

BESOINS PROTEIQUES DU SPORTIF D'ENDURANCE DE LOISIR ET DE COMPETITION

Session organisée par le CERIN dans le cadre du 7^{ème} congrès commun SFMES & SFTS 2014.

25 septembre 2014



Besoins protéiques du sportif d'endurance

Pr Xavier Bigard

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Conseiller scientifique du président de l'agence française de lutte contre le dopage (AFLD)

75 007 Paris.

Département Recherche

Institut national des sports, de l'expertise et de la performance (INSEP)

75 012 Paris.

Les protéines alimentaires bénéficient d'une certaine aura chez les sportifs, pas toujours justifiée, loin s'en faut. Le but de cette intervention est de faire le point des besoins quantitatifs et qualitatifs des sportifs de différents niveaux, adeptes de disciplines d'endurance.

La pratique de l'exercice physique affecte notablement le métabolisme des protéines. L'exercice, en fonction de sa durée, mais aussi de son intensité, induit un état de sidération immédiat des synthèses protéiques musculaires avec un accroissement du flux de protéolyse ; la fin de l'exercice correspond à une augmentation rapide et intense des synthèses protéiques, alors que le flux de protéolyse continue à croître jusqu'à 3h après l'arrêt de l'exercice pour enfin diminuer ensuite.

La cinétique de l'équilibre naturel entre synthèses et dégradations protéiques est donc perturbée par la pratique d'un exercice de longue durée de type endurant. La pratique d'un exercice endurant amène à se poser de nombreuses questions parmi lesquelles :

- les processus de dégradation protéique prolongés dans le temps, induisent-ils une perte d'acides aminés qui devra être compensée par des apports adaptés ?
- la durée de l'exercice entraîne-t-elle une consommation d'acides aminés à des fins énergétiques ?
- les réponses musculaires à l'entraînement en endurance induisent-elles un contrôle des apports protéiques par l'alimentation ?

1. Evaluation des besoins en protéines du sportif d'endurance.

Chez des sujets peu entraînés dans les sports de longue durée, l'augmentation des besoins en protéines par rapport à une population de sujets sédentaires résulte principalement d'une augmentation de l'oxydation directe des acides aminés (surtout, et presque exclusivement, la leucine), ou de la transformation de certains d'entre eux en substrats oxydables.

1.A. Estimation des besoins.

Chez des sujets régulièrement entraînés, une consommation de $0,86\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ de protéines est associée à un bilan azoté négatif (Phillips et al., 1993). Dans le cadre d'un exercice de 90 min à 50 % de VO_2max , le bilan azoté est à peine négatif pour un apport de $1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ et devient largement positif pour $2,5\text{g}\cdot\text{j}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Bowtell et al., 1998).

Ces études montrent que les apports en protéines inférieurs ou égaux à $1,0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ne permettent pas de couvrir les besoins de la majorité des sujets.

Chez les sportifs de haut niveau, l'apport nutritionnel conseillé a été estimé à $1,6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ (Tarnopolsky et al., 1988). Friedman et Lemon (1989) ont évalué l'apport nutritionnel conseillé à $1,49\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ chez des sujets qui réalisent une étape de Tour de France simulée en laboratoire.

1.B. Recommandations d'apport.

Il semblerait que l'apport nutritionnel conseillé augmente avec le niveau d'entraînement, ce qui

permet de proposer des estimations pour différentes catégories de sportifs, les sportifs de loisir, les sportifs modérément entraînés et les sportifs de haut niveau. Les besoins en protéines du sportif sont augmentés lorsqu'ils sont exprimés relativement au poids corporel. Lorsqu'ils sont exprimés en proportion des apports énergétiques totaux dans des conditions stables, ces apports représentent une proportion équivalente à celle établie pour la population générale.

Au début d'un programme en endurance ou au cours d'une augmentation même progressive des charges de travail, l'augmentation de la charge de travail se traduit par un déséquilibre transitoire du bilan azoté, avec une augmentation transitoire du besoin en protéines. Les adaptations physiologiques à l'entraînement se traduisent par une augmentation de l'efficacité métabolique quant à l'épargne des acides aminés. D'une façon générale, on considère que pour les sportifs d'endurance de loisir, les besoins en protéines ne diffèrent pas de ceux de la population générale dès lors que la dépense énergétique est prise en considération.

Pour les sujets bien entraînés en endurance (4 à 5 jours par semaine pendant une heure au moins), l'augmentation du besoin semblerait n'être que de 20% à 25% comparativement à la population sédentaire, soit $1,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$.

