

Points à méditer

Les Vitamines : sources, fonctions et relations avec les APS

Les vitamines

Rappel et présentation générale

+ Classification. 4 sont liposolubles (A, D, E, K) et 9 hydrosolubles (B1, B2, B3, B6, B9, B12, PP, C, H)
+ Sources. La plupart viennent des aliments mais certaines ont une origine non exclusivement alimentaire. Ainsi la vitamine K vient aussi de la flore intestinale, la vitamine D des rayons solaires et la vitamine PP du tryptophane.

+ Réserves. Les liposolubles sont considérées comme stockables (généralement dans le foie), les hydrosolubles non. Il y a toutefois des exceptions comme la vitamine B12 qui est stockable. La possibilité de stockage conduit au fait qu'une carence d'apport peut mettre plusieurs semaines voire plusieurs années pour se manifester. L'absence de stock conduit à la nécessité d'en consommer tous les jours et même pour certaines, plusieurs fois par jour.

+ Relations avec les APS. Certaines vitamines sont à des étapes clé du métabolisme énergétique et donc de la fourniture d'ATP.

Quelques vitamines hydrosolubles impliquées dans les APS

Vitamine B1 ou Thiamine

+ Rôle charnière dans la fourniture d'ATP aérobie via la réaction Pyruvate → Acetyl-CoA dans laquelle elle sert de Coenzyme.

+ Sources. Produits animaux (surtout laitiers), moins dans les végétaux

+ Fait le risque (plus théorique que réel) du végétarisme. Est surtout la vitamine la plus touchée par l'alcoolisme, intoxication au cours de laquelle on peut voir des accidents neurologiques graves qui nécessitent une perfusion de B1 en urgence

+ Non stockable (NS)

+ Apports quotidiens recommandés (AQR) : 1,2 mg/j ou 0,5 mg/1000 kcal (plus judicieux de l'exprimer par apport énergétique)

La vitamine B2 ou Riboflavine

+ Rôle de coenzyme lorsqu'elle est transformée en FAD (flavine adénine dinucléotide) dans le foie, c'est-à-dire en une navette porteuse d'ions H⁺, essentielle dans la resynthèse d'ATP mitochondrial. Elle intervient aussi au niveau du cycle de Krebs, de la β oxydation, de la synthèse protéique.

+ Sources. Laitages, œufs, viandes et brocoli.

+ NS

+ AQR : 1,5 mg/j ou 0,6 mg/1000 kcal

La vitamine B3 ou PP ou Niacine

+ Rôle. En donnant l'acide nicotinique qui donne la nicotinamide, elle participe à la fabrication de la navette NAD (nicotinamide adénine dinucléotide) dont le rôle est identique au FAD, plus important même en terme d'implication dans la fourniture d'ATP aérobie. Elle est aussi à l'origine de la carnitine, de la noradrénaline et de l'hémoglobine.

+ Sources. Ubiquitaire : viandes, foie, levures mais aussi production locale intestinale par les bactéries

+ NS. AQR : 15 mg/jour ou 6 mg/1000 kcal

La vitamine B6 ou Pyridoxine

+ Rôles. Synthèse de l'hème de l'hémoglobine donc rôle important dans le transport d'O₂. Rôle aussi dans le transfert de l'azote (N) d'un acide amine à un céto-acide (ce qui permet de récupérer le squelette carboné de l'acide aminé et de le faire passer dans la voie oxydative pour fournir de l'ATP, l'N étant éliminé par l'urée).

+ Sources. Viandes (volailles, thon), foie, germes de blé

+ NS

+ AQR : 1,8 mg/jour ou 1,9 mg/100 g de protéines (ce dernier mode de calcul est plus judicieux)

La vitamine B9 ou Acide folique

+ Rôle. Transfert des radicaux à 1 carbone vers la synthèse des bases puriques et pyrimidiques. En cela, participe à la synthèse de l'ADN, des ARN. Contribue aussi à la synthèse de la sérotonine.

+ Sources. Légumes verts à feuilles sombres, foie

+ NS

+ AQR : 300 µg/jour (de 200 à 400)

+ A noter. Un signe de carence est une forme d'anémie qu'on appelle macrocytaire car, contrairement à l'anémie par manque de fer ou par saignement (qui est microcytaire), celle-ci présente de globules rouges dont la taille est augmentée.

