

SUPPLÉMENTATION EN OMÉGAS-3

Que conseiller aux sportifs ?



Entretien avec le Dr Catherine Garrel

Praticien hospitalier, CHU de Grenoble, département de Biologie-Toxicologie-Pharmacologie, Unité fonctionnelle de Biochimie-Hormonologie-Nutrition, responsable du laboratoire de stress oxydant, membre consultant de la Société française de Nutrition du sportif (SFNS)

Un article récent de L'Équipe magazine (octobre 2013) en témoigne : l'usage irrationnel des compléments alimentaires est très fréquent chez le sportif. Nous avons choisi de demander l'avis du Dr Catherine Garrel sur l'usage des omégas-3.

LES OMÉGAS-3

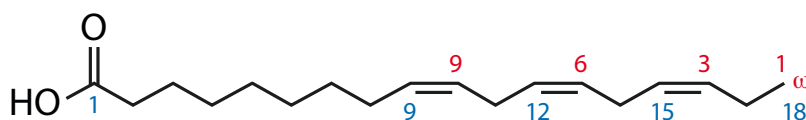
Dr Gérard Nicolet : Les sportifs réclament des compléments alimentaires, et en particulier des omégas-3, pour améliorer leur performance. Que sont les omégas-3 et quelle est votre position sur ce sujet ?

Dr Catherine Garrel : Les omégas-3 sont des acides gras polyinsaturés, c'est-à-dire des acides gras à longues chaînes hydrocarbonées possédant un certain nombre de doubles liaisons. Les trois principaux sont :

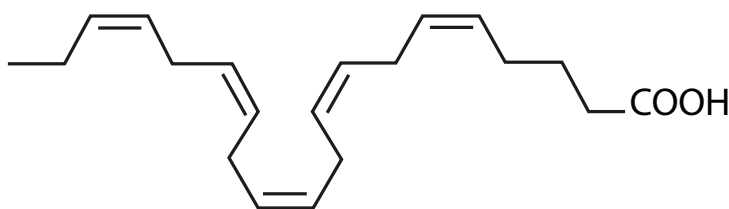
- l'acide alpha-linolénique (ALA) qui est le précurseur ;
- l'acide eicosapentaénoïque (EPA) ;
- l'acide docosahexaénoïque (DHA) (Fig. 1).

L'acide alpha-linolénique (ALA) est dit "essentiel" car l'organisme en a besoin mais ne peut pas le synthétiser. L'EPA et le DHA peuvent être

A. Structure de l'ALA



B. Structure de l'EPA



C. Structure du DHA

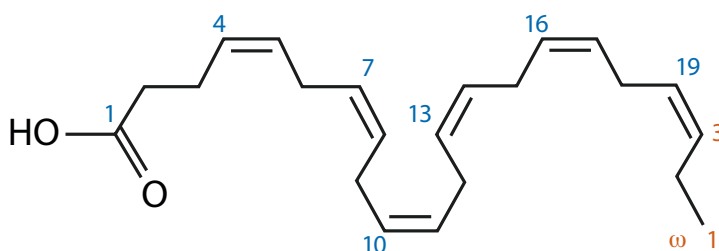


Figure 1 - A : Structure de l'ALA ; B : Structure de l'EPA ; C : Structure du DHA

synthétisés à partir de l'ALA mais pas en quantité suffisante pour répondre aux besoins de l'organisme. C'est donc par le biais de l'alimentation que ces acides gras, et en particulier l'ALA, sont apportés à l'organisme. On trouve l'ALA surtout dans l'huile de colza, l'huile de lin, l'huile de noix, l'huile de soja, les noix, les algues et dans certains végétaux comme la mâche, la laitue, le chou et les épinards, alors que l'EPA et le DHA sont apportés par les poissons gras, en particulier ceux vivant dans les eaux froides et en liberté (saumon, sardines, maquereaux, morue).

Les oméga-3 possèdent de nombreuses fonctions. Ce sont des constituants fondamentaux des membranes cellulaires. Ils jouent un rôle important sur l'équilibre, l'architecture, la fluidité et la formation de

études scientifiques et cliniques ont permis de conclure qu'une carence en oméga-3 augmentait les risques de mort subite d'origine cardiaque et que la consommation régulière et à dose physiologique de poissons et d'huiles riches en oméga-3 était un facteur efficace de protection vis-à-vis des risques cardiovasculaires et des problèmes d'arythmie.