Pour les sportifs de très haut niveau (minorité de sportifs), les besoins en protéines sont encore augmentés et les apports nutritionnels conseillés pourraient atteindre $1,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ dans le cas de dépenses énergétiques très élevées. Si les apports énergétiques d'origine protéique sont compris entre 10% et 15% de la ration, si les apports alimentaires sont diversifiés et dans un contexte d'équilibre du bilan énergétique, le besoin supplémentaire est naturellement couvert.

Bien que la plupart des sportifs couvrent les besoins par l'alimentation courante, une minorité ne les couvre pas. Ceux dont les apports sont inférieurs, en raison de restriction calorique pour la plupart des cas, méritent un suivi particulier. Enfin, il apparaît que les besoins en protéines des femmes sportives sont approximativement inférieurs de 15% à 20% à ceux des hommes.

2. La justification des besoins en protéines.

2.A. Restauration des synthèses protéiques et anabolisme musculaire.

Le contrôle de la synthèse des protéines musculaires est l'aboutissement de toutes les réponses biologiques à la pratique régulière de l'exercice physique ; tous les processus adaptatifs qui vont se traduire par une modulation du phénotype musculaire reposent sur l'expression de protéines spécifiques qui vont devoir être synthétisées, ce qui nécessite une parfaite disponibilité en acides aminés essentiels (Hawley et al., 2011). Dans ces conditions, les acides aminés ne sont plus vus comme des substrats énergétiques potentiels, mais comme nécessaires aux réponses du phénotype musculaire.

Comme l'exercice de musculation, l'exercice d'endurance induit une diminution majeure du flux de synthèse des protéines musculaires, mais par des mécanismes très différents. On observe dans le muscle une augmentation de la phosphorylation d'un facteur d'élongation (eEF2) qui réduit son activité biologique, et qui explique ainsi la réduction de la synthèse de l'ensemble des protéines du muscle (Rose et coll., 2009). Comparativement aux exercices de musculation, l'état catabolique du muscle caractérisé par une baisse des synthèses protéiques et une augmentation de la protéolyse est de longue durée, ce qui renforce l'importance de la restauration des synthèses protéiques pendant la phase de récupération, et la nécessité de favoriser la disponibilité en acides aminés essentiels.

L'apport mixte de protéines (protéines du lactosérum) et de glucides (maltodextrines) à raison de respectivement de $0,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ et $1,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ permet de majorer le flux de synthèse des protéines musculaires pendant la phase de récupération d'un exercice prolongé de 2 heures (Howarth et coll., 2009). Le type de protéines musculaires affecté par la consommation d'un mélange glucido-protéique a été étudié ; après un exercice prolongé de 90min sur ergocycle, des sujets consomment 2 fois 25g de glucides, ou 2 fois 25g de glucides et 10g de protéines (lactosérum) dès la fin de l'exercice et 30min après (Breen et coll., 2011). Les mesures réalisées démontrent que l'apport glucido-protéique permet de majorer le flux de synthèses des protéines myofibrillaires pendant la phase de récupération, sans affecter pour autant les protéines mitochondriales. Les protéines rapides

apportées pendant la récupération permettent d'activer la signalisation intracellulaire associée à la synthèse des ribosomes (nécessaires à la traduction des messagers en protéines) et d'empêcher l'activation d'un facteur moléculaire qui freine l'élongation des protéines synthétisées.

La quantité optimale de protéines à apporter en récupération d'un exercice d'endurance a été récemment évaluée ; des sujets volontaires ont réalisé un exercice sur ergocycle de 90min, composé de phases d'accélération de haute intensité entrecoupées de phases de récupération active (Rowlands et coll., 2014). A l'issue de cet exercice d'endurance de haute intensité, les sujets consomment 3 types de boissons de récupération, une boisson uniquement glucidique, ou deux boissons comprenant 180g de glucides et une quantité variable de protéines (70 ou 23,3g de protéines du lactosérum) et de leucine (15 ou 5g). Les principaux résultats montrent que le flux de resynthèse des protéines musculaires est augmenté par la consommation de protéines pendant la phase de récupération (comparativement à l'apport de glucides seuls), et que le flux maximal est observé pour un apport de 23g de protéines auquel ont été ajoutés ici 5g de leucine. Cette « saturation » du flux de synthèse protéique pour la quantité la plus faible de protéines consommées est observée malgré une meilleure disponibilité de leucine dans le plasma et une activation plus importante des régulateurs moléculaires de la synthèse des protéines musculaires pour des quantités plus élevées de protéines consommées.

2.B. Restauration des réserves en glycogène de l'organisme.

