

## Variations biologiques et hormonales durant l'exercice physique

Dr.GHOZLANE Abdeslem, université Aix Marseille, france, abdeslamghozlane5@gmail.com

### **Abstract:**

Study of the variations of the various biological parameters according to the physical efforts, the electrolytes sodium potassium balance according to the state of hydration and the training program followed.

Regulation of glycemia in athletes as well as protein and lipid balance during training, various muscular indicators during activity, as well as troponin in athletes and the differential diagnosis of muscular and cardiac pathologies which obliges us to track markers of muscle damage creatine kinase LDH and myoglobin.

The hormonal assessment consists of the study of the different axes somatotrope, corticotrope, thyroid, and the influence of physical effort on the different hormones: growth hormone GH, cortisol, testosterone, thyroid hormones T3 T4; without forgetting the study of the phospho-calcic balance and vitamin D.

This study makes it possible to establish a biological and hormonal scale to monitor the performance of athletes.

**Key words:** physical effort\_ biological parameters\_ hydration status\_ training program

### **Abstrait:**

Etude des variations des différents paramètres biologiques en fonction des efforts physiques, des électrolytes bilan sodique potassique selon l'état d'hydratation et le programme d'entraînement suivi.

Régulation de la glycémie chez le sportif aussi bien du bilan protidique et lipidique durant l'entraînement, des différents indicateurs musculaires lors de l'activité, ainsi que du troponine chez les sportifs et le diagnostic différentiel des pathologies musculaires et cardiaques ce qui nous oblige de suivre les marqueurs des lésions musculaires la créatine kinase LDH et la myoglobine.

Le bilan hormonal consiste a l'étude des différents axes somatotrope, corticotrope, thyroïdien, et l'influence de l'effort physique sur les différents hormones : hormone de croissance GH , cortisol, testostérone, hormones thyroïdiens T3 T4; sans oublier l'étude du bilan phospho - calcique et de la vitamine D.

Cette étude permet d'instaurer un barème biologique et hormonal pour suivre les performances des athlètes.

**Mots clé :** efforts physiques\_ paramètres biologiques\_ l'état d'hydratation\_ le programme d'entraînement.

### **I/INTRODUCTION :**

Le bilan biologique est l'un des marqueurs essentiels indiqué dans l'examen médical périodique des sportifs aussi dans le suivi de ces performances durant les entraînements, les compétitions et les périodes de repos et de récupération, ce qui nous offre des indices importants de dépistage des problèmes de santé et surtout de détecter des diagnostics précoces des maladies ou complications secondaires à la pratique du sport.

Il s'agit d'un bilan vaste que soit hématologique (hémogramme, Plaquettes, Réticulocytes), soit rénal (Ionogramme, protéines, urée, créatinine) soit martial (fer, transferrine et ferritine), soit lipidique (Cholestérol total et HDL, Triglycérides) ainsi qu'un bilan hormonal des différentes glandes (Hypophyse, Gonades, Thyroïde, Surrénale) pour suivre ces sécrétions en fonction de l'activité physique (Testostérone, Cortisol, TSH, Ostéocalcine, IGF1, Erythropoétine) et enfin le bilan urinaire (protéinurie, glycosurie, hématurie, nitrites)

## II/Sport et paramètres sanguins :

- 2 types d'exercices : soit statique ou isométrique\*, bref mais de forte intensité : → Utilise l'ATP, créatine phosphate déjà stockée dans le muscle ; soit dynamique ou isotonique\*\*, + longue durée, + faible intensité (course, natation, cyclisme) → Utilise l'ATP produite par des voies aérobie ou anaérobie.
- Effet notoire de l'entraînement et de la masse musculaire, des conditions de l'épreuve (T de l'air, absorption de boissons contenant différents sucres et électrolytes) dans les modifications importantes des paramètres sanguins au cours de l'exercice liées aux flux liquidiens entre le compartiment intra-vasculaire et le compartiment interstitiel, à la perte de liquide par la sueur et aux modifications des concentrations hormonales.