En revanche, les essais cliniques de prévention cardiovasculaire à base de suppléments ont donné des résultats divergents et les bienfaits supposés des oméga-3 en tant qu'outil de prévention cardiovasculaire globale n'ont donc pas été réellement prouvés. Ils pourraient d'ailleurs être remis en question par une méta-analyse concernant 70 000 patients, publiée en 2013 dans *The Journal of American Medical*

la consommation de poissons gras deux à trois fois par semaine.

Les apports nutritionnels recommandés (ANR) en France sont de 2 g/jour (2 g/j chez l'homme et 1,6 g/j chez la femme), ce qui correspond en fait à une alimentation équilibrée puisqu'il est reconnu qu'une cuillère à soupe d'huile de colza renferme 1,3 g d'oméga-3 au même titre que 70 g de saumon sauvage, qu'une poignée de noix ou que 120 g de thon.

Néanmoins, **il est conseillé de ne pas dépasser des doses journalières ou tout au moins 3 g/j**, car il a été prouvé que la consommation d'oméga-3 en excès et à long terme, en dehors d'une indication particulière, est à l'origine de problèmes de coagulation et de risques hémorragiques accrus, d'une baisse de la glycémie, d'une augmentation des taux de cholestérol (LDL) et d'une diminution des réponses immunitaires et inflammatoires.

Il est reconnu que les oméga-3 sont bénéfiques pour la santé lorsqu'ils ne sont pas en excès dans l'organisme.

G. N. : Comment évaluer si un individu est déficitaire ou excédentaire en oméga-3 ?

C. G. : Certains nutritionnistes, micronutritionnistes ou diététiciens, préconisent des questionnaires alimentaires pour évaluer le statut en oméga-3 d'un individu. Or, il est clairement reconnu par la communauté scientifique, et cela pour différentes raisons (qualité de l'aliment ingéré, qualité d'émulsion des lipides absorbés, état du statut enzymatique, de la fonction digestive et de la capacité d'absorption de l'individu, de son état inflammatoire...), que le contenu de l'assiette est très mal corrélé aux taux de nutriments qui sont retrouvés au niveau sanguin.

C'est pourquoi l'évaluation du statut en acides gras polyinsaturés, et en particulier en oméga-3, ne peut se faire que sur la base de bilans

LES BIENFAITS SUPPOSÉS DES OMÉGA-3 EN TANT QU'OUTIL DE PRÉVENTION CARDIOVASCULAIRE N'ONT PAS ÉTÉ RÉELLEMENT PROUVÉS.

ces membranes, en particulier au niveau neuronal. L'EPA et surtout le DHA représentent un tiers de la structure membranaire du cerveau. Les oméga-3 participent au renouvellement des gaines neuronales et contribueraient au maintien de certaines fonctions cognitives comme la mémoire, la capacité de concentration et d'apprentissage, jouant ainsi un rôle sur le bien être mental et sur la dépression. Ils agissent également sur l'élasticité des vaisseaux sanguins, sur la régulation de la tension artérielle, du rythme cardiaque et du système immunitaire, et sont dotés de propriétés anti-inflammatoires, anti-arythmogènes, anticoagulantes et vasodilatatrices.

On attribue donc aux oméga-3 de nombreux effets bénéfiques sur la santé, surtout au niveau du système cardiovasculaire.

Depuis la constatation dans les années 1970 de la faible prévalence des maladies cardiovasculaires chez les esquimaux, très grands consommateurs de poisson, donc d'acides gras polyinsaturés, de nombreuses

études scientifiques et cliniques ont permis de conclure qu'une carence en oméga-3 augmentait les risques de mort subite d'origine cardiaque et que la consommation régulière et à dose physiologique de poissons et d'huiles riches en oméga-3 était un facteur efficace de protection vis-à-vis des risques cardiovasculaires et des problèmes d'arythmie.