La diminution du glycogène musculaire qui se développe pendant un exercice prolongé stimule l'activité des enzymes qui vont assurer la resynthèse de glycogène (glycogénosynthèse) pendant la phase de récupération. L'apport de nutriments glucidiques est absolument nécessaire pendant la récupération d'un exercice prolongé intense ; cet apport aboutit à deux phénomènes qui sont d'une part une accélération de la vitesse de resynthèse du glycogène et d'autre part une augmentation des taux de glycogène au-dessus des valeurs préalables à l'exercice. Ce dernier point appelé surcompensation est déterminant pour la capacité à réaliser des efforts successifs plusieurs jours de suite.

Des études sur l'évolution des stocks de glycogène musculaire lors de plusieurs jours de course prolongée indiquent que si les sujets ingèrent un régime mixte comprenant 250 à 350g de glucides par jour, on observe une diminution progressive des stocks de glycogène à l'issue de chaque période de récupération, à l'inverse si les sujets reçoivent un apport plus élevé, variant de 500 à 600g par jour, on observe une récupération complète entre chaque séance (Costill et Miller, 1980). Tous les sucres n'ont pas les mêmes effets sur la resynthèse du glycogène musculaire ; alors que la vitesse de resynthèse du glycogène musculaire est identique dans la phase de récupération avec l'ingestion de glucose ou de polymères de glucose, elle est plus lente avec du fructose. À l'inverse, le fructose accélère la vitesse de resynthèse du glycogène hépatique.

On a suggéré que l'adjonction de petites quantités de protéines dans les boissons glucidiques de récupération pouvait permettre d'accélérer la resynthèse du glycogène musculaire pendant la phase de récupération ; dans cette étude, des sujets ont consommé 112g de glucides au cours de la récupération d'un exercice épuisant de 2h, avec (ou sans) 41g de protéines (Zawadzki et al., 1992). Après 4h de récupération, les auteurs observent une augmentation de la mise en réserve des sucres sous forme de glycogène dans le muscle lorsque c'est la boisson glucido-protéique qui a été consommée. Des résultats similaires ont été obtenus plus tard, avec des apports soit de 216g de glucides, soit de 160g de glucides et de 56g de protéines pour une période de 4h de récupération (Ivy et al., 2002). Le mécanisme expliquant cet effet favorable n'est pas totalement élucidé, même s'il est suggéré que l'apport protéique (et donc en acides aminés) peut induire une augmentation de la production d'insuline, situation favorable à la mise en réserve du glucose sous forme de glycogène.

Cependant, les résultats, apportés par plusieurs expérimentations, ne sont pas tous concordants et permettent de suggérer que les boissons glucido-protéiques ont un intérêt sur la vitesse de resynthèse du glycogène musculaire uniquement en cas de mauvaise disponibilité en glucides. Un apport suffisant en glucides, égal ou supérieur à $1,2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ induit un flux de resynthèse du glycogène musculaire maximal, sans aucune plus-value d'un apport de protéines complémentaires.

En effet, l'ajout d'une quantité donnée de protéines ou de glucides ($0,4\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) à un apport considéré comme optimal de glucides ($1,2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) ne permet pas d'augmenter le flux de resynthèse de glycogène (Howarth et al., 2009).

3. Les besoins qualitatifs.

L'efficacité nutritionnelle des protéines est fondamentale à prendre en compte. Celle-ci relève de la valeur biologique des protéines consommées, mais aussi de leur vitesse de digestion.

3.A. La valeur biologique des protéines.

La synthèse protéique requiert la disponibilité de l'ensemble des acides aminés afin d'en assurer l'agencement original. L'apport alimentaire doit permettre l'approvisionnement en acides aminés indispensables (isoleucine, leucine, valine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, histidine). Ces acides aminés doivent représenter approximativement 40% de l'ensemble des acides aminés.

La composition en acides aminés des protéines est un critère de qualité reconnu, mais leur biodisponibilité postprandiale constitue aussi un facteur essentiel à leur efficacité biologique. C'est pourquoi la composition d'une protéine alimentaire doit être corrigée par sa digestibilité, ce qui permet de déterminer sa « valeur biologique ». D'une manière générale, les protéines d'origine animale (riches en acides aminés essentiels et plus digestibles) ont une valeur biologique supérieure aux protéines végétales, même si cette notion mérite maintenant d'être considérée avec plus de prudence.

L'apport complémentaire en protéines, lorsqu'il est indiqué, peut être réalisé sur la base d'un enrichissement de la ration alimentaire, ou sous forme de compléments industriels. L'enrichissement de la ration alimentaire en protéines animales d'origine carnée peut avoir l'inconvénient d'augmenter l'apport en lipides et en acides nucléiques. Inversement, baser la complémentation sur des protéines végétales peut conduire à un déficit relatif en lysine et en acides aminés soufrés. Très souvent en milieu sportif, l'apport protéique complémentaire est réalisé au moyen de préparations industrielles de protéines totales, d'hydrolysats de protéines ou d'associations d'acides aminés. La composition de ces préparations en acides aminés indispensables devra être étudiée avec attention : elles doivent respecter un certain équilibre, car les acides aminés présents en quantité insuffisante peuvent représenter un facteur limitant de la protéosynthèse.