La vitamine B12 ou Cyanocobalamine

+ Particularité. Elle se fixe à une navette dans l'estomac qui s'appelle le Facteur Intrinsèque. Puis, elle chemine tout le long de l'intestin pour n'être absorbée que dans l'iléon terminal (les autres éléments sont généralement absorbés majoritairement au début de l'intestin, dans le duodénum et le jéjunum, voir cours de DEUG 1).

+ Rôles. Coenzyme du cycle qui va de l'hème à l'hémoglobine, donc indispensable pour le transport d'O₂. Est aussi impliquée dans la chaîne de réactions qui fait passer le ribose en désoxyribose donc nécessaire à la synthèse protéique.

+ Stockable dans le foie (exception à la règle de la non stockabilité des vitamines hydrosolubles)

Sources. Produits carnés et surtout les viandes rouges, laitages et œufs

+ AQR : 2 µg/jour

+ A noter. Réputée pour être le principal problème des végétariens. Utilisée souvent comme prétexte pour « effrayer » les candidats au végétarisme, mais en réalité ne concerne que les végétaliens (qui ne mangent ni laitages, ni œufs) et encore, surtout les enfants.

La vitamine C ou acide ascorbique

+ Particularité. Chimiquement proche du glucose (C₆H₈O₆)

+ Rôles. Polyvalent. Anti-radicaux libres (piège les peroxydants), aide à la synthèse des corticoïdes, agent anti-infectieux (les anticorps ont besoin de ponts disulfure pour être opérationnels, permis grâce à la vitamine C), synthèse du collagène.

+ Sources. Agrumes, légumes (surtout les crucifères), persil

+ NS

+ AQR : 60 à 100 mg/jour

+ A noter. La fatigue fait partie du tableau de carence mais toute fatigue n'est pas synonyme de carence en vitamine C

Quelques vitamines liposolubles impliquées dans les APS

La vitamine A ou Rétinol

+ Particularités. Bien que liposoluble et donc liée aux aliments gras, on la trouve dans les légumes sous la forme d'un précurseur du rétinol appelé β carotène.

+ Rôles. Important dans la vision, en particulier la vision nocturne. La synthèse d'ARNm est aussi une fonction du rétinol, ce qui fait qu'il est impliqué dans la croissance et la différenciation cellulaire.

+ Sources. Huile de foie de morue, foie, pour le rétinol et légumes (carottes mais aussi légumes verts à feuilles sombres) pour le β carotène

+ Stockable, notamment dans le foie

+ AQR : on l'exprime en Equivalent Rétinol (ER) puisque le β carotène peut donner du rétinol. La conversion se fait en considérant que 6 µg de β carotène = 1 ER. Les besoins sont de 1 mg/jour soit environ 1000 ER.

La vitamine D ou Cholécalférol

+ Particularités. C'est en fait une hormone, synthétisable aussi à partir des Ultra Violettes par conversion sous cutanée de la provitamine D en cholécalférol. Ceci fait que les carences ne sont pas exceptionnelles lorsqu'on a la peau sombre et que l'on vit sous un climat peu ensoleillé. Sinon, l'alimentation l'apporte. Elle a un parcours complexe puisqu'elle doit être transformée par le foie puis le rein avant de devenir biologiquement active. La carence s'exprime sous la forme du rachitisme.

+ Rôles. L'absorption intestinale du calcium et sa fixation osseuse.

+ Sources. Foie, œufs, laitages, huiles

+ Stockable (toujours le foie)

+ AQR : 10 µg/jour mais on parle le plus souvent en unités internationales (UI) = 400 UI/jour.

La vitamine E ou Tocophérol

+ Rôles. Fonction membranaire, mitochondriale et anti-oxydant majeur. En tant que tel, c'est un protecteur cellulaire.

+ Sources. Huile de germe de blé, céréales complètes, haricots secs, foie (comme d'habitude)

+ AQR : 10 mg/jour

+ A noter. Il existe une corrélation inverse entre quantité de fibres de type I et concentration sanguine en vitamine E : consommation de la vitamine E par le muscle dont les fibres I, riches en mitochondries, produisent beaucoup de radicaux libres. Lors d'une carence en vitamine E, il y a une baisse de l'activité de la chaîne respiratoire et une diminution du potentiel aérobie.

De même il existe une augmentation de l'attaque peroxydante avec altération des lipides membranaires.

Vitamines et APS : faut-il supplémenter ?