En revanche, les essais cliniques de prévention cardiovasculaire à base de suppléments ont donné des résultats divergents et les bienfaits supposés des oméga-3 en tant qu'outil de prévention cardiovasculaire globale n'ont donc pas été réellement prouvés. Ils pourraient d'ailleurs être remis en question par une méta-analyse concernant 70 000 patients, publiée en 2013 dans *The Journal of American Medical*

Association (JAMA), qui ne retrouve un effet protecteur global que très modeste. Pour certains auteurs, il se pourrait que les effets d'une supplémentation en oméga-3 puissent n'être liés qu'à la correction de déficits d'apports dans les populations cibles. Ce qui fait qu'à l'heure actuelle, en France, une seule autorisation de mise sur le marché (AMM) a été accordée aux oméga-3 dans le cadre du traitement adjuvant en prévention secondaire de l'infarctus du myocarde, en association avec les traitements de référence. Quoi qu'il en soit et jusqu'à preuve du contraire, les oméga-3 sont dotés d'effets bénéfiques pour la santé et l'organisme ne doit pas en être déficitaire. Des études ont en effet montré qu'un déficit en oméga-3, outre les problèmes cardiologiques, peut entraîner des comportements dépressifs, de la fatigue, des pertes de mémoire, des troubles de la circulation sanguine. L'OMS conseille une alimentation riche en oméga-3, et en particulier

biologiques spécialisés appelés bilans ou profils d'acides gras polyinsaturés.

Quelques laboratoires d'analyses médicales sont capables de réaliser des profils d'acides gras polyinsaturés plasmatiques (qui reflètent la qualité des apports alimentaires) et érythrocytaires (qui reflètent le statut en acides gras des membranes) et ainsi de déterminer les concentrations plasmatiques et érythrocytaires en oméga-3.

En revanche, il n'existe pas de valeurs seuils plasmatiques et érythrocytaires standardisées et reconnues comme hautes ou basses. Chaque laboratoire a ses propres valeurs normales et contrairement à certains marqueurs de la biologie classique, il n'y a pas de standardisation inter-laboratoire des valeurs normales. Le statut en oméga-3 d'un individu est donc évalué en fonction des valeurs normales du laboratoire qui doivent être rigoureusement réalisées sur un nombre important d'individus sains, exempts de toute supplémentation et ayant une alimentation saine et équilibrée, apportant notamment 2 g d'oméga-3 par jour conformément aux ANR.

SPORTIFS ET OMÉGAS-3

G. N. : Les oméga-3 sont-ils importants pour le sportif ?

C. G. : Étant donné que les oméga-3 sont des composants structuraux fondamentaux des membranes cellulaires et qu'ils participent ainsi à la solidité de ces membranes, donc des cellules, qu'ils ont des effets cardioprotecteur, antidépresseur et anti-inflammatoire, qu'ils interviennent dans la réponse immunitaire, dans le maintien des fonctions cognitives, il est clair qu'ils possèdent un certain nombre de fonctions particulièrement intéressantes et bénéfiques pour le sportif.

Un statut optimal en oméga-3 chez le sportif va donc favoriser une optimisation de son état général et mental, et donc, par voie de

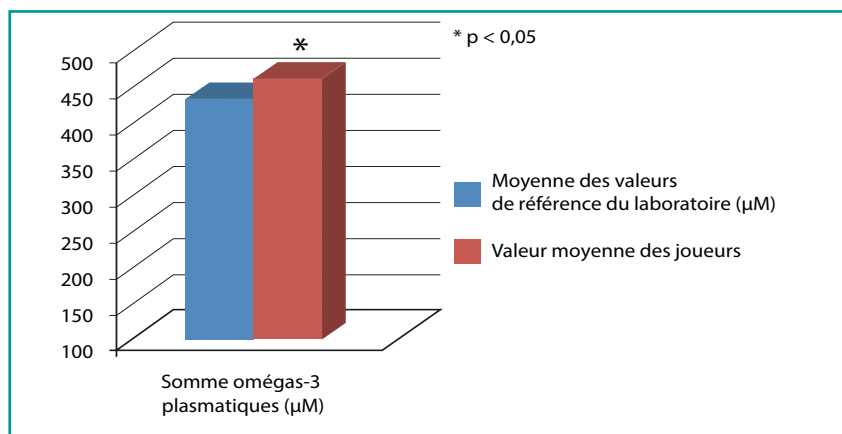


Figure 2 - Comparaison de la moyenne de la somme des oméga-3 plasmatiques en µM de 47 footballeurs professionnels d'une équipe de ligue 1 en milieu de saison par rapport à la moyenne des valeurs de référence du laboratoire.

conséquence, contribuer à de meilleures performances sportives et peut-être minimiser le risque de blessure du fait de son implication sur la structure des membranes cellulaires.