3.B. Vitesse de digestion des protéines, protéines lentes et rapides.

En prenant l'exemple des deux fractions protéiques principales du lait que sont les caséines et les protéines du lactosérum, on constate qu'elles n'ont pas la même vitesse de digestion. Les protéines du lactosérum restent solubles à pH acide, sont rapidement libérées par l'estomac, et leurs acides aminés absorbés rapidement. A l'inverse, les acides aminés des caséines précipitent dans l'estomac, sont libérés lentement dans le grêle et sont absorbés plus lentement. Les conséquences métaboliques de ces deux profils cinétiques sur l'utilisation protéique postprandiale ont été évalués, et il a été montré que la caséine, protéine dite « lente », est plus efficace que son homologue rapide sur l'anabolisme protéique postprandial (Boirie et al., 1997). Chez des sujets non-sportifs, pris dans des conditions de repos, le lactosérum (protéines rapides) stimule la synthèse protéique mais aussi l'oxydation de la leucine, alors que les caséines (protéines lentes) stimulent peu l'oxydation et inhibent la protéolyse. Ces données confirment le rôle joué par la vitesse d'absorption des protéines, indépendamment de leur composition en acides aminés. Cependant, le fait d'ajouter des substrats énergétiques aux protéines laitières modifie la réponse métabolique ; les protéines rapides, plutôt moins efficaces sur la construction protéique lorsqu'elles sont prises seules, deviennent plus intéressantes pour le gain de masse maigre. L'énergie associée aux protéines permet ainsi de modifier leur comportement post-prandial et de favoriser le gain de masse maigre attendu (Boirie, 2004).

3.C. L'horaire de consommation des protéines.

Cette question s'est posée principalement dans le cadre des sports de force et des exercices de musculation qui induisent un développement de la masse musculaire. Elle n'a pas été spécifiquement étudiée dans le contexte de la récupération de sports de longue durée.

On peut cependant logiquement penser que le moment crucial d'apport protéique est la phase de récupération précoce pendant laquelle il faudra une parfaite disponibilité en acides aminés pour assurer la reconstruction du muscle.

3.D. Place des protéines d'origine laitière.

Un intérêt particulier s'est porté ces dernières années sur les protéines d'origine laitière, afin d'assurer la reconstruction musculaire, déstabilisée par l'exercice, et de maximiser les effets de l'entraînement en force. Le lait de vache et les produits dérivés sont une source intéressante de protéines, de lipides, d'acides aminés, de vitamines et de minéraux. Les protéines de lait co-existent dans un mélange complexe, dans des proportions relatives qui varient selon les espèces. Selon leur structure supérieure, on distingue la fraction micellaire (constituée de caséine), et la fraction soluble (constituée de protéines de lactosérum). Le lait de vache contient de l'ordre de $30\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ de protéines dont près de 80% de caséine et près de 20% de protéines sériques (rapport de 4:1). Les protéines du lactosérum représentées notamment par la β -lactoglobuline, l' α -lactalbumine, la sérum albumine bovine, la lactoferrine, et des fractions plus mineures parmi lesquelles plusieurs classes d'immunoglobulines.

Les protéines du lait (caséine, et/ou lactosérum) constituent une source importante de composés azotés, sont rapidement assimilables pour la reconstruction musculaire, et ont démontré leur efficacité sur la régulation des flux de synthèse protéique en récupération des exercices de force chez l'homme (Hartman et al., 2007 ; Roy 2008 ; Wilkinson et al., 2007), comme chez la femme (Josse et al., 2010).

On n'a pas de raison de penser que les protéines du lait, et en particulier les protéines du lactosérum, ne puissent pas avoir les mêmes bénéfices, supérieurs à d'autres protéines comme les protéines d'origine végétale, sur l'augmentation des synthèses protéiques en récupération d'un exercice en endurance. A l'arrêt d'exercices de longue durée, la consommation de lait pauvre en graisses (écrémé ou demi-écrémé) comme boisson de récupération pourrait être proposée ; ce type de boisson pourrait même améliorer les réponses à l'entraînement en endurance (Thomas et al., 2009).

En conclusion, les besoins en protéines du sportif constituent toujours un sujet largement débattu et source de controverses. D'une manière générale, les besoins protéiques nécessaires pour équilibrer la balance azotée sont couverts par une alimentation équilibrée. Il convient cependant d'optimiser les apports protéiques en identifiant le type de protéine à apporter, leur quantité, le moment idéal de consommation. Ces questions bien abordées au cours des sports de force, ne sont pas totalement résolues en récupération des sports de longue durée.