Introduction

+ On appelle ergogène un élément qui améliore le travail, la performance. On n'est pas loin du produit dopant mais les suppléments alimentaires ne sont pas à ce jour considérés comme des produits dopants.

+ Couverture des besoins : celle qui couvre 97,5% de la population mais les besoins spécifiques (sportifs ou phase de croissance ou grossesse etc.) ne sont pas pris en compte dans cette valeur globale.

+ Supplémenter peut être soit :

◦ Motivé par la prévention d'une carence

◦ Motivée par la recherche d'un effet pharmacologique ou d'un surplus nécessaire à la surcharge de travail (par exemple la vitamine E pour lutter contre les radicaux libres produits par les efforts d'endurance, la vitamine B6 pour fournir l'énergie supplémentaire d'une période d'entraînement intensif, les vitamines B9 et B12 pour aider à la fabrication de l'hémoglobine).

+ Problème : le surplus va-t-il aller là où on l'attend ? Ce n'est pas toujours le cas, soit qu'il soit détruit dans la lumière intestinale, soit qu'il ne soit pas absorbé parce que l'organisme absorbe moins quand il a assez (phénomène d'adaptation de l'absorption aux besoins réels et non supposés), soit qu'il est éliminé dans les urines après absorption car il n'est pas stockable (exemple de la vitamine C).

+ On peut avoir une stratégie de stockage pour les liposolubles mais d'une part il faut faire une bonne règle de 3 pour ne pas risquer un excès toxique et d'autre part ni la vitamine E, D ou A ne sont à l'heure actuelle des ergogènes prouvés.

+ Penser aussi à la fragilité des vitamines (notamment de la vitamine C

En pratique

Couvrir les besoins courants

+ Vitamine C et B9 par les fruits et légumes (au moins 400 g par jour, c'est à dire deux gros fruits et une portion de légumes quotidiens). Cuire légumes à l'étouffée ou au micro-onde.

+ Vitamines B1 à 6 par les produits animaux (1 fois par jour) ou par la levure de bière pour les végétariens sportifs (2 fois par jour)

+ Vitamines A et E par les matières grasses insaturées. Préférer le beurre cru comme source de saturées.

+ Vitamines D par une bonne exposition solaire quelques dizaines de minutes quotidiennes. Sinon, laitages (au moins 3 par jour pour les filles) et du foie pour ceux qui aiment ça, une fois par mois par exemple.

Besoins spécifiques du sportif

Action anti-oxydante (on devrait dire peroxydante).

+ Lors des contractions excentriques et de l'activité aérobie, il y a une destruction de fibres musculaires et production importante de radicaux libres.

+ Il faut noter que l'entraînement diminue la proportion de RL par intensité d'effort.

+ Les résultats de supplémentation n'ont pas montré d'effet spectaculaire.

◦ On note toutefois, avec 500 mg de vitamine C par jour pendant plusieurs semaines ou 3 g par jour pendant les 3 jours qui précédaient un exercice intense et prolongé une réduction des douleurs musculaires sans augmentation de la performance.

◦ Avec la vitamine E, 200 mg par jour pendant 3 semaines ou plusieurs mois ont donné des résultats identiques en termes de potentiel anti-radicalaire.

◦ Un mélange de 400 UI de vitamine E et de 200 mg de vitamine C a permis une augmentation du potentiel antioxydant si pris 1 mois avant un marathon.

+ On remarquera que l'effet bénéfique de ces vitamines est surtout démontré par l'effet néfaste de leur insuffisance : un bas niveau de vitamine C et E entraîne une baisse de la performance.

+ Attention à la prise de fer qui augmente la production de RL. Or, on sait que les coureurs en endurance prennent souvent du fer pour lutter contre l'anémie due aux micro-saignements intestinaux.

Amélioration de la bio-énergétique

+ Surtout les vitamines B1, B2, B6 et B12

+ Arguments en faveur de la supplémentation (à discuter)

◦ Statut vitaminique des personnes actives est parfois inférieur aux populations sédentaires

◦ Augmentation de la dépense énergétique et du catabolisme protéique de l'exercice

◦ Diminution de la capacité d'effort lors de déficiences vitaminiques

◦ Plus le statut en vitamines B6 est bon, plus la performance est élevée.