## III/bilan biologique sanguin :

### 1/ mouvement d'H<sub>2</sub>O et variations des électrolytes :

- ✓ Hydratation recommandé pour les sportifs de haut niveau 2\_6 l/24H.
- ✓ Na : exercice intense : ↑ ↑ ( + 12% marathon, endurance, maximum après 24h )
- Risque d'hyponatrémie liée à une hyperhydratation dans les épreuves d'ultra-endurance.
- ✓ K : exercice intense : ↑ ↑ ↑ (exercice intense et bref, marathon +20 à 110%)

L hyperkaliémie influence le rythme cardiaque et conduit au risque de mort subite.

## 2/ Glycémie , diabète et sport.

- ✓ Glucose : exercice intense : ↓ (endurance), ↑ (marathon, ultra-endurance par augmentation de la néoglucogenèse).
- ✓ Muscle strié squelettique : principal siège de l'insulino-résistance et fortement mis à contribution : assimilation facilitée du glucose par les transporteurs GLUT 4 indépendants de l'insuline ; glycogénogenèse ↑ par l'exercice ; Utilisation préférentielle de lipides comme substrat énergétique lors d'entraînements réguliers (Accumulation musculaire de lipides ↑ l'insulino résistance).
- ✓ Sujets avec activités physiques régulières ↓ l'insulinémie ; ↑ sensibilité en insuline. activité physique régulière fait partie du traitement d'un diabète.
- ✓ Sujet obèse : Hyperglycémie +/- ↓ par l'exercice Insulinémie reste ↑ : il existe une insulino résistance
- ✓ Sujet non obèse : Glycémie et insulinémie ↓ sous l'effet de l'exercice sans rejoindre les valeurs du sujet normal.
- ✓ Diabètes de type 1 et 2 , l'effet de l'exercice varie suivant que le diabète est plus ou moins bien contrôlé :
  - ⇒ Contrôler systématiquement les glycémies 60 à 90 min après l'activité physique.

⇒

## 3/Sport et bilan lipidique :

A/Effets sur les dyslipidémies : moindres que ceux obtenus grâce à des interventions pharmacologiques ; amplifiés par modifications du régime alimentaire et/ou réduction pondérale.

- ↓ triglycérides et ↑ HDL dans groupes d'exercices d'endurance, ↓ du catabolisme du HDL cholestérol chez le sportif.
- Triglycérides : indicateur de la qualité d'alimentation du sportif : ↑ TG peut traduire une consommation excessive de sucre à assimilation rapide.
- Si ↑ importante des triglycérides (7 mmol/l), doser le glycérol qui peut être utilisé pour masquer l'augmentation de l'hématocrite liée à l'utilisation d'EPO.

## B/Sport et glycérol :

A l'origine, étudié pour ses effets sur le traitement d'œdèmes cérébraux et de glaucomes.

→ le glycérol permet de stocker l'eau dans l'organisme et améliore les stocks hydriques avant l'effort tout en diminuant l'excrétion urinaire d'eau.

- D'autres études ont montré que la consommation de glycérol permettait d'augmenter les performances physiques lors de la pratique de sports d'endurance (triathlon, cyclisme).

#### **4/bilan rénal :**

##### **A/sport et uricémie :**

- Créatinine: fonction des variations de la masse musculaire et du volume d'entraînement.
- Urée : ↑ après 2 à 4 J d'entraînement + ↓ tolérance à l'exercice :  
→ surentraînement
  - ↑ modérée (0,55-0,60g/l) : fatigabilité métabolique à long terme (sensation de fatigue dans les MI, ↓ tonus général).
- Exercices prolongés en ambiance chaude : hyperthermie centrale, sudation, déshydratation, nécrose tubulaire Aiguë.

exercice intense : ↑ ↑ ↑ uricémie + liée à l'intensité de l'exercice physique qu'à son volume (ex: répétition d'entraînements à une puissance proche de VO<sub>2</sub>max.).