Dans ces types de disciplines sportives, les protéines sont susceptibles d'avoir un triple intérêt, permettre la resynthèse des protéines musculaires et assurer le maintien de la masse des muscles, permettre l'expression de toutes les protéines fonctionnelles du muscle qui caractérisent l'état d'entraînement en endurance, et permettre d'accélérer la resynthèse du glycogène musculaire. En l'état actuel des connaissances :

- la synthèse maximale du glycogène musculaire est obtenue naturellement par un apport de glucides d'au minimum $1,2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, pendant les 4h de la récupération nutritionnelle. En cas d'apport limité en glucides un complément de protéines peut permettre d'optimiser la resynthèse du glycogène.

- la resynthèse des protéines musculaires peut être obtenue grâce à un apport de 20-25g de protéines de haute qualité biologique et d'absorption rapide, apportées pendant la phase de récupération précoce. La consommation associée de glucides afin de resynthétiser le glycogène musculaire (cf ci-dessus) assurera l'apport énergétique nécessaire pour la construction protéique.

Références.

- Boirie Y. (2004) Protéines « lentes », protéines « rapides ». *Nutrition clinique et métabolisme* 18, 25–7.
- Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, et al. (1997) Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 94, 14930-5.
- Bowtell JL, Leese GP, Smith K, Watt PW, et al. (1998) Modulation of whole body protein metabolism, during and after exercise, by variation of dietary protein. *J Appl Physiol*, 85, 1744-52.
- Breen L, Philp A, Witard OC, Jackman SR, Selby A, Smith K, Baar K, Tipton KD. (2011) The influence of carbohydrate-protein co-ingestion following endurance exercise on myofibrillar and mitochondrial protein synthesis. *J Physiol*. 589, 4011-4025.
- Costill DL, Miller JM. (1980) Nutrition for endurance sport : carbohydrate and fluid balance, *Int. J. Sports Med.*, 1, 2-14.
- Friedman JE, Lemon PW. (1989) Effect of chronic endurance exercise on retention of dietary protein. *Int J Sports Med*, 10, 118-23.
- Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, Phillips SM. (2007) Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr* 86, 373-81.
- Hawley JA, Burke LM, Phillips SM, Spriet LL. Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptations. (2011) *J Appl Physiol*. 110, 834-845.
- Howarth KR, Moreau NA, Phillips SM, Gibala MJ. (2009) Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *J Appl Physiol* 106, 1394-1402.
- Ivy JL, Goforth HW Jr, Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB. (2002) Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol*. 93, 1337-1344.
- Josse AR, Tang JE, Tarnopolsky MA, Phillips SM. (2010) Body composition and strength changes in women with milk and resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 1122–1130.
- Phillips SM, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, MacDougall J. (1993) Gender differences in leucine kinetics and nitrogen balance in endurance athletes. *J Appl Physiol*, 75, 2134-41.
- Rose AJ, Alsted TJ, Jensen TE, Kobberø JB, Maarbjerg SJ, Jensen J, Richter EA. (2009) A Ca²⁺-calmodulin-eEF2K-eEF2 signalling cascade, but not AMPK, contributes to the suppression of skeletal muscle protein synthesis during contractions. *J Physiol* 587, 1547–1563.
- Rowlands DS, Nelson AR, Phillips SM, Faulkner JA, Clarke J, Burd NA, Moore D, Stellingwerff T. (2014) Protein-Leucine Fed Dose Effects on Muscle Protein Synthesis After Endurance Exercise. *Med Sci Sports Exerc*. Jul 14. [Epub ahead of print]
- Roy, BD. (2008) Milk: the new sports drink? A Review. *J Int Soc Sports Nutr*, 5:15
- Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. (1988) Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J Appl Physiol*, 64, 187-93.
- Thomas K, Morris P, Stevenson E. (2009) Improved endurance capacity following chocolate milk consumption compared with 2 commercially available sport drinks. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34 (1), 78-82.
- Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Macdonald MJ, Macdonald JR, Armstrong D, Phillips SM. (2007) Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr*, 85, 1031-1040.
- Zawadzki KM, Yaspelkis BB 3rd, Ivy JL. (1992) Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol* 72, 1854-1859.

Les besoins protéiques chez le sportif d'endurance : Les stratégies alimentaires en pratique pour la gestion des apports protéiques totaux et la récupération

Véronique Rousseau, professeur de sport, diététicienne-nutritionniste INSEP

Institut national des sports, de l'expertise et de la performance (INSEP)
75 012 Paris.

