Lipides et ultra-endurance

MAIRE Corentin – BDNHS 2

Travail de recherche présenté à :
Marie-caroline SAVELIEFF et Carla DOMINGUES
Nutrition du sportif – Physiologie et métabolismes

EDNH – Paris *Année 2023-2024*

Table des matières

Table des matières 2

Introduction 3

I – L'utilisation des lipides dans l'ultra-endurance 4

A) Métabolisme à l'effort 4

B) Cross-over concept 4

C) Performance en ultra-endurance 5

Points clés : 5

II – Régimes influençant l'oxydation des graisses 6

A) Régimes longs 6

B) Régimes pré-compétitifs 7

C) Régimes à l'effort 7

Points clés : 8

III – Associations nutritionnelles 9

A) Caféine 9

B) Carnitine 9

C) Thé 10

D) Autres brûleurs de graisses 10

Points clé : 11

Conclusion 12

Abstract 13

Annexes 14

Bibliographie 16

Introduction

Les épreuves d'ultra-endurance sont de plus en plus populaires. Elles concernent essentiellement la course à pied, le cyclisme, la natation et le ski de fond, isolés ou combinés. Elles durent au minimum 4 heures. Pour de la course, on parlera d'ultra-endurance pour toutes les épreuves plus longues que le marathon. Sur les autres disciplines, il n'y a pas de distance minimum. Les disciplines d'ultra-endurance ne sont pas olympiques. Les épreuves les plus connues sont : la diagonale des fous (la Réunion), l'ultratrail du Mont-Blanc, l'Ironman d'Hawaï ou encore le marathon des sables (Sahara sud-marocain).

L'un des paramètres les plus importants dans une recherche de performance est l'alimentation. Les principales sources d'énergie utilisées à l'effort sont les glucides et les lipides. Les lipides sont des molécules organiques caractérisées par leur insolubilité dans l'eau. Ils se composent principalement de triglycérides, phospholipides et stérols. Ils sont une source d'énergie dense, fournissant deux fois plus d'énergie par gramme que les glucides ou les protéines. Les lipides ont d'autres rôles comme la composition structurelle des membranes cellulaires, la synthèse de certaines hormones ou la régulation des processus inflammatoires.

La question à laquelle nous allons essayer de répondre dans ce travail de recherche est la suivante : comment optimiser la performance grâce à l'oxydation des lipides dans d'ultra-endurance ?

Pour cela, nous nous intéresserons dans un premier temps à l'utilisation des lipides dans l'ultra-endurance. Ce chapitre traitera du métabolisme à l'effort avec la notion du cross-over concept. Ces deux éléments sont des prérequis pour comprendre sur quoi repose la performance en ultra-endurance. Dans un deuxième chapitre, nous analyserons les différentes repartions alimentaires qui influencent le métabolisme des graisses. Nous étudierons principalement l'intérêt des régimes riches en graisses. Enfin, dans le dernier chapitre, un point sera fait sur les différentes associations influençant le métabolisme lipidique. Les éléments que nous aborderons seront principalement la caféine, la L-Carnitine et le thé vert.

I – L'utilisation des lipides dans l'ultra-endurance

Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans le corps humain. Celui-ci permet de se maintenir en vie, se développer et entre autres effectuer une activité physique.

A) Métabolisme à l'effort

Les substrats énergétiques lors d'une pratique d'ultra-endurance sont le glucose et les acides gras. Le glucose utilisé lors d'un exercice provient en partie des réserves de glycogène. Les acides gras eux proviennent principalement du tissu adipeux et des triglycérides musculaires [22].

En 1960, l'utilisation des acides gras à l'exercice est démontrée par Friedberg et ses collaborateurs. Lors d'un exercice de faible intensité, le corps est capable d'utiliser des acides gras afin de produire de l'ATP. Lors d'un effort, le corps va être sujet à différentes hormones (glucagon, cortisol…) qui vont stimuler la lipolyse. Les adipocytes vont libérer des AGNE (acides gras non estérifiés) dans le sang qui pourront par la suite être captés par les muscles striés. Les triglycérides musculaires notamment présent dans les fibres de type 1 seront aussi dégradé lors de l'exercice d'endurance [7].