##### **B/Sport et Magnésium :**

- Au repos, Mg des sportifs comparable à celui des sédentaires pour certains auteurs, ↓ (y compris le magnésium intra érythrocytaire) pour d'autres pourrait être corrélé positivement avec VO<sub>2</sub>max. non lié à la nature du sport pratiqué.

- ↓ Mg sérique par rapport aux sédentaires : déséquilibre de l'alimentation (apport insuffisant).

; +/- malabsorption (diarrhées), pertes sudorales peu importantes

↓ Mg pendant l'effort (demande ↑ au niveau du muscle squelettique) ↑ Mg sérique : peu fréquente.

##### **C/Zinc, cuivre et selenium:**

- Chez un sujet dont les performances ne progressent plus, voire diminuent, une baisse des taux de Cu et de Zn peut signifier un surentraînement.

- **Sélénium** : cofacteur de la glutathion peroxydase, principal agent antioxydant, permettant de neutraliser les radicaux libre et de maintenir l'intégrité des membranes.

### **5/Sport et paramètres sanguins :**

#### **A/Troponine:**

- Actuellement, grande spécificité des dosages TnTc (tests de 3ième génération) et TnIc (uniquement cardiaque), pas d'interférence avec la troponine musculaire, le myocarde est lésé par les radicaux libres et la baisse du pH qui apparaissent en cas de rhabdomyolyse.
- Pas de signification de l'augmentation de la troponine en termes de morbidité ou de survie.

#### **B/Lactates :**

- Synthétisés en bout de chaîne de la glycolyse anaérobie, par l'association réversible de pyruvate avec des ions H du NADH, grâce à la LDH ; dégradé dans le cycle de Krebs (en H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>),

ou entre dans le cycle de l'alanine et gagne le foie pour être utilisé dans la néoformation de glycogène .

- VN : 0,5 à 1,5 mmol/L au repos. La mesure de la lactatémie à la fin de chaque palier au cours d'une épreuve par paliers progressifs : lactacidémie ↑ avec la puissance d'exercice.

#### **C/Ammonie mie :**

- Provient du métabolisme azoté : lors d'un exercice physique, provient essentiellement (90%) du tissu musculaire. Toxique (pour les neurones et les fibres musculaires) et transformé en urée dans le foie.

Dosage régulier de NH<sub>3</sub> : à long terme, mise en évidence d'une éventuelle fatigabilité musculaire survenant lors d'un entraînement aérobie intense (+sensible que l'urée) ; en pratique : Difficulté à récupérer lorsque NH<sub>3</sub> > 150 µmol/L (prélèvement à distance d'un exercice).

### **6/Bilan hépatique :**

#### **A/Préalbumine :**

- T<sub>1/2</sub> courte (2j) marqueur sensible de dénutrition rapide (↓).
- ↑ cliniquement inexplicée : prise de corticoïdes ou de stéroïdes anabolisants.

**B/Bilirubine totale :**

- Si rhabdomyolyse d'effort (40 à 100  $\mu\text{mol/L}$ ).
- $\uparrow$  forme libre : hémolyse chronique fréquente chez les sportifs de haut niveau (coureurs à pied).

**C/ Marqueurs hépatiques :ALAT et ASAT :** Exercice intense :  $\uparrow$   
 $\uparrow$   $\uparrow$  ( marathon, endurance , exercices excentriques : jusqu'à  
+350%, pendant 2 à 5 jours.

**7/Sport et pathologie musculaire :**

- **A/Créatine Kinase:**

Interprétation des CK doit tenir compte du degré d'activité physique au moment du prélèvement : Valeur élevée (/normes établies chez le sédentaire) pas systématiquement pathologique chez un sportif  $\rightarrow$  pour chaque sportif, réaliser un profil personnalisé de l'évolution des CK en cours de saison.

- **B/LDH:**exercice intense :  $\uparrow$   $\uparrow$  ( marathon, endurance , exercices isométriques ou excentriques : +5 à 30%)  $\uparrow$  en cas d'état inflammatoire ou de prise d'hGH.