G. N. : Y a-t-il un intérêt à supplémenter les sportifs en oméga-3 ?

C. G. : Supplémenter veut dire "enrichir une alimentation en lui ajoutant un produit qui lui manque". Donc, la première question à se poser est : **« Est-ce qu'un sportif, et en particulier un sportif de haut niveau, en raison des efforts intensifs qu'il fournit et des charges de travail importantes, est déficitaire en oméga-3 et a besoin d'être supplémenté ? »**

De manière générale, il existe des idées préconçues sur les sportifs de haut niveau et on pense que, par rapport à des individus sédentaires, leur besoins sont augmentés et ils sont donc forcément carencés en toute sorte d'éléments indispensables à l'organisme. Cela explique le besoin d'un grand nombre de sportifs de se supplémenter de manière quasi-systématique en antioxydants, en vitamines et en oméga-3, sans dosage biologique au préalable, afin d'optimiser leur état de santé, leur performance, leur récupération et de minimiser les risques de blessures.

On sait maintenant que la prise excessive et à long terme de suppléments, comme par exemple des vitamines antioxydantes ou des

minéraux, n'augmente absolument pas les performances mais peut en revanche entraîner des effets toxiques sur la santé et inverses à ceux attendus sur la fonction musculaire.

Dans le cadre du suivi de sportifs de haut niveau que nous faisons au CHU de Grenoble, nous avons réalisé plus de 600 bilans d'acides gras polyinsaturés plasmatiques et érythrocytaires sur différents types de sportifs, majoritairement sur des footballeurs professionnels d'équipes de ligue 1, très bien suivis sur le plan nutritionnel. Nous avons mis en évidence que cinq sportifs seulement étaient réellement déficients en oméga-3 (Fig. 2) et que d'un point de vue global et statistique, il n'existe pas de déficit en oméga-3 chez les footballeurs professionnels par rapport à une population de référence sédentaire (publication en cours de rédaction).

Cela signifie donc, et contrairement à ce qu'on peut penser, qu'une alimentation équilibrée peut suffire à assurer un apport optimal en oméga-3 chez les sportifs de haut niveau et qu'une supplémentation systématique n'est donc absolument pas justifiée. »

Néanmoins, pour toute une quantité de raisons, ce qui est valable pour une majorité de sportifs n'est pas forcément valable pour d'autres. Certains peuvent néanmoins être carencés et une supplémentation

Encadré - Les omégas-3 au cœur de la polémique.

Alors que le 2 novembre, Fabrizio Ravanelli est licencié de son poste d'entraîneur de l'équipe de football d'Ajaccio (Athletic Club Ajaccio), ses méthodes de préparation sont rapidement mises en cause.

L'ancien entraîneur de l'ACA aurait inciter les joueurs à consommer certains produits tels que créatine, acides aminés et omégas-3, dans le but d'optimiser les performances.

Fabrizio Ravanelli se défend en soulignant que les joueurs étaient suivis par un nutritionniste et que les produits qui leur étaient donnés ne sont pas des produits dopants mais des compléments alimentaires. Ces produits semblent faire l'objet d'un phénomène de mode et les entraîneurs n'y échappent pas.

Mais attention aux dérives, la consommation de telles substances n'est pas anodine et doit être décidée au cas par cas, en fonction du bilan biologique de chacun.

entraînés, mais pourraient diminuer les douleurs liées à l'exercice et les lésions des cellules musculaires.

Cependant, ces derniers résultats ne permettent pas de définir à quelle dose et pendant combien de temps un sportif pourrait éventuellement se supplémenter en omégas-3, et en plus, ils nécessitent d'être confirmés par un plus grand nombre d'études pour apporter des conclusions permettant une supplémentation. Par ailleurs, ces études ne relatent pas le statut sanguin en omégas-3 des individus testés au départ des études et il est donc difficile de savoir si ces effets sont réellement dus à la supplémentation ou uniquement liés à la correction de déficits d'apports dans les populations étudiées.

en omégas-3 peut alors être nécessaire, d'où l'intérêt de réaliser des bilans d'acides gras polyinsaturés chez les sportifs afin de vérifier leur statut biologique et d'éviter de supplémenter à l'aveugle et inutilement.