D'après la figure en annexe 1, on observe que l'utilisation d'AGNE est similaire peu importe la VO2 max. Cependant, l'utilisation de triglycérides musculaires est variable. On observe une utilisation optimale des triglycérides musculaires à 65% de VO2 max [24].

B) Cross-over concept

L'utilisation de la glycolyse et de la beta-oxydation sont intimement liées par le cycle de Krebs. Ainsi, l'utilisation majeure d'un des deux substrats (glucose ou acides gras) inhibe en partie l'utilisation du deuxième [22].

On observe une utilisation préférentielle des acides gras pour les exercices d'intensité modérée. A l'inverse, pour les exercices à forte intensité, le glucose sera le principal substrat. Sur la figure en annexe 2, on observe que le point de croisement (cross over) entre

les deux substrats se fait à 65% de VO2 max. Sur les efforts inférieurs à cette VO2 max, les lipides seront le substrat principal. Au-dessus de cette valeur, le substrat de prédilection est le glucose [3].

L'entrainement régulier se caractérise par une activité plus élevée de certaines enzymes de la beta-oxydation (notamment la carnitine-acyl-transférase). L'utilisation lipidique est plus importante chez les individus entrainés pour une même VO2 max. Le point de croisement de la figure 2 est donc déplacé vers la droite [12]. Les taux maximaux d'oxydation des graisses sont atteints à des intensités comprises entre 59% et 64% de la VO2 max chez les individus entraînés et entre 47% et 52% VO2 max dans un échantillon de la population générale [1].

C) Performance en ultra-endurance

On sait que la majorité des abandons lors des épreuves d'ultra-endurance sont liés à un épuisement des réserves de glycogène. Celles-ci ne sont pas illimitées (environ 200g au niveau hépatique et 500g au niveau musculaire). Il est donc primordial d'utiliser d'autres substrats énergétiques afin de pouvoir fournir un effort de longue durée [22].

Par conséquent, un objectif principal d'une préparation pour une épreuve d'ultra-endurance est de repousser le point de croisement. Cela permettra à l'athlète d'être plus rapide sans pour autant altérer ses réserves de glycogène [28].

Points clés :

1. Les substrats énergétiques lors d'une pratique d'ultra-endurance sont le glucose et les acides gras.
2. L'utilisation majeure d'un substrat inhibe en partie l'utilisation du deuxième (cross-over concept).
3. L'un des principaux facteurs de performance en ultra-endurance est la valeur du point de croisement.

II – Régimes influençant l'oxydation des graisses

L'un des éléments ayant le plus d'impact sur l'oxydation des lipides est le régime alimentaire de l'individu. C'est pour cela que les régimes riches en graisses sont parfois conseillés. Dans cette partie, nous verrons l'impact de la gestion des graisses sur la performance.

A) Régimes longs

Une étude sur les substrats à l'exercice a comparé un régime riche en glucides à un riche en lipides chez des cyclistes. Elle a conclu que ceux qui avait suivi un régime riche en glucides produisait un rapport d'échange respiratoire plus important que ceux soumis à un régime riche en graisse [16]. Cela implique que l'oxydation des lipides était plus importante lors du régime riche en graisse. Ce concept a été confirmé par d'autres études [1] [4] [12] [20].

Une revue sur la régulation des métabolismes à l'exercice indique qu'une adaptation plus prolongée à un régime riche en graisses peut ne pas entraîner de diminution de la performance en endurance, et peut même l'améliorer. Cela est principalement expliqué par une oxydation des graisses plus importante et donc une épargne du glycogène [12].

Cependant, d'autres sources viennent à contredire ces affirmations. Sur un contre la montre de 100km en cyclisme, une étude a été réalisée sur l'impact d'un régime riche en glucides contre un régime riche en graisse. Les résultats ne montrent pas de différences entre les deux régimes sur les performances [4]. Une autre revue sur les effets d'un régime riche en graisse sur la performance a conclu une diminution de la performance. Les causes sont principalement une diminution des réserves de glycogène et des troubles gastro-intestinaux [11].

Enfin, un régime trop pauvre en lipides (2% de la ration) est associé à une baisse importante des performances [6]. Il est nécessaire de garder une certaine quantité journalière de lipides.