- **C/ $\uparrow$  Myoglobine :** après un exercice soutenu (course à pied rapide de 21 km), doit faire rechercher une rhabdomyolyse.

- **Rhabdomyolyse :** exercice intense  $\rightarrow$  Rhabdomyolyse à prédominance ischémique :

Résulte d'une demande excessive d'énergie dépassant les possibilités d'apport en oxygène  $\uparrow$  Enzymes musculaires : CK (5 à 1000 fois la VN +sensible reflète l'étendue des lésions, doit  $\downarrow$  de 40% en 24h après la lésion initiale), LDH, aldolase, ASAT.

**8/bilan hématologique :****A/Anémies et pseudo anémies des sportifs.**

- Les sportifs d'endurance ont des taux de GR et d'Hb à la limite inférieure à la normale ou anormalement bas (Hb < 14 g /dl chez l'homme, 12 g/dl chez la femme) :
- $\uparrow$  de la masse globulaire totale chez les sportifs d'endurance, même si le taux d'hémoglobine de certains est relativement bas.

$\rightarrow$  **pseudo-anémie:** par augmentation du volume plasmatique.

- Effort intense et de longue durée : impact négatif sur la production centrale de GR (indépendant de la carence martiale ou des interférences de type hémodilution).

### **B/Perte de fer chez les sportifs.**

- Perte sudorale en cas de sudations profuses en atmosphère chaude et humide.

→ Activité physique : redistribution du débit sanguin en faveur des muscles actifs, vasoconstriction au niveau mésentérique → ischémie des territoires mésentériques avec fragilisation de la muqueuse intestinale et ↓sécrétion du mucus protecteur.

### **C/Hémolyse et haptoglobine :**

- Dans les courses d'endurance : hémoglobinuries, ↓ haptoglobine et présence d'hémoglobine sérique libre. → Les chocs répétés sur les érythrocytes sont la cause de l'hémolyse : écrasement des érythrocytes au niveau

**D/Carence en fer chez les sportifs :** dans certaines populations sportives particulièrement exposées. Sportifs ayant exclu la viande de leur alimentation et ayant un régime lacto-ovo-végétarien.

### **E/Suivi hématologique et érythropoïétine:**

- Réponse à l'EPO fer-dépendante et l'efficacité de son action dépend du stock en vit : rHuEPO → jamais administrée seule (peu efficace) :
- Erythropoïétines recombinantes (rHuEPO) : ↑ endurance, charge d'entraînement physique ; ↑ Hb : améliore le transport de l'oxygène et le maintien de l'équilibre acido-basique ; ↑ pouvoir oxyphorique : GR avec matériel enzymatique plus riche : ↓ affinité vis-à-vis de l'oxygène (↑2,3-DPG) , ↑ captation et élimination pulmonaire de CO<sub>2</sub> relargué par les cellules.

Effets biologiques de l'EPO : ↑ Masse Globulaire ; ↑ sTfr, (rapport sTfr/ferritine : indice de prise exogène d'EPO) ; Puis ↑ réticulocytes, avec modifications de leurs caractéristiques (taille, maturité et hémoglobine réticulocytaire). ↑ nombre de GR , ↑ Hb et Hct (> 60 % : risques vasculaires majeurs), ↑ VGM et ↓CCMH, hyperviscosité sanguine, ↑ fibrinolyse : ↑ PDF dans les urines .

**F/Suivi hématologique et CERA:** nouvelle EPO de 3<sup>ème</sup> génération : Continuous erythropoietin receptor activator Mircera\*, Aranesp\*, Méthoxy polyéthylène glycol-Epoétine bêta.(= EPO de 1<sup>ère</sup> génération)

- IEF permet de détecter : EPO endogène, EPO de 1<sup>ère</sup> génération rHuEPO , EPO de 2<sup>ème</sup> génération, analogue hyperglycosylé (Darbepoetin alfa), EPO de 3<sup>ème</sup> génération (CERA).
- IEF utilise 2 Ac spécifiques pour l'immunoblotting, l'ultrafiltration, et la révélation par chimioluminescence.

