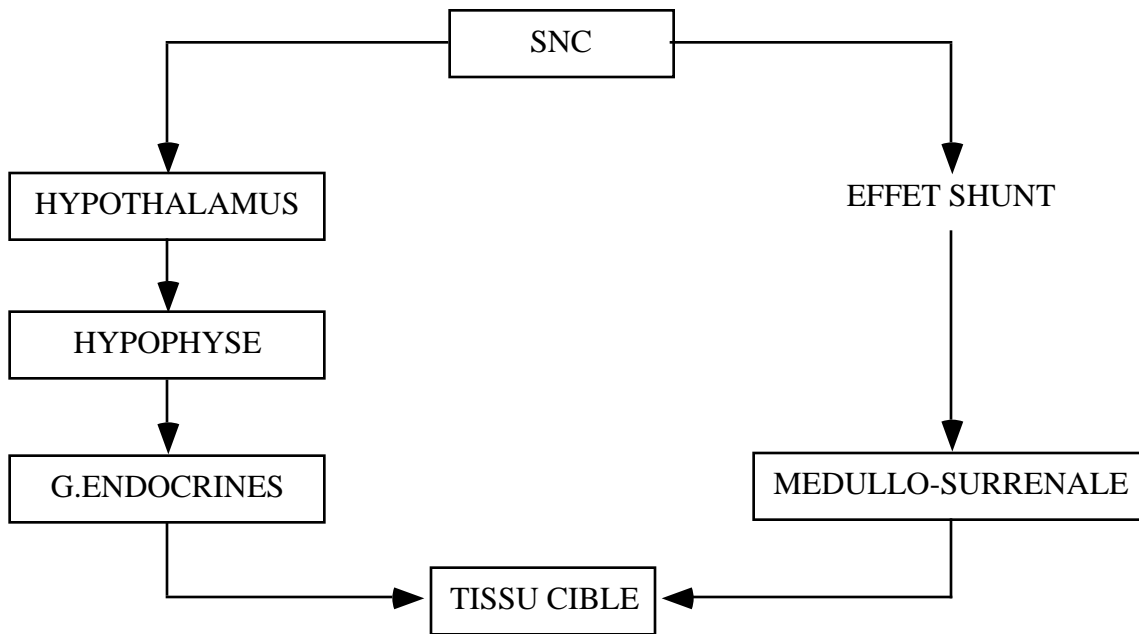
Ex : glycémie



4.3.3. Régulation

Certaines glandes sont contrôlées en partie par le SNC.

Ex : médullo-surrénale



5. ENDOCRINOLOGIE DU SPORT

On étudiera :

les hormones glycémiantes et leur rôle principale à l'effort,
les hormones sexuelles.

5.1. Les hormones glycémiantes

L'insuline est la seule hormone hypoglycémiantes. Elle diminue la concentration du glucose en favorisant son entrée dans la cellule.

Les catécholamines telles que l'adrénaline et la noradrénaline sont hyperglycémiantes.

Le glucagon qui est hyperglycémiantes.

L'hormone de croissance qui est hyperglycémiantes.

Le cortisol et les glucocorticoïdes qui sont hyperglycémiantes.

5.1.1. L'insuline

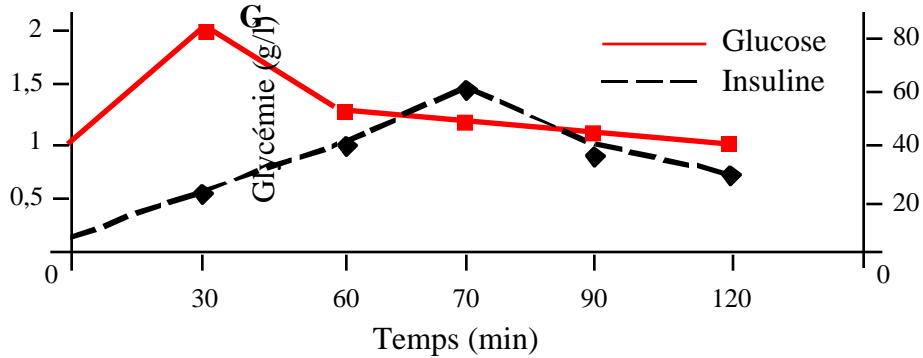
C'est une hormone pancréatique sécrétée par les cellules bêta des îlots de Langerhans.