B) Régimes pré-compétitifs

Afin d'éviter les inconforts gastriques, il est recommandé de consommer des aliments riches en glucides et pauvre en graisse le jour de la compétition [28].

Une étude effectuée sur une épreuve de cyclisme a montré qu'un régime riche en lipides pendant 24 heures avant la compétition avait entrainé une baisse de performance par rapport à un régime riche en glucides [10]. Une autre revue conclut que l'ingestion d'un repas pré-compétitif riche en lipides entraine une baisse des performances [21].

Une étude sur l'alimentation pré-compétitive a comparé l'impact d'un repas riche en glucides avec ou sans graisse. Une quantité raisonnable (environ 25g) de graisse couplée aux glucides a augmenté l'absorption de ces derniers ainsi que l'oxydation lipidique sur l'effort [13].

Globalement, il semblerait que les repas pré-compétitifs ou les régimes courts qui sont riches en graisse sont néfastes pour la performance (et ce malgré une augmentation de l'oxydation lipidique). Cependant, inclure une quantité raisonnable de graisse pourrait être une bonne recommandation.

C) Régimes à l'effort

Plusieurs études ont été réalisées sur l'ingestion de triacylglycérols à chaîne moyenne (MCT) pendant l'exercice sur les performances de cyclisme lors d'un contre-la-montre. Cela n'a eu aucun effet sur les taux globaux d'oxydation des graisses ou des glucides, ni sur l'utilisation de glucides exogènes ou endogènes. L'effet négatif de l'ingestion de MCT était associé à une augmentation des problèmes gastro-intestinaux [2] [9] [18].

Une étude sur l'alimentation d'ultra-marathon a analysé les ingestas de coureurs lors d'une épreuve de 160km. Il a été constaté que les « finishers » avaient en moyenne consommé 5 fois plus de graisses que les « non-finishers » [19]. Une préférence accrue est notée pour les aliments salés et gras pendant la course compte tenu de l'écœurement provoqué par les aliments sucrés [28].

Globalement, l'ingestion de lipides à l'effort pendant une épreuve d'ultra-endurance n'augmente pas à proprement parler la performance car cela n'impacte pas l'oxydation lipidique. Cependant, ils présentent un avantage considérable en termes de goût et de fourniture calorique par unité de poids. S'ils sont bien tolérés au niveau gastrique, leur utilisation peut être bénéfique dans certains cas.

Points clés :

1. La littérature est partagée quant à l'impact d'un régime riche en graisse de longue durée sur la performance.
2. Les régimes riches en graisse sur une courte période ne sont pas bien tolérés par l'organisme et entrainent une baisse des performances.
3. Inclure une quantité raisonnable de graisses avant l'effort de longue durée peut être bénéfique.
4. L'ingestion de lipides pendant l'effort n'augmente pas les performances à proprement parler mais peut-être utile dans certains cas.

III – Associations nutritionnelles

Certains composants nutritionnels sont connus pour leurs effets « brûle graisse ». Ils sont censés augmenter le métabolisme des graisses. Une oxydation lipidique importante repousse le point de croissement, ils devraient avoir un impact sur la performance.

A) Caféine

La caféine est un dérivé alcaloïde que l'on trouve naturellement dans une variété d'aliments et de boissons, et qui est ajouté à certains produits. La plupart des boissons caféinées sont extraites de grains de café ou de feuilles de thé.

Cette molécule inhibe la phosphodiestérase ce qui entraine une augmentation des niveaux d'AMPc. Cette augmentation stimule l'activité de l'enzyme lipase, enzyme clé de la lipolyse.

Une étude a été réalisée sur l'impact de la caféine sur les efforts prolongés. Les résultats indiquent que l'ingestion de la caféine avant l'exercice a diminué la glycogénolyse musculaire d'environ 55 % au cours des 15 premières minutes. Le glycogène épargné était disponible plus tardivement pendant l'exercice. Cela coïncidait avec un temps prolongé jusqu'à l'épuisement [26].

Une autre étude sur la nutrition pré-exercice indique que l'ingestion de caféine avant l'effort repousse le point de croisement. Cela entraine une épargne de glycogène et une amélioration des performances [21].