G. N. : Pour certains, une supplémentation en omégas-3 peut avoir un effet bénéfique spécifique sur la fonction musculaire, les performances, la récupération ou encore le risque de blessure. Cet effet, qui justifierait l'usage des omégas-3, a-t-il été établi scientifiquement ?

C. G. : L'effet d'une supplémentation en omégas-3 sur la fonction musculaire a fait l'objet d'un certain nombre d'études scientifiques. Il a notamment été mis en évidence qu'une incubation de cellules de muscle squelettique par des omégas-3 augmente la biosynthèse des mitochondries.

Chez l'Homme, l'étude de Tartibian a montré qu'en supplémentant des sujets non entraînés avec 1,8 g/j d'omégas-3 pendant le mois précédant l'étude, on diminuait les marqueurs de l'inflammation, la concentration plasmatique de LDH (lactate-déshydrogénase, enzyme qui est le signe d'une souffrance cellulaire) et les douleurs musculaires d'apparition retardée induites

par l'exercice. L'effet sur les douleurs a été retrouvé par Jouris qui a supplémenté des sujets non entraînés par 3 g/j d'omégas-3 pendant 7 jours avant un exercice.

L'équipe de Guzman a, quant à elle, montré que 3,5 g/j d'omégas-3 pendant 1 mois chez des footballeuses professionnelles améliorerait la fonc-

IL EST IMPORTANT QUE LES SPORTIFS AIENT UNE ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE QUI LEUR APPORTE UNE QUANTITÉ JOURNALIÈRE D'OMÉGAS-3 PRÉCONISÉE PAR LES ANR.

tion des motoneurones, donc la réactivité à réaliser certains exercices.

En ce qui concerne l'effet d'une supplémentation sur les performances sportives, l'étude de Raastad et celle de Nieman ont respectivement montré que 2,64 g/j d'omégas-3 pendant 10 semaines à 23 cyclistes professionnels, pendant 6 semaines avant une course et pendant 3 jours après, et 2,4 g/j pendant 10 semaines à des footballeurs professionnels n'augmentaient pas leur performance.

À l'heure actuelle, ces études montrent qu'une supplémentation en omégas-3 n'aurait aucun effet sur les performances des sportifs bien

Un autre effet supposé d'une supplémentation en omégas-3 est qu'ils augmenteraient la masse musculaire du sportif. En fait, tout est parti d'une étude publiée en 2007 dans *Journal of physiology* qui a démontré sur des animaux que la consommation d'omégas-3 d'origine marine pendant 5 semaines aurait un effet positif sur le métabolisme des protéines

musculaires. L'hypothèse a donc été émise qu'une supplémentation en omégas-3 chez des athlètes pourrait accroître leur masse musculaire.

Or, à ma connaissance aucune étude n'a à l'heure actuelle démontré cet effet chez le sportif bien que les sites Internet qui vendent des omégas-3 mettent en avant que « L'oméga-3 est donc intéressant pour les sportifs souhaitant accroître leur masse musculaire » (sic).

Enfin, si certaines études ont mis en évidence d'éventuels effets positifs d'une supplémentation en omégas-3 sur la fonction musculaire, d'autres, en revanche, ont mis en avant qu'une supplémentation pouvait être potentiellement

toxique chez le sportif. C'est le cas notamment des études de Filaire et McAnulty qui ont respectivement démontré qu'une supplémentation de 1 g/j pendant 6 semaines à des judokas professionnels avant une compétition et de 2,4 g/j à 48 cyclistes professionnels pendant 6 semaines avant un exercice épuisant et pendant les 3 jours suivant l'exercice, entraînait de manière significative l'apparition d'un stress oxydatif au niveau des lipides.

Ces résultats sont en accord avec les résultats (publication en cours de rédaction) que nous avons obtenus au laboratoire sur des footballeurs professionnels de ligue 1 et qui nous ont permis de mettre en évidence que l'ensemble des omégas-3 plasmatiques ainsi que, de manière isolée, l'EPA et le DHA plasmatiques, étaient corrélés positivement au malondialdéhyde (MDA) plasmatique, un marqueur du stress oxydatif au niveau des lipides (Fig. 3, 4, 5).