Le pancréas est une glande exocrine et endocrine.

C'est un polypeptide de 51 AA (PM 6000).

L'insuline permet l'entrée du glucose dans la cellule et son utilisation par la cellule musculaire et adipeuse sauf le foie et le cerveau, les reins, les cellules bêta du pancréas.

Lors de l'exercice physique, l'adrénaline circulante va agir sur les îlots de Langerhans pour freiner l'hypoglycémie car on a besoin de glucose.

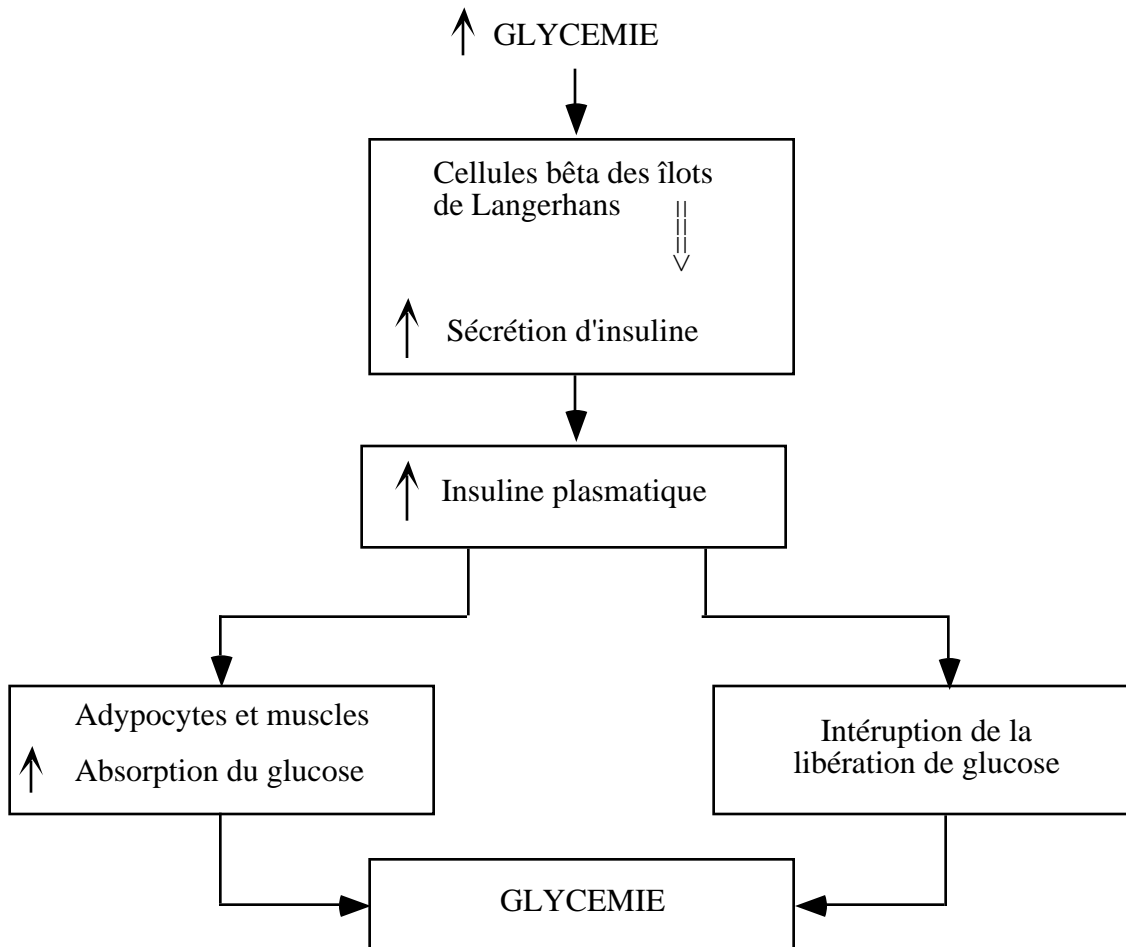


5.1.1.1. Rôle de l'insuline

- modifie la perméabilité de la membrane cellulaire au glucose,
- favorise la lipogénèse, c'est à dire la pénétration d'adipocytes à partir du glycogène,
- favorise la glucogénèse et la glycogénogénèse au niveau du foie et des muscles,
- anabolisme protidique.