B) Carnitine

La carnitine est une molécule qui transporte les acides gras à chaine longue dans les mitochondries pour réaliser leur oxydation. Une augmentation des quantités de cette molécule est en lien avec une augmentation du métabolisme lipidique.

Une étude comparant les protéines animales et végétales a noté que les athlètes qui consomment des protéines à base de viande était plus performants. Il est indiqué que cela est potentiellement dû à la forte présence de L-Carnitine dans la viande [15].

Une revue sur les brûleurs de graisses a analysé l'impact d'une supplémentation en L-Carnitine sur le métabolisme. Un certain potentiel est noté, cependant il n'existe pas de réelle preuve sur l'utilité d'une complémentation [17]. L'ouvrage « Biochimie des activités physiques et sportives » indique lui aussi que la complémentation en L-Carnitine est inutile [22].

La supplémentation ne serait pas efficace dans le cadre d'une alimentation omnivore. Cependant, il serait intéressant d'étudier l'impact d'une supplémentation chez les végétariens.

C) Thé

Le thé est une boisson populaire dans de nombreuses cultures. Il existe plusieurs variétés de thé, notamment le thé vert, le thé noir, et le thé oolong, qui diffèrent par leurs méthodes de traitement.

Le thé (notamment le thé vert) est considéré comme stimulant l'oxydation des graisses par l'inhibition directe de la catéchol-O-méthyltransférase. Une inhibition de cette enzyme provoque une augmentation des niveaux de norépinéphrine. Cette augmentation va entrainer une activation des récepteurs adrénergiques des adipocytes ce qui favorise la lipolyse.

Une étude récente a examiné les effets à long terme (10 semaines) de la consommation de thé vert en combinaison avec un régime d'entraînement chez l'homme. L'ingestion chronique d'un supplément d'extrait de thé vert a réduit légèrement le rapport d'échange respiratoire [14]. Cependant, il n'existe pas de réelle preuve mettant directement en lien la consommation de thé vert avec une augmentation de la performance.

D) Autres brûleurs de graisses

Le chrome est parfois mis en avant car il serait un brûleur de graisses et un constructeur de muscle. Cependant, la majorité des études montre que les suppléments de chrome ne sont pas efficaces [17]. Le chrome pourrait même s'accumuler dans les cellules et causer des dommages aux chromosomes. Il convient d'être prudent dans l'utilisation des suppléments de chrome [27].

L'acide linoléique conjugué (CLA) est un groupe d'isomères de l'acide linoléique. Les CLA augmenteraient la lipolyse et l'oxydation des graisses [17]. Cependant, aucune étude n'a été réalisée sur l'intérêt de ce complément en ultra-endurance.

La taurine a récemment été liée à une augmentation du métabolisme des graisses. Une étude sur un contre-la-montre en cyclisme a montré que la taurine aurait peut-être légèrement augmenté le métabolisme des graisses mais cela n'aurait eu aucun impact sur la performance [25]. Une autre étude a montré l'inefficacité de la taurine [8].

Points clé :

1. L'ingestion de caféine avant une course d'ultra-endurance augmente le métabolisme des graisses et la performance.
2. La consommation de thé et d'acide linoléique conjugué pourrait potentiellement améliorer la performance en ultra-endurance, cependant des études supplémentaires sont nécessaires pour l'affirmer.
3. Bien que la L-Carnitine, le chrome et la taurine sont des éléments liés au métabolisme des graisses, leur supplémentation est inefficace.

Conclusion

Les substrats énergétiques lors d'une pratique d'ultra-endurance sont le glucose et les acides gras. L'utilisation majeure d'un substrat inhibe en partie l'utilisation du deuxième (cross-over concept). L'un des principaux facteurs de performance en ultra-endurance est la valeur du point de croissement. Plus celui-ci est haut, plus le sportif sera performant.

La nutrition influence le point de croisement. La littérature est partagée quant à l'impact d'un régime riche en graisse de longue durée sur la performance. Il est probable qu'il soit bénéfique chez certains individus. Cependant, il est sûr que les régimes riches en graisse sur une courte période ne sont pas bien tolérés par l'organisme et entrainent une baisse des performances.