Or, il a été clairement établi qu'un stress oxydatif chez un sportif est potentiellement toxique pour la fonction musculaire et peut, s'il devient chronique, être à l'origine de fragilité et de lésions cellulaires, et d'un risque de blessure potentiel, de fatigue, de crampes et de mauvaise récupération. On sait que les sportifs représentent une population à risque de développer un stress oxydatif. En effet, il a largement été démontré que la contraction musculaire et l'exercice intensif génèrent une production accrue de radicaux libres dans l'organisme, en particulier dans les cellules musculaires qui sont à l'origine du stress oxydatif. Les omégas-3 sont constitués d'un certain nombre de doubles liaisons qui sont des cibles de choix pour les radicaux libres.

De ce fait, les omégas-3 sont des lipides très facilement oxydables. Ceci veut dire que si un sportif, qui a beaucoup plus tendance, par rapport à un individu sédentaire, à avoir des radicaux libres en excès dans le plasma, consomme des omégas-3 alors qu'il n'en a pas besoin parce que son statut cellulaire en omégas-3 est optimal, le surplus en omégas-3 non utilisé par l'organisme va

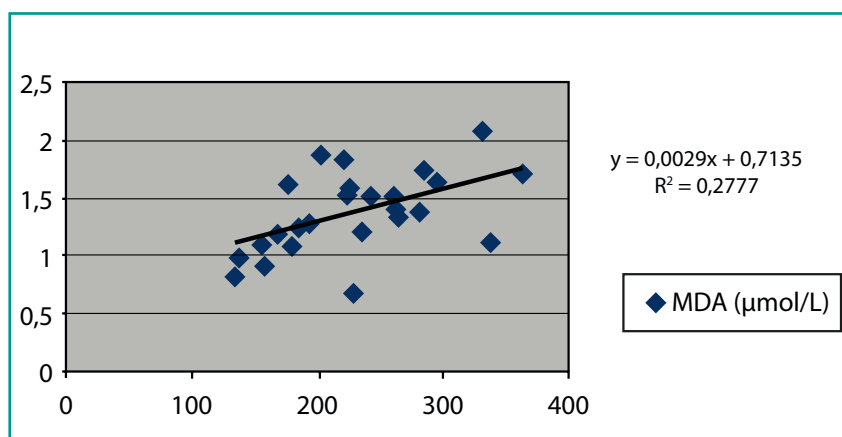


Figure 3 - Corrélation entre le taux de malondialdéhydes (MDA) plasmatiques et la concentration en DHA plasmatique chez des footballeurs de ligue 1 (août 2010).

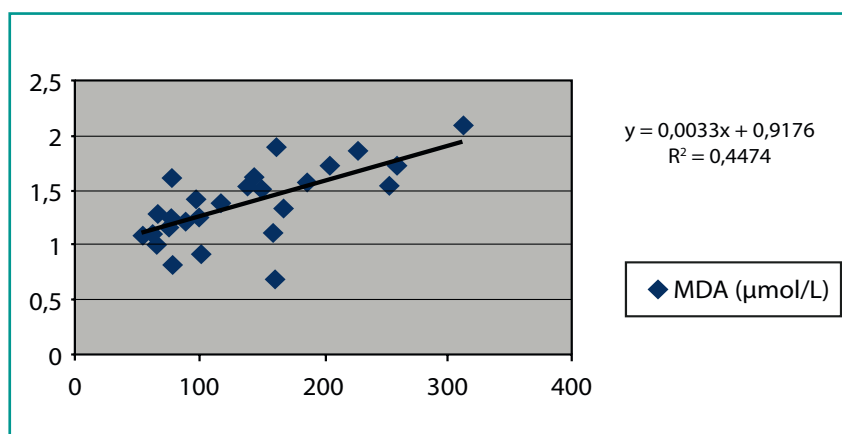


Figure 4 - Corrélation entre le taux de MDA plasmatiques et la concentration en EPA plasmatique chez des footballeurs de ligue 1 (août 2010).