Les diabétiques sont des personnes dont les cellules bêta des îlots de Langerhans ne fonctionnent plus ou mal. Ils nécessitent donc un apport extérieur par injection d'insuline.

- Les diabétiques de type 1 sont des malades qui connaissent leur problème. Ils peuvent donc généralement faire du sport dans la mesure où ils ont appris à gérer leur déficience.
- Les diabétiques de type 2 qui sont des personnes obèses ont plus de problèmes car plus en est lourd et plus le sucre a des difficultés à pénétrer les cellules.



5.1.2. Les catécholamines

Ce sont des hormones produites par les médullo-surrénales.

- Adrénaline = 80% (hormone du stress mais aussi hormone du sport qui élève la Fc par action du système nerveux central sur les médullo-surrénales.
- Noradrénaline = 20%.

La fonction de ces glandes est plus élevée chez le sportif.

5.1.2.1. Rôles

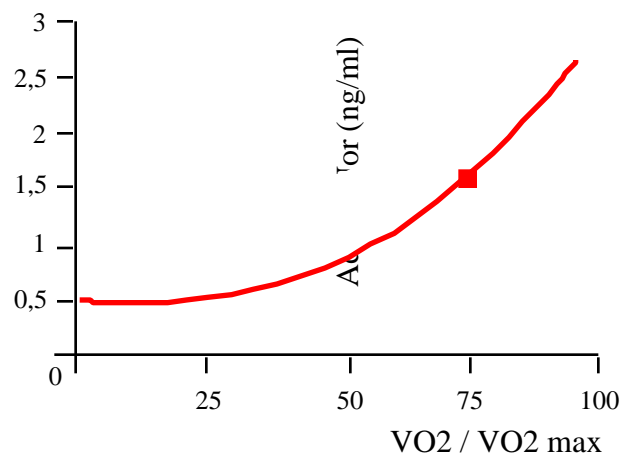
Leurs rôles sont très divers.

Fonction des récepteurs (, 1, 2)

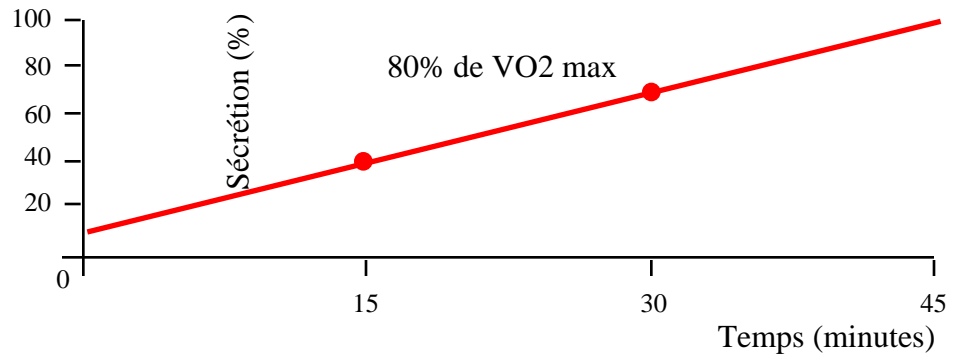
	ADRENALINE	NORADRENALINE
: partout	+++	+++
1 : cœur	++	++
2 : poumons (échanges gazeux)	+++	+
Vasoconstriction	++	+++
Vasodilatation	+	+
BILAN	Vasoconstriction +	Vasoconstriction ++
MUSCLE	VASODILATATION	VASODILATATION
GLYCEMIE		Pas d'effet
VO2	(récepteur bêta)	Pas d'effet
INSULEMIE	2	
LIPOLYSE		Pas d'effet

Lors d'une vraie hypoglycémie, on note une augmentation de l'adrénaline par élévation du taux de sécrétion des médullo-surrénales.