**G/Plaquettes :thrombopénies** fréquentes et modérées :

- Viroses cliniquement inapparentes, traumatisme musculaire important ou réaction toxique (AINS)
- Altération de la production médullaire par déséquilibre entre les facteurs de croissance et d'inhibition de l'hématopoïèse
- Rhabdomyolyse et CIVD

**H/Leucocytes totaux : Leucopénie avec lymphopénie :**

- déficit immunitaire cellulaire lié à l'entraînement dans les disciplines à forte charge de travail, sollicitant de façon prédominante la filière **énergétique anaérobie lactique**.

- séances répétées de travail en entraînement fractionné à la vitesse maximale aérobie

- Eosinophilie (>2G/l) + myalgies généralisées et invalidantes : consommation de préparations contenant du L-tryptophane, (↑endurance physique en cas d'insomnie ou d'anxiété)

**IV/Bilan biologique urinaire :**

**1/Excrétion urinaire:** ↓ débit urinaire pendant l'exercice du fait de la baisse de la filtration glomérulaire, ↓ excrétion urinaire des ions Na, pendant un exercice intense et prolongé (↑ de la réabsorption tubulaire) ↓ pH urinaire- production d'ions H<sup>+</sup> + couplée à une réabsorption HCO<sub>3</sub> et Na.

- exercices intenses : présence d'acides (lactique, pyruvique) dans l'ultra filtrat glomérulaire.

**2/Pseudo-néphrite des sportifs :** présence d'une protéinurie, d'une hématurie, associées ou isolées, survenant après un exercice chez des sujets sains sans que les sujets ayant présenté ces anomalies soient prédisposés à une atteinte rénale chronique.

**3/Protéinurie d'effort :** ↑ β<sub>2</sub> microglobuline (x 2) et albumine (x 12) après une marche de 12 km en montagne ,peut atteindre plusieurs g/l,

d'autant plus ↑ que l'exercice est intense et prolongé, persiste 24 à 48 h après la fin de l'exercice.

- Entraînement ↓ l'importance de la protéinurie.
  - défaillance des mécanismes de réabsorption tubulaire des protéines : ↑ (50 à 100 fois) de la clairance des protéines de faible poids moléculaire ( $\beta$ -2-microglobuline) . Le taux maximal de réabsorption tubulaire des protéines est saturé par l'excès de protéines ayant passé un filtre glomérulaire.

**4/Myoglobinurie d'effort :** Présence de myoglobine dans le sang puis dans les urines après rupture partielle de la membrane sarcoplasmique des fibres musculaires

**5/Hématurie et hémoglobinurie d'effort :** Hématurie d'effort bénigne : disparition après l'arrêt des activités sportives et l'absence de lésions à l'urographie intraveineuse,

**6/Créatininurie :** ↑ par exercice physique intense, bon reflet de la masse musculaire : 1 g de créatinine urinaire correspond à 17 à 22 kg de muscles, acide urique urinaire ↓ (rétention temporaire) .

## V/Bilan hormonal :

### 1/Axe somatotrope :

- exercice : stimulus physiologique de sécrétion de l'hormone de croissance GH : l'intensité de l'effort détermine la réponse de hGH mais pas d'influence de l'exercice sur IGF-1, IGF-BP3.
- Variations physiologiques : Age : ↓ sécrétion Sexe : sécrétion basale plus ↑ chez la femme Obésité : sécrétion basale et réponse à l'effort ↓ Alimentation : pic induit par l'exercice ↓ si repas riche en lipides.
- **Hormone de croissance recombinante (r-hGH)**

- Produite par génie génétique (*Escherichia coli* ou cellules de souris).

- ↑ masse musculaire ou la maintient après cure de stéroïdes anabolisants; Renforce tendons, tissu osseux et/ou tissu cartilagineux; ↑ la taille d'adolescents doués pour un sport mais trop petits; ↓ masse grasse;

Lutte contre les effets du vieillissement; Améliore vue, système immunitaire, performances sexuelles.