Minéraux : sources, fonctions et relations avec les APS

Quelques minéraux critiques dans les APS

Le potassium :

+ l'équilibre hydroélectrolytique

+ Principaux caractères à retenir :

- essentiel à la conduction de l'influx nerveux le long de la membrane neuronale et musculaire
- essentiel au maintien de l'osmolarité des compartiments hydriques
- principalement intracellulaire
- distribué dans tout l'organisme
- surcharge et carence ont des effets relativement similaires = troubles du rythme cardiaque et arrêt cardiaque
- surplus est éliminé sauf problème rénal
- attention aux médicaments qui retiennent le potassium (exemple : certains antihypertenseurs)
- la carence provient le plus fréquemment d'une alimentation déficiente ou de vomissements et diarrhées organiques (gastro-entérite) ou non (boulimie)
- fourchette de tolérance étroite : 3 à 4 mEq/l
- sources principales : bananes, fruits secs

Le sodium

+ L'équilibre hydroélectrolytique

+ Principaux caractères à retenir

- rôle relativement identique au potassium même si en miroir (extracellulaire)
- bénéficie d'une régulation sodée (pompe à sodium)
- élément essentiel de l'équilibre hydroélectrolytique lors des agressions thermiques ou d'exercices très thermogènes et déshydratants
- le sodium est consommé dans le sel (0,4 g de sodium se trouvent dans 1 g de sel) mais aussi dans les aliments naturellement salés
- AQR : environ 1 à 2 g
- rares carences sauf diurétiques ou réhydratation hypotonique après effort prolongé
- surplus est uriné (car il y a une régulation) mais peut => Hypertension artérielle chez sujets prédisposés
- signes de carences : apathie, troubles de conscience

Le fer

+ C'est un oligo-élément

+ C'est l'élément fondamental de l'apport en O₂ aux muscles puisque c'est lui qui, dans l'hème, fixe les molécules d'O₂ (60% du fer de l'organisme est dans l'hémoglobine)

+ Il est aussi un coenzyme de nombreuses réactions (par exemple : formation de l'urée)

+ Il y en a environ 50 mg/kg soit 3,5g/70 kg

+ Le fer possède des rôles contradictoires

- bénéfique parce qu'il est crucial pour l'aérobie
 - néfaste parce qu'il est générateur d'agents oxydants (radicaux libres)
- + Relation avec les APS : avant même une carence vraie, on observe une diminution des performances objectivée par une réduction du pyruvate cellulaire.
- + Le problème est de savoir si l'on a à faire à des carences vraies car :
- le fer est d'autant plus absorbé par l'organisme qu'il est contenu en faibles quantités dans l'alimentation (de 5 à 35% d'absorption pour le même aliment)
 - l'absorption du fer par l'intestin est augmentée par certains agents tels que la vitamine C, diminuée par d'autres (fibres)
 - le fer est absorbé différemment s'il est héminique (5 à 35% s'il est lié à l'hème comme dans les viandes rouges) ou non héminique (2 à 20% pour le fer des végétaux).
- + Chez l'athlète, l'anémie est souvent passagère et les carences en fer ne sont pas plus fréquentes que dans une population témoin.
- + AQR : 10 mg pour les hommes, 15 mg pour les femmes
- + Sources : viandes rouges, foie, cacao, céréales complètes, pois

Le calcium

+ Le plus abondant des minéraux dans l'organisme (1 kg environ)

+ Deux principales fonctions :

- structure de l'os sur squelette protéique (90%)
 - contraction musculaire par liaison à la troponine
- + Son absorption est modifiée par de nombreux agents tels que fibres, graisses (savons insolubles), pH alcalin (qui la réduit), vitamine C, D et lactose (qui l'augmente).
- + Le métabolisme du calcium est régulé par la **parathormone**, hormone sécrétée par la parathyroïde, et la **vit D**

+ Les sources sont les laitages, les fromages (représentent 75% des apports) mais aussi les fruits oléagineux

+ Les risques de la carence sont l'ostéoporose (mais tardive puisque ne se manifeste qu'après la ménopause), la fatigabilité musculaire (mais peu spécifique), les troubles de la sensibilité (fourmillements par exemple)

+ AQR : 1g à 1.2 g

+ On peut augmenter sa densité osseuse par l'entraînement par activation des ostéoblastes.

Le sélénium

+ C'est un oligo-élément indispensable dont la fonction principale pour le sportif est d'être incorporé au glutathion peroxydase, un anti-oxydant essentiel. Agit en synergie avec les vitamines A et E.

+ Sa présence dans le sol conditionne celle dans l'organisme humain via sa concentration dans le muscle des animaux consommés. Peu abondant dans les végétaux.