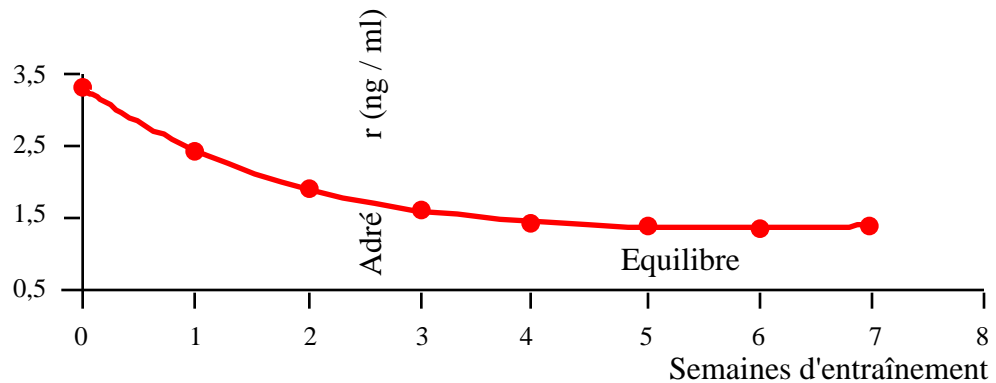
5.1.2.2. Catécholamines et puissance d'exercice



5.1.2.3. Catécholamines et durée de l'exercice



5.1.2.4. Catécholamines et entraînement



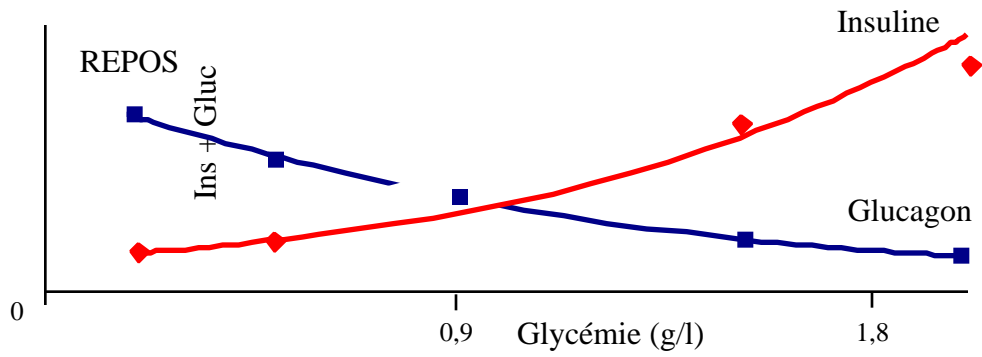
5.1.3. Le glucagon

A l'inverse de l'insuline le glucagon est une hormone hyperglycémisante.

Si l'insuline joue un rôle fondamental en contrôlant les ajustements métaboliques nécessités par le festoiment ou le jeûne, le glucagon, hormone protéique produite par les cellules alpha des îlots pancréatiques, joue aussi un rôle très important. Les principaux effets du glucagon sur le métabolisme organique (par l'intermédiaire de la production d'AMP cyclique dans ses cellules cibles) sont tous opposés à ceux de l'insuline. Ils consistent en l'augmentation de la dégradation du glycogène dans le foie, l'augmentation de la synthèse du glucose (néoglucogénèse) et des corps cétoniques par le foie et l'augmentation de la dégradation des triacylglycérols du tissu adipeux (mobilisation des lipides).