Il est possible d'inclure une quantité raisonnable de graisses dans les derniers repas avant l'effort de longue durée. Cela ne limite pas l'absorption des glucides et peut même la favoriser. Durant l'épreuve, l'ingestion de lipides n'augmente pas les performances à proprement parler mais peut-être utile dans certains cas (notamment pour des questions de logistique et tolérance).

Certains éléments sont connus pour augmenter l'oxydation des lipides. L'ingestion de caféine avant une course d'ultra-endurance accroît le métabolisme des graisses et la performance. La consommation de thé et d'acide linoléique conjugué pourrait potentiellement améliorer la performance en ultra-endurance, cependant des études supplémentaires sont nécessaires pour l'affirmer. Au contraire, la supplémentation en L-Carnitine, chrome et taurine n'est pas efficace pour améliorer les performances en ultra-endurance.

Il aurait été intéressant d'aborder l'impact de l'ingestion des différents lipides (acides gras saturés/insaturés, acides gras à chaine courte/longue…) sur les performances en ultra-endurance. Malheureusement, trop peu d'études se sont portées sur le sujet.

Abstract

Substrates for energy during ultra-endurance exercise are glucose and fatty acids. The predominant use of one substrate partially inhibits the utilization of the other (cross-over concept). One of the key performance factors in ultra-endurance is the crossover point value. The higher it is, the better the athlete's performance will be.

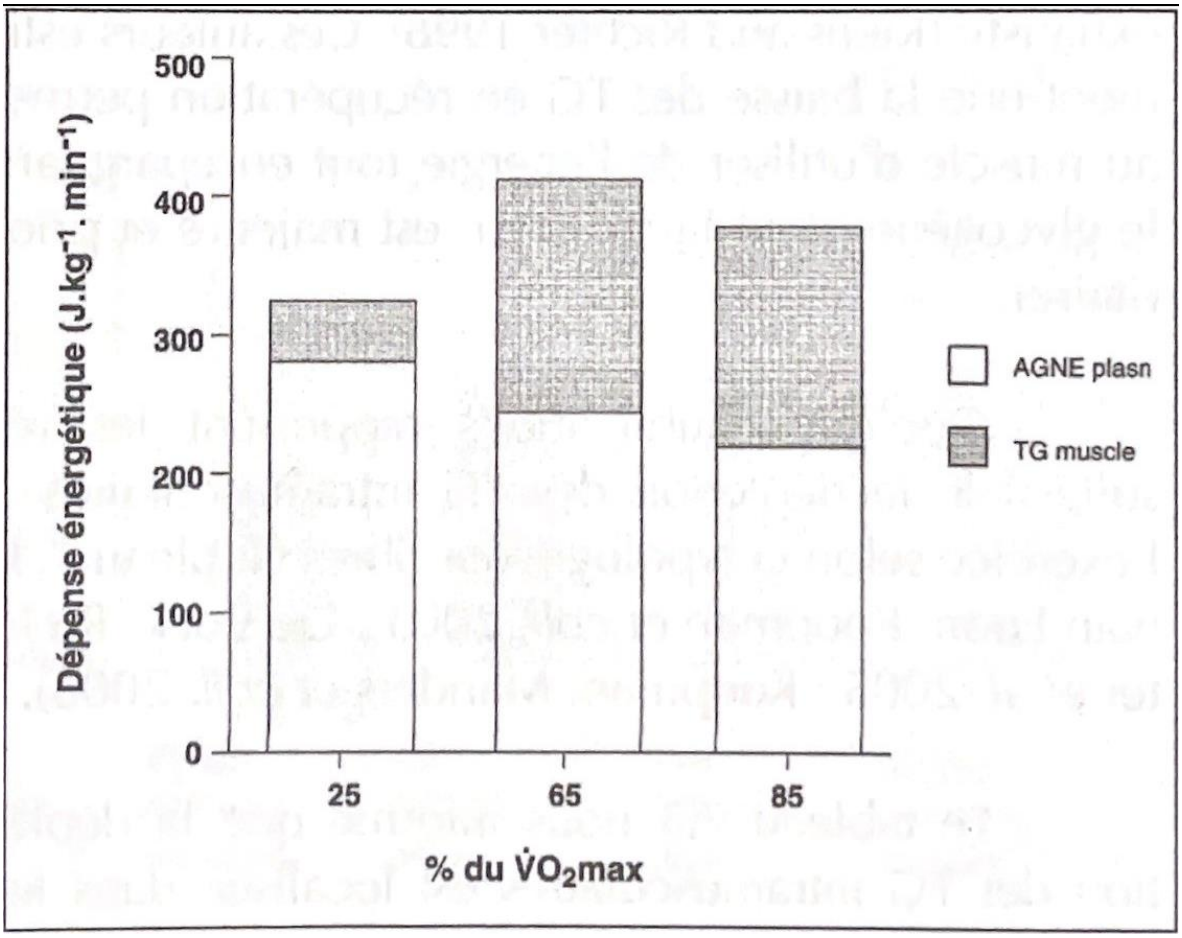
Nutrition influences the crossover point. The literature is divided on the impact of a long-term high-fat diet on performance. It is likely beneficial for some individuals. However, short-term high-fat diets are poorly tolerated by the body and lead to decreased performance.