Différentes modifications métaboliques sont en effet constatées chez le sportif d'endurance durant l'exercice :

- Des pertes hydro-électrolytiques
- Une **baisse des réserves en glycogène**
- Des **pertes protéiques** dues à la **dégradation des cellules musculaires**
- Une **mobilisation des réserves lipidiques** due au besoin d'énergie nécessaire à l'effort prolongé.

La phase post effort ou phase de récupération doit permettre de compenser les pertes consécutives à l'effort physique fourni pendant les entraînements et/ou la compétition en adaptant une alimentation et hydratation pré, per et post effort.

La qualité et la quantité des apports alimentaires et hydriques adaptées sont des facteurs clés de l'optimisation de l'entraînement et de la récupération du sportif.

L'apport énergétique quotidien doit être adapté aux dépenses, cet apport peut varier de 2500 à plus de 6000 kcal chez le sportif d'endurance, **lié à la nature de l'entraînement (intensité, durée, fréquence)**.

Les aliments riches en **protéines, glucides** et **eau** sont les aliments de base du sportif immédiatement après l'effort.

1. Les apports protéiques totaux

1.A La gestion des apports protéiques totaux

Les protéines sont des chaînes d'acides aminés qui ne sont pas mis en réserve dans l'organisme. Lors de l'exercice physique, les acides aminés issus des protéines fonctionnelles et structurales sont inévitablement utilisés, provoquant un dommage musculaire. Il y a une **perte protéique à l'exercice**. Si les **stocks de glycogène musculaire (d'énergie) sont insuffisants, le dommage musculaire sera majoré**.

Le besoin en protéines dépend de plusieurs éléments :

- du **statut nutritionnel du sportif, avec des apports énergétiques élevés**
- du poids de corps (souvent < à 80kg chez le sportif d'endurance)
- du **type d'exercice, de son intensité relative, de sa durée**
- de l'état d'entraînement du sportif

Chez le sportif d'endurance : 1.1 à 1.6 g/kg/j

Une Consommation quotidienne d'aliments sources de protéines de haute valeur biologique est obligatoire chez le sportif d'endurance.

- **Viandes, poissons, œufs:** 2 portions (80 à 150g/portion) par jour au minimum pour le sportif d'endurance (1 à 2 pour le sédentaire)

C'est une source principale de protéines (20-30g de protéines pour 100g d'aliment) et de fer héminique (le plus assimilable pour l'organisme : il est absorbé à 25%), de vitamine B12 ...

- **Lait et produits laitiers :** 3 à 4 portions de bonne qualité : lait ½ écrémé, yaourt nature, yaourt enrichi en protéine, fromage blanc à 20%MG ou fromage. (voir annexe)

Les portions doivent être adaptées au poids de corps du sportif :

Le grammage de viande ou de poisson sera adapté au poids de corps (80 à 150g/portion).

Tous les laitages n'apportent pas la même quantité de protéines pour 100g de produit.

Le fromage blanc à 20%MG, les yaourts enrichis en protéines, le bol de lait (300ml à 400ml) seront recommandés pour la récupération chez le sportif d'endurance. Les poudres de protéines de lait peuvent être un complément et/ou une alternative à ces produits laitiers mais doivent répondre à la **norme française anti-dopage NF V94-001**)

Les protéines végétales, dites de moindre valeur nutritionnelle sont la source secondaire de protéines et source de fer non-héminique (moins bien assimilé que le fer héminique : absorbé à 5%), elles complètent l'apport principal :

- Légumes secs
- Féculents

Il faut opter pour des associations féculents/légumes secs pour améliorer la qualité des protéines. (Ex : Semoule + pois chiches / Maïs + haricots rouges...)

1.B Les stratégies alimentaires en pratique :

Mettre en place des repas et des collations avec un apport adapté en protéines et glucides et impérativement juste après l'exercice.

DES PORTIONS ADAPTEES AU POIDS DE CORPS : UN REPERE

POIDS CORPOREL	BESOINS EN VPO	BESOINS EN PRODUITS LAITIERS
50 kg	2 portions de 100g de viande, poisson ou 2 œufs par jour	Au moins 3 produits laitiers de bonne qualité par jour
70 kg	2 portions de 150g de viande, poisson ou 3 œufs par jour	3 à 4 produits laitiers de bonne qualité par jour

En couvrant les besoins en protéines par le biais des viandes, poissons et œufs, on couvre également les besoins en fer qui sont de 9mg/j pour un homme et de 16 mg/j pour une femme.

Et en couvrant les besoins en protéines par le biais des produits laitiers, les 2/3 des besoins en calcium sont également couverts. Les besoins en calcium sont de 1200 à 1500 mg/j pour le sportif.