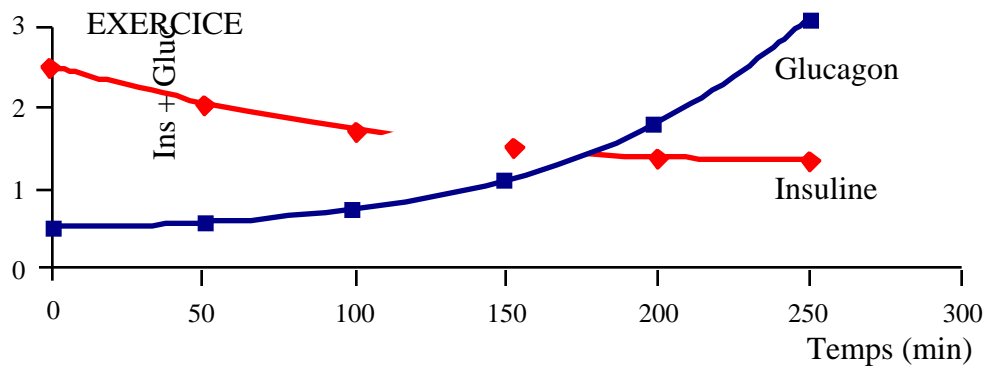
Ainsi, les résultats généraux des effets du glucagon consistent à augmenter les concentrations plasmatiques du glucose et des acides gras, qui sont tous des phénomènes importants de la période de jeûne.

Le glucagon joue probablement un rôle secondaire lors de l'exercice, notamment un rôle d'équilibre avec l'insuline.

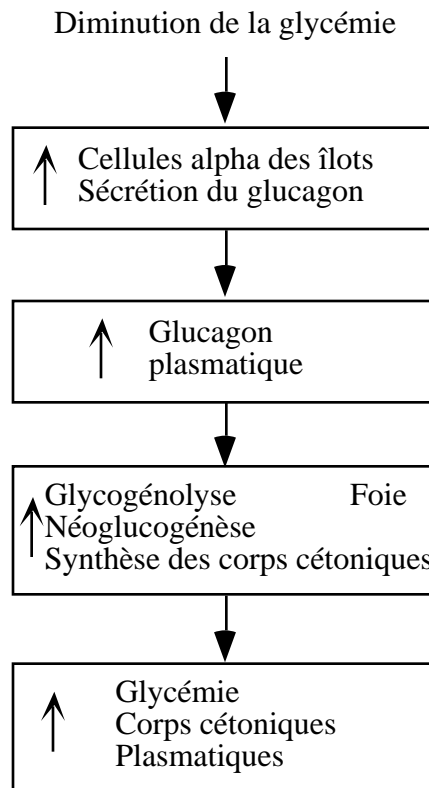


Donner du glucagon à quelqu'un ne présente aucun intérêt lors de l'hypoglycémie car le glucagon stimule la glycémie à partir des stocks.

Au cours de l'exercice, la sensibilité à l'insuline de la cellule musculaire augmente. La pénétration du glucose dans celle-ci est alors accrue.



Rétroaction négative exercée par la glycémie sur la sécrétion du glucagon



Au cours de l'exercice, il y a diminution de la glycémie au cours du temps et élévation du glucagon ce qui stimule les stocks de glycogène.

Risque d'hypoglycémie chez les sujets diabétiques traités à l'insuline au cours de l'exercice.

5.1.4. Hormone de croissance, GH (growth hormone)

C'est une hormone hypophysaire anabolisante (enfant et adolescent +++).

S'il y a excès (tumeur +++), on constate un gigantisme (enfant).

acromégalie (adulte)

- hormone lipolytique +
- action hyperglycémiant
- rôle discuté au cours de l'exercice

5.1.5. Cortisol et glucocorticoïdes

Ce sont des hormones cortico-surréaliennes.

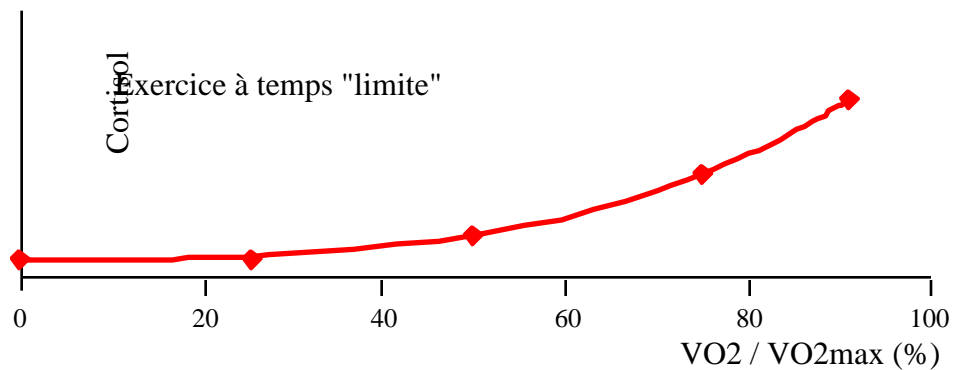
Mais gluco-corticoïde par opposition aux minéralo-corticoïdes (aldostérone au chapitre suivant).