+ Sa carence entraîne une fatigue musculaire.

+ AQR : 70 µg/jour

Quelques problèmes d'apports en minéraux chez le sportif et l'adolescent

Par groupe d'aliments

+ Les viandes, **surconsommées**, peuvent augmenter le potentiel peroxydant de l'alimentation (en particulier via le fer). Leur **élimination** (régime végétarien) fait peser le risque d'une carence en fer surtout chez l'adolescente pubère avec installation des cycles et menstruations parfois "capricieuses".

+ La charcuterie procure un apport en sodium important => risque d'augmentation des boissons par régulation hydrosodée => risque de variations osmolaires mais aussi d'HTA chez individus présentant une susceptibilité

+ Les laitages sont parfois sacrifiés => manque de calcium

Par minéral

+ **Fer** : parmi les individus pratiquant un sport on estime à 25% chez les femmes et 10% chez les hommes la carence en fer.

+ **Calcium** : les apports calciques semblent stagner entre 3 et 15 ans, autour de 800 mg par jour, alors qu'ils devraient augmenter. La forte augmentation de la longévité rend les besoins en calcium importants lors de l'ossification et impliquent à élever le niveau d'exigence au cours de l'adolescence, surtout chez les femmes, les plus sujettes à la décalcification lors de la ménopause, et les plus concernées par l'augmentation de la longévité (tout au moins les non fumeuses).

+ **Sélénium** : chez les végétariens notamment dans régions dont les sols ont une faible concentration séléniée.

Minéraux et APS : faut-il supplémenter ?

Les boissons bicarbonatées

+ Propriété : apporte des sources de tampons acide – base

+ Objectifs : lutter contre l'acidose qui nuit à la résistance durant l'effort (les bicarbonates augmentent par exemple le passage d'acide lactique au lactate)

+ Taux utilisés dans cette indication : 300 mg/kg de poids soit environ 2 g, dilué dans 500 ml

+ Type d'effort pour lequel des effets bénéfiques ont été observés : supérieurs à 2 min

+ Problème : tolérance digestive faible. Meilleure avec sels de citrate ou si consommée en 5 fois (1000 ml en 6 fois, toutes les 10 min par exemple, pour effort d'une heure)

Les suppléments en fer

+ Supplémentation ne devrait concerner que :

- Végétariens

- Sportifs en aérobic prolongée (coureurs de longue distance)

- Spoliations sanguines occultes (menstruations, micro-saignements de la muqueuse intestinale lors d'épreuves d'endurance)

- Carences avérées (par prise de sang)

+ Attention :

- à la médiocre tolérance de la supplémentation en fer (constipation, selles noires, douleurs intestinales).

Aux doses recommandées (supérieures à 50 mg), l'observance est médiocre. Des apports plus espacés (une à deux fois par semaine) seraient mieux supportés.

- au pouvoir peroxydant du fer.

- à la possibilité que la diminution de l'hématocrite chez le sportif ne soit pas qu'un phénomène adaptatif (baisse de la viscosité grâce à la baisse de l'hématocrite)

+ La consommation, une fois par jour, de viande (100 à 150 g) est suffisante pour éviter la perte du capital ferrique.

+ Sinon supplément en fer à doses de 25-50 mg/j

L'ossification et l'ostéoporose

+ La masse osseuse totale est atteinte à l'âge de 26 ans. 90% de cette masse est atteinte à 17 ans => nécessité de ne pas rater la période où l'apport calcique est le plus important (de la puberté à la fin de l'adolescence)

+ Après, le problème est de réduire la perte osseuse

+ A noter que les APS augmentent la minéralisation osseuse, mais seulement si elle est commencée au moment de la ménarche chez les filles => augmente de 5% la densité minérale osseuse

+ Interaction calcium et APS : sans les APS, l'effet du calcium sur la minéralisation osseuse est faible. Sans le calcium, l'effet des APS ne vaut pas beaucoup mieux. Mais au-delà d'1 g par jour, il n'y a pas d'amélioration de l'interaction chez l'adolescent.

La performance

+ Les bicarbonates ont été utilisés dans ce but

+ Lorsque l'effort est fractionné et inférieur à 7 min (mais supérieur à 2 min), la performance est de plus en plus améliorée grâce à une concentration en ions H⁺ inférieure

+ Rien de probant en ce qui concerne les autres minéraux.