2. La gestion des protéines en phase de récupération

2.A Les arguments scientifiques pour une bonne récupération

Plusieurs études scientifiques montrent l'intérêt de consommer simultanément **des protéines et des glucides** afin de **favoriser la synthèse du glycogène et des protéines** :

- **En 2010, Josse AR et al.** montrent qu'après 12 semaines d'entraînement des sujets à l'origine non sportifs voient leur composition corporelle évoluer de façon plus intéressante quand ils boivent 500ml de lait après leur séance, comparé à une boisson glucidique.
- Dans une revue de la littérature de **2008, Roy** propose de considérer le lait comme une boisson de récupération efficace.
- **Koopman et Al en 2004** montrent que la consommation immédiatement après l'entraînement de glucides et de protéines permet de favoriser le stockage de glycogène.
- **Levenhagen et Al, en 2001**, montrent que l'ingestion de 10g de protéines soit environ 200 ml de lait immédiatement après l'effort augmente la synthèse protéique.
- **Koopman et al en 2005** montrent que le mélange protéines, leucine et glucides stimule la protéosynthèse.
- **En mai 2009**, une équipe de chercheurs texans (**Lynne Kammer et ses collègues**) ont comparé l'efficacité de l'addition de lait écrémé et de céréales complètes à des boissons énergétiques.
- **EN 2009, Thomas K et al.** ont montré qu'avec du lait chocolaté, le sportif récupère mieux et est capable d'un effort beaucoup plus long qu'avec les boissons énergétiques classiques.

2.B Les stratégies alimentaires en pratique :

La **prise de protéines et de glucides** doit avoir lieu **juste après l'arrêt de l'exercice** (fenêtre métabolique) car :

- Plus la consommation est précoce après l'exercice, plus la quantité de protéines re-synthétisée est importante, grâce à un apport de 20 à 25g de protéine.
- La période optimale qui permet le processus de fabrication ou de reconstitution de protéines tissulaires commence dès la fin de l'exercice et continue pendant 4h.
- Si l'ingestion de protéines a lieu 3h après l'arrêt de l'exercice, la restauration des protéines ne sera pas complète.
- 90 minutes après l'ingestion de protéines, il y a un pic d'hormone de croissance favorable à la synthèse de protéines musculaires.
- La **synthèse maximale du glycogène est optimale en cas d'apport en glucide de 1.2g/kg/heure dans les 4 heures qui suivent la fin de l'exercice.**
- Consommer des protéines **en cas d'apport limité en glucides** permet de favoriser le stockage du glycogène.

Consommer des aliments riches en glucides : dans les 4 heures qui suivent la fin de l'exercice, environ 1,2 g de glucides/kg/heure soit **4.8 g/kg/4h**.

→ pour une personne de 50kg : 240g de glucides dans les 4 heures (collation + repas)

→ pour une personne de 70kg : 336g de glucides dans les 4 heures (collation + repas)

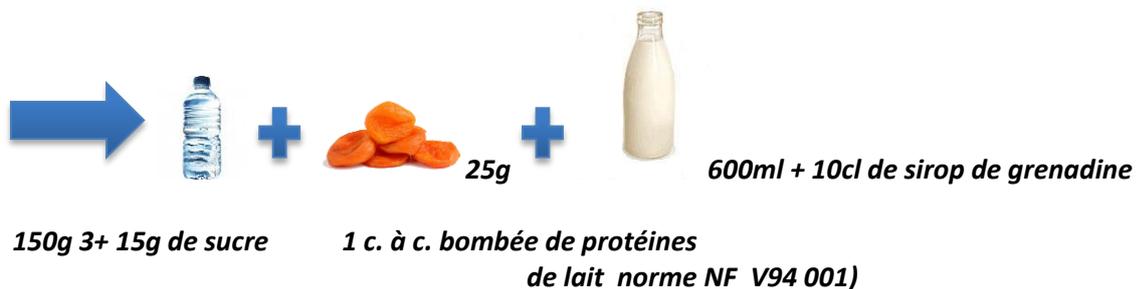
Compléter par des aliments source de protéines lentes et rapides, 20 à 25g dans les 30 minutes qui suivent la fin de l'exercice, de hautes valeurs nutritionnelles (protéines animales), riches en acides aminés ramifiés (leucine, valine, isoleucine). Ils sont plus efficaces pour la re-synthèse des protéines musculaires : *Viande, poisson, œuf et produits laitiers*.

3. Exemples de protocole de récupération : les collations et le repas dans les 4 heures suivant la fin de l'épreuve

1) La collation

➔ Consommer simultanément des **glucides** et des **protéines rapides et lentes** immédiatement après l'effort.

Exemple de collation à 50g de glucides et 20g de protéines (dans les 30 minutes après l'exercice) :



Exemple de collation à 60g de glucides et 25g de protéines (dans les 30 minutes après l'exercice) :

150g 300g + 25g de miel

2) Le repas

➔ Un repas équilibré en complément d'une collation riche en protéines de haute valeur nutritionnelle et de glucides doit s'effectuer dans les 4 heures suivant la fin de l'épreuve.