□ zone fasciculée du cortex.

Rôle d'autant plus important que l'exercice est prolongé. Elles ont un effet dopant pour les sports de longue durée par régulation de la glycémie.

Gluconéogenèse +++ (synthèse de glucose à partir d'autres substrats que les glucides). Mais protéolyse et mécanismes anti-inflammatoires associés donc analgésiques.

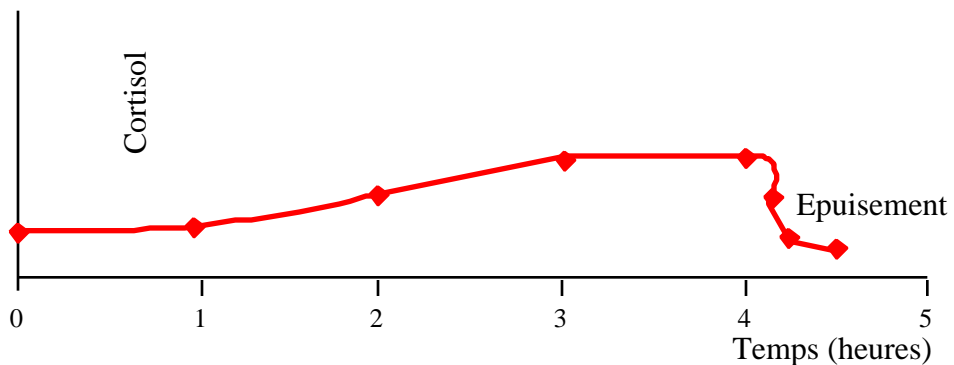
5.1.5.1. Exercice intense



5.1.5.2. Exercice prolongé

Epuisement du cortisol = hypoglycémie majeure.

Cf "Abandons", marathon +/-, triathlon, cyclisme.



Dans le dopage, cette hormone est fréquemment utilisée chez les sportifs de longue durée pour ses effets anti-inflammatoires.

5.1.6. Aldostérone et minéralo-corticoïdes

Ces hormones ont pour fonction de réguler le volume sanguin qui est lui-même fonction de la pression artérielle.

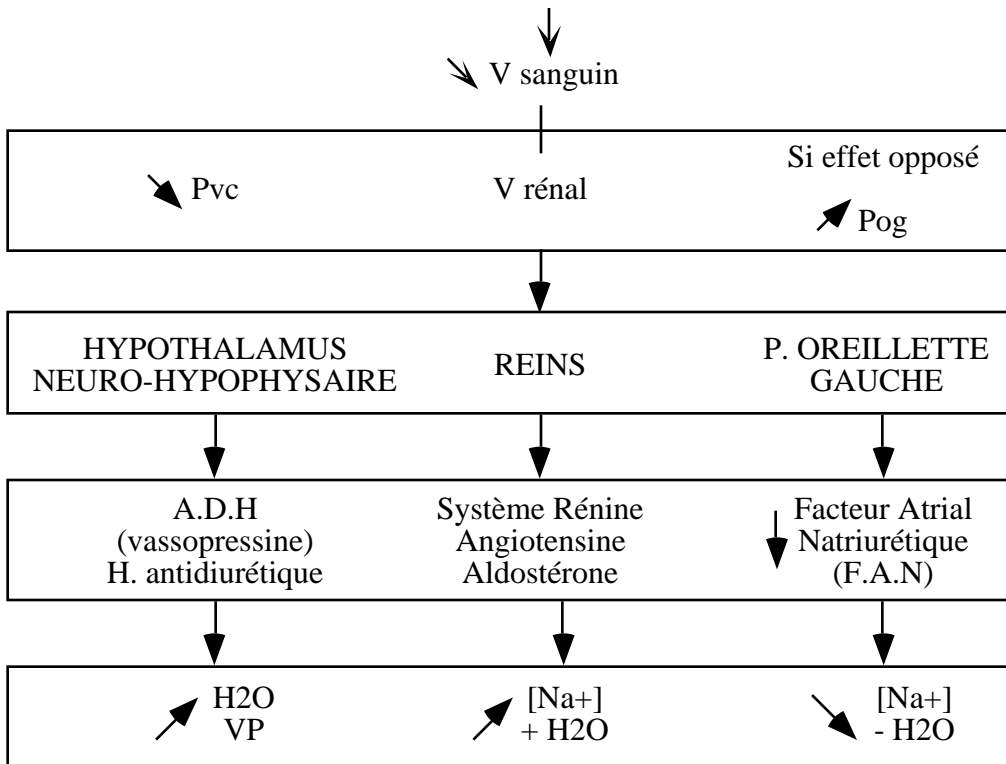
Ils ont donc une action sur le volume plasmatique (grandeur régulée)