Including a reasonable amount of fat in the last meals before long-duration efforts is possible. This does not limit carbohydrate absorption and may even favor it. During the event, lipid ingestion doesn't directly improve performance but may be beneficial in some cases (particularly for logistical and tolerance reasons).

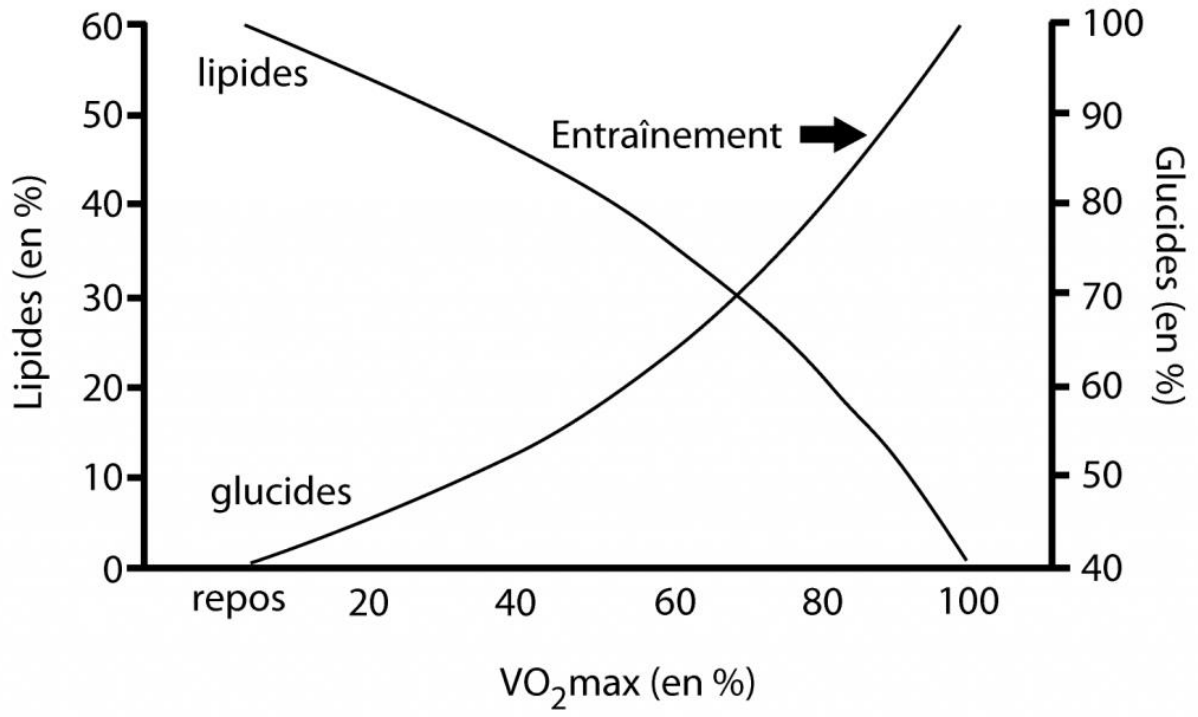
Certain factors are known to increase lipid oxidation. Ingesting caffeine before ultra-endurance races enhances fat metabolism and performance. Consumption of tea and conjugated linoleic acid could potentially improve ultra-endurance performance, however, further studies are needed to confirm this. Conversely, supplementation with L-carnitine, chromium, and taurine is not effective in improving ultra-endurance performance.