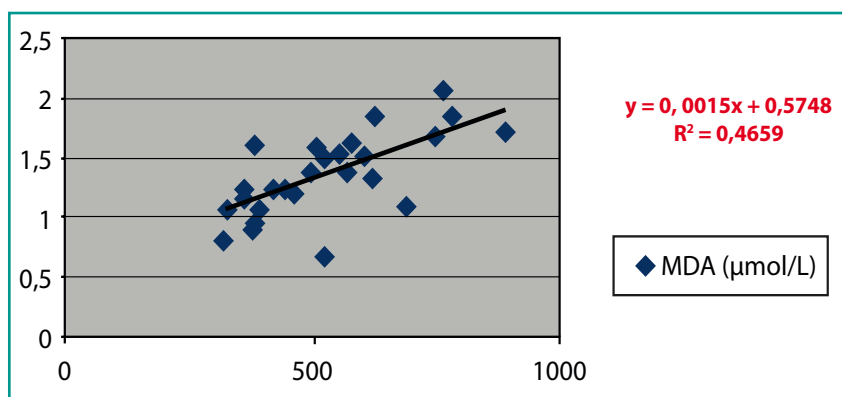


Figure 5 - Corrélation entre le taux de MDA plasmatiques et la somme des omégas-3 plasmatiques chez des footballeurs de ligue 1 (août 2010).

alors constituer le substrat privilégié des radicaux libres et donc le substrat privilégié pour générer l'apparition d'un stress oxydatif.

Avant d'éventuellement supplémenter un sportif en omégas-3, il est donc conseillé de vérifier que son système de défense antioxydant est optimal et qu'il n'est pas en état de stress oxydatif, auquel cas il serait fortement déconseillé de le

supplémenter afin de ne pas aggraver cet état de stress oxydatif.

CONCLUSION

G. N. : Que doit retenir le médecin chargé de conseiller les athlètes ?

C. G. : Du fait de leurs nombreux effets bénéfiques, les omégas-3 constituent une catégorie de lipides

indispensable à la santé physique et mentale des sportifs. Il est donc important que les sportifs aient une alimentation équilibrée qui leur apporte une quantité journalière d'omégas-3 préconisée par les ANR et qui semblerait suffisante, pour un grand nombre de sportifs, pour pallier leurs besoins et qu'il ne soient pas en déficit. Néanmoins, les effets supposés bénéfiques d'une supplémentation en omégas-3 sur la fonction musculaire sont loin, à l'heure actuelle, d'être concluants et aucune étude n'a démontré à ce jour, au même titre que pour les vitamines et oligoéléments, les effets positifs d'une supplémentation en omégas-3 sur les performances sportives. En revanche, il est clairement reconnu que toute

supplémentation non justifiée biologiquement ou cliniquement peut entraîner un risque de surdosage potentiellement toxique pour la santé et la forme physique des sportifs et qu'il convient d'être prudent avant d'envisager une supplémentation, quelle que soit cette supplémentation.

Il est donc conseillé de supplémenter un sportif en omégas-3 dans le seul but de combler d'éventuels déficits non pas supposés mais objectifs par des dosages sanguins et des bilans biologiques spécialisés.

La médiatisation des effets bénéfiques prêtés aux omégas-3 a en effet fait naître un marché florissant de compléments alimentaires avec

des allégations alléchantes pour le sportif mais loin d'être prouvées scientifiquement et dont il faut se méfier.

Une supplémentation en omégas-3, au même titre que toute autre supplémentation doit toujours être réalisée de façon raisonnée et s'appuyer avant tout sur la clinique et la biologie si l'on veut qu'elle soit bénéfique et sans danger pour le sportif. ■