- Profil biologique

- **glycémie** ↑, avec tolérance au glucose ↓ - **cholestérol total** ↓, **HDL** ↓, **apolipoprotéines AI** ↓,
- acides gras libres non estérifiés ↑ - Na, Ca et PAL ↑, K et P ↓
- **ostéocalcine** ↑ (persistant après arrêt du TTT)- LT3 et LT4 ↓
  - 2 méthodes de dépistage indirect basées sur le dosage de paramètres sanguins, sont proposées.
    - \* Effets induits par hGH sur IGFs, protéines porteuses des IGFs (IGFBPs), marqueurs du remodelage des tissus osseux et conjonctifs.
    - \* séparation des 2 isoformes de l'hGH endogène : 22 kD-hGH et 20 kD-hGH .

### 2/Axe gonadotrope :

- ↓ Testostérone :
  - après une épreuve d'ultra-endurance (400 km) chez des marathonniens (- 31 %) ; après un marathon, dès la mi-temps, lors d'un match de football, après 6 semaines d'entraînement chez des athlètes de loisir (- 19 à - 25%)

- Pas de variation de la testostérone :

- chez des adolescentes compétitrices (natation) par rapport à un groupe témoin.
- après exercice, entre des athlètes euménorrhéiques et des aménorrhéiques .

#### \*Exercice de durée moyenne (30 min à 2h) d'intensité modérée à forte

- ↑ testostérone (dès 30 min puis maintien en plateau), liée à ↓ clairance hépatique la testostérone, par ↓ débit sanguin **splanchnique** pendant l'exercice, au profit des tissus directement impliqués par l'exercice (cœur, muscles squelettiques ).

#### \*Exercice prolongé > 2h à 4h,

- ↑ transitoire puis ↓ secondaire de testostérone, retour à la testostéronémie initiale retardé de plusieurs heures après arrêt de l'exercice.

Suppression transitoire plus faible ou absente chez le sujet entraîné en endurance.

- Dopage : récupération beaucoup plus longue : des semaines ou des mois : pdt la prise → TT ↓ + LH ↓ → puis Inertie gonadotrope → TT ↓ + LH ↑
- ↑ masse musculaire;- Développe force, puissance, vitesse, endurance;- ↑ charge d'entraînement physique;- ↓ douleur articulaire due

à une surcharge de travail;- ↑ vitesse de guérison après une blessure (surtout musculaire);- ↑ agressivité.

### **3/Axe corticotrope :**

- L'activation en réponse à l'exercice est une adaptation physiologique intensité et durée de l'effort :

1 heure d'exercice à 60% de VO<sub>2</sub> max. est nécessaire pour une stimulation corticotrope significative ; (10 min à 90% de VO<sub>2</sub> donnent la même stimulation).

- Sujet entraîné en endurance n'est pas en hypercorticisme permanent mais s'adapte à des périodes d'hypercortisolisme transitoire.

Principaux effets : ↓ sensation de fatigue, euphorie, ↑ volonté ; lutte contre la douleur (articulaire) ↑ charge d'entraînement physique; prise de poids;

- Modifications biologiques potentielles : cortisol inchangé ou ↓ (à long terme), ACTH ↓, aldostérone ↓ DHEA et sDHEA ↓, testostérone ↓, androstènedione ↓ TSH ↓, β endorphine ↓ glycémie ↑ cholestérol ↑, TG ↑ alcalose hypochlorémique Na ↑ et K ↓ Ca ↓ et Zn ↓ 25 OH Vit D3 ↓ ostéocalcine ↓ hyperleucocytose à PNN (+/-lymphopénie); VS ↓ calciurie ↑, créatininurie ↑