Exemple de repas pour une femme de 50kg :

- Assiette de crudité à base de carotte (100g), quinoa (100g), melon (100g) assaisonnée avec de l'huile de colza.
- Pavé de thon (100g)
- Ratatouille (tomates mondées, courgettes pelées, aubergines pelées) (150g) et riz (150g)
- ¼ de baguette ou pain aux céréales (60g)
- 1 yaourt aux fruits
- Coupe de Fraise au sirop
- Eau minérale
- Saint-Yorre, Vichy Célestins, Badoit (idéal pour la récupération après des efforts d'intensité élevée)

Exemple de repas pour un homme de 70kg :

- Taboulé (semoule 100g) aux légumes (100g), raisin secs (20g)
- Bavette grillée (150g)
- Purée de carottes, champignons de Paris (150g) + macaronis (250g)
- 1/3 de baguette
- Fromage blanc et miel
- Salade de fruits frais et tuiles aux amandes
- Eau minérale,
- Saint-Yorre, Vichy-Célestins, Badoit (idéal pour la récupération après des efforts d'intensité élevée)

ANNEXES

Ensemble, le lait et les produits laitiers sont les premiers contributeurs de :

- Calcium (120 mg) bien assimilable (Ca/P>1).
- Phosphore (85 mg), structure osseuse.
- Zinc (0.5 mg), intéressant pour les végétariens.
- Iode (11 µg), synthèse des hormones thyroïdiennes, MB et croissance.
- Sélénium (0.9 µg) , protection anti-oxydante.
- Vitamine B2 (0.18 mg), production d'énergie, utilisation des AG, et des protéines.

C'est le deuxième contributeur de :

- Vitamine B12 (0.3 µg), rôle dans la synthèse des protéines.
- Rétinol (18 µg), rôle dans la vision crépusculaire, croissance, réactions anti-oxydantes, différenciations cellulaires et l'immunité.

Penser aux laitages enrichis en vitamine D qui joue un rôle dans le métabolisme du calcium, la solidité osseuse et le système immunitaire (1 bol de lait enrichi en vitamine D couvre plus de 33% besoins).

Noter que le Lait et les produits laitiers contiennent un mélange de protéines rapides (constituées de lactosérum, aussi appelé « whey » à raison de 20% de toutes les protéines) et de protéines lentes (constituées de caséines à raison de 80% de l'ensemble des protéines). Les protéines rapides alimentent le flux d'acides aminés immédiatement et pendant environ 3 heures après leur ingestion, les acides aminés des protéines lentes sont disponibles pendant 2 à 6 heures après leur ingestion, elles prennent le relais des protéines rapides. La consommation d'aliments contenant des protéines rapides et lentes après l'effort améliore la récupération métabolique et musculaire est plus rapide, les dommages musculaires sont diminués.

Caséine	Protéines du lactosérum
<ul style="list-style-type: none"> – 80 % des protéines totales du lait. – en suspension dans la phase colloïdale du lait. – favorise la solubilité du calcium, aide la fixation du calcium. 	<ul style="list-style-type: none"> – 20% des protéines totales du lait. – contenues dans la phase aqueuse du lait : le lactosérum. – le lactosérum contient également le lactose, des vitamines du groupe B et des sels minéraux.
Protéines lentes	Protéines rapides

Rappel : Allergies et intolérances au lait souvent évoquées par le sportif !

***L'allergie au lait est une allergie aux protéines de lait.** Elle touche les jeunes enfants et disparaît dans la plupart des cas avant l'âge de 3 ans. Les très rares adultes qui sont allergiques aux protéines de lait ne peuvent pas consommer de fromage ou de yaourt car les protéines sont les mêmes que celle du lait et provoqueraient une réaction. Une personne réellement allergique au lait ne peut pas non plus consommer de lait de chèvre ou de brebis car le risque d'allergie croisée est élevé.*

***L'intolérance au lait est une intolérance au lactose, le sucre de lait.** Ce n'est pas une allergie et il n'y a aucun risque pour la santé, en dehors des désagréments intestinaux qui sont passagers. 6 à 10% de la population française digérerait mal le lait lorsqu'elle en consomme au-delà d'une trop grande quantité. En revanche, plus de 90% de la population peut en boire plus de ¼ de litre sans inconfort. Au contraire de l'allergie, les individus concernés peuvent continuer à consommer du lait, en petite quantité ou dans des préparations culinaires (béchamel, flan,...), du fromage affiné (qui ne contient pas de lactose) ou des yaourts (dont les ferments aident à la digestion du lactose).*