Volume sanguin ($V_p + V_{gr}$)

V_p = pression veineuse à l'oreillette droite.

V_{gr} = Volume de globules rouges.

DESHYDRATATION EXTRA-CELLULAIRE



6. HORMONES SEXUELLES

Ce sont des hormones "stéroïdes" dérivées du noyau cholestérol.

6.1. Hormones ovariennes

L'exercice augmente le taux de progestérone. A 70% de VO_2 max, il y a une augmentation de 40% du taux de progestérone.

6.1.1. Conséquences

Athlètes de haut niveau : 40 % de troubles ovulatoires (dysménorrhée +++) ---> troubles des règles.

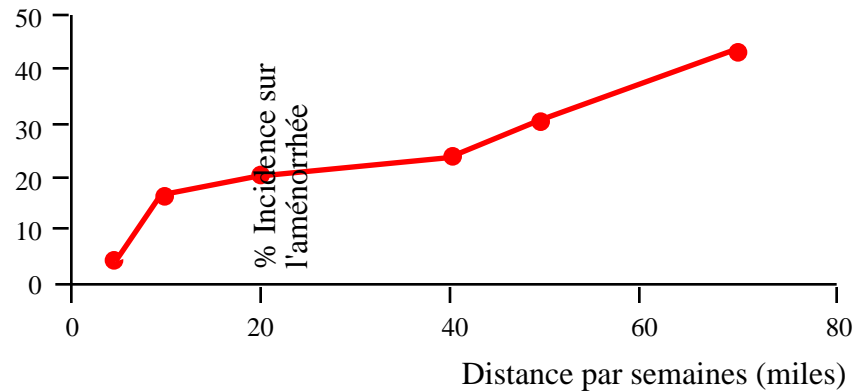
Courses de longue distance et danse +++

Natation et cyclisme, moins fréquent

□ Oligoménorrhée (règle en faible abondance).

- Aménorrhée (absence de règles).
- Cycles anovulatoires (absence de production d'ovules).

Relations entre la distance d'entraînement et l'incidence sur l'aménorrhée ; la distance augmente l'incidence d'aménorrhée.



6.1.2. Causes

Multiples facteurs et variations individuelles, il n'y a pas d'explication claire.

L'exercice prolongé affecte la régulation de nombreuses hormones ce qui implique des modifications des feed-back vers l'hypothalamus donc des hormones sexuelles féminines d'où des troubles du cycle menstruel.

des androgènes au repos ? (hormones mâles).

prolactinémie (agit sur la formation des seins).

FSH et LH (+/-) ==> des oestrogènes

Habitudes alimentaires

masse adipeuse

Stress psychologique lié à l'entraînement

6.2. Les androgènes

Rôle anabolisant +++

Efforts de longue durée implique une diminution de la testostérone.

Entraînement et surentraînement implique une diminution du cholestérol circulant.

6.3. Les anabolisants

19 NOR-TESTOSTERONE +++

Risques +++

Physiques : ruptures tendineuses.

Physiologiques : troubles endocriniens graves (blocage de l'axe hypothalamo-hypophysaire).

Psychologiques : décompensations ---> dépendance.