### **4/Axe thyroïdien :**

- ↓ T3L et T4L : lors de phases prolongées d'entraînement intense : altération de la tolérance.
- ↑ T3L et/ou T4L : prise exogène d'hormones thyroïdiennes (+insuline + hGH).
- ↑ TSH : altération de la **tolérance** du sujet lors d'un entraînement physique intense et prolongé.
- ↓ TSH : consommation d'hormone de croissance, de testostérone, d'IGF-1, de corticoïdes, d'hormones thyroïdiennes.
- Effets biologiques : ↑ consommation en O<sub>2</sub> de certains organes (coeur, muscles squelettique); ↑ utilisation périphérique du glucose, ↑ catabolisme des lipides et des protéines, rôle dans la croissance et la maturation des tissus nerveux et osseux. potentialisent l'action d'autres hormones comme l'insuline risque d'insuffisance thyroïdienne.

### **5/Métabolisme osseux :**

- **↑ ostéocalcine** : après entraînement en musculation chez des haltérophiles de haut niveau par rapport à des témoins, anciens haltérophiles Consommation de **stéroïdes anabolisants** et/ou **d'hormone de croissance**
- **↓ ostéocalcine** : chez des coureurs de fond entraînés, un jour après une compétition (- 17 %)
- **↑ PTH** : après 7 j d'exercices physiques intensifs chez des hommes entraînés ;chez des marathoniens entraînés, pendant une période de récupération d'une semaine.
- **↓PTH** :chez des coureurs de fond (7 h/sem) par rapport à des sédentaires (-23 %) ; à long terme une altération potentielle de la tolérance du sujet à l'exercice ;indicateur, non spécifique de surentraînement.

#### **VI/Compliments alimentaires : la créatine.**

- Utilisée depuis le début des années 60 sous forme de phosphocréatine,↑ la masse musculaire  
↑ la force et/ou la force explosive↑ la puissance anaérobie alactique↑ la charge d'entraînement physique, permet de réaliser des exercices intenses plus longtemps,
  - Effets biologiques :À forte dose (20g/j pdt plusieurs semaines) : ↑ urée, ↑acide urique mais fct rénale conservée → tjrs vérifier l'hydratation avant de poser un diagnostic
  - Possibilité d'atteinte rénale (↑créatinine) ou de rhabdomyolyse .

→ On recommande un bilan de la fct rénale tous les 3 mois - Créatinine sanguine - microalbumine (doit rester < 20µg/min) .

#### • **Bibliographie :**

Audran M, Lasnes F, De Ceaurriz J :Erythropoïétine et Dopage ;RFL mars 2018, N°331 p37-43

Bermon S, Duclos M, Guinit M, Jacomet Y, Palazzetti S ;Sport et Biologie;Bioforma n°33 2005

Besse B, Lellouche N,Cardiologie et maladies cardiovasculaires,Editions Vernazobres Grego

Buchman AL, Keen C, Commisso J, Killip D, Ou CN, Rognerud CL, Dennis K, Dunn JK.

The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations.

J Am Coll Nutr. 1998 Apr;17(2):124-7.

Guder WG, Narayanan S, Wisser H, Zawta B. Samples : From the Patient to the Laboratory

Hilton LK, Loucks AB.

Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2016. Jan;278(1):E43-9

Horowitz JF, Leone TC, Feng W, Kelly DP, Klein S.

Effect of endurance training on lipid metabolism in women: a potential role for PPARalpha in the metabolic response to training. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2000 Aug;279(2):E348-55.

Néphrologie et troubles électrolytiques. Abrégé Connaissances et pratique Masson 2001

Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin.

N Engl J Med. 2002 Feb 7;346(6):393-403.

Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. N Engl J Med. 2002 Nov 7;347(19):1483-92.

Suivi Biologique du Sportif Masson 2001 et Elsevier Masson 2018

The prevalence of false-positive cardiac troponin I in ED patients with rhabdomyolysis.

Marshall WJ, Bangert SK. Biochimie Médicale Physiopathologie et Diagnostic. Elsevier 2005

Médecine du sport 2ième Edition Masson 2000

Naveau S, Balian A, Perlmutter G. Hépatogastro-entérologie Abrégé Connaissances et pratique Masson 2003