Annexes

Annexe 1 : Utilisation des acides gras non estérifiés plasmatiques et des triglycérides musculaires au cours d'exercices de différentes intensités chez l'homme [24].



Annexe 2 : Evolution de l'utilisation respective des glucides et des lipides en fonction de l'intensité de l'exercice (cross over concept) [3].



Bibliographie

1. ACHTEN J, JEUKENDRUP AE. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*. 2004
2. ANGUS DJ, HARGREAVES M et al. Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. *J Appl Physiol*. 2000
3. BROOKS GA, MERCIER J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J Appl Physiol*. 1994
4. COSTA RJS, HOFFMAN MD, STELLINGWERFF T. Considerations for ultra-endurance activities: part 1- nutrition. *Res Sports Med*. 2019
5. COX PJ, KIRK T et al. Nutritional Ketosis Alters Fuel Preference and Thereby Endurance Performance in Athletes. *Cell Metab*. 2016
6. COYLE EF, JEUKENDRUP AE et al. Low-fat diet alters intramuscular substrates and reduces lipolysis and fat oxidation during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001
7. FRIEDBERG S J, HARLAN W R et al. The effect of exercise on the concentration and turnover of plasma nonesterified fatty acids. *The Journal of Clinical Investigation*. 1960
8. GALLOWAY SD, TALANIAN JL et al. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2008
9. GOEDECKE JH, CLARK VR et al. The effects of medium-chain triacylglycerol and carbohydrate ingestion on ultra-endurance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005
10. HARGREAVES M, HAWLEY JA, JEUKENDRUP A. Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *J Sports Sci*. 2004
11. HELGE JW. Adaptation to a fat-rich diet: effects on endurance performance in humans. *Sports Med*. 2000
12. HOLLOSZY JO, KOHRT WM, HANSEN PA. The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Front Biosci*. 1998
13. HOROWITZ JF, MORA-RODRIGUEZ R et al. Preexercise medium-chain triglyceride ingestion does not alter muscle glycogen use during exercise. *J Appl Physiol*. 2000

14. ICHINOSE T, NOMURA S et al. Effect of endurance training supplemented with green tea extract on substrate metabolism during exercise in humans. *Scand J Med Sci Sports.* 2011
15. JÄGER R, KERKSICK CM et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017
16. JANSSON E, KAIJSER L. Effect of diet on the utilization of blood-borne and intramuscular substrates during exercise in man. *Acta Physiol Scand*. 1982
17. JEUKENDRUP AE, RANDELL R. Fat burners: nutrition supplements that increase fat metabolism. *Obes Rev*. 2011
18. JEUKENDRUP AE, THIELEN JJ et al. Effect of medium-chain triacylglycerol and carbohydrate ingestion during exercise on substrate utilization and subsequent cycling performance. *Am J Clin Nutr*. 1998
19. MARTINEZ S, AGUILO A et al. Energy, macronutrient and water intake during a mountain ultramarathon event: the influence of distance. *J Sports Sci*. 2018
20. NIKOLAIDIS PT, VENIAMAKIS E et al. Nutrition in Ultra-Endurance: State of the Art. *Nutrients*. 2018
21. ORMSBEE MJ, BACH CW, BAUR DA. Pre-exercise nutrition: the role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. *Nutrients*. 2014
22. POORTMANS J. Biochimie des activités physiques et sportives 3ème édition. *Deboeck supérieur*. 2017. Chapitre 6-7
23. VERDIER J-C. Ultra-endurance : quel bilan ? Quelles précautions ? *Réalités Cardiologiques.* 2014
24. ROMIJN JA, COYLE EF et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol*. 1993
25. RUTHERFORD JA, SPRIET LL, STELLINGWERFF T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010
26. SPRIET LL, MACLEAN DA et al. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am J Physiol*. 1992
27. TEARNS DM, BELBRUNO JJ, Wetterhahn KE. A prediction of chromium(III) accumulation in humans from chromium dietary supplements. *FASEB J*. 1995
28. TILLER NB, ROBERTS JD et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019