

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un peuple – Un but – Une foi

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
(UCAD)

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR
DE L'EDUCATION POPULAIRE
DU SPORT (INSEPS)



MEMOIRE DE MAÎTRISE

**ES-SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ACTIVITE
PHYSIQUE ET DU SPORT
(S.T.A.P.S)**

THEME:

**LES FACTEURS NUTRITIONNELS
DE LA PERFORMANCE SPORTIVE**

Présenté et soutenu par :
Mr. Serigne Mouhamadou SYLLA

Sous la direction de :
Mr. Babacar NGOM,
Médecin du sport

ANNEE ACADEMIQUE 2006-2007

DEDICACES

DEDICACES

**Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.
Remercions Dieu pour Ses grâces qu'IL répande dans notre vie.**

Je dédie ce travail :

- **A notre guide religieux et spirituel l'honorable Sergine Touba Cheikh Salihou MBACKE que nous souhaitons longévité et santé, également à Mame Cheikh Anta MBACKE ibn Sergine Modou Rokhaya MBACKE, mon homonyme, paix à son âme et qu'Allah répande sa Miséricorde sur lui.**
- **A mon défunt grand père, Mouhamed DJITTE qui, dans sa vie durant a mis toute sa sagesse à notre disposition et fut le premier à m'instruire sur le Coran et m'orienter sur le droit chemin. Que Dieu t'accueille dans son paradis.**
- **A ma défunte grand-mère Rokhaya DIAKHATE, qui dans sa vie durant a mis toute sa sagesse à notre disposition. Que Dieu te réserve une place privilégiée dans Son Paradis.**
- **A mon père Gora SYLLA et ma tante Soda DIAKHATE. Papa tu as su en bon père de famille nous accompagner, nous éclairer dans le droit chemin de par ta rigueur, ton abnégation, ton amour pour le travail. Bref, un ensemble de valeurs qui ont fait de nous ce que nous sommes devenus aujourd'hui.**
- **A ma mère Mame Awa DJITTE, née Mame Diarra BOUSSO pour les efforts consentis et son dévouement dans mes études et qui m'a inspiré ce travail, il est le vôtre.**
- **A mon oncle Gora DJITTE et son épouse Arame GUEYE. Mon cher oncle et tuteur qui m'a inscrit à l'école après m'avoir appris le coran, la droiture, l'honnêteté et la sincérité. Bref, un ensemble de valeurs que je n'oublierai jamais pour son affection et sa constante détermination pour l'aboutissement de mes études.**
- **A mes sœurs, cousins et cousines : Bousso, N'deye Fatou, Talibouya, Thiara, Sokhna, Fallou, Djilly, Mame Bousso, Diallé, M'bène, Mor, Adama et Sergine Saliou DJITTE, . . . Ce travail est le vôtre.**
- **A mes oncles, tantes, neveux et amis qui ont beaucoup apporté dans ma vie : père Mademba SECK et son épouse ma tante Fatou DJITTE, Modou K. et son épouse M'Bène NDIAYE, tonton Pathé DJITTE, Birame NDIAYE, Katy LO, tonton M'Baye NDIAYE et sa sœur Khady NDIAYE.**
- **A mes professeurs d'option : Sport individuel : Monsieur Djibril SECK, Sport collectif : Messieurs Birane Cissé THIAM, Mayacine MAR, Mama SOW**
- **A mes voisins : Abdou NDOYE, Tapha NIANG, Ameth KANDJI, Bamba NDOYE, Pierre A. SY, Insa NDOYE pour les moments passés ensemble.**
- **A mes Camarades de Promotion et à tous les étudiants de l'INSEPS.**
- **Aux professeurs de l'INSEPS.**

Que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance et de mon affection.

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Rendons grâce à Allah le tout puissant et son prophète Mouhamed (PSL).

- **Mes plus vifs remerciements vont à l'endroit de mon directeur de mémoire Monsieur Babacar NGOM qui, malgré ses innombrables préoccupations, à daigner diriger ce travail avec rigueur, méthodes et abnégation en mettant à notre disposition tous les outils indispensables (machine, imprimante, scanner, internet, etc.) pour l'accomplissement de ce modeste travail.**

- **Nos remerciements vont aussi à l'endroit de l'ensemble du personnel de l'INSEPS, particulièrement aux professeurs qui ont mis à ma disposition tous leurs savoirs faire.**

- **Egalement à mes professeurs du primaire (M. BASSOUM et M. WANE), du collège et aussi du lycée qui successivement m'ont conduit là où je suis.**

- **Notre reconnaissance va à l'endroit de mes parents plus particulièrement mon oncle Gora DJITTE, aux familles DIOUF et DIENG, à mesdemoiselles Ndèye Seynabou NDIAYE, Khady K. NGOM, Awa NDOYE, à Mor DIOUF, Pape Ousmane FALL, Lamine DIENG, Djilly SECK, Boubacar SOW et son épouse Khady BA, Augustin MARA, aux personnels respectifs du Complexe Acropole Sportif et de la SNHLM pour leur soutien matériel et moral.**

- **Enfin nous témoignons toute notre gratitude à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.**

Vous trouverez ici, l'expression de ma gratitude.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
REVUE DE LITTERATURE	2
Historique	4
I. MEDECINE DU SPORT.....	8
a -Visite médicale d'aptitude : interrogatoires - examen clinique - électrocardiogramme - test d'effort	9
b -Surveillance médicale du sportif : bilan annuel de santé et apport nutritionnel journalier recommandé (AJR)	13
c - Quelques définitions physiologiques :.....	17
✓ Fréquence cardiaque	17
✓ Pression artérielle	18
✓ VO2 max / PMA	19
✓ IMC	22
✓ Diamètre cutané	24
II. BESOINS ENERGETIQUES... ..	27
1. Besoins énergétiques des athlètes	27
1.1- Le double besoin énergétique et plastique.....	29
1.1-1. Les apports en glucides.....	29
a- Apport en quantité.....	30
b- Apport en qualité.....	30
1.1-2. Les apports en Lipides.....	31
a- Apport en quantité.....	32
b- Apport en qualité.....	33
1.1-3. Les apports en protides.....	33
1.1-4. Les sels minéraux.....	39
1.1-5. Les vitamines.....	43
2.Hydratation.....	48
2.1- Equilibre hydro électrolytiques.....	48
2.1.2- Recommandations relatives aux liquides et aux électrolytes.....	50
a- Avant l'exercice.....	50
b- Pendant l'exercice.....	50
c- Apres l'exercice.....	50
2.2- Conditions de stress.....	51

2.2.1- Environnements chauds et humides.....	51
2.2.2- Environnements froids.....	53
2.2.3- Altitude.....	54
2.3- Changement de poids.....	54
3.Composition corporelle.....	56
3.1- Composition corporelle et performance sportive.....	57
3.1.1- Evaluation de la composition corporelle.....	57
4.Besoins en macronutriment pendant l'exercice.....	58
L'alimentation pendant l'entraînement	61

III. HYGIENES DE VIE – SUPPLEMENTS ET PRODUITS

ERGOGENES – CONSEILS OU PERSPECTIVES	66
A. Hygiène de vie.....	66
B. Suppléments et produits énergétiques.....	67
C. Perspectives.....	68
1. Sport et végétarisme :.....	68
2. Rôles et responsabilités des professionnels de la santé.....	69
3. Les soins du sportif.....	70
 CONCLUSION.....	 74 - 75
BIBLIOGRAPHIE	76 - 78

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Au cours des vingt (20) dernières années, la mondialisation du phénomène sportif, la recherche constante de la performance sportive ont abouti à une prolifération d'études et de travaux dans le domaine de la biologie du sport en général et de l'entraînement en particulier. L'entraînement suit une progression, un perfectionnement et une maîtrise des gestes technico-tactiques grâce à la recherche ininterrompue de la performance sportive optimale. Cette disposition à la performance est basée sur une exploitation maximale des possibilités physiques, biologiques et psychologiques de l'athlète.

En outre ce que le sportif consomme, peut influencer sa santé, sa physiologie (les substrats), ses données anthropométriques, psychologiques (motivations) et en somme sa performance sportive.

C'est ainsi qu'avec la recherche et son intérêt grandissant pour la nutrition sportive, on a vu s'accroître la consommation de produits diététiques, de suppléments alimentaires, de préparations à base d'herbes et de produits ergogènes ayant tous pour but d'améliorer la performance sportive.

Le sportif quant à lui compte, dans la voie de la compétition, s'y adonner corps et âme pour sa réussite (sportive, sociale et civique).

En plus, la recherche de la célébrité l'oblige à accepter les contraintes physiques (fatigue, douleur) et psychologiques (déception, humiliation).

Ainsi une bonne alimentation doit respecter les bonnes pratiques : une alimentation équilibrée en qualités et suffisante en quantités. Ces bonnes pratiques doivent permettre à l'athlète, en assurant bien sûr un entraînement adéquat, d'atteindre ses objectifs de la performance sportive.

Donc les résultats, en perpétuelle remise en cause, s'appuient malgré tout sur un certain nombre de facteurs que l'entraîneur et le sportif doivent connaître :

C'est l'objet de ce mémoire intitulé : les facteurs nutritionnels de la performance sportive.

C'est fort de cette approche que nous traiterons successivement :

- ✓ de la nécessité d'un suivi médical,
- ✓ de l'idée nutritionnelle, du besoin énergétique et plastique pour maîtriser la performance sportive et la récupération,
- ✓ et enfin les bénéfices d'une bonne hygiène générale concourant à atteindre l'objectif : « un esprit sain dans un corps sain. »

REVUE DE LA LITTÉRATURE

REVUE DE LITTERATURE

Etat des lieux : la nutrition en tant que science est née de la prise de conscience de l'homme que les besoins de son organisme pouvaient être modulables, diversifiés, et que certains aliments pouvaient aider à la croissance ou au développement de la force, de la sexualité, des performances ...

Notre lointaine ancêtre Lucy, en choisissant telle ou telle pousse végétale, faisait déjà comme monsieur Jourdain de la nutrition sans le savoir. Les prémices de cette discipline vitale remontent aux premiers textes écrits. Les papyrus de l'Egypte pharaonique font déjà état de recettes à visées thérapeutiques et de descriptions cliniques en rapport avec l'intoxication éthylique aiguë.

Dès cette époque les graisses, les protéines et les sucres sont différenciés et utilisés dans les préparations thérapeutiques concoctées par les prêtres.

De façon assez surprenante, on ne trouve pas dans ces écrits de relation entre la traumatologie militaire, traumatologie du sport de l'époque, et d'éventuelles préparations destinées à donner de la force au combat.

Il faut attendre le rayonnement de la civilisation hellénique du v^e siècle avant J.-C. pour voir se dessiner réellement les premiers principes de la diététique du sport.

A partir de l'observation animale, la théorie des homologues amènera les athlètes à concevoir leur diététique en fonction de leur spécialité sportive. Ainsi, les pratiquants du pancrace (Lutte grecque) imiteront-ils les carnivores pour gagner en musculature et en force, tandis que les coureurs s'identifieront aux herbivores, connus pour leur célérité.

Les habitudes alimentaires de certains de nos sportifs « modernes » ne sont pas encore très éloignées de ces méthodes.

C'est également à cette période que naît le dopage, ou du moins la première forme efficace de dopage sous forme de broyat de testicules de taureaux.

A partir de cette période, et jusqu'au XIX^e siècle, la nutrition propre aux activités physiques et sportives s'enlise dans les humeurs hippocratiques sans réaliser de réels progrès. Il faut attendre la naissance de la physiologie expérimentale et la renaissance du sport olympique (1896) pour que de biens timides travaux envisagent de considérer l'individu, non plus seulement au repos, mais en mouvement.

Aux Etats-Unis, la diététique du sport prend toute son importance après la Deuxième Guerre mondiale avec les travaux et les publications d'Albert CREFF [13], véritable père de cette discipline dans ce pays.

Aujourd'hui tout a été écrit, tout a été dit, mais tout n'a pas été lu ou entendu.

L'extraordinaire demande émanant du monde sportif dans ce domaine a engendré une multiplication de travaux et de publications dont la qualité n'a pas toujours répondu à l'attente des pratiquants eux-mêmes.

Des modes, des intérêts commerciaux, des techniques de communication ou de « sponsoring » ont créé un véritable réseau de faux-semblants, rendant parfois difficile le dialogue avec l'athlète.

Pour éliminer ces effets parasites, il est donc apparu nécessaire de reconstruire les schémas nutritionnels à partir des métabolismes et plus précisément des données récentes de la biochimie. Science récente par excellence, la biochimie est restée jusqu'à ces dernières années très éloignée des préoccupations de l'athlète.

Cette discipline, née des travaux de Pasteur sur la fermentation, puis sur le lactose, s'est très vite développée et diversifiée. Commencée par l'étude des composants chimiques de la matière vivante, la recherche en biochimie s'est progressivement tournée vers le fonctionnement enzymatique et ses régulations, la dynamique des récepteurs membranaires et la mécanique génique. La richesse de cette discipline et la diversité des chercheurs travaillant dans ce domaine, ont conduit récemment à une multiplication des termes utilisés pour définir sa propre activité, biochimie clinique, fondamentale, appliquée, moléculaire, pathologique..., il ne manquait plus que la biochimie du sport pour compléter cette mosaïque.

Heureusement cette diaspora d'écoles, véritable nébuleuse pour le profane, retrouve son unicité dans l'enseignement, matière où chaque élément de la connaissance, moléculaire ou pathologique, acquise chez l'homme ou chez le rat, reprend sa place au sein de la biochimie. La biochimie du sport n'existe donc pas en tant que telle, mais relève de chacune des composantes de la chimie de la vie.

Son originalité réside dans sa présentation, c'est-à-dire dans l'explication des métabolismes pendant le mouvement, que ce dernier participe à une action sportive, ou à la simple motricité de l'individu [13].

LA FORCE DE L'EQUILIBRE : mise à jour sur la nutrition de l'effort.

Il y a seulement quelques années, nous en étions au Moyen-âge en matière d'alimentation sportive. L'empirisme était de rigueur et les conseils des entraîneurs « sorciers » fleurissaient. Il ne fallait pas boire pendant l'effort, la viande, symbole de puissance musculaire était obligatoire avant le départ et le fameux steak trônait dans toutes les assiettes des sportifs. Chacun préparait sa propre « potion magique » et tout était bon pourvu que l'on ait entendu dire que cela réussissait. Bananes, gâteaux de riz, morceaux de sucre, pastilles de sel... faisaient partie de la musette de celui qui devait fournir un effort.

Cependant, à la fin des années 60, en même temps que la naissance de la course sur route telle que nous la connaissons aujourd'hui, des scientifiques se sont intéressés à la question.

Des chercheurs scandinaves tout d'abord ont étudié le comportement des skieurs de fond, puis les Américains ont poursuivi ces études sur les coureurs à pied. On s'est aperçu que de nombreux conseils étaient inutiles, voire néfastes. En vingt cinq ans, les connaissances sur l'alimentation du sportif d'endurance ont fait un bond phénoménal. Compte tenu de ce chambardement sur la diététique de l'effort, nous proposons une synthèse des règles actuellement admises sur la nutrition de l'effort la mieux adaptée aux activités musculaires prolongées.

Deux remarques doivent être formulées afin de clarifier les limites de cette étude :

- 1) La physiologie de « l'homme à l'effort » est une science en pleine expansion. Il s'agit des connaissances actuelles, susceptibles d'évoluer au fur et à mesure des progrès de la recherche dans ce domaine.
- 2) L'alimentation du sportif est un sujet extrêmement vaste, qui dépend du type d'effort fourni, de sa durée, de l'intensité et des muscles (ou plutôt des fibres musculaires) utilisés.

Les courses de fond supérieures à 10 Km seront prises comme prototype d'étude [9].

Avant de présenter la synthèse de l'ensemble de ces recherches dont la convergence apparaît clairement, il faut faire une parenthèse sur les prétendues oppositions entre certains chercheurs de réputation internationale. Deux exemples suffisent : ASTRAND [2] reste partisan convaincu de la formule du Régime Dissocié Scandinave (dans **la deuxième édition du Manuel de Physiologie de l'Exercice Musculaire** qui a déjà été publié aux Etats-Unis en 1977).

Il faut citer également Dave COSTILL qui a introduit, il est vrai, quelques variantes dans les types d'alimentations auxquels cette synthèse fait référence, mais dont les liens avec les laboratoires scandinaves sont toujours extrêmement importants.

Les divergences concernent les modalités éventuelles mais non les principes de base.

Historique : également comme l'a rappelé le physiologiste américain GOLLNICK à l'occasion d'un symposium sur la nutrition adaptée aux efforts prolongés, ce sont les chercheurs scandinaves, Christensen et Hansen, qui démontrèrent en 1939 l'influence de certains types d'alimentation sur la performance, en mettant en relief le rôle des hydrates de carbone. Mais les travaux qui devaient apporter les bases de l'alimentation moderne du sportif eurent lieu au cours des années 60 grâce à l'utilisation de la biopsie musculaire découverte par le Suédois BERGSTROM. C'est à l'équipe composée de BERGSTROM, HULTMAN, HERMANSEN et SALTIN que l'on doit les importantes recherches sur l'influence de l'alimentation combinées avec des efforts intenses permettant d'aboutir à

l'accroissement du stock de glycogène musculaire et, par la-même, à la possibilité de maintenir plus longtemps un effort intense ou d'améliorer les performances. Depuis les travaux dans ces domaines n'ont cessé de se développer grâce à une étroite coopération entre les laboratoires de physiologie scandinaves et américains. Les travaux auxquels il est fait référence (nutrition et performances) ont eu pour but de rechercher dans quelle mesure on pouvait accroître la capacité du réservoir musculaire en glycogène et, par là-même, améliorer la performance ou la durée d'un effort.

Les premières études scientifiques qui ont mis en relief à la fois le rôle du glycogène et celui d'une alimentation riche en hydrates de carbone, datent de... 1939. Cependant, c'est surtout en 1967 que BERGSTROM et ses collaborateurs ont réussi, par une série d'expériences, à mettre au point une méthode combinant alimentation et entraînement intense, qui permettait d'accroître massivement les réserves de glycogène.

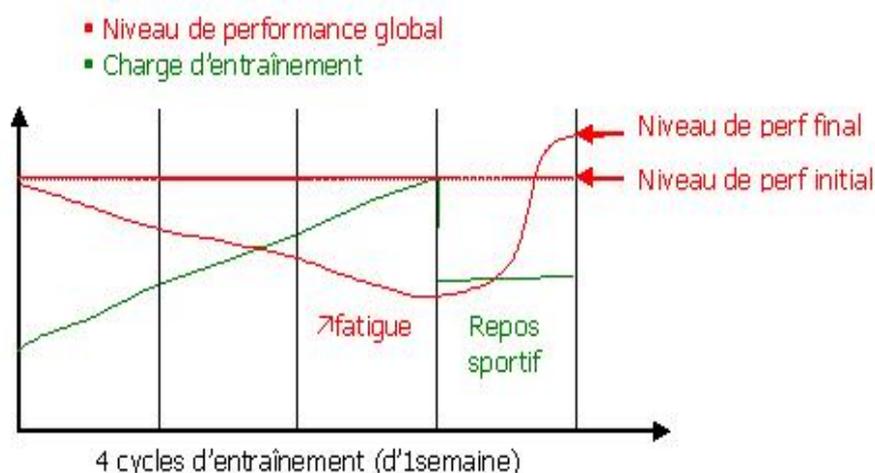
Ils démontrèrent que si l'ont épuisait au préalable par des efforts très intenses les muscles appelés à être utilisés au cours d'un effort de longue durée, il était possible d'augmenter les stocks en glycogène et donc de poursuivre plus longtemps un exercice à vitesse élevée (c'est ce qui s'est passé pour le marathonien anglais Ron Hill).