**Propos recueillis
par le Dr Gérard Nicolet**

MOTS-CLÉS

Omégas-3, Supplémentation, Compléments alimentaires

Bibliographie

1. Mozaffarian D, Lemaitre RN, King IB et al. Plasma phospholipid long-chain ω -3 fatty acids and total and cause-specific mortality in older adults: a cohort study. *Ann Intern Med* 2013 ; 158 : 515-25.
2. Virtanen JK, Siscovick DS, Lemaitre RN et al. Circulating omega-3 polyunsaturated fatty acids and subclinical brain abnormalities on MRI in older adults: the cardiovascular health study. *J Am Heart Assoc* 2013 ; 2 : e000305.
3. Gingras AA, White PJ, P Yvan Chouinard PY et al. Long-chain omega-3 fatty acids regulate bovine whole-body protein metabolism by promoting muscle insulin signalling to the Akt-mTOR-S6K1 pathway and insulin sensitivity. *J Physiol* 2007 ; 579 : 269-84.
4. Messori A, Fadda V, Maratea D, Trippoli S. ω -3 fatty acid supplements for secondary prevention of cardiovascular disease: from "no proof of effectiveness" to "proof of no effectiveness". *JAMA Intern Med* 2013 ; 173 : 1466-8.
5. Masson S, Marchioli R, Mozaffarian D et al. Plasma n-3 polyunsaturated fatty acids in chronic heart failure in the GISSI-Heart Failure Trial: relation with fish intake, circulating biomarkers, and mortality. *Am Heart J* 2013 ; 165 : 208-15.
6. Lafourcade M, Larrieu T, Mato S et al. Nutritional omega-3 deficiency abolishes endocannabinoid-mediated neuronal functions. *Nat Neurosci* 2011 ; 14 : 345-50.
7. Schubert R, Kitz R, Beermann C et al. Influence of low-dose polyunsaturated fatty acids supplementation on the inflammatory response of healthy adults. *Nutrition* 2007 ; 23 : 724-30.
8. Begg DP, Sinclair AJ, Stahl LA et al. Hypertension induced by omega-3 polyunsaturated fatty acid deficiency is alleviated by alpha-linolenic acid regardless of dietary source. *2010* ; 33 : 808-13.
9. Kemperman RF, Veurink M, van der Wal T et al. Low essential fatty acid and B-vitamin status in a subgroup of patients with schizophrenia and its response to dietary supplementation. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2006 ; 74 : 75-85.
10. Inserm - INRA. Carence en oméga-3. *Nature Neuroscience* 08-02-2011.
11. Vaughan RA, Garcia-Smith R, Bisoffi M et al. Conjugated linoleic acid or omega 3 fatty acids increase mitochondrial biosynthesis and metabolism in skeletal muscle cells. *Lipids Health* 2012 ; 11 : 142.
12. Tartibian B, Maleki BH, Abbasi A. Omega-3 fatty acids supplementation attenuates inflammatory markers after eccentric exercise in untrained men. *Clin J Sport Med* 2011 ; 21 : 131-7.
13. Tartibian B, Maleki BH, Abbasi A. The effects of ingestion of omega-3 fatty acids on perceived pain and external symptoms of delayed onset muscle soreness in untrained men. *Clin J Sport Med* 2009 ; 19 : 115-9.
14. Mickleborough TD. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013 ; 23 : 83-96.
15. Jouris KB, McDaniel JL, Weiss EP. The effect of omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. *J Sports Sci Med* 2011 ; 10 : 432-8.
16. Raastad T, Høstmark AT, Strømme SB. Omega-3 fatty acid supplementation does not improve maximal aerobic power, anaerobic threshold and running performance in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 1997 ; 7 : 25-31.
17. Poprzecki S, Zajac A, Chalimoniuk M et al. Modification of blood antioxidant status and lipid profile in response to high-intensity endurance exercise after low doses of omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation in healthy volunteers. *Int J Food Sci Nutr* 2009 ; 60 : 67-79.
18. Guzmán JF, Esteve H, Pablos C et al. DHA-rich fish oil improves complex reaction time in female elite soccer players. *J Sports Sci Med* 2011 ; 10 : 301-5.
19. Filaire E, Massart A, Portier H et al. Effect of 6 weeks of n-3 fatty-acid supplementation on oxidative stress in Judo athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2010 ; 20 : 496-506.
20. McNulty SR, Nieman DC, Fox-Rabinovich M et al. Effect of n-3 fatty acids and antioxidants on oxidative stress after exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2010 ; 42 : 1704-11.
21. Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E et al. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem* 2008 ; 41 : 841-51.
22. Close GL, Ashton T, Cable T et al. Ascorbic acid supplementation does not attenuate post-exercise muscle soreness following muscle-damaging exercise but may delay the recovery process. *Br J Nutr* 2006 ; 95 : 976-81.