Cette « surcompensation », comme l'on appelée les Américains, était réalisée grâce à une nourriture riche en hydrates de carbone, les jours précédant une compétition, après avoir épuisé au maximum les réserves de glycogène par des exercices intenses. C'est cette combinaison de l'alimentation et de l'entraînement qui favorise le plus nettement l'accroissement massif du stock de glycogène. Les résultats obtenus en laboratoire sur des sujets humains, donnent des éléments chiffrés qui sont éloquentes. Exprimés en minutes, ils indiquent la durée pendant laquelle les sujets purent effectuer des efforts jusqu'à épuisement complet, à 70 % de leur capacité maximale. Différents types d'alimentation furent essayés les jours de leur capacité maximale. Différents types d'alimentation furent essayés les jours précédant l'expérience et le tableau suivant en indique les résultats [9].

Tableau 1 : Stock de glycogène musculaire et durée de l'effort.

Régime	Glycogène musculaire g/kg de muscle	Temps pendant lequel un effort sub-maximal peut être soutenu
Normal (mixte)	17,5 g/1000	115 minutes
Protidolipidique	6 g/1000	60 minutes
A dominance glucidique	35 g/1000	170 minutes
Régime dissocié scandinave (RDS)	40 g/1000	240 minutes

En période de compétition, la surcompensation glucidique est une des adaptations alimentaires essentielle ! Lorsqu'on parle de surcompensation, on évoque bien souvent les rythmes d'entraînement, permettant l'amélioration du niveau de performance. Cette théorie fait référence à l'intérêt d'inclure des périodes de repos relatif à la suite d'une phase d'entraînement intensif. Ce repos relatif apporte non seulement une « régénération » de l'organisme, mais permet également d'élever, le niveau de performance générale de l'athlète, au-delà du stade initial.



On oublie trop souvent que ce phénomène de « surcompensation » s'applique également aux réserves énergétiques en glycogène, réserves qui conditionnent directement l'effort en endurance. De l'importance de ces réserves va dépendre l'intensité ou la durée de l'effort. L'alimentation du sportif veillera donc à potentialiser ces réserves en glycogène. D'une part, un choix adapté des aliments glucidiques sera bénéfique. Rien ne vaut la diversité (cf. article antérieur).

D'autre part, il faudra porter une attention particulière aux associations alimentaires qui favorisent ce stockage énergétique, comme par exemple une hydratation suffisante, des apports minéraux et vitaminiques (vitamine C) corrects.

Cette « surcompensation » glucidique est ainsi possible grâce à une adaptation alimentaire et n'a nullement besoin d'un recours à une supplémentation ou une substance ergogène quelconque. Le rythme des repas, ainsi que le moment de l'ingestion par rapport à l'effort gardent également une importance capitale. Ces adaptations devront être personnalisées à chaque sportif, en tenant compte du type de discipline, des objectifs sportif, et des goûts et habitudes alimentaires mis en évidence par une enquête nutritionnelle préalable.

Un très grand nombre de spécialistes de classe internationale, utilisent avec des variantes le régime hyperglucidique et c'est sans doute là l'origine à la fois des progrès chronométriques qui ont été réalisés chez les hommes et chez les femmes, et de l'état de fraîcheur dans lequel les coureurs arrivent aujourd'hui.

Lors du Marathon de New York 1979, la Norvégienne Grete WAITZ réalisa pratiquement le même temps dans la deuxième moitié du marathon que dans la première.

Un élément paraît déterminant pour bien comprendre une partie du mécanisme : la consommation de glycogène par l'organisme est pratiquement constante tant que des réserves, même faibles, existent.

Le rôle de la manipulation de l'alimentation pour accroître les réserves se situera donc dans la dernière partie d'une épreuve, surtout après la deuxième heure et, bien entendue, à la fin de la course.

Il faut aussi toujours se souvenir du délai de temps nécessaire pour reconstituer ou augmenter le stock de glycogène, à savoir trois jours au moins d'une alimentation riche en hydrates de carbone [27].

MEDECINE DU SPORT

I - LA MEDECINE DU SPORT

C'est évidemment la médecine qui s'occupe du sport et des sportifs mais encore convient-il de préciser ses limites et ses attributions.

Le Dr Roger BANNISTER, ancien recordman du monde du mile (1609.40m), déclarait un jour, à l'assemblée générale du Conseil International pour l'Education Physique et le Sport, tenue à l'UNESCO : « La performance sportive permet à chacun de nous de se découvrir, de faire connaissance avec soi-même. Grâce à ce contrôle, le sportif a le rare privilège de connaître ses limites exactes ; chaque fois que celui qui tente de se surpasser parvient à ses fins, la joie qu'il ressent alors est d'une qualité qui n'appartient qu'au sport...Le sportif doit savoir prendre des risques... »

Cette notion de dépassement et de risque qui caractérise le sport fait immédiatement apparaître la nécessité d'une surveillance médicale.

Le Pr. Chailley Bert a défini la Médecine du Sport en disant qu'elle « visait à sélectionner, orienter, surveiller et traiter les sportifs », étant entendu que tous les sportifs et sportives, quel que soit leur âge, ne sont autorisés à pratiquer le sport en compétition s'ils ne sont reconnus physiquement capables de supporter les efforts qu'il exige.

Sélectionner, c'est-à-dire éliminer les sujets inaptes du fait d'une affection organique souvent méconnue, mais en sachant que bien rares sont les affections qui contre-indiquent toute activité physique ou sportive ou qui ne peuvent, au contraire, tirer bénéfice d'un exercice adapté et médicalement surveillé.

Orienter, c'est-à-dire qu'à partir d'examens et de tests, elle conseillera la pratique de tel ou tel sport, plus en rapport avec les aptitudes physiques et psychiques de l'athlète, mais en corrigeant éventuellement une orientation trop exclusive, qui va dans le sens de qualités préexistantes par la pratique d'un exercice complémentaire.

Surveiller, c'est-à-dire examiner régulièrement les athlètes, noter les signes d'entraînement et, plus encore, dépister les symptômes de surentraînement. Cette surveillance sera essentiellement axée sur la prévention, car la médecine du sport évolue et évoluera dans le sens de la médecine de demain.

Traiter les accidents sportifs, ce qui implique la connaissance de la technique du sport pratiqué, de l'environnement du sportif en action et plus encore de la psychologie particulière des athlètes de compétition.

Objectifs

Elle vise également à traiter par le sport et par l'exercice physique, fournissant à l'arsenal thérapeutique une arme puissante, et cela non seulement dans la rééducation des accidentés et

des blessés, de tous les handicapés physiques, mis également dans la réhabilitation des convalescents de maladies graves.

Pour réaliser cet ambitieux programme, la médecine du sport ne peut être enfermée dans le cadre étroit d'une seule spécialité :

Elle n'est le domaine exclusif ni du physiologiste, ni du cardiologue, ni du chirurgien, mais elle demande à tous les spécialistes d'étudier un problème médico-sportif dans la perspective de leur spécialité. Elle apparaît ainsi comme une illustration de la médecine de groupe.

Ainsi définie, on voit qu'elle s'apparente, par bien des points, à la médecine du travail.

Elle implique enfin une étroite et confiante collaboration entre le médecin, l'entraîneur et l'athlète.

Médecine des activités physiques, médecine de l'homme sain en action, comment entend-elle réaliser ses vues [3] ?

a - VISITE MEDICALE D'APTITUDE

Interrogatoire - examen clinique – électrocardiogramme - test d'effort.

L'objectif d'un examen général en médecine du sport est la détermination de l'état de santé et des capacités de performance du sportif. Il ne peut pas dire grande chose des possibilités d'amélioration de la performance par l'entraînement ni même d'un éventuel classement en compétition. L'examen médical s'impose en tout cas avant d'entreprendre tout entraînement de la performance. C'est une condition sine qua non d'un entraînement de la performance de haut niveau.

Les résultats de l'examen médical fournissent aussi des indications précieuses quant à la détermination des dons et des aptitudes naturelles, au soutien et à l'orientation du sportif. Dans la pratique, c'est surtout l'entretien final entre le sportif, l'entraîneur et le médecin sportif qui importe. Il est nécessaire, car tout examen médical est une prise de vue instantanée ; or, surtout dans la médecine du sport de compétition, les données sont fortement influencées par des facteurs extérieurs. Il faut donc que les données enregistrées soient inscrites par les trois interlocuteurs dans l'ensemble de la performance sportive du sujet. Sans quoi, il ne peut pas y avoir d'exploitation rationnelle des observations [11].

Le déroulement de l'examen type se découpe en trois parties : **reprise de l'histoire du sportif jusqu'à ce jour, examen médical à proprement parler et exploitation rationnelle des résultats.**

Le passé médical du sujet doit être soigneusement reconstitué et le sportif doit répondre avec exactitude aux questions qui lui sont posées, que se soit oralement ou par écrit. En ce qui concerne les enfants, il est souvent nécessaire d'interroger les parents, de telle sorte qu'il serait plutôt conseillé de faire remplir un questionnaire à domicile adressé au sportif avant la

date de l'examen. Le mode d'entraînement et son intensité doivent être indiqués précisément. La division des sportifs par catégories s'est révélée très utile dans la mesure où l'appartenance à une catégorie donne déjà une idée suffisante du niveau de performance du sujet.

L'examen du système cardiaque, circulatoire et pulmonaire passe au premier plan de l'examen de fonctionnement organique. Il s'effectue à l'aide d'un ergomètre étalonné avec une certaine charge. On utilise généralement un tapis de course ou une bicyclette érgonométrique. On observe et l'on enregistre toutes les minutes la courbe du volume cardiaque avant, pendant et au moins quatre minutes après la charge. On en déduit la fréquence des battements cardiaques et le cas échéant les troubles du rythme cardiaque ou les carences d'oxygène au niveau de la musculature cardiaque. On détermine ainsi l'intensité de charge qui peut être imposée au cœur. Le jeune sportif est soumis sur l'ergomètre à une augmentation progressive des charges jusqu'à ce qu'il interrompe le travail, autrement dit le travail est augmenté toutes les trois minutes d'une valeur constante. Toutefois on ne va pas toujours jusqu'à l'épuisement total (charge maximale) et l'on s'arrête à des charges sub-maximales. Cela suffit largement pour juger de l'état de santé du sujet et des capacités de travail pour la plupart des disciplines sportives [11].

Les principes généraux des tests d'évaluations de l'aptitude physique :

« L'aptitude physique d'un individu dépend de nombreux facteurs, physiologiques et psychologiques, qui jouent de façon très inégale suivant les activités sportives envisagées » (MONOD et FLANDROIS, 1985). Cette définition, complète quoique concise, établit les nécessités, les domaines et les difficultés de l'évaluation de l'aptitude physique.

Nécessité d'une évaluation de l'aptitude physique

Cette nécessité est évidente sous un double critère, collectif et/ou individuel.

Aptitude d'un sujet donné dans une population

La nécessité de cette évaluation est une évidence depuis longtemps. L'exemple le plus connu, et dans tous les Pays, est la détermination de l'aptitude ou de l'inaptitude d'un sujet donné à remplir ses obligations militaires, par rapport aux performances de la moyenne de la population. Plus nombreux est l'échantillon de sujets à tester, et plus le système de tests doit être facile à mettre en œuvre et rapide et simple à interpréter. Mais l'inconvénient évident est que la simplicité de ces tests les rend souvent approximatifs.

Evolution de l'aptitude d'un sujet donné

C'est par rapport à lui-même et à ses performances que l'on peut suivre l'évolution du sujet, et sa forme en fonction des phases de son entraînement. Comme il s'agit d'un sujet en tant qu'individu, souvent sportif de haut niveau, les tests à mettre en œuvre doivent évidemment être précis et fournir des résultats fiables et indiscutables.

Aspects éthiques de cette évaluation

Que ce soit au niveau collectif de l'Etat ou au niveau personnel de l'individu, certains principes éthiques ne doivent jamais être occultés. L'assujettissement des capacités physiques de l'individu aux besoins de l'Etat remonte à plus haute antiquité, et a été institutionnalisé aussi bien à Sparte que dans certains Etats totalitaires modernes. Mais la surexploitation des capacités physiques de l'individu, plus ou moins à son propre insu ou non, ou à l'insu de son entourage ou non, est une tentation contemporaine bien connue. L'entourage familial ne doit pas oublier qu'« Aucune médaille ne vaut la santé d'un enfant » (H. GOUNELLE de PONTANEL). Et l'entraîneur doit savoir où doit s'arrêter son « poulain ».

En ce sens, l'évaluation de l'aptitude réelle peut et doit être le frein nécessaire pour éviter l'excès préjudiciable.

Domaines de l'évaluation de l'aptitude physique

La motricité humaine diffère de la motricité animale en ce que la volonté peut méconnaître à l'homme ses propres limites. » Ce que j'ai fait, aucune bête ne l'aurait fait », ainsi s'exprime un des héros de Saint-Exupéry. C'est pourquoi trois plans différents d'évaluation sont possibles et/ou nécessaires.

Les possibilités de la commande motrice

Elles comprennent à la fois les informations sensorielles reçues, et le système de contrôles moteur (le plus souvent réflexe ou automatique, plus rarement volontaire pur au sens de la « praxis ». C'est dire que leur étude psycho-neuro-physiologique est obligatoirement complexe ; et, malgré le développement des sciences actuelles correspondantes, souvent difficile.

L'étude psychologique de l'acte moteur sportif est particulièrement importante et indispensable dans le domaine des sports collectifs. Certaines équipes de football sud-américaines ont eu leur psychologue avant leur médecin.

La qualité de l'effecteur musculaire

Les qualités mécaniques du système musculaire sont inhérentes à plusieurs facteurs fondamentaux :

- type et nombre de fibres contractiles (ou « *sarcoplasme* ») constituant le muscle, en fonction du type de motricité lui correspondant le mieux,
- qualités du tissu musculaire non contractile (ou « *sarcolemme* ») : tendons, aponévrose notamment. Ce système, non contractile en lui-même, correspond à la capacité élastique du muscle,
- mobilité normale du système osseux et articulaire, support de l'insertion du muscle, et effectrice des forces que celui-ci développe,

- par définition, nous nous intéressons au sujet sportif normal. Reste cependant à déterminer qu'il s'agisse bien d'un sujet normal, pouvant effectuer l'acte sportif, et c'est le rôle des tests d'aptitude de nous en fournir la réponse.

Le support bio-énergétique

Les nécessités de l'apport bio-énergétique du travail du muscle, et les conditions générales par lesquelles tout l'organisme, et notamment le système circulatoire et respiratoire, va se mettre au service des muscles au travail, pour leur permettre de développer cette activité.

Les modifications circulatoires et respiratoires, connues depuis longtemps, sont si évidentes et faciles à étudier que leur mesure a longtemps été à la base de la description de nombreux tests d'aptitude, y compris maintenant dans les tests modernes. Mais on leur a évidemment ajouté d'autres types de mesure, comme celle de l'acide lactique produit.

Ainsi peut-on mieux déterminer la capacité aérobie et la capacité anaérobie.

Ici encore l'intérêt des tests est de déterminer si le sujet peut, ou ne peut pas, assumer les nécessités métaboliques de son effort [12].

Données physiologiques mesurables

Le choix est très ouvert en fonction des buts que l'on se propose, et aussi bien sur le plan de la fiabilité que le prix du matériel.

Les variations de ces paramètres étant étudiés en détail dans les chapitres suivants, il suffira ici d'en établir une énumération comme inventaire. Il s'agit la plupart du temps de valeurs dérivant de la fonction circulatoire ou respiratoire.

Données circulatoires :

- la fréquence cardiaque (ou rythme) est recueillie soit par simple prise du pouls, soit à partir de l'électrocardiogramme (ECG) simple, ou par dérivation de Holter et prise en continu de longue durée (méthode de Holter), ou encore transmise par télémesure.

- la pression artérielle est prise à l'aide d'un simple tensiomètre à brassard pneumatique, avant ou après l'exercice. Ceci est perfectionné par l'emploi des systèmes dits de mesure en continu et qui sont, en réalité, munis de brassard à gonflage automatique intermittent. Ceux-ci permettent la mesure pendant l'effort.

- la vitesse circulatoire peut être mesurée par ultra-sonographie à effet doppler (ou dopplerographie), ce qui est à la fois non invasif, indolore et inoffensif.

- le débit cardiaque général ou local (coronaire) n'est directement mesuré à l'exercice musculaire que dans de rares conditions (clinique ou recherche), car sa mesure à cette fin pose des problèmes d'éthique et d'acceptabilité.

- les deux premières valeurs (fréquence cardiaque et pression artérielle) peuvent être « intrigues », et recueillies sous formes d'« histogramme », facile à lire.

Données mixtes et métaboliques :

- la consommation d'oxygène (vo₂) est facile à mesurer au repos ou à l'effort, sans imposer de contrainte pénible au sujet.
- la mesure des autres valeurs sanguines correspondant à l'exercice, et notamment celle de l'acide lactique, du pH, de la glycémie etc.... suppose un prélèvement sanguin dans les mêmes conditions que les gaz du sang.

Choix général du type de mesure en fonction de l'application recherchée :

Il importe cependant de bien cibler le choix et le programme de ces tests en fonction des buts mêmes et du profil personnel du sujet à tester. On doit donc d'emblée différencier deux types principaux d'application :

Les tests à visée cardiaque et circulatoire : ce type de test sera proposé au sujet adulte, aux habitudes non sportives, mais qui désire se mettre, ou se remettre, au sport. Dans ces conditions le médecin doit être en mesure de préciser au sujet si son organisme peut, sans risque majeur, assumer les frais physiologiques de cet exercice. Le problème essentiel n'est pas ici métabolique, de performance. Il n'est pas non plus respiratoire, la fonction respiratoire n'étant en règle pas le frein de l'exercice. Il est essentiellement cardiaque et circulatoire, car l'exercice ne doit évidemment pas se terminer par un drame cardiaque ou tensionnel, comme on en déplore parfois. C'est donc beaucoup plus ici une démarche médicale à proprement parler. Et les tests d'effort à pratiquer doivent être effectués en milieu clinique ou hospitalier, avec la disponibilité du matériel de réanimation éventuellement nécessaire en cas d'incident pendant le test.

Les tests à visée métabolique : ils seront proposés au sujet sportif de compétition, par ailleurs bien suivi sur le plan médical général. Ils permettront au sportif lui-même, à son entraîneur, et à son médecin, de suivre l'état de performance et de forme du sujet, et représenteront cet « accompagnement biologique de l'entraînement », qui est hautement souhaitable. C'est d'autre part ce type de test qui se prête le mieux à une étude en parallèle entre les conditions du laboratoire et celles du terrain. Le médecin, en son laboratoire, et l'entraîneur, sur le terrain, pourront recueillir toutes les données dont la confrontation est utile au suivi de l'entraînement [12].

b - SURVEILLANCE MEDICALE DU SPORTIF OU LE CONTROLE MEDICO-SPORTIF

Bilan annuel de santé – apport journalier nutritionnel recommandé (AJR)

➤ Surveillance médicale du sportif ou le contrôle médico-sportif :

bilan annuel de santé

Pendant longtemps les sportifs ne faisaient appel aux médecins que pour la traumatologie. Aujourd'hui on conçoit mal une équipe se déplaçant sans médecin lequel contrôle

régulièrement l'entraînement et la forme des athlètes. Ce contrôle est nécessaire dans le but d'éviter pour les jeunes des excès de compétition nuisibles à leur santé, d'en réglementer les possibilités de jouer en catégorie supérieure. En partant du principe que le sportif est un être sain, il faut avant de lancer un joueur dans la pratique du sport, avoir la certitude qu'il ne présente aucune maladie qui risque de s'aggraver sous l'influence de l'effort physique.

Dans les clubs sportifs : grâce au contrôle médico-sportif, on peut déterminer pour chaque individu la nature des activités qu'il est en mesure de pratiquer [17].

Statut du médecin sportif :

✓ Profil

Il est titulaire d'un Doctorat en Médecine, régulièrement inscrit à l'Ordre des médecins du Sénégal

Responsabilités et rôle du médecin sportif

✓ Missions générales

- Etablir les certificats de non contre indication à la pratique du sport et au surclassement
- Suivre les sportifs de tout niveau
- assurer l'organisation matérielle des secours.
- Organiser la couverture médicale des compétitions
- Travailler dans l'urgence décisionnelle.
- Apprécier l'aptitude physique des sportifs.
- Participer à la vérification des certificats médicaux obligatoires.
- Organiser tout le personnel médical et paramédical mis à sa disposition.
- Gérer le budget de l'assistance médicale
- Prévoir la réanimation d'urgence.
- Etablir le réseau de communication avec les hôpitaux, cabinets médicaux

✓ Missions spécifiques

- Assurer un rôle de conseil en prévention et recommandation de toute nature, y compris alimentaire (régime alimentaire) et thérapeutique.
- Expertiser l'aptitude physique, le profil du sportif, son état de santé et son potentiel pour la compétition (après accident sportif et dans le cadre d'un recrutement)
- Surveiller les compétitions et les entraînements
- Il est auxiliaire de lutte contre le dopage et il a un devoir d'information
- Tenu par le secret professionnel il ne peut donner qu'un pronostic fonctionnel sur l'état de santé du sportif.

- Il doit délivrer à chaque sportif un certificat de non contre- indication à la pratique du sport

A ce titre, les examens suivants à périodicités précises doivent être obligatoirement effectués :

- Un examen médical réalisé par le médecin du club lui-même
- La recherche par bandelettes urinaires de protéines, glucose, hématies nitrites.
- Un Electrocardiogramme interprété par un spécialiste.
- Une épreuve d'effort d'intensité maximale réalisée par un médecin en l'absence de signes d'anomalies apparentes à l'examen clinique cardiovasculaire repos et aux examens précédents. Cette épreuve d'effort vise à dépister certaines anomalies ou inadaptation à l'effort. Il faudra alors l'avis d'un spécialiste.
- Un examen dentaire certifié par un spécialiste.

Contenu des examens permettant la surveillance médicale des sportifs Professionnels :

Deux fois par an :

- ❖ Un examen médical réalisé par le médecin avec :
 - entretien
 - Examen physique
 - Mesures Anthropométriques
 - Bilan diététique, Bilan Psychologique
 - Recherche par Bandelettes Urinaires de Protéines, de Glycosurie, d'Hématies, de Nitrates

Une fois par an ;

- ❖ Un examen dentaire certifié par un spécialiste
- ❖ Un Electrocardiogramme de repos (Interprété)
- ❖ Recherche sur Bandelette
- ❖ Un examen Biologique complet avec (NFS, Réticulocytes, Ferritine)

Tous les 4 ans

- ❖ Une épreuve d'effort maximal
- ❖ Tous les sportifs qui ont déjà subi un Electrocardiogramme à l'âge de moins de quinze (15) ans doivent renouveler l'examen entre dix (18) et vingt (20) ans.

Les examens prévus ne sont pas renouvelés la même année pour le même sportif

Statut du Paramédical

✓ Profil :

- Kinésithérapeute
- Technicien Supérieur en Kinésithérapie

- Infirmier Diplômé d'Etat
- Sage-femme d'Etat
- Kinésithérapeute de Sport

✓ **Missions :**

- Aider le médecin à veiller sur la santé des sportifs de haut niveau
- Surveiller le bilan de santé et aider à réaliser l'examen médical
- Surveillance et Entretien de la condition physique
- Aider à réaliser les textes d'aptitude physique
- Les tests d'effort
- Les mesures anthropométriques
- Apporter les premiers soins du secours du sportif
- Surveillance médicale des compétitions
- Surveillance médicale des regroupements
- Couverture médicale des Compétitions
- Préparation des athlètes à la compétition
- Aider à la régénération et à la récupération après effort
- Assurer la rééducation et à la rééducation des sportifs
- Le paramédical ou Kinésithérapeute a une tâche administrative et médicale. Il a pour mission avec le médecin d'assurer l'organisation matérielle et l'encadrement des autres paramédicaux, des autres catégories au cours des stages, des regroupements et des compétitions.
- Favoriser des thèmes de recherche et de réflexion susceptible d'améliorer son travail.
- Diffuser un certain nombre d'information sur la macro kinésithérapie dans le cadre de séminaire de formation pour les dirigeants, les entraîneurs et les footballeurs.
- Veiller à ce que le secret médical soit respecté
- Aider à la lutte contre le dopage [22].

◆ **apport nutritionnel journalier recommandé (AJR) :**

La nutrition est l'étude de l'ensemble des processus d'absorption et de transformation de la nourriture par notre organisme et de sa relation avec la santé. L'ensemble de ces processus permet l'utilisation des macros et micronutriments nécessaires à la formation d'énergie, à la construction et à la réparation des tissus, au maintien du squelette et à la régulation des processus physiologiques de l'organisme. C'est la raison pour laquelle l'identification des

nutriments essentiels a fait (et fait encore) l'objet de nombreuses études afin d'établir des recommandations publiques en matière d'apports nutritionnels journaliers.

Ces apports nutritionnels journaliers recommandés (AJR) s'appliquent à la population sédentaire générale et ne sont pas forcément appropriés aux besoins des athlètes. Bien qu'il serait actuellement difficile, sur la base des données scientifiques disponibles, d'établir des AJR spécifiques aux athlètes, il convient de souligner que ces derniers ont un besoin urgent de recommandations générales en matière d'apports nutritionnels journaliers, non seulement dans le but d'optimiser la performance physique, mais aussi pour réduire les risques d'accidents liés à la pratique intensive du sport. En conséquence, les études de nutrition appliquée à la performance physique ont aussi pour tâche d'établir des recommandations générales en matière d'apports nutritionnels journaliers destinés aux athlètes [21].

c – QUELQUES DEFINITIONS PHYSIOLOGIQUES

✓ Fréquence ou rythme cardiaque :

La fréquence cardiaque est définie comme étant le nombre de battements du cœur par minute. Elle correspond au nombre de stimulations électriques par minute, auxquelles le cœur est soumis, et dépend essentiellement du système nerveux autonome. Elle varie physiologiquement au repos entre **60** et **80** battements par minute (**bat.min⁻¹**).

Elle varie selon le sexe et le niveau d'entraînement.

Chez le sujet sain, elle dépend essentiellement de l'activité du nœud Sino artriculaire. Au repos, elle est de **70** à **72 bat. min⁻¹** chez l'homme contre **78** à **80 bat. min⁻¹** chez la femme. La fréquence cardiaque baisse généralement chez les sujets entraînés. Elle peut être influencée par des facteurs comme la température corporelle, l'émotion, et le stress.

Lors d'un effort modéré, la fréquence cardiaque monte très rapidement avant d'atteindre un plateau d'équilibre. A l'arrêt, elle revient progressivement à sa valeur au repos après plusieurs minutes de récupération. Au cours d'un effort intense, cette valeur peut atteindre son maximum qui, selon plusieurs auteurs est fonction de l'âge. Selon **ASTRAND P.O** [2], elle est égale à : **220-AGE**.

Mécanisme nerveux de régulation de la fréquence cardiaque :

La fréquence cardiaque est sous la dépendance de deux systèmes nerveux antagonistes que sont le système nerveux parasympathique et le système nerveux sympathique. Le premier a une action inhibitrice. Son rôle est de diminuer la fréquence cardiaque. Par contre le deuxième augmente celle-ci. A l'effort ou dans des situations émotionnelles, c'est le système nerveux sympathique qui est mis en jeu par l'intermédiaire du nerf IX.

Effet de l'activité physique sur la fréquence cardiaque au repos :

Beaucoup d'études ont montré que l'activité physique régulière diminue la fréquence cardiaque au repos. Cette diminution est liée à l'augmentation de l'acétylcholine qui est le neuromédiateur libéré.

STRAUZENBER [16] a démontré que le contenu du cœur en catécholamines (adrénaline, substance sympathique) diminuait de 30% au repos déjà après quelques semaines d'entraînements et donc, que la sensibilité du cœur aux stimuli adrénergiques accélérateurs de fréquence cardiaque était significativement diminuée.

SCHRYVER a trouvé chez les sujets entraînés des taux de catécholamine réduit d'un tiers, et des taux d'acétylcholine (substance vagotonique ou parasympathique) nettement augmenté par rapport aux sujets non entraînés. L'inhibition du système sympathique entraîne une diminution de la fréquence cardiaque. Chez les sportifs, celle-ci peut diminuer jusqu'à **30 bat.min⁻¹** [10]

L'abaissement de la fréquence cardiaque permet une réduction considérable du travail cardiaque, une fréquence cardiaque plus basse représente, du point de vue statique, un moindre risque de maladies. Ainsi, **STAUZENBER** [16] a démontré qu'une diminution de fréquence cardiaque de **10 bat.min⁻¹** entraîne une économie d'énergie de **15%**. Une telle diminution résultant de l'entraînement entraîne une augmentation du volume d'éjection systolique (**VES**) due à l'augmentation de la capacité de contractilité du cœur et de la dilatation des cavités cardiaques renforcées par l'activité physique. L'augmentation du volume d'éjection systolique permet au cœur de répondre aux besoins de l'organisme au repos sans augmenter sa fréquence de battement. En effet, la diminution de la fréquence cardiaque permet un meilleur apport de sang au cœur par les artères coronaires, et un meilleur remplissage des ventricules au cours de la diastole.

✓ La pression artérielle (P.A)

Le cœur envoie à chaque contraction une certaine quantité de sang dans les vaisseaux. Cette onde sanguine exerce sur la paroi des artères une force appelée pression artérielle. Elle s'exprime en millimètres (**mm**) ou en centimètres (**cm**) de mercure (**Hg**). Elle se définit par deux moments :

- **La pression artérielle systolique** : qui correspond au moment où le cœur se contracte (systole) pour propulser le sang dans la circulation ;
- **La pression artérielle diastolique** : qui correspond au moment où le cœur se relâche (diastole) afin de se remplir de sang.

Au cours de la systole, la pression s'élève : la valeur atteinte est la pression artérielle systolique (**PAS**) ou maxima.

Pendant la diastole, la pression ne tombe pas à zéro ; car il reste du sang dans les vaisseaux. La pression diminue et sa valeur dépend du tonus des parois artérielles et de la quantité de sang qu'elles contiennent. C'est la pression artérielle diastolique (**PAD**) ou minima. Chez un sujet normal en position couchée depuis **15 minutes**, la pression systolique se situe entre **11** et **14 cm Hg** et la pression diastolique se situe entre **6** et **8 cm Hg**.

La pression artérielle moyenne (**PAM**) est égale à : **PAD+1/3 (PAS-PAD)** et se situe entre **7** et **9,5 cm Hg**.

La pression artérielle varie avec l'âge. Chez l'enfant jusqu'à 10 ans, la pression artérielle systolique est inférieure à 10 cm Hg. À l'âge de 50 ans, la **PAS** peut atteindre **15 cm Hg**. Elle est généralement plus élevée chez l'homme que chez la femme et l'enfant. Elle est souvent plus faible au cours du sommeil et est influencée par des grandes variétés de facteurs (émotion, effort, stress) [21].

La pression artérielle (**PA**) dépend de deux variables fondamentales que sont :

Le débit cardiaque (**Q.c**) et les résistances périphériques (**R**).

$$PA = Q.c \times R$$

Les résistances périphériques sont données par la loi de Hagen et Poiseuille rappelée par SONKO M. [20].

$$R = \frac{8 L \Theta}{\Pi r^4} \quad \text{Où : } L = \text{longueur du vaisseau ; } \Theta = \text{coefficient de viscosité du sang ;}$$

$$r = \text{rayon du vaisseau ; } \Pi = \text{constante } 3,014 \text{ (Pi).}$$

L'augmentation du débit cardiaque et la diminution des résistances périphériques entraînent une variation de la pression artérielle. Toutefois la diminution des résistances se manifeste par une augmentation du débit sanguin.

Au cours de l'effort physique, la pression artérielle augmente régulièrement en fonction de la consommation maximale d'oxygène, et peut atteindre **20 cmHg** alors que la pression artérielle diastolique varie peu.

La pression artérielle (**PA**) se mesure grâce à un **Sphygmomanomètre ou tensiomètre** dont le brassard est placé au niveau du bras.

Chez l'adulte au repos : PAS = 110 à 120 mmHg

PAD = 70 à 80 mmHg

A l'effort rectangulaire :

PAS et PAD : augmentent rapidement puis progressivement jusqu'à stabilisation

A l'effort triangulaire :

PAS et PAD : augmentent rapidement puis progressivement les deux pressions.

L'augmentation de la PAD est modérée et ne suit plus celle de la PAS.

Une PAS supérieure à 240 mmHg ou une PAD supérieure à 130 mmHg obligent à l'arrêt de l'épreuve de l'effort à cause du risque d'accident vasculaire cérébral

✓ **VO₂ max /PMA :**

Il s'agit dans notre présente étude, de la consommation maximale d'oxygène (**VO₂max**).

Définition du VO₂ max :

L'être vivant et le moteur thermique ont des similitudes de fonctionnement :

- Ils nécessitent tous les deux une source d'énergie, ou combustible. Toute source d'énergie est source de chaleur, qu'il s'agisse de combustibles industriels brûlés brutalement dans le moteur thermique ou de combustibles alimentaires brûlés progressivement dans l'organisme et utilisés pour la contraction musculaire sous forme de phosphores à haute énergie.

- Ils ont aussi besoin d'un comburant pour brûler le combustible, ce carburant est l'oxygène atmosphérique. Il intervient surtout lorsque l'individu effectue une activité de puissance sous maximale prolongée dont les sources d'énergie sont les nutriments.

La consommation d'oxygène ne peut jamais être nulle. Même dans les conditions de repos absolu, elle représente une valeur minimale de la dépense de fond ou métabolisme de base. Elle est de 0,25 litre environ chez l'adulte. Elle augmente ensuite proportionnellement à l'exercice jusqu'à une certaine valeur limite qui représente à la fois la consommation maximale d'oxygène et la puissance maximale aérobie (**P.M.A.**).

De ce fait la consommation maximale d'oxygène se définit comme étant le débit le plus élevé d'oxygène qu'un sujet peut prélever et utiliser lors d'un exercice musculaire généralisé et intense conduisant à l'épuisement. Elle représente le critère le plus utilisé pour estimer l'aptitude physique. Elle est en effet le reflet des possibilités optimales du système de transfert des substrats et des déchets entre les territoires de réserves ou les échangeurs (poumons, tube digestif...) et la cellule musculaire. La consommation d'oxygène est donc un bon indice de la possibilité qu'à un sportif d'effectuer un exercice musculaire de longue durée (football, basket-ball, volley-ball, 10.000 mètres ...)

Variation physiologique du VO₂ max :

La consommation maximale d'oxygène augmente avec l'âge jusqu'à vingt ans (20) où elle atteint sa valeur maximale [6]. Au-delà de cet âge, elle se réduit progressivement pour atteindre à 60 ans environ 70% de la valeur mesurée à 25 ans [18]. En dessous de 12 ans la consommation maximale d'oxygène est presque la même chez les garçons. Au-delà de cet âge, son augmentation est un peu plus stable chez les hommes parce que chez les femmes, il y a une augmentation de la masse graisseuse [18].

Le VO_2 max a la même valeur chez des jumeaux homozygotes, d'où l'importance de l'hérédité dans cette qualité [18]. La consommation d'oxygène dépend de 75% de l'hérédité. Elle peut être modifiée par l'entraînement.

La consommation maximale d'oxygène est plus élevée chez la race blanche. Chez l'homme blanc normal de 20 à 30 ans mélando-africain, des valeurs comprises entre 40 et 47 $ml \cdot kg^{-1} \cdot mn^{-1}$ ont été enregistrées. Des valeurs plus faibles proches de 40 $ml \cdot kg^{-1} \cdot mn^{-1}$ ont été obtenues chez des ouvriers agricoles noirs américains qui font chaque jour un travail musculaire [18]. Ces variations de la puissance aérobie entre les populations noires sont relativement faibles et résultent de différences de mode de vie des sujets examinés [18]. Les africains ont le plus faible VO_2 max des différents groupes raciaux qu'ils ont été confirmés par FALL et PIRNAY [14] chez des étudiants mélando-africains homogènes quant au degré de sédentarité, leur valeur moyenne est de 47 $ml \cdot kg^{-1}$. La consommation maximale d'oxygène dépend de l'environnement dans lequel se trouve l'individu. Lorsqu'on détermine au laboratoire le VO_2 max, on constate une diminution proportionnelle à l'altitude.

Toutefois, la relation n'est pas simple, et si la baisse est faible aux altitudes modérées, elle s'accroît progressivement pour les hautes altitudes. Cette diminution progressive du VO_2 max est fonction de l'augmentation progressive de l'hypoxie [4]. La chute est en moyenne de 10% par kilomètre au-delà de 2000m. A 4000m, l'amputation de la capacité aérobie est de 25% environ, à 5500m elle atteint 50% et à 8848m elle dépasse 75%.

Les températures ambiantes élevées peuvent aussi altérer la consommation d'oxygène. Cette altération est due au fait de la thermorégulation qui empêche aux muscles de recevoir la quantité de sang nécessaire pour le transport d'oxygène. Une partie du sang étant déviée vers les organes thermorégulateurs comme la peau [1].

Les relations entre le VO_2 max et les caractéristiques biométriques ont été étudiées, et le VO_2 max est prédictible à partir de l'âge, de la taille et du poids est différente pour (les hommes) selon qu'ils sont sédentaires ou sportifs [18]. Chez les sédentaires le VO_2 max augmente plus lentement que le poids, alors que chez les sportifs, l'augmentation de VO_2 max est proportionnelle à celle du poids pendant l'enfance et l'adolescence. La consommation d'oxygène représente le critère le plus utilisé pour estimer l'aptitude physique. Sa valeur dépend notamment de l'âge, du sexe, de la race, de l'environnement (variation physiologiques) et du degré d'entraînement physique de l'individu.

Valeurs du VO_2 max :

Le VO_2 max est exprimé en $ml \cdot kg^{-1} \cdot mn^{-1}$. La logique veut qu'on le rapporte au poids corporel pour faciliter la compréhension de consommation maximal d'oxygène de deux sujets quels que soient leurs poids.

Selon l'entraînement et la forme du sujet, il est possible de fixer quelques valeurs de référence de la puissance maximale aérobie. La population moyenne adulte non sportive (sujets "tout venant") peut développer une puissance maximale aérobie de 150 à 200 watts [12]. Un sportif amateur en bonne forme peut assurer 250 watts environ. Un sportif bien entraîné 300 à 350 watts, et pour la classe nationale ou internationale, une PMA de 350 à 450 watts. Ces valeurs sont beaucoup plus basses que celles du métabolisme anaérobie alactique (1500 à 2000 watts) et lactique (800 à 1000 watts). Mais il s'agit d'efforts d'endurance, c'est-à-dire que le sujet peut continuer plusieurs heures, tout en restant en état d'équilibre cardiaque, circulaire et respiratoire quitte à accumuler de fortes quantités de lactates. Et puisqu'il s'agit de mesurer la capacité aérobie en "endurance" pour les efforts prolongés durant plusieurs heures, il n'est pas étonnant que ce soit pour des sports de fond qu'on trouve les VO₂ max les plus importants de l'ordre de 70 à 80 ml.kg⁻¹mn⁻¹ et même plus.

Classification physiologique des athlètes selon leur vo₂ max :

Des physiologistes ont procédé à une classification des athlètes d'une façon croissante en partant des médiocres vers ceux qui ont une excellente consommation maximale d'oxygène. (Voir ci-dessous).

Tableau n° 2: Classification physiologique des athlètes en fonction du VO₂ Max [5]

VO ₂ max ml.kg ⁻¹ mn ⁻¹	Qualité de l'athlète
20	Très mediocre
30 – 35	Mediocre
35 – 40	Moyen inférieur
40 – 45	Moyen supérieur
45 – 55	Bon
55 – 60	Très bon
65	Excellent

✓ **IMC**

Indice de Masse corporelle (IMC) ou Indice de Quételet [24] :

On considère qu'une personne à un poids « normal », c'est-à-dire sans risque pour sa santé, quand son **IMC** (ou Body Masse Index = **BMI**) est compris entre **18** et **25 Kg/m²**.

Au delà de cette zone, les risques pour la santé augmentent.

❖ **Méthode de calcul**

$I M C = \frac{\text{Poids (kg)}}{\text{Taille (m}^2\text{)}}$
--

Exemple : Soit quatre femmes (A, B, C, D) présentant les données anthropométriques suivantes :

A = Pèse **77 Kg** et mesure **1,70 m**, son IMC = **26,64**

B= Pèse **55 Kg** et mesure **1,60 m**, son IMC = **21,48**

C= Pèse **38 Kg** et mesure **1,71 m**, son IMC = **12,99**

D= Pèse **110 Kg** et mesure **1,68 m**, son IMC = **38,97**

❖ **Interprétation**

- ◆ Pour calculer ce ratio (IMC) il est nécessaire d'avoir le poids et la taille.
- ◆ Si IMC **<18,5**, on parle déficit énergétique chronique ou Malnutrition protéino-énergétique (MPE)
- ◆ Si IMC compris entre **18,5 et 20**, il y a un risque de déficit énergétique chronique ou MPE
- ◆ Si IMC compris entre **20 et 25**, le statut nutritionnel est normal (pas de MPE)
- ◆ Si IMC compris entre **25 et 30**, il y a une surcharge pondérale (risque d'obésité)
- ◆ Si IMC **>30**, il y a un déséquilibre nutritionnel à type de surcharge pondérale (Obésité)
- ◆ Si IMC compris entre **30 et 35**, on parle d'Obésité modérée ; entre **35 et 40** l'obésité est moyenne et au delà de **40**, l'obésité est sévère.

Maigre Dénutrition	Risque de dénutrition	Etat en santé	Surcharge pondérale	Obésité Modérée

↑ ↑ ↑ ↑ ↑
18.5 20 25 30 35

- ◆ Dans l'exemple précédent, la femme A présente un IMC égal à **26,64**, ce qui veut dire qu'il est compris entre **25 et 30**. Ceci correspond à un risque d'obésité.
- ◆ Pour la femme B, l'IMC étant égal à **21,48**, il est compris entre **20 et 25**, ce qui correspond à un statut nutritionnel normal
- ◆ La femme C ayant un IMC de **12,99**, ce qui est **<18,5** est considéré comme malnutris (déficit énergétique chronique)

- ◆ La femme D ayant un IMC de **38,98**, ce qui est **>30**, présente une surnutrition ou obésité [24].

✓ **Diamètre cutané**

Pli cutané tricipital (PCT) :

- La mesure du PCT reflète la masse grasse
- C'est une technique très opérateur-dépendant
- Peu utilisable en routine

Valeurs normales

- Homme : $11,5 \pm 1,5$ mm
- Femme : $17,5 \pm 1,5$ mm

Epuisement de la masse grasse quand les valeurs sont diminuées de 50% [26].

Mesure des plis cutanés :

Elle consiste à utiliser une pince spéciale, nommée *caliper*, permettant d'évaluer avec une précision relative le tissu adipeux (graisse) à des endroits représentatifs du corps humain. Le principe est de mesurer la distance entre deux points.

La procédure à suivre pour mesurer l'épaisseur d'un pli cutané consiste à saisir fermement entre le pouce et l'index un pli cutané, en prenant soin d'inclure le tissu sous-cutané et d'exclure le tissu musculaire sous jacent.

Les mâchoires de la pince devraient exercer une tension constante de part et d'autre du pli cutané. L'épaisseur du pli cutané est donnée par la lecture du cadran incorporé à la pince. Il est important que les points de mesure soient bien identifiés et que la procédure à suivre soit bien standardisée.

Une des façons d'utiliser les plis cutanés consiste à additionner les différentes mesures et à utiliser la somme comme indice relatif d'adiposité.

Les régions de mesure les plus communes sont à la face postérieure du bras droit (*triceps*), au-dessous de la pointe de l'omoplate droite (*région sous scapulaire*), au-dessus de la crête iliaque (*région supra iliaque*), à 2cm à droite de l'ombilic (*région abdominale*) et au tiers supérieur de la ligne médiane verticale de la cuisse. La somme des plis cutanés peut ainsi être utilisée pour indiquer la variation d'adiposité au cours d'un programme de conditionnement physique ou pendant un programme d'amincissement.

Une fois les mesures prises, il s'agira de rentrer les valeurs à l'aide du logiciel "Régime facile" qui calculera votre pourcentage de graisse [9].

Taux de graisse et performance de pointe :

« Le classement d'un coureur est en relation directe avec son pourcentage de graisse »

Une surcharge corporelle, même minime, peut être un handicap de poids pour celui ou celle qui s'adonne aux courses de fond. Aujourd'hui, grâce à un petit appareil à infrarouge, il est tout à fait possible de déterminer de façon précise le taux de graisse idéal pour atteindre son meilleur niveau.

La performance d'un individu dans une course de fond est fonction de plusieurs paramètres. Des éléments comme les capacités sportives naturelles, l'endurance aérobie, l'adaptation des chaussures, l'échauffement, les habitudes alimentaires, la stratégie de course et le pourcentage de graisse, sont des paramètres importants.

Il est évident qu'aucun de ces éléments à lui tout seul ne peut transformer un participant médiocre en un compétiteur redoutable.

Graisse et temps de course : le bon pourcentage

En revanche, un taux de graisse, même s'il n'est que très légèrement hors norme, peut peser négativement sur le temps de course. En tout cas c'est ce que révèle une étude effectuée en 1989 sur un large échantillon de participants au marathon de Washington [9].

Par exemple, dans la compétition masculine et plus précisément sur la tranche d'âge de 30 à 49 ans, il a été enregistré les résultats suivants :

- les coureurs dont le taux de graisse corporelle se situe entre 10% et 11% ont obtenu les meilleurs temps (« meilleur » signifie être parmi les plus rapides de tous les marathoniens, soit du 1^{er} au 399^e),

- les coureurs ayant un taux de graisse corporelle supérieur à ce taux optimal (c'est-à-dire supérieur à 12%) auraient pu améliorer leur classement de 1000 places environ (parmi les 10000 participants) pour chaque pour cent de graisse corporelle en moins et ceci jusqu'à ce qu'ils atteignent le niveau optimal de 10% à 11%,

- les coureurs ayant un taux de graisse corporelle inférieur à ce taux optimal (c'est-à-dire inférieur à 9%) apparaissent plus prédisposés aux blessures lors des courses et/ou à un manque d'endurance. Ces coureurs ont régressé d'environ 500 places (parmi les 10000 participants) pour chaque pour cent de graisse corporelle en dessous de 9% [9].

Le marathon de Washington au banc d'essai :

Le marathon de Washington a fourni une occasion unique de conduire une étude comparant le classement à l'arrivée et le pourcentage de graisse. Le bureau d'inscription à l'épreuve avait été disposé de telle manière que la totalité des participations sélectionnés au hasard. Environ un marathonien sur trente a été testé, pour un total de 380 coureurs.

En plus du pourcentage de graisse du sujet, son numéro d'identification dans la course, son âge et son sexe ont été enregistrés. Les données ont été ensuite classées par sexe et par groupe d'âge (20-29 ans, 30-39, 40-49 et plus de 50).

Si l'on s'en réfère à la littérature scientifique, il apparaît que jamais on n'avait mesuré le pourcentage de graisse d'autant de participants juste avant une course. Cette absence de données de base statistiquement significatives était due à la difficulté d'utiliser des méthodes classiques pour mesurer sur le terrain le pourcentage de graisse corporelle. Elles étaient soit trop lentes, encombrantes ou imprécises.

Une mesure instantanée :

Cependant, l'apparition récente d'un type d'instrument qui utilise la lumière infrarouge (*sensomètre optique*) pour vérifier instantanément le pourcentage de graisse corporelle a rendu ces mesures actuellement praticables. *Le Futrex-1000**, tel est le nom de cet appareil, nous arrive des Etats-Unis et fournit la réponse en moins d'une minute.

Il en résulte des travaux de trois chercheurs qui ont établi, d'une part que le rayonnement « proche infrarouge » pouvait être utilisé pour déterminer la composition du corps humain (eau, tissu adipeux et non adipeux) et, d'autre part, que la quantité de graisse dans le biceps « dominant » (droit pour un droitier, gauche pour un gaucher) est toujours proportionnelle au taux de graisses corporelles totales [9].

Tableau 3 : graisse et muscle, le poids des chiffres

	Homme	Femme
Adipocytes (ensemble du corps)	20 milliards	40 milliards
Pourcentage de graisse		
• sédentaire	12 – 15 %	20 – 26 %
• coureurs à pied (élite)		
d'après VILMORE	6,3 – 7,5 %	15,2 – 19,2 %
d'après COSTILL	5,6 – 0,9 %	14,2 +2,4 %
• cyclistes (élite)	8 à 10 %	11,8 à 16,6 %
Poids des muscles (moyenne)	35 Kg	23 Kg
Rapport muscle/poids du corps	40 %	33 %
Masse maigre	59,5 Kg	48,1 Kg

* ***Futrex - 1000*** : distribué par la société OREC (Produits médico-sportifs et instruments de mesure pour le sport) - Z.I. Les Ponts - 64600 Anglet – Tél. (16) 59.52.25.40. [9]

BESOINS ENERGETIQUES

II – BESOINS ENERGETIQUES

La nutrition et performance physique :(par Arthur L. HECKER)

L'investissement et les techniques d'entraînement créatifs sont les moyens les plus efficaces pour permettre un athlète de développer ces aptitudes naturelles. Une nutrition optimale est l'une des composantes majeures de l'entraînement. L'équilibre nutritionnel, tout comme l'entraînement physique, est une quête continue et non pas une pratique durant un jour ou deux avant la compétition. Des performances de haut niveau ne peuvent survenir si un athlète ne maintient pas un régime alimentaire optimal durant tout son entraînement et sa saison de compétition.

Les facteurs nutritionnels influencent la performance à chaque étape de l'entraînement et de la compétition. Les quartes périodes alimentaires critiques peuvent être décrites ainsi :

1. Équilibre alimentaire au cours de l'entraînement
2. Alimentation précompétitive
3. Apports alimentaires au cours de la compétition ou de l'entraînement
4. Alimentation post-compétitive ou post-entraînement.

Dans ce chapitre, les recherches physiologiques et biochimiques qui ont le plus contribué à établir l'alimentation optimale durant ces périodes critiques seront décrites. On insistera sur les régimes alimentaires pour un entraînement et des performances optimaux, sans oublier les pratiques néfastes.

Régime alimentaire au cours de l'entraînement

La période la plus fréquemment ignorée mais la plus importante de la saison "alimentaire" d'un athlète est l'entraînement. Comme l'aptitude ultime à la compétition d'un sujet dépend de sa capacité à s'entraîner de façon la plus efficace, on doit s'efforcer de satisfaire tous les besoins alimentaires nécessaires pendant cette période.

Un régime alimentaire approprié au cours de l'entraînement va soutenir l'athlète au cours de la compétition [15].

1. Besoins énergétiques des athlètes

Les besoins énergétiques appropriés pour un athlète peuvent se définir comme ceux qui mènent à un équilibre entre l'absorption calorique et la dépense calorique de sorte que le maintien de la santé et la performance physique soient garantis. Toute restriction calorique excessive pour maintenir une ligne fine et une composition corporelle recherchée, ainsi que tout excès calorique important afin d'augmenter la masse corporelle, en relation avec l'optimisation de la performance, peuvent s'avérer contre-performants et non dénués de risques pour la santé.

Afin de maintenir un poids stable, l'absorption énergétique doit contrebalancer la somme des dépenses énergétiques, à savoir l'énergie indispensable au maintien des fonctions vitales de l'organisme au repos (métabolisme basal), celle liée à la thermogenèse induite par l'apport des aliments (thermogenèse postprandiale) et finalement celle nécessaire à l'accomplissement de l'activité physique. L'énergie dépensée au repos est proportionnelle à la masse maigre de l'athlète et peut être estimée à l'aide d'équations qui tiennent compte du poids, de la taille et de l'âge de l'individu, lorsqu'on ne connaît pas la masse maigre de l'athlète. La thermogenèse postprandiale représente approximativement 10% de l'apport calorique total quotidien et dépend de la composition en macronutriments des aliments consommés.

L'énergie nécessaire à l'accomplissement de l'activité physique est sans aucun doute la composante énergétique la plus variable chez l'athlète car elle dépend de l'intensité, de la durée et du type d'effort accompli. Par conséquent, les besoins énergétiques quotidiens des athlètes sont très variables et dépendent principalement de la taille et de l'activité physique de l'athlète.

En outre, ces besoins énergétiques fluctuent quotidiennement en fonction de la dépense énergétique liée à l'activité physique de l'athlète, dont l'intensité et la durée sont variables. Sans l'utilisation de techniques sophistiquées, seule une estimation de la dépense énergétique peut être au mieux effectuée.

Quelles que soient les méthodes utilisées pour évaluer les besoins en énergie d'un athlète, c'est finalement l'appétit de ce dernier qui déterminera l'absorption calorique.

Les variations de la masse corporelle détermineront si l'apport énergétique est approprié ou ne l'est pas et permettront également de prévenir et de détecter une éventuelle déshydratation de l'athlète.

Les athlètes engagés dans des efforts quotidiens de haute intensité et de courte durée (par exemple, sprint, power lifting, haltérophilie, sports de lancer...) ont des besoins énergétiques élevés, principalement sous la forme d'hydrates de carbone, afin d'assurer la récupération de leur réserve en glycogène musculaire et d'épargner dans une certaine mesure le catabolisme protéique lié à la pratique de ce type de discipline sportive. L'énergie dépensée dans les activités physiques intermittentes (c'est-à-dire des sports d'équipe comme par exemple le football ou le hockey sur glace...) varie considérablement en fonction du genre de discipline sportive, de la position de l'athlète au sein de l'équipe, de l'intensité et de la durée de l'épreuve; par conséquent les besoins énergétiques de ces athlètes sont très variables. Finalement, les athlètes impliqués dans des activités d'intensité plus modérée mais de plus longue durée (par exemple les sports d'endurance tels que cyclisme, marathon, ou d'ultra-

endurance, comme le duathlon ou le triathlon...) nécessitent un large apport calorique quotidien afin de compenser leur dépense énergétique élevée.

Tout manquement à cette exigence se soldera probablement par une perte de la masse pondérale, ce qui peut être contre performant chez des athlètes dont la masse corporelle est déjà adaptée à ce type d'effort.

Un entraînement quotidien effectif de deux heures et plus produit une dépense calorique importante qu'il est parfois difficile d'équilibrer pour ce type d'athlète par un apport calorique adéquat qui nécessiterait l'absorption de larges volumes de nourriture.

Dans ce cas, l'alternative consistant à effectuer des snacks dans la journée et/ou à recourir à une boisson riche en énergie mais dense sur le plan nutritif, comme un mélange d'hydrates de carbone contenant vitamines et minéraux, peut s'avérer utile.

On rencontre également des disciplines sportives où l'apport calorique est volontairement réduit pour maintenir une ligne corporelle fine, un poids léger (par exemple le patinage artistique, la gymnastique artistique, la danse classique...) ou pour pouvoir participer à des compétitions dans une catégorie plus légère (par exemple, la lutte, la boxe, le bodybuilding, spécialement en période précompétitive).

Dans ce cas, une évaluation raisonnable de la perte de poids, ainsi qu'une alimentation équilibrée garantissant le maintien de la santé de l'athlète, doivent être soigneusement considérées.

Le déficit calorique engendré par la pratique d'un régime équilibré ne devrait pas entraîner une réduction pondérale de plus d'un demi à un kilo par semaine afin de minimiser la perte de masse maigre et permettre à l'athlète de s'entraîner dans des conditions adéquates.

A l'opposé, certains athlètes cherchent volontairement à augmenter leur masse corporelle par un apport calorique supérieur à leur dépense énergétique. Dans ce cas, il est nécessaire d'adapter le volume d'entraînement afin d'éviter de larges excès alimentaires auxquels l'athlète n'est pas adapté. Le gain en masse maigre devrait se limiter à 0,5–0,7 kg par semaine à l'aide d'un entraînement de résistance approprié. Il faut cependant remarquer qu'une masse corporelle plus importante, même au risque d'une prise de masse grasse, est considérée comme un avantage dans certaines disciplines sportives (par exemple, sports de lancer, power lifting, haltérophilie...) .Comme en témoigne la morphologie des athlètes impliqués dans ces activités physiques [25].

1.1- Le double besoin énergétique et plastique :

1.1. 1- Les apports en glucides ou hydrates de carbone :

Le glucose est le substrat énergétique, le « carburant » essentiel de l'exercice. En effet, le principal facteur du délai d'épuisement lors des exercices durant de quelques minutes à

quelques heures, c'est la teneur en glycogène des muscles au début de l'exercice et son débit d'utilisation pendant celui-ci. Le sportif doit nettement ralentir l'allure quand le glycogène est épuisé. La teneur initiale dépend largement des exercices qui précèdent et du régime alimentaire. Par rapport aux sujets peu actifs, à l'alimentation standard, le glycogène peut, de 15 g/kg de muscle frais, diminuer à 8 g/kg avec un régime riche en lipides et augmenter à 40 g/kg avec une alimentation renforcée en glucides (10 à 12 g/kg/j). L'ingestion régulière de glucides pendant l'effort retarde l'apparition de l'épuisement. Après l'exercice, la resynthèse du glycogène est d'autant plus rapide et élevée que les glucides sont ingérés dès l'arrivée, de façon répétée et prolongée, en quantité suffisante (l'activité du glycogène synthase musculaire est maximale dans les 2 heures qui suivent l'effort).

Le type de glucides à son importance et une règle a été édictée, basée sur le moment par rapport à l'épreuve. Plus l'ingestion est proche de l'épreuve, que ce soit avant, pendant ou après, plus la proportion de glucides simples, d'index glycémique élevé, doit être importante. Plus elle en est loin, plus la part revenant aux glucides complexes d'index glycémique de plus en plus bas est importante. Cela est valable pour les entraînements et les compétitions [23].

a) Apports en quantité.

L'ingestion de 150 à 600 g et plus (2,5 à 12 g/kg/j) par jour de glucides est suivie d'une resynthèse musculaire du glycogène directement proportionnelle à l'apport. Cette resynthèse est faible jusqu'à 250 g/j de glucides ingérés (4 g/k/j), le glucose servant d'abord aux organes pour lesquels il est un substrat essentiel (cerveau). Puis, jusqu'à 500g/j, elle augmente de façon linéaire, pour s'atténuer nettement (par des mécanismes régulateurs) au-delà de 600 à 750 g/j (10 g/kg/j et 70% de l'apport énergétique total quotidien : AETQ).

La resynthèse de glycogène est alors maximale ; les glucides ingérés en excès sont, pour une partie, oxydés et, pour l'autre partie, transformés en triglycérides partiellement stockés sous forme de gouttelettes de lipides dans le muscle qui pourront servir de substrat à l'exercice. Le reste est stocké dans le tissu adipeux. Si l'excès est répété, sans DE équivalente, il conduit à l'obésité.

Chez des sportifs s'entraînant de façon intense, 2 heures par jour et tous les jours, une alimentation iso-énergétique (DE=AETQ), avec 40% de glucides (AE) et le reste en lipides et protéines, est suivie d'une faible resynthèse quotidienne du glycogène musculaire, avec un épuisement précoce dès le 3^{ème} jour. Avec 70% de l'AE en glucides, celle-ci est élevée, presque complète et le niveau entraînement quotidien maintenu.

b) Apports en qualité [23].

Outre la quantité, la qualité des glucides et le moment de leur ingestion ont de l'importance. Des très nombreuses publications, il ressort que de nombreux choix sont possibles.

Actuellement, quelques principes se dégagent, faisant appel à la notion d'index glycémique (IG). Après une nuit de jeûne, et après l'ingestion, le matin, d'eau, de glucose, de purée de pomme de terre en flocon, de pain, de riz, ou de pâtes alimentaires (ordre de décroissant d'IG), 10 sujets ont pédalé pendant 2 heures à 60% de VO₂max : la glycémie, puis l'insulinémie s'élèvent d'autant plus que l'IG est plus élevé, puis vient une hypoglycémie réactionnelle en proportion, avec parfois un malaise.

Mais l'oxydation des glucides marqués au Carbone 13, mesurée à partir de la production de ¹³CO₂, est proportionnelle à leur IG, le glucose étant fortement oxydé tandis que le produit riche en amylose (pâtes) l'était peu (au moins 5 heures sont nécessaires après l'ingestion pour que l'oxydation soit significative). Si au lieu d'être à jeun, les sujets bénéficient d'apports glucidiques réguliers dans les heures précédentes, l'hypoglycémie est minimisée et l'intérêt des glucides à IG élevé peu avant l'exercice est renforcé.

D'autres travaux ont confirmé l'intérêt d'utiliser le concept d'IG chez le sportif. Ils apportent des arguments en faveur d'apports codifiés pour les différents types de glucides, répétés selon une stratégie bien définie par rapport à l'exercice. Leur respect est réellement un facteur déterminant du délai d'épuisement et des performances qui en relèvent, plus que celles dépendant de la puissance maximale aérobie (PMA).

A partir de ses travaux, une stratégie nutritionnelle et des apports nutritionnels conseillés en glucides ont été proposés sur le principe : plus l'apport est loin de l'exercice, plus la proportion de glucides complexes et d'IG faible à moyen est élevée, représentant 50 à 70% de l'AETQ ; plus l'apport est proche, voire pendant l'exercice, plus les glucides sont simples et d'IG le plus élevé possible, représentant 70 jusqu'à plus de 90% de l'AETQ. Les apports vont de 5 à 12 g/kg/j selon la DE prévue. En pratique, il faut tenir compte de la grande variabilité interindividuelle d'IG, de l'interférence entre les aliments, l'addition de protéines et de lipides diminuant l'IG en ralentissant la vidange gastrique [23].

1.1.2- Apports en lipides.

Les acides gras du tissu adipeux sont de bons substrats énergétiques (près de 7 fois plus d'énergie par gramme de tissu adipeux que par gramme de réserve de glycogène, fortement hydratées) pour l'exercice de très longue durée, participant à l'économie du glycogène. Mais ils présentent les défauts d'un délai de mise en jeu de plusieurs minutes, de nécessiter plus d'oxygène par calorie produite que les glucides (équivalent énergétique par litre d'oxygène plus faible) et enfin de ne pouvoir être oxydé lorsque la production d'acide lactique augmente

(passage de la zone aérobie stricte vers celle mixte aéro-anaérobie, avec franchissement du seuil de début d'essoufflement).

L'alimentation riche en lipides a des effets délétères sur les réserves de glycogène.

L'entraînement de très longue durée (« endurance fondamentale ») permet une mobilisation plus précoce et plus importante des réserves de triglycérides ; la « préparation biologique », peu conforme à l'esprit et à l'éthique sportive, peut y participer (ingestion de café une heure ou plus avant le départ).

La proportion de lipides est donc réduite dans l'alimentation du sportif, mais il faut respecter les apports nutritionnels recommandés en acides gras essentiels pour tous les sportifs comme pour la population générale. Au-delà, il n'y a pas de besoins démontrés, bien au contraire, et la part des lipides dans les apports quotidiens peut diminuer progressivement, jusqu'à 15% lorsque les apports énergétiques dépassent 4000 kcal/j.

a) Apports en quantité.

Il n'existe pas d'arguments probants pour augmenter les apports lipidiques dans la ration du sportif tant à l'entraînement qu'en compétition, du fait même d'une réserve lipidique organique suffisante pour couvrir les besoins. Un repas riche en lipides (60% de l'apport énergétique total quotidien (AETQ)), administré 4 heures avant un exercice, dans le cadre de la ration précompétitive, n'a pas d'effet significatif sur la performance, pas plus qu'une alimentation hyperlipidique sur plusieurs semaines.

Les apports nutritionnels conseillés pour la population générale font état d'un apport en énergie lipidique de 30 à 35% de l'AETQ. Il est souhaitable que celui-ci soit de 20 à 30% pour le sportif d'endurance en favorisant au contraire les apports en glucides, qui peuvent représenter 55 à 65%, de l'augmentation de l'AETQ équilibrant ainsi les dépenses énergétiques (DE).

L'ingestion de triglycérides à chaîne moyenne (TCM), suivie d'une absorption rapide au niveau de l'intestin, aurait pu être intéressante pour des exercices de longue durée et d'intensité faible à modérée. Ingérés au début et pendant la durée d'un exercice prolongé d'intensité moyenne, ils n'augmentent pas le taux d'oxydation des AG, ni n'épargnent celui des glucides. Par contre, ingérés avec du glucose, leur taux d'oxydation est légèrement plus important mais sans effets intéressants actuellement démontrés sur les performances. La tolérance gastro-intestinale est un facteur limitant qui peut expliquer la participation limitée à la dépense énergétique.

b) Apports en qualité.

L'exercice physique intense et prolongé entraîne une augmentation des peroxydations des AG des phospholipides membranaires qui peut expliquer une diminution de la capacité de déformation des érythrocytes et une hyper agrégation plaquettaire.

Les AGPI de la série n-6 diminuent la saturation membranaire et restaurent la déformabilité érythrocytaire. Concernant la série n-3, l'EPA inhibe la synthèse du thromboxane A₂ et favorise celle de la PGI₃, s'opposant à l'agrégation plaquettaire et à la vasoconstriction. Mais, au contraire, un apport excessif en AGPI de la série n-3 est susceptible d'avoir un effet dépresseur sur l'immunité et de fragilisation des membranes.

Un apport suffisant en n-3 et n-6 est nécessaire, dans des proportions n'excédant pas celles recommandées pour le rapport acide linoléique/acide linoléique, entre 4 et 6, soit environ 1% de l'AETQ, ou, 2.5 g/kg pour un AETQ de 2200 kcal/j.

Sous l'angle qualitatif, en raison de la production de radicaux libres pro-oxydants à l'exercice, à au risque de lésions membranaires ou nucléaires, rien ne permet de différencier un sportif d'une personne moins active et donc aucun besoin d'apport supérieur n'a été mis en évidence.

De plus, il est démontré que si la couverture anti-oxydante de l'organisme peut s'adapter aux besoins, elle n'est pas réellement optimisée par des apports exogènes au-delà de ces besoins. La consommation d'huile de colza, de soja ou d'olive, au quotidien, et de poissons gras (sardine, thon, saumon...) 3 à 4 fois par semaine, pourrait être proposée.

- Besoins en AGPI de la série n-6 et n-3.

Les apports nutritionnels conseillés pour la population générale s'appliquent, à plus forte raison, pour la population sportive. Aussi la ration alimentaire devrait apporter 10 g/j d'acide linoléique et au moins 2 g/j d'acide linoléique. Ces quantités sont rarement atteintes pour des AETQ inférieurs à 1800 kcal/j. Se pose alors la question d'une complémentation spécifique ou, mieux, d'un apport énergétique suffisant [23].

1.1.3- Apports en protides.

Les protéines ne constituent pas un substrat significatif de l'exercice, sauf pour celui de très longue durée, réalisé dans de mauvaises conditions nutritionnelles, à jeun, avec déficit glycogénique préalable et sans apport glucidique pendant l'exercice. Les protéines peuvent alors contribuer jusqu'à 15% de l'énergie de resynthèse de l'ATP, au dépend de celles du foie et du muscle. Les ANC (Apports Nutritionnels Conseillés) en protéines pour la population

générale étant largement calculés, aucun besoin supérieur n'est nécessaire chez le sportif correctement nourri, du fait des oxydations.

Mais, il se produit des microlésions des membranes musculaires lors de certains exercices dits « excentriques » (contractions avec allongement du muscle ; par exemple pose du pied lors de la course) ou chez les débutants, avec des pertes protéiques irréversibles. Il en résulte des besoins physiologiques et pour assurer l'équilibre du bilan azoté (différence entre les apports et les pertes), l'ANC en protéines chez les sportifs d'endurance débutant ou de haut niveau en course à pied ou disciplines proches (triathlon...) est porté à 1.5 – 2 g de protéines par kg de masse corporelle et par jour.

Pour les sportifs de force ou de développement de la masse musculaire, l'objectif est de « faire du muscle » et donc de synthétiser de nouvelles protéines, en positivant le bilan azoté. Les limites supérieures sont définies par celles de l'efficacité (bon rendement protéines ingérée/synthèse) et de protection de la santé, le foie et les reins étant plus fortement sollicités. Jusqu'à 2 g/kg/j, l'apport protéique semble efficace et sans risque ; il serait possible d'en ingérer jusqu'à 3 g/kg/j (dont les 2/3 au moins sous forme d'aliments courants) pendant quelques mois par an. Une surveillance médicale est alors recommandée [23].

Apports protéiques pour le sportif d'endurance.

Dégradation des protéines et des acides aminés :

Pendant et après les exercices de longue durée, l'intégrité des structures protéiques est altérée (oxydations par les atteintes radicales, microlésions membranaires, réactions locales types inflammatoire), d'où dégradations ou pertes protéiques. Des acides aminés peuvent servir de substrat énergétique par catabolisme oxydatif de leur chaîne carbonée, comme le démontre les observations suivantes. Le taux d'urée plasmatique, bien représentatif de l'oxydation des acides aminés, qu'ils proviennent du muscle ou du foie, avec l'élimination des radicaux aminés par l'uréogénèse hépatique, augmente avec la durée de l'exercice. Il est inversement proportionnel à la diminution de l'acidoémie. Si l'élimination de l'urée par voie urinaire diminue légèrement pendant l'exercice du fait de l'oligurie, elle est largement compensée par l'augmentation de l'excrétion par voie sudorale. La production d'urée est d'autant plus importante que les réserves glyco-géniques musculaires sont plus faibles en début d'exercice, traduisant ainsi une oxydation accrue des acides aminés. Elle s'ajoute à celles des acides gras, augmentée, et du glucose, diminuée.

La participation des protéines et d'acides aminés à l'énergétique musculaire peut aller de 5 à 15%, augmentant avec la durée de l'exercice et la diminution des réserves en glycogène musculaire.

L'augmentation, plus particulièrement après l'exercice, des taux plasmatiques et urinaires de

3-méthyl-histidine, marqueur de la dégradation de protéines contractiles, démontre leur catabolisme accru, s'ajoutant à celui des protéines sarcoplasmiques pendant l'exercice.

L'augmentation de l'activité plasmatique de la créatine kinase et d'autres enzymes d'origine musculaire, pendant et après l'exercice, est le témoin de perturbation dans la perméabilité du sarcolemme, avec une perte de protéines actives par le muscle. Ces lésions sont d'origine biochimique, dégradation de protéines membranaires du fait de la production de radicaux libres oxydants, et d'origine mécanique, micro déchirures des fibres musculaires du fait des contraintes mécaniques, d'où fuite d'éléments intracellulaires, parmi lesquels des protéines dont le catabolisme est accru ; cela est particulièrement important lors d'exercices excentriques, contraction du muscle avec allongement (course en descente, musculation avec étirement musculaire), avec des délais différents selon le type de marqueur utilisé.

L'augmentation de la dégradation des protéines, observée pendant l'exercice de longue durée, peut s'accompagner d'une diminution des qualités fonctionnelles du muscle pendant 3 à 16 semaines ; elle devrait être prévenue au mieux. Les protéines dégradées devront être remplacées : les besoins protéiques sont donc augmentés d'autant.

De façon inconstante, il est observé une protéinurie d'exercice, le plus souvent physiologique et de faible importance [23].

Synthèse protéique.

Etudiée par la technique de perfusion de faibles quantités d'acides aminés traceurs marqués avec des isotopes stables, elle diminue modérément pendant l'exercice. Elle augmente dès sont arrêt, proportionnellement à l'insulinémie. Celle-ci, après une diminution pendant l'exercice, revient à ses valeurs initiales rapidement après la fin, puis les dépasse, moment le plus favorable à la resynthèse des protéines dégradées, tout comme des réserves de glycogène. L'augmentation de la protéosynthèse peut se poursuivre sur plusieurs jours. Elle dépend de l'apport alimentaire en protéines, en eau, en glucides (fournissant l'énergie pour l'incorporation des acides aminés dans les protéines) et en divers micronutriments, apportés par l'alimentation courante [23].

Bilan azoté et besoins protéiques.

Les besoins peuvent être évalués à partir de l'étude du bilan azoté, différence entre les apports alimentaires en protéines et l'élimination de toutes les substances azotées par les voies urinaires, fécales et sudorales. Ce bilan global convient pour définir les besoins du sportif

d'endurance, bien que l'étude de flux ou d'autres critères fonctionnels permettrait de mieux préciser comment intervenir sur ces besoins et ensuite les combler. Lorsque des personnes sédentaires, au bilan énergétique équilibré, débutent un programme d'exercices, leur bilan azoté, préalablement équilibré par 1gr d'apport protéique par kg de poids corporel et par jour, se négative de façon transitoire pendant 2 semaines environ, du fait de lésions des fibres musculaires les plus fragiles. Si l'apport protéique est élevé à 1.5 g/kg/j, le bilan azoté est équilibré.

De même pour une quantité de travail identique, les besoins protéiques seront supérieurs si les exercices sont plus intenses ou comportent des phases excentriques, plus contraignantes pour les fibres musculaires.

En cas d'apport glucidiques insuffisant (objectif d'amaigrissement) pour couvrir les besoins de dépense énergétique et de recharge des réserves de glycogène musculaire, le bilan azoté est plus difficilement équilibré et l'apport protéique doit être augmenté.

Mais cela s'accompagne d'une production accrue d'urée, avec l'inconvénient d'une sollicitation plus forte des fonctions hépatiques et rénales. Au contraire, en cas d'apports élevés en glucides, les besoins en protéines sont apparemment moindres, mais ceux en acides aminés indispensables semblent se maintenir. L'apport protéique conseillé doit donc, hors état pathologique, être respecté [23].

Apports protéiques conseillés.

L'objectif à retenir est l'obtention d'un équilibre physiologique entre pertes et apports protéiques. A partir d'une étude comportant l'ingestion de différentes quantités de protéines et la mesure de l'excrétion azotée correspondante, Tarnopolsky et al. (1998) ont démontré que l'apport protéique permettant d'équilibrer les pertes azotées chez la quasi-totalité d'un groupe de sportifs d'endurance était de 1.5 à 1.7 g/kg/j.

L'apport conseillé comporte une marge de sécurité, destinée à prendre en compte les différences interindividuelles importantes de digestibilité, de biodisponibilité et d'assimilation, ainsi que de qualité des protéines ingérées.

Pour une population sportive de loisirs, pratiquant activité physique ou sportive régulière, d'intensité et de dépense énergétique modérée, par exemple 3 fois ½ heure à 1 heure par semaine, les besoins seront couverts par les ANC pour la population générale correspondante. Cependant, pour les sportifs entamant pour la première fois une activité physique ou sportive, les apports peuvent être élevés à 1.5 g/kg/j pendant les 2 premières semaines.

Pour les coureurs de longue distance, pratiquant au moins 1 heure par jour et plus de 3 fois par

semaine, avec une intensité parfois élevée, l'ANC (Apports Nutritionnels Conseillés) est de 1.5 à 1.7 fois celui de la population générale correspondante, voire 2 fois en cas de volume entraînement très élevé en course à pied.

L'apport protéique correspond à 12-16% de l'AETQ équilibrant les dépenses énergétiques ; il est couvert par les aliments courants du commerce, dans le cadre d'une alimentation équilibrée et diversifiée [23].

Apports protéiques pour le sportif de force.

L'objectif pour les sportifs pratiquant des sports de force ou à but de développement de la masse musculaire n'est pas seulement d'équilibrer le bilan azoté, mais de le rendre positif, puisque augmenter la masse musculaire implique d'élever la quantité de protéines qui y est stockée [23].

Dégradation et synthèse protéique.

Après un entraînement type haltérophile, l'excrétion urinaire d'urée et de 3-méthyl-histidine augmente, témoin de la dégradation accrue de protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires. Il lui fait suite une augmentation de la synthèse protéique musculaire, bien démontré par le prélèvement accru de l'ensemble des acides aminés plasmatique par les muscles sollicités, en particulier dans les heures qui suivent l'exercice de force. L'efficacité de l'accrétion protéique musculaire dépend d'abord de la qualité d'entraînement et aussi de l'apport protéique. La rétention protéique supplémentaire est d'autant moins efficace que les apports protéiques sont plus élevés. Par ailleurs, des apports suffisants en glucides ainsi qu'en eau sont nécessaires à une synthèse protéique élevée. Les apports en lipides peuvent être réduits jusqu'à 15% de l'AETQ (équilibrant les dépenses nettement augmentées) en respectant l'apport en acides gras essentiels. Les protéines peuvent représenter 20 à 40% de l'AETQ [23].

Apports protéiques conseillés.

Finalement chez le sportif de force :

-s'il s'agit de maintenir la masse musculaire, les apports protéiques pour équilibrer le bilan azoté, dits apports de sécurité, sont estimés à 1 – 1.2 g/kg/j.

-s'il s'agit de développer la masse musculaire, le bilan azoté doit être positif. A partir d'études expérimentales, d'enquêtes alimentaires et de suivi de santé auprès de population de sportifs

de force, il semble possible de conseiller 2 à 3 g/kg/j, pendant des périodes ne dépassant pas 6 mois par an, et sous contrôle médical. Au moins les 2/3 de ces apports protéiques doivent être couverts par les aliments courants, le reste par des suppléments (pas plus de 1g/kg/j, sous forme de protéines de haute valeur biologique (avis du CEDAP du 14 sept 1994)), hydrolysats de protéines ou mélanges totaux d'acides aminés n'apportant pas de bénéfices supplémentaires (avis du CEDAP du 22 mai 1996).

L'ingestion de glucides (50% de l'AETQ) et d'eau (au moins 1.7 ml/ kg/j de protéines) doit être suffisante, ainsi que de micronutriments d'assimilation, habituellement contenus dans l'alimentation équilibrée et diversifiée.

Des apports supérieurs, de 3.5 à 5 g/kg/j, parfois constatés ou abusivement conseillés, ne sont pas justifiés en terme d'efficacité et font de plus courir des risques pour la santé avec augmentation de l'élimination urinaire d'azote et de calcium [23].

Besoins en acides aminés (AA) : Y a-t-il des besoins spécifiques en certains AA, alors que quelques-uns ont un métabolisme particulier à l'exercice ?

Les mélanges équilibrés d'AA, provenant de la seule hydrolyse poussée de protéines courantes du commerce, sans aucun ajout, ne diffèrent pas significativement de leur protéine d'origine dans leur composition chimique et dans leurs propriétés physiologiques, hormis une biodisponibilité peut-être un peu différente, les avis dans ce domaine n'étant pas unanimes.

Lors d'exercices aérobies de très longue durée, avec de faibles apports glucidiques, l'oxydation des acides aminés à chaîne ramifiée (AACR) est augmentée de façon significative ; rappelons que cette situation, à la limite de la physiologie, est peu souhaitable au plan de la santé.

Les besoins en leucine peuvent s'élever à 30 mg/kg/j lors de la pratique régulière d'exercices aérobies, excédant alors des quantités minimales d'apports conseillées, avec un apport de sécurité estimé à au moins 45 mg/kg/j. Mais le contenu en leucine des protéines, de 5 à 10%, permet de respecter l'apport de sécurité conseillé dès l'ingestion de 0.9 g/kg/j de protéines, valeur largement incluse dans les ANC en protéines chez le sportif d'endurance. Aucune complémentation en leucine n'est donc nécessaire.

Une supplémentation en AACR a pu être proposée pour les exercices de longue durée, pour corriger leur éventuelle baisse plasmatique ; celle-ci pourrait interférer avec la pénétration du tryptophane dans le système nerveux central, impliqué dans la survenue de la fatigue centrale, dont on cherche à retarder l'apparition.

Mais l'avis du Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE), émis en 93 est « de protéger les sportifs des éventuelles conséquences pathologiques de leur pratique... et de respecter les symptômes d'alerte, ceci pour porter remède aux causes des déficits, et non pas de les compenser, tout en maintenant les conditions qui les ont provoquées, ceci pouvant être préjudiciable à la santé des sportifs ». Les effets bénéfiques de supplémentation en AACR sur les performances restent largement controversés, alors même qu'elles s'accompagnent d'une augmentation de l'*ammoniémie* considérée comme délétère pour la santé. Aucune supplémentation n'est actuellement justifiée (avis CEDAP du 18 juin 1997).

Par ailleurs, la déficience immunitaire observée lors d'exercices répétés de longue durée, avec survenue possible de syndromes infectieux, a été mise sur le compte de la diminution de la disponibilité en glutamine. Une supplémentation en glutamine, pouvant servir de substrat principal du métabolisme des lymphocytes participant aux défenses immunitaires de l'organisme, a été proposée. Mais il s'agit là encore d'une situation consistant à corriger les effets et non la cause, relevant alors de l'avis du CCNE. Egalement, les effets de supplémentation en tyrosine ont été suivis, dans différentes situations de contrainte, de stress ou sous l'angle des performances, par la mesure de la production et de la sécrétion de catécholamines cérébrales, mais sans l'étude d'indicateurs spécifiques de santé, rentrant de fait dans le champ visé par l'avis du CCNE.

Enfin, chez l'homme sain et par extension chez le sportif de force, la libération d'hormone de croissance sous l'ingestion orale d'AA sélectifs comme l'arginine, l'ornithine ou la lysine, aurait été obtenue à de très fortes doses, atteignant 15 à 20g et plus. De fait, il s'agit de doses pharmacologiques, les effets étant inconstants et les risques pour la santé réelle, il s'agit aussi d'une incitation au dopage.

C'est pourquoi, il a été considéré, « qu'il n'existait pas de actuellement de travaux scientifiques confirmés permettant d'alléguer un quelconque effet bénéfique de l'ingestion d'un ou de quelques acides aminés chez le sportif » (avis du CEDAP du 18 juin 1997). [23]

1.1.4- Les sels minéraux [9]

Comme les vitamines, les sels minéraux ont de multiples fonctions ; ils contribuent notamment à la construction des tissus et à l'équilibre nerveux. Eux aussi se trouvent dans les aliments, mais également dans certaines eaux minérales (voir **tableau 4** la bonne source des sels minéraux). Notre vie active et souvent stressante, nécessite parfois un apport complémentaire de calcium et de magnésium (voir tableau : sels minéraux les six majeurs), principaux artisans de notre self-control.

Les besoins en fer peuvent s'accroître sous l'effet d'une activité physique plus ou moins intense. En effet, une quantité non négligeable de ce nutriment est éliminée par la transpiration (1/2 mg par litre de sueur).

En outre la production d'hémoglobine sanguine et de myoglobine musculaire, de même que la synthèse des enzymes, s'intensifient pour faciliter le transport de l'oxygène vers les organes demandeurs (muscles et cœur).

Un apport normal de fer peut s'avérer insuffisant, notamment chez ceux qui courent beaucoup. Effectivement, cette activité pédestre en raison des chocs plantaires, entraîne une destruction accrue des globules rouges.

Sels minéraux : **le six majeur**

Le fonctionnement des nerfs et des muscles dépend entièrement de la présence de minéraux tels que potassium et calcium. Il est donc indispensable que notre alimentation en contienne des quantités suffisantes. Par la transpiration le corps perd du sodium et des chlorures et, dans une certaine mesure, du potassium et calcium.

Le **tableau 4** ci-dessous vous aidera à sélectionner les aliments les plus performants en fonction de vos symptômes (crampe, insomnie, coup de pompe), mais aussi à éliminer les faux amis que sont par exemple la café et le thé qui inhibent en particulier l'absorption intestinale du fer. Toutefois il est plus sage, si les troubles persistent, de consulter votre médecin qui vous prescrira alors des analyses sanguines appropriées.

	Sources alimentaires	Rôles sur l'organisme	Carence (symptômes provoqués par une baisse du stock tissulaire)	overdose (symptômes dus à un taux sanguin élevé)	Faux amis (Les perturbateurs)
CALCIUM (Ca)	Laitages, yaourts, fromages, eaux minéralisées, jaune d'œuf, fruits secs, légumes	Contraction musculaire Coagulation du sang Matériau essentiel des os et des dents Equilibre nerveux Régulation du tonus musculaire	Crampes musculaires Fourmillements Raidissement des doigts et des orteils Troubles psychiques (dépression, perte de la mémoire) Ongles fragiles	Soif accrue Calculs rénaux Perte de l'appétit Nausées, vomissements Douleurs abdominales Constipation Fatigue Troubles psychiques	Carence en magnésium Traitement par la cortisone
FER (Fe)	Viande, foie et œufs Les 10 aliments les plus riches : boudin, cacao, graines de soja, haricots secs, pois chiches, pistaches, lentilles, chocolat, huîtres, foie d'ovine,... 23 ^e les épinards	Constitution des globules rouges du sang l'oxygène des poumons Composition de diverses enzymes intervenant dans le métabolisme cellulaire	Anémie : pâleur, asthénie, fatigue survenant au moindre effort, palpitations, troubles de la peau, des cheveux et des ongles, maux de tête, essoufflement, crampes musculaires	Un taux de fer sanguin élevé se voit dans des maladies où la correction diététique n'occupe qu'une place très réduite.	Aliments qui inhibent l'absorption du fer : thé, café, pain complet Fuites : règles abondantes, transpiration : ½ mg par litre Destruction accrue des globules rouges par les chocs plantaires lors de la course à pied. Surcharge : l'alcool aide à l'assimilation, de même que le cidre de Normandie et la vitamine C.
MAGNESIUM (Mg)	Bigorneaux, cacao, amandes, haricots blancs secs, pain complet, flocons d'avoine, noix, riz brun, chocolat, lentilles, figues, dattes, eaux minérales (Vittel, Hépar, Badoit, vichy célestins)	* propagation de l'influx nerveux contraction musculaire * élaboration des protéines * formation des anticorps * composition des os	* insomnie * contraction * fatigue : « coup de pompe » * crampes musculaires * maux de tête * vertiges	* Hypotension artérielle * Chute du rythme cardiaque * Faiblesse musculaire * somnolence	* Alcool * Régime amaigrissant * Stress * Fast food * La pilule * Antidépresseurs * Diurétiques
PHOSPHORE (P)	Aliments riches en protéines contenant du phosphore : fromage, jaune d'œuf, fruits secs, légumes, viscères d'animaux Les 10 aliments les plus riches : fromage, amande, riz blanc, noisettes, cacahuètes, fèves, tubercules, lentilles, pois chiches, colin	* associé au Ca il intervient dans les minéralisations des os et des dents * rôle dans la production d'énergie * propagation de l'influx * contraction musculaire métabolisme	* fatigue * faiblesse musculaire * douleurs osseuses	* Diminution du calcium sanguin qui peut aboutir à une décalcification	* Fuites - médicaments

		des sucres, graisses et protéines *fonctionnement des cellules cérébrales			
POTASSIUM (K)	Fruits secs (abricots, figues). Fruits frais (bananes), noix, amandes, pain complet, légumes, épinards), viandes, poissons	* Contraction musculaire * Propagation de l'influx nerveux	* asthénie * faiblesse musculaire * irritabilité	* Ralentissement du pouls * Hypotension	* Fuites - diurétiques - laxatifs (diarrhées)
SODIUM (Na)	Pain, lait, produits laitiers (fromages), sel de table, sel de conservation des aliments, potages déshydratés, fruits de mer, poissons, viandes.	* Régularise la quantité et la répartition de l'eau dans l'organisme	* crampes musculaires * déshydratation * baisse du rendement (fatigue)	* Hypertension * Augmente le besoin d'uriner * Fatigue le cœur * Prédipose par temps chauds à l'épuisement et au coup de chaleur	* Fuites - diurétiques - climats très chauds - travail en ambiance surchauffée (boulangers, mineurs hauts- fourneaux, maladie des soutiers) - diarrhées, vomissements Surdose - certains médicaments contenant du sodium

Les vitamines [23].

Indispensables à la santé, elles ne proviennent que de l'alimentation car l'organisme n'en fabrique pas. Si celle-ci est équilibrée, elle suffit à combler nos besoins.

Néanmoins, beaucoup partent du principe que si une petite quantité d'un produit fait du bien, augmenter la dose sera forcément plus bénéfique.

En fait, de même que les médicaments n'agissent que sur un organisme affaibli et n'ont aucun effet salubre sur un organisme sain, les vitamines améliorent seulement l'état d'un sujet carencé. Toutefois, il est indéniable qu'en période d'activité intense (surcroît de travail donc repas bâclés ou entraînement physique poussé) ou de prise de certains médicaments, un apport de vitamines supplémentaires est souhaitable.

Chaque groupe de vitamine a son rôle dans l'organisme (voir **tableau 5**). Encore faut-il savoir comment les préserver dans les aliments pour qu'elles soient opérationnelles.

Orientation :

- Ne stockez pas les fruits et légumes trop longtemps. 48 heures après la cueillette, les légumes verts perdent 80% de leur vitamine C.
 - Gardez les légumes à l'abri de la lumière dans emballages étanches
 - Epluchez le moins possible et lavez rapidement fruits et légumes ; ne les coupez pas trop longtemps avant de les consommer.
 - Cuisez les fruits entiers avec la peau.
 - Couvrez les casseroles pour empêcher les vitamines de s'évaporer.
 - Utilisez au maximum vinaigre et citron : les vitamines se conservent mieux en milieu acide.
 - Cuisez les légumes un minimum de temps, de préférence en autocuiseur.
 - Ne négligez pas les conserves, encore moins les surgelés.
 - Les légumes ainsi préparés sont plus riches en vitamines que ceux qui ont attendu trop longtemps sur l'étal du maraîcher.
 - Pressez votre jus de fruit juste avant de le boire.

Rien ne vous empêche de vous offrir de temps à autres une cure de vitamines en pilule.

Choisissez toujours un cocktail varié et dégustez-le quotidiennement pendant au moins une vingtaine de jours.

Hormis la vitamine C de synthèse qui agit très rapidement, les autres ont l'efficacité paresseuse [23].

Tableau 5 : les vitamines et leurs rôles

Vitamines	Sources alimentaires	Rôles	Overdose
A	Huile de foie de morue, foie des mammifères (veau, bœuf, porc), beurre, lait, fromage, fruits (abricots, melons, baies), légumes (brocoli, cresson, épinards, carottes)	-favorable pour la vision, spécialement la nuit -croissance, entretien du tissu osseux -protection de la peau -résistance aux infections	-douleurs osseuses -perte de l'appétit -chute des cheveux -irritabilité
D	Œufs, beurre de foie, poisson gras et surtout huile extraite du foie de morue ou flétan	- indispensables pour la croissance du squelette et des dents	-perte de l'appétit -fatigue -écœurement -énervement
E (Toco-phérol)	Huiles végétales : maïs, arachide, olive, soja, tournesol Légumes verts : salades, choux, épinards Germe de blé	-antivieillessement -antioxydant -maintient en bon état les tissus musculaires et nerveux	-nausées -augmente les effets de certains anticoagulants
B1 (Thiamine)	Levure de bière, germes de blés, légumes, pommes de terre, fruits, abats (foie, rognons), jaune d'œuf et lait	-favorise la transmission de l'influx nerveux -indispensable à l'absorption du sucre par le muscle - à forte dose répulsif des moustiques	-choc allergique grave lors d'injections intraveineuses de vitamines B1
B2 (Ribo-flavine)	Levure de bière, céréales, abats (foie, rognon), œuf, poisson, lait, pain complet, feuilles vertes (épinards, cresson, scarole)	-antigerçures -croissance des tissus -bonne utilisation de l'oxygène -intervient dans l'énergétique cellulaire	Inoffensive
B3 ou PP (acide nicotique)	Levure de bière, céréales, germe de blé, foie de veau, abats, fruits (dattes, figues, oignon, épinards)	-protège la peau contre le soleil et le froid -rôle essentiel dans la production et cellulaire	Flush, prurit, malaises, douleurs, gastriques, ulcères
B6 (Pyridoxine)	Levure, céréales, viande rouge, cervelle, foie, rognons, lait, légumes verts (laitue), fruits (banane), épinards	-fondamental dans le métabolisme des protéines -antimigraineux -facilite le sommeil et la respiration -nécessaire au développement du fœtus -protège le cœur	-affections des nerfs
B8 ou H (Biotine)	Levure de bière, chocolat, légumes (chou-fleur, champignons, haricots), œufs, fromage, lait, viande)	-intégrité de la peau et des phanères (ongles, poils) -croissance des cellules nerveuses et des globules rouges	- inoffensive
B9 (acide folique)	Légumes (asperge, chou-fleur, épinard, haricot), foies (bœuf, veau, porc), germe de blé, œuf, fromage	-action sur les globules rouges -carence : anémie, malformations fœtales, troubles de l'immunité, manifestations neuropsychiques (sommolence, baisse de la mémoire)	-inoffensive
B12 (Cyano-cobalamine)	Chair des ruminants, lait, fromage, œuf	-indispensable à la vie du globule rouge -protège le système nerveux -carence dans les régimes végétariens stricts	-chocs anaphylactiques à la suite d'injections -urticaire, acné
C (Acide ascorbique)	Kiwi, agrumes, légumes verts, pommes	-anti infectieuse -anti-asthénique -anti froid -anti-cholestérol	-insomnie -calculs rénaux -diarrhée -destruction de la vitamine B12
K (Media-none)	Légumes verts (épinards, choux verts), pommes de terre, fruits (fraise, tomate), foie	- anti – hémorragique	-jaunisse chez le nouveau-né

REMARQUE :

VITAMINES ET MINÉRAUX

Les micronutriments jouent un rôle important dans la production de l'énergie, la synthèse de l'hémoglobine, le maintien de la santé des os, la fonction immunitaire et la protection des tissus contre l'oxydation.

Ils sont également nécessaires à la formation du tissu musculaire et à sa réparation après l'exercice. En principe, l'exercice peut augmenter ou modifier le besoin en vitamines et minéraux de multiples façons. L'exercice sollicite plusieurs voies métaboliques dans lesquelles ces micronutriments interviennent; l'entraînement physique peut par conséquent induire, dans le tissu musculaire, des adaptations biochimiques qui accroissent les besoins en micronutriments.

L'exercice peut également augmenter le taux de renouvellement de ces micronutriments, et donc en augmenter les pertes. Enfin, des apports élevés en micronutriments peuvent être nécessaires pour combler les besoins accrus pour la réparation et le maintien de la masse maigre.

On suppose que les RDA (Recommanded Dietary Allowance) et ANREF (Apports nutritionnels de référence) conviennent aux athlètes à moins d'indication contraire. Les athlètes les plus à risque d'une carence en micronutriments sont ceux qui restreignent leur apport en énergie ou adoptent des pratiques d'amaigrissement draconiennes, éliminent de leur alimentation un ou plusieurs groupes d'aliments ou consomment une alimentation à forte teneur en glucides et à faible densité en micronutriments.

Les athlètes qui présentent ces types de comportements peuvent avoir besoin d'un supplément de multivitamines ou de minéraux pour améliorer leur état général en micronutriments. On décourage la prise de suppléments de micronutriments individuels sauf pour des motifs médicaux, nutritionnels ou de santé publique; on recommandera, par exemple, des suppléments de fer pour corriger une anémie ferriprive ou des suppléments d'acide folique pour prévenir les malformations congénitales.

Les vitamines du complexe B exercent deux fonctions principales directement liées à l'exercice. La thiamine, la riboflavine, la vitamine B6, la niacine, l'acide pantothénique et la biotine jouent un rôle dans la production d'énergie pendant l'exercice, tandis que le folate et la vitamine B12 sont nécessaires à la production des globules rouges, la synthèse des protéines ainsi que la réparation et le maintien des tissus.

Rares sont les chercheurs qui se sont penchés sur la question de savoir si l'exercice accroît le besoin de vitamines du complexe B, notamment la vitamine B6, la riboflavine et la thiamine. Les données existantes ne sont pas suffisamment précises pour établir des recommandations

distinctes à l'intention des athlètes ou pour lier, sur le plan quantitatif, les recommandations à la dépense énergétique.

Néanmoins, les données accessibles portent à penser que l'exercice peut augmenter légèrement le besoin de ces vitamines qui peut être doublé comparativement à l'apport recommandé. Ces besoins accrus peuvent en général être satisfaits par des apports en énergie plus élevés nécessaires pour assurer la stabilité pondérale.

Les nutriments antioxydants tels que les vitamines A, E et C, le bêta-carotène et le sélénium protègent les membranes cellulaires contre l'oxydation. Puisque l'exercice peut accroître la consommation d'oxygène de 10 à 15 fois, on a émis l'hypothèse que l'exercice de longue durée soumet les muscles et d'autres cellules à un «stress oxydatif» constant.

De plus, le dommage causé au tissu musculaire par l'exercice intense peut mener à la peroxydation lipidique des membranes. Bien qu'il soit prouvé que l'exercice intense peut accroître les niveaux de sous-produits de la peroxydation lipidique, des recherches ont montré que l'exercice régulier peut stimuler le système antioxydant et réduire la peroxydation lipidique.

Ainsi, une personne bien entraînée peut disposer d'un système antioxydant endogène plus développé qu'une personne sédentaire. Les recherches sur la question de savoir si l'exercice augmente le besoin de nutriments antioxydants ont donné des résultats équivoques et controversés; il n'y a donc pas de consensus clair sur la nécessité d'une supplémentation en nutriments antioxydants.

L'absence de consensus est particulièrement évidente pour l'athlète dont les taux sanguins de vitamines antioxydantes sont suffisants ou plus que suffisants. Les athlètes les plus à risque d'apports insuffisants en antioxydants sont ceux qui suivent un régime à faible teneur en matières grasses, ceux qui restreignent leur apport en énergie ou en fruits et légumes. Les premiers minéraux susceptibles de manquer dans l'alimentation des athlètes, en particulier les femmes, sont le calcium, le fer et le zinc. De faibles apports en ces minéraux peuvent en général être attribués à une restriction énergétique ou à l'élimination des produits d'origine animale, tels que la viande, le poisson, la volaille et les produits laitiers.

Le calcium est particulièrement important pour la formation et la réparation du tissu osseux et le maintien de la calcémie. Une consommation insuffisante de calcium accroît le risque de faible densité osseuse et de fractures de stress.

Les femmes sont plus à risque de densité osseuse faible si leurs apports en énergie sont bas, si les produits laitiers sont éliminés de leur alimentation et en cas de dérèglement menstruel.

La vitamine D contribue à l'absorption adéquate du calcium, à la régulation des niveaux sériques de calcium et au maintien de la santé osseuse. Les deux principales sources de

vitamine D sont les aliments enrichis, tel le lait, et la conversion de la provitamine D3 ou 7-déhydrocholestérol en prévitamine D3 par l'action des rayons ultraviolets au niveau de la peau.

Les athlètes qui vivent dans les pays nordiques ou qui s'entraînent surtout à l'intérieur tout au long de l'année, tels les gymnastes et les patineurs et patineuses artistiques, peuvent se trouver à risque d'un état nutritionnel insuffisant en vitamine D, en particulier si elles ne consomment pas d'aliments enrichis en vitamine D. Ces athlètes bénéficieraient d'une supplémentation en vitamine D pour atteindre les niveaux des ANREF (5µg/jour ou 200 unités internationales [UI] de vitamine D).

Le fer joue un rôle important dans l'exercice, car il est nécessaire à la formation de l'hémoglobine et de la myoglobine – qui lient l'oxygène dans l'organisme – et des enzymes intervenant dans la production de l'énergie.

L'épuisement des réserves de fer est l'une des carences nutritionnelles les plus répandues chez les athlètes, en particulier les femmes. Ses conséquences sur la performance physique sont mineures, mais si la condition se transforme en anémie ferriprive (faibles taux d'hémoglobine), elle peut avoir un effet néfaste sur la performance physique.

La forte incidence d'épuisement des réserves de fer est en général attribuée à de faibles apports en énergie; à l'élimination des aliments qui renferment du fer sous la forme hémique hautement disponible, tels que la viande, le poisson et la volaille; à une alimentation végétarienne qui renferme du fer dont la biodisponibilité est moindre; ou à des pertes accrues de fer par la transpiration, les fèces, l'urine ou les menstruations.

L'état nutritionnel en fer devrait être vérifié périodiquement chez les athlètes, en particulier chez les femmes, les coureurs de fond et les végétariens. Des changements dans les réserves de fer (faibles concentrations de ferritine sérique) se produiront en premier lieu, suivis d'une altération du transport du fer (faibles concentrations de fer sérique), puis d'une anémie ferriprive (faibles concentrations d'hémoglobine et d'hématocrite). Étant donné qu'il faut 3 à 6 mois pour corriger une anémie ferriprive, il est avantageux de commencer les interventions en nutrition avant que cette condition n'apparaisse.

Bien que les sportives soient plus sujettes à l'épuisement des réserves de fer, l'incidence de l'anémie ferriprive chez elles est semblable à celle de la population féminine en général, soit de 9 à 11%.

Une diminution transitoire de la ferritine et de l'hémoglobine peut être observée chez certaines personnes au début de l'entraînement. Cette diminution est le résultat d'une augmentation du volume plasmatique, qui provoque une hémodilution et ne semble avoir aucun effet néfaste sur la performance.

Si un ou une athlète qui semble souffrir d'anémie ferriprive ne répond pas à l'intervention en nutrition, les faibles valeurs d'hémoglobine peuvent alors être attribuables à des changements dans le volume plasmatique et non pas à un mauvais état nutritionnel.

L'anémie ferriprive chronique résultant d'un apport insuffisant en fer peut altérer sérieusement la santé et la performance physique et elle nécessite une intervention médicale et nutritionnelle.

Aux États-Unis, l'alimentation fournirait environ 12,3 mg de zinc par personne, dont 70% provient de produits d'origine animale.

Selon les données d'enquêtes, environ 90% des hommes et 81% des femmes ont des apports en zinc inférieurs aux RDA de 1989 (respectivement 15 mg et 12 mg). On observe cette situation également chez les athlètes, en particulier les femmes.

Il est difficile de mesurer les conséquences de ces apports faibles sur l'état nutritionnel en zinc, car aucun critère d'évaluation n'a été clairement établi et les concentrations plasmatiques de cet élément peuvent ne pas refléter l'état en zinc de tout l'organisme.

En raison de son rôle important dans la croissance, la formation et la réparation du tissu musculaire et la production d'énergie, il est prudent d'évaluer l'alimentation des sportives quant à l'apport en zinc [27].

2- HYDRATATION

La performance physique est optimale lorsqu'on maintient l'équilibre des liquides de l'organisme pendant l'exercice; autrement dit, la déshydratation graduelle entrave la performance physique. De plus, la déshydratation accroît le risque d'hyperthermie et de complications potentiellement dangereuses telles que le coup de chaleur. C'est pourquoi les athlètes doivent s'efforcer de bien s'hydrater avant et pendant l'exercice. L'American College of Sports Medicine Position Stand on Exercise and Fluid Replacement et le National Athletic Trainers' Association (NATA) Position Statement on Fluid Replacement for Athletes proposent un aperçu complet de la recherche et des recommandations sur le maintien de l'hydratation pendant l'exercice. Les paragraphes qui suivent résument les éléments principaux de ces prises de position et les recommandations dans des conditions environnementales particulières [27].

2.1- Équilibre hydro-électrolytique

Les pertes durant l'exercice. Les athlètes dissipent la chaleur métabolique produite pendant l'activité physique par radiation, conduction, convection et évaporation d'eau dans les voies respiratoires et à la surface de la peau. Dans des environnements chauds et secs, l'évaporation représente plus de 80% des pertes métaboliques de chaleur. Les taux de sudation dépendent de variables telles que la stature, l'intensité de l'exercice, la température ambiante, l'humidité et

l'acclimatation, mais ils peuvent dépasser 1,8 kg (environ 1800 ml) l'heure. Outre l'eau, la sueur renferme des quantités substantielles de sodium (une moyenne d'environ 50 mmol/l, ou 1 g/l, bien que les concentrations varient grandement), des quantités modérées de potassium et de petites quantités de minéraux tels que le fer et le calcium.

Vidange gastrique et absorption intestinale des liquides au cours de l'exercice : l'équilibre hydrique (et le maintien de la fonction physiologique et de la performance qui lui est associé) ne peut être maintenue pendant l'exercice que si le taux d'ingestion et d'absorption de liquides égale le taux de pertes par la sudation (et, dans des activités de longue durée, par l'urine). L'équilibre liquidien pendant l'exercice n'est pas toujours possible, car les taux maximaux de sudation dépassent les taux maximaux de vidange gastrique, qui à leur tour limitent l'absorption des liquides. Dans la plupart des cas, cependant, les taux d'ingestion de liquides pendant l'exercice sont inférieurs aux quantités qui peuvent être libérées de l'estomac et absorbées dans l'intestin. Par exemple, les athlètes consomment en général moins de 500 ml de liquide l'heure pendant une compétition, alors que le taux de vidange gastrique peut dépasser 1 litre l'heure. La vidange gastrique est maximale lorsque la quantité de liquides dans l'estomac est élevée. Elle diminue avec les liquides hypertoniques ou lorsque la concentration en glucides est supérieure ou égale à 8%; cependant, les liquides renfermant de 4 à 8% de glucides peuvent en général être libérés à un rythme dépassant 1 litre l'heure chez la plupart des gens lorsque le volume gastrique est maintenu à 600 ml ou plus.

Déshydratation, hypohydratation et hyponatrémie : la déshydratation, l'hypohydratation et l'hyponatrémie comptent parmi les dérèglements de l'équilibre des liquides et des électrolytes qui peuvent se produire chez les athlètes. Dans leurs formes les plus graves, les trois mettent la vie en danger. La déshydratation provoquée par l'exercice est la conséquence de pertes de liquides supérieures aux apports. Par contraste, l'hypohydratation se produit lorsque les athlètes se déshydratent volontairement avant une compétition en restreignant leur consommation de liquides, par des exercices, l'usage de diurétiques et des séances de sauna. Dans la plupart des cas, l'hypohydratation est pratiquée par ceux qui s'adonnent à des sports à catégories de poids (par exemple, les lutteurs, les boxeurs, les rameurs poids légers, les haltérophiles et les judokas). L'hyponatrémie (concentrations sanguines de sodium inférieures à 130 mmol/L) peut apparaître en cas de sudation prolongée et abondante sans remplacement du sodium, ou lorsque l'organisme retient trop d'eau. Bien que les adeptes des sports d'endurance soient plus susceptibles de souffrir de déshydratation que d'hyperhydratation, cette dernière condition n'est pas rare. Par exemple, 11 des 605 athlètes inscrits au triathlon Ironman de Nouvelle-Zélande souffraient d'hyponatrémie grave, et 8 d'entre eux étaient

probablement hyper hydratés, puisqu'ils avaient maintenu leur poids ou pris jusqu'à 5% de poids pendant la compétition [27].

2.1.2- Recommandations relatives aux liquides et aux électrolytes

a- Avant l'exercice.

Les athlètes doivent bien s'hydrater lorsqu'ils commencent leur exercice. Outre la consommation de quantités généreuses de liquides au cours des 24 heures précédant une séance d'exercice, l'ACSM et la NATA recommandent de boire de 400 à 600 ml de liquide de deux à trois heures avant l'exercice. Cette pratique optimisera l'état d'hydratation tout en permettant au liquide en excès d'être excrété par l'urine avant le début de l'exercice.

b- Pendant l'exercice.

Les athlètes doivent s'efforcer de boire suffisamment pour maintenir l'équilibre liquidien, car une déshydratation même partielle peut compromettre la performance. Si cet équilibre ne peut être maintenu, il faut absorber les quantités maximales tolérables. On peut faciliter l'hydratation optimale en buvant de 150 à 350 ml (6 à 12 on) de liquide à des intervalles de 15 à 20 minutes en commençant au début de l'exercice.

Les boissons renfermant des glucides à des concentrations de 4 à 8% sont recommandées lors des activités physiques intenses dont la durée dépasse une heure. Ces boissons conviennent également pour l'hydratation pendant les exercices qui durent moins de une heure, bien que l'eau ordinaire soit appropriée dans ce cas. Il semble y avoir peu de nécessité physiologique de remplacer les électrolytes au cours d'une simple séance d'exercice de durée modérée (par exemple, moins de 3 à 4 heures), en particulier si le repas précédent renfermait du sodium. Cependant, il est recommandé d'inclure du sodium à raison de 0,5 à 0,7 g/l au cours d'exercices qui se prolongent au-delà de une heure, car cet élément peut augmenter la palatabilité et l'envie de boire, augmentant ainsi la quantité de liquide consommée. Il faut noter que cette quantité de sodium dépasse celle que renferment habituellement les boissons commerciales. Inclure du sodium dans les boissons de réhydratation peut également prévenir l'hyponatrémie chez les personnes qui y sont sujettes. Bien que la plupart des personnes qui boivent plus de liquides qu'elles en perdent par la sudation excrètent simplement ce surplus dans l'urine, certaines personnes font de l'œdème. Si le liquide renferme du sodium, il peut aider à prévenir la dilution des niveaux de sodium sérique, diminuant ainsi le risque d'hyponatrémie. Limiter l'apport de liquide pour ne pas qu'il dépasse le taux de sudation peut également diminuer le risque d'hyponatrémie.

c- Après l'exercice.

Dans la plupart des cas, la quantité de liquide consommée pendant l'exercice ne suffit pas à équilibrer les pertes; les athlètes terminent ainsi leurs séances d'exercice avec un certain degré

de déshydratation. Il peut être nécessaire de consommer jusqu'à 150% de la perte de poids survenue au cours d'une séance d'exercice pour combler les pertes attribuables à la sudation et à la production obligatoire d'urine. Inclure du sodium dans les liquides ou en prendre avec les liquides consommés après l'exercice réduit la diurèse qui se produit lorsque seule de l'eau est ingérée. Le sodium aide aussi au processus de réhydratation en maintenant l'osmolalité plasmatique et, par conséquent, l'envie de boire. Étant donné que la plupart des boissons commerciales destinées aux athlètes ne renferment pas suffisamment de sodium pour optimiser le remplacement liquidien après l'exercice, les athlètes peuvent se réhydrater en consommant un repas renfermant du sodium. Parmi les aliments riches en sodium, mentionnons les soupes, les marinades, les fromages, les charcuteries, la pizza, les bretzels et le maïs soufflé. L'usage de sel à table et de condiments tels que la sauce soya et le ketchup augmente aussi l'apport en sodium [27].

2.2- Conditions de stress

2.2.1- Environnements chauds et humides.

Les risques de déshydratation et d'hyperthermie sont considérablement accrus dans des environnements chauds et humides. Si la température ambiante excède la température corporelle, la chaleur ne peut être dissipée par radiation.

De plus, si l'humidité relative est élevée, la capacité de dissiper la chaleur par l'évaporation de la sueur est réduite de façon substantielle; avec une humidité relative de 100%, l'évaporation de la sueur est impossible. Dans ce cas, la sueur ruisselle, menant à une perte de liquide non fonctionnelle.

Lorsque la température et l'humidité sont toutes deux élevées, le risque d'hyperthermie est très élevé, et les compétitions doivent être reportées ou annulées.

Si la compétition se déroule dans ces conditions, toutes les précautions doivent être prises pour s'assurer que les participants et participantes sont bien hydratés, ont amplement accès à du liquide et sont surveillés pour prévenir l'hyperthermie [27].

Chaleur et sport : importance de l'hydratation

Sujet d'actualité dans les tropicaux en cette période de canicule : chaleur et sports. Nous aborderons l'effet de la chaleur sur la performance sportive mais aussi l'importance de l'eau, ainsi que les autres nutriments qui peuvent l'accompagner et les autres précautions à prendre pour minimiser l'effet de la chaleur sur les performances.

Quelques considérations générales

Elles sont indispensables à connaître pour la compréhension par le grand public.

- Il y a chaleur quand la température ambiante atteint 25 °C
- le corps humain est constitué d'eau à 60 %

- l'eau permet au corps de garder une bonne température
- en plus de la température ambiante les muscles en exercice produisent de la chaleur
- la sudation concoure à l'abaissement de la température du corps au cours de l'exercice
- la sueur devant s'évaporer pour être efficace, l'atmosphère sèche est plus favorable à l'évacuation de la sueur que celle humide (saturation de l'air en eau)
- l'apport hydrique doit se faire avant, pendant et après l'exercice physique
- une perte de 4 % du poids du corps en eau diminue de 40 % les performances
- en plus de l'eau, des nutriments sont également « perdu » au cours de l'exercice
- une bonne hydratation en plus de l'abaissement de la température, prévient les accidents (musculaires, articulo-ligamentaires,...)

Les modalités de l'hydratation

Une bonne hydratation respecte certaines modalités :

-- avant effort : boire même sans avoir soif, 400 à 600 ml d'eau et/ou du lait écrémé

--pendant effort : boire 150 à 200 ml de lait toutes les quinze (15) minutes en début d'effort de l'eau et/ou sels minéraux et/ou sucre rapide (faible concentration) à une température d'environ 15 °C

-- après effort : boire avoir des, eau minérale est aussi très voire vue des fruits.

En plus de l'eau, certains éléments (nutriments) « perdu » au cours de l'effort doivent être remplacés :

-- **les sucres (carburant des muscles) ou glucides ou hydrates de carbone** pour limiter donc la fatigue occasionnée par l'exercice

-- **les lipides ou les graisses** : utiliser surtout celles d'origine végétale ou du poisson

-- **les protéines ou acides aminés** qui contribuent à la réparation des tissus, au développement musculaire...

-- **les minéraux** : fer, zinc, magnésium... luttent contre la fatigue, les crampes, la faiblesse musculaire.

-- **les oligo-éléments** : cuivre (éliminé par la sueur), le chrome (par les urines), le sélénium (perdu au cours d'efforts intenses)

-- **les vitamines** : ce sont des anti-oxydants permettant de conserver l'intégrité de l'organisme, facilitant certaines réactions chimiques. Leur utilisation n'entraîne pas l'amélioration de la performance.

-- **les ergones nutritionnels** : café, thé, aspartates, bicarbonates de sodium augmentent la capacité de récupération et contribuent à l'atténuation de la fatigue.

Indice humidex Ou l'évaluation du risque associé aux efforts physiques sous la chaleur

Cet indice permet d'estimer la sensation de chaleur ressentie par une personne moyenne par temps chaud et humide.

Tableau 6 : Indice Humidex

VALEUR DE L'INDICE	INCONFORT AU REPOS	RISQUE DE SURCHAUFFE AU COUS DE L'EXERCICE
Moins de 24°C	Aucun	Faible à moyen
25°C – 29°C	Aucun	Moyen
30°C à 39°C	Léger à modéré	Elevé. Les enfants doivent être surveillés de près
40°C à 45°C	Elevé	Très élevé. L'exercice est non recommandé chez les enfants, les personnes âgées et en mauvaise condition physique
Plus de 45°C	Risque de surchauffe corporelle même au repos.	Extrême, l'exercice est non recommandé

Pour permettre à l'athlète de mieux s'adapter à la chaleur (entre 30°C et 35°C), quelques dispositions devraient être prises notamment :

Les équipements : individuels : vêtements (en coton, légers, amples, de couleur claire...), casquettes ou chapeau, parapluies, parasols, lunettes de soleil, crèmes... mais collectifs (climatiseurs, ventilateurs, vestiaires et bus de transport aérés...)

Hygiène corporelle : une mauvaise hygiène corporelle constitue un frein à la sudation normale par obstruction de certains pores, il est même recommandé de s'épiler pour faciliter l'évaporation de la sueur.

Intensité et durée de l'exercice : il va de soi qu'aux températures élevées l'intensité et la durée des exercices au cours des séances d'entraînement et d'échauffement, devraient être fortement diminuées afin de préserver l'organisme des effets négatifs de la chaleur avant la compétition.

Horaires de l'exercice : de la même façon les horaires des entraînements devraient être révisées : soit tôt le matin ou tard le soir ; éviter de s'entraîner entre 10h et 17h. [22]

2.2.2- Environnements froids.

Bien que le risque de déshydratation soit accru dans des environnements chauds, la déshydratation n'est pas rare par temps frais ou froid.

Les facteurs qui peuvent y contribuer sont les pertes de liquide par les voies respiratoires dans des environnements froids et secs; de même les pertes par sudation peuvent être élevées : si l'on porte des vêtements isolants pendant des exercices intenses.

La déshydratation peut également se produire en raison de faibles taux d'ingestion de liquide: si l'athlète a froid et que les liquides accessibles sont froids, l'envie de boire peut diminuer considérablement.

Enfin, la difficulté de retirer les couches de vêtements pour uriner peut inciter certains athlètes, en particulier les femmes, à limiter volontairement leur absorption de liquide [27].

2.2.3- Altitude.

L'exposition à des altitudes supérieures à 2500 m (8200 pi) peut entraîner des pertes liquidiennes dépassant celles qui sont associées à tout exercice. Ces pertes sont le résultat de la diurèse obligatoire et d'importantes pertes d'eau par les voies respiratoires, accompagnées d'une diminution de l'appétit, qui entraînent un besoin accru d'absorption de liquide.

Certains chercheurs considèrent la diurèse comme une indication de la réussite de l'acclimatation, bien que d'autres aient suggéré qu'au moins une partie de la diurèse peut être diminuée par un apport adéquat en énergie et le maintien d'un poids stable. Lorsque le poids est stable, la diurèse est d'environ 500 ml par jour et dure environ 7 jours [27].

Les pertes d'eau par les voies respiratoires peuvent s'élever à 1900 ml par jour chez les hommes et à 850 ml chez les femmes. Ainsi, l'absorption de liquide à haute altitude doit être augmentée pour atteindre de 3 à 4 litres par jour afin d'assurer une fonction rénale optimale.

2.3- Changement de poids

Il arrive souvent qu'on souhaite augmenter ou diminuer son poids pour satisfaire aux exigences d'un sport. Dans les deux cas, le changement de poids doit s'effectuer lentement hors saison ou au début de la saison d'entraînement, avant les compétitions. On obtient un gain de poids par l'ajout de sources d'énergie dans l'alimentation (500 à 1000 kcal par jour) conjugué avec une augmentation de l'entraînement en musculation pour augmenter le tissu visé. Le rythme du gain de poids dépend du bagage génétique, de l'importance du bilan énergétique positif, du nombre de jours de repos et de récupération par semaine et du programme d'entraînement.

La perte de poids est une opération plus délicate, car la diminution de l'apport en énergie peut compromettre l'apport en nutriments et la performance physique lorsque la masse adipeuse et la masse musculaire diminuent.

La consultation d'une diététiste professionnelle spécialisée en nutrition sportive peut aider les athlètes à maintenir une alimentation saine tout en réduisant l'apport énergétique total pour permettre une perte de poids graduelle de 0,5 à 1 kg par semaine (1 à 2 lb par semaine).

La première étape consiste à établir un poids réaliste en tenant compte des facteurs génétiques, physiologiques, sociaux, athlètes et psychologiques. Un poids réaliste est défini comme étant le poids qui peut être maintenu facilement, permet des progrès dans la performance physique, diminue le risque de blessures ou de maladies et réduit les facteurs de risque de maladies chroniques.

L'annexe 1 énumère des stratégies conçues pour aider les professionnels de la santé qui travaillent en milieu sportif à établir et maintenir des poids santé.

L'impossibilité d'atteindre les buts liés à la perte de poids peut avoir des conséquences graves telles que l'exclusion de l'équipe, une participation restreinte ou l'élimination de la compétition.

Nombreux sont ceux qui se soumettent alors à des cures d'amaigrissement chroniques afin de maintenir un poids inférieur au poids réaliste qui, à son tour, peut entraîner des comportements alimentaires anormaux, voire des troubles cliniques de l'alimentation.

Les stratégies nutritionnelles ayant pour but de déceler, corriger et traiter les troubles de l'alimentation chez les athlètes ont déjà été présentées.

Lorsque les athlètes subissent de fortes pressions pour perdre du poids, ils peuvent faire l'essai de toutes sortes de méthodes d'amaigrissement pour y arriver, quelles qu'en soient les conséquences sur le plan de la santé.

La perte de poids comporte des risques, en particulier chez les femmes qui sont en général plus petites et peuvent ainsi avoir des besoins en énergie plus faibles que les hommes.

Chez la femme, un apport faible en énergie combiné à une dépense énergétique élevée a été associé à des modifications de la sécrétion des gonadotrophines hypophysaires (hormone lutéinisante [LH] et hormone folliculaire [FSH]). En retour, ces changements influent sur les sécrétions des hormones ovariennes, ce qui entraîne de l'aménorrhée et une perte osseuse (ou une incapacité à l'augmenter) chez les jeunes athlètes de sexe féminin. Des chercheurs ont observé que la disponibilité d'énergie (quantité d'énergie non utilisée avoir considéré l'énergie requise pour l'activité physique) détermine la santé de l'organisme, et que la diminution de l'apport en énergie pour atteindre telle norme pondérale ou adipeuse peut causer un déficit de l'énergie nécessaire pour maintenir toutes les fonctions vitales.

C'est pourquoi un bilan énergétique négatif causé par des cures d'amaigrissement chroniques ou une sous-alimentation combinés à de l'exercice intense peut altérer le flux énergétique et créer un déficit énergétique néfaste qui compromet la fonction de reproduction et la santé osseuse. L'ajout d'énergie dans l'alimentation entraîne le retour de la fonction menstruelle et l'amélioration de l'état nutritionnel général.

Bien que l'altération de la fonction de reproduction chez l'athlète de sexe masculin n'ait pas été étudiée à fond, Loucks a observé chez les hommes des changements dans la sécrétion de LH et de FSH semblables à ceux des femmes en réponse à des changements dans la disponibilité énergétique [27].

3- COMPOSITION CORPORELLE

La composition corporelle et le poids sont deux des nombreux facteurs qui contribuent à optimiser la performance physique. Ensemble, ils peuvent influencer sur le potentiel de succès dans un sport donné.

Le poids peut influencer la vitesse, l'endurance et la puissance, tandis que la composition corporelle joue un rôle dans la force, la souplesse et l'apparence.

La plupart des athlètes doivent présenter un rapport force poids élevé pour atteindre une performance optimale.

Le tissu adipeux ajoutant au poids sans ajouter de force, on insiste souvent sur de faibles pourcentages de tissu adipeux dans de nombreux sports. Trop peu de tissu adipeux entraîne toutefois une dégradation de la santé et de la performance.

La performance sportive ne peut donc être prédite avec précision en se basant uniquement sur le poids et la composition corporelle.

La principale raison qui incite à déterminer la composition corporelle est d'obtenir de l'information utile pour améliorer la performance. C'est pourquoi le poids et la composition corporelle optimaux sur le plan de la santé et de la compétition doivent être établis pour chaque personne, car ces facteurs sont fortement influencés par l'âge, le sexe, l'hérédité et les exigences du sport en question.

Pourtant, certains sports obligent leurs adeptes à effectuer des changements de poids et de composition corporelle qui peuvent ne pas être optimaux pour eux. Par exemple, les adeptes des sports à catégories de poids, comme les lutteurs et les rameurs poids légers, peuvent devoir effectuer une perte ou un gain de poids pour se qualifier dans telle catégorie de poids.

Les sports à composante esthétique comme la danse, la gymnastique et le patinage artistique peuvent obliger l'athlète à perdre du poids et du tissu adipeux pour conserver une silhouette mince, bien que le poids initial soit optimal sur le plan de la santé et de la performance.

Des restrictions extrêmes de l'apport en énergie entraînent des pertes à la fois de tissu musculaire et de tissu adipeux, ce qui peut exercer un effet néfaste sur la performance.

C'est pourquoi le poids optimal pour la compétition et l'adiposité relative devraient être déterminés lorsque l'athlète est en bonne santé et montre la meilleure performance [27].

3.1- Composition corporelle et performance sportive

Les pourcentages de tissu adipeux varient selon le sexe et le sport pratiqué. Parmi les hommes qui présentent les plus faibles proportions de tissu adipeux (moins de 6%), mentionnons les coureurs de demi-fond et de fond ainsi que les culturistes, tandis que les joueurs de basketball, les cyclistes, les gymnastes, les sprinters, les sauteurs, les triathlètes et les lutteurs ont en moyenne de 6 à 15% de tissu adipeux.

Les hommes qui s'adonnent à des sports de puissance tels que le football, le rugby et le hockey sur glace et sur gazon ont des niveaux de tissu adipeux un peu plus variables.

Les femmes qui ont le moins de tissu adipeux (6 à 15%) s'adonnent à des sports comme le culturisme, le cyclisme, le triathlon et la course; on trouve des niveaux plus élevés chez les athlètes qui pratiquent le racquetball, le ski, le soccer, la natation, le tennis et le volleyball (10 à 20%).

Le niveau minimum de tissu adipeux compatible avec une bonne santé est estimé à 5% chez les hommes et à 12% chez les femmes; le pourcentage optimal de tissu adipeux chez une athlète peut cependant dépasser sensiblement ces valeurs minimales et doit être déterminé sur une base individuelle.

Les athlètes qui s'efforcent de maintenir un poids ou des niveaux de tissu adipeux inappropriés ou qui ont des pourcentages de tissu adipeux inférieurs à ces niveaux minimaux peuvent se trouver à risque de troubles de l'alimentation ou d'autres problèmes de santé liés à des apports faibles en énergie et en nutriments. [27]

3.1.1-Évaluation de la composition corporelle

Les méthodes d'évaluation de la composition corporelle reposent sur un modèle à deux ou à plusieurs composantes et font appel à plusieurs techniques de mesure.

Les modèles à deux composantes divisent le corps en masse grasse (tous les lipides de l'organisme) ou en masse maigre (le reste des tissus une fois que la masse adipeuse a été soustraite).

Le modèle à multiples composantes divise le corps en trois composantes ou plus. Par exemple, le modèle à trois composantes divise le corps en masse grasse et en deux autres composantes, le tissu osseux et le tissu maigre.

Les méthodes critériées les plus communes pour évaluer les composantes de la composition corporelle chez les athlètes sont basées sur le modèle à deux composantes ou sur celui à plusieurs composantes. Bien qu'on préfère le modèle à plusieurs composantes qui fournit des estimations plus précises, les techniques de mesure nécessaires pour l'appliquer ne sont pas à la portée de la plupart des athlètes.

Le modèle à deux composantes fait en général appel aux techniques d'hydrodensitométrie (pesée hydrostatique) ou de pléthysmographie (BODPOD); le modèle à trois composantes repose sur des mesures d'absorptiométrie biphotonique (DEXA). Les méthodes les plus courantes pour mesurer la composition corporelle sur le terrain ou en milieu clinique sont l'anthropométrie (plis cutanés), l'impédance bioélectrique (BIA) et les ondes infrarouges.

Ces méthodes de terrain sont validées à l'aide des modèles à deux ou à plusieurs composantes. Lorsqu'on les utilise, il faut prendre soin de choisir une équation de prédiction validée appropriée pour estimer la composition corporelle. Cette équation doit tenir compte des données démographiques de l'athlète (âge, sexe, niveau d'adiposité, groupe ethnique et activité physique) pour obtenir des estimations précises.

La validité relative de toute méthode de terrain pour évaluer la composition corporelle dépend de sa précision comparée au modèle critérié et à sa fiabilité (reproductibilité).

La DEXA et la pesée hydrostatique (hydrodensitométrie) sont deux méthodes critériées largement utilisées à partir desquelles les méthodes de terrain sont élaborées pour les athlètes. Indépendamment de la méthode utilisée, athlètes et entraîneurs doivent connaître les erreurs associées à la méthode d'évaluation de la composition corporelle utilisée. En appliquant soigneusement les méthodes des plis cutanés et de BIA, il est possible d'évaluer le pourcentage de tissu adipeux relatif avec une erreur de 3 à 4% et d'évaluer la masse maigre avec des écarts de 2,5 à 3,5 kg.

Ainsi, si le pourcentage réel de tissu adipeux est de 15%, les valeurs de prédiction peuvent varier entre 12 et 18% (si l'on suppose une erreur de 3%). Si la masse maigre réelle est de 50 kg, les valeurs de prédiction peuvent varier de 47,5 à 52,5, en supposant une erreur de 2,5 kg.

Si l'on utilise des équations de prédiction inappropriées ou des techniques de mesure imprécises, ou encore si les appareils de mesure sont mal entretenus ou mal calibrés, les erreurs liées à l'estimation de la composition corporelle seront encore plus grandes.

En raison des erreurs liées aux méthodes d'évaluation de la composition corporelle, il ne convient pas d'établir un but précis quant au pourcentage de tissu adipeux chez une personne donnée. On doit plutôt recommander une échelle de pourcentages cibles de tissu adipeux [27].

4- BESOINS EN MACRONUTRIMENTS PENDANT L'EXERCICE

Le combustible utilisé pendant l'exercice dépend de l'intensité et de la durée de l'exercice, du sexe et de l'état nutritionnel de l'athlète.

Toutes autres conditions étant égales, une augmentation de l'intensité de l'exercice augmentera la contribution des glucides au pool énergétique. À mesure que l'exercice se poursuit, la source de glucides peut passer des réserves de glycogène musculaire au glucose.

sanguin mais, dans tous les cas, si les concentrations de glucose sanguin ne peuvent être maintenues, l'intensité de l'exercice diminuera.

Les lipides contribuent au pool énergétique dans une vaste étendue d'intensités d'exercice, où ils y sont métabolisés à un taux absolu semblable.

Cependant, la proportion d'énergie fournie par les lipides diminue à mesure que s'accroît l'intensité de l'exercice, puisque la contribution des glucides augmente.

Les protéines contribuent au pool énergétique au repos et pendant l'exercice, mais elles ne représentent probablement que moins de 5% de la dépense d'énergie dans les conditions normales. À mesure que s'allonge la durée de l'exercice, les protéines peuvent contribuer au maintien du niveau de glucose sanguin par la gluconéogenèse hépatique.

Dans les expériences où les sujets étaient testés à jeun, la contribution des lipides au pool énergétique était plus élevée que chez les personnes testées pendant la période postprandiale lorsque l'exercice pratiqué était modéré (environ 50% de la consommation maximale d'oxygène [VO₂max]).

Avec un exercice plus intense (plus de 65% de la VO₂max), ni l'alimentation préalable ni l'entraînement n'influencent sensiblement le substrat utilisé.

On ne possède toutefois pas de données qui pourraient porter à croire que les athlètes ont besoin d'une alimentation substantiellement différente de celle que recommandent les Dietary Guidelines for Americans ou les Recommandations sur la nutrition pour les Canadiennes et Canadiens (55 à 58% de l'énergie provenant des glucides, 12 à 15% des protéines et 25 à 30% des matières grasses).

Bien que des régimes à forte teneur en glucides (plus de 60% de l'apport en énergie) aient été préconisés dans le passé, l'utilisation de proportions lorsqu'on fait des recommandations diététiques peut en fait porter à confusion si l'on veut atteindre une nutrition optimale

. Lorsque l'apport en énergie se situe entre 4000 et 5000 kcal par jour, même une alimentation renfermant 50% de l'énergie provenant des glucides fournira de 500 à 600 g de glucides (soit environ 7 à 8 g/kg pour un athlète de 70 kg), ce qui est suffisant pour maintenir les réserves musculaires de glycogène au jour le jour.

De même, si l'apport en protéines dans un tel régime ne représentait que 10% de l'apport en énergie, l'apport protéique absolu (100 à 125 g par jour) dépasserait les recommandations pour l'apport en protéines chez les athlètes (1,2 à 1,7 g par jour ou 84 à 119 g ; chez un athlète de 70 kg; voir plus loin la question du bilan azoté chez les hommes).

À l'inverse, lorsque l'apport en énergie se situe à moins de 2000 kcal par jour, même une alimentation fournissant 60% de l'énergie sous forme de glucides pourrait ne pas fournir

suffisamment de glucides pour maintenir les réserves optimales de glycogène (4 à 5 g/kg chez un athlète de 60 kg).

Des régimes renfermant 20 à 25% d'énergie provenant des matières grasses ont en général été recommandés pour favoriser un apport adéquat en glucides et pour aider à la régulation du poids si nécessaire.

Ainsi, les recommandations pour chacune des composantes de l'énergie peuvent s'avérer plus utiles lorsqu'elles sont basées sur des buts liés à la stature, au poids, à la composition corporelle, au sport pratiqué et au sexe.

Les besoins en protéines des athlètes ont fait l'objet de nombreuses recherches, non seulement pour déterminer s'ils étaient accrus chez ceux-ci, mais aussi en relation avec les bienfaits des acides aminés individuels sur la performance.

Parmi les mécanismes qui semblent favoriser un accroissement des besoins en protéines chez les athlètes, mentionnons le besoin de réparer les microdommages causés aux fibres musculaires par l'exercice, l'utilisation de petites quantités de protéines comme source d'énergie pendant l'exercice et le besoin de protéines supplémentaires pour soutenir les gains de masse maigre.

Si les besoins en protéines augmentent, l'ampleur de cette augmentation peut dépendre du type d'exercice pratiqué (endurance ou résistance), de l'intensité et de la durée de l'activité et peut-être du sexe.

Dans les sports d'endurance, les études de bilan azoté chez les hommes suggèrent de recommander un apport en protéines de 1,2 g/kg par jour. On possède peu d'information sur les besoins des femmes qui pratiquent des sports d'endurance.

Les exercices de résistance augmenteraient les besoins en protéines davantage que les exercices d'endurance, et on a recommandé que les culturistes masculins chevronnés et les athlètes pratiquant des sports requérant de la force consomment 1,6 ou 1,7 g/kg de poids par jour pour permettre l'accumulation et le maintien du tissu maigre. Encore ici, on ne possède pas de données pour les femmes.

Les athlètes doivent savoir qu'un apport en protéines dépassant les niveaux recommandés n'entraînera probablement pas une augmentation additionnelle de tissu maigre, car il y a une limite au taux d'accroissement du tissu protéique; d'autres chercheurs ont toutefois suggéré un apport de 1,2 à 1,4 g/kg par jour.

On doit s'assurer que l'apport en énergie est adéquat, sinon les protéines seront utilisées comme source d'énergie, élevant ainsi faussement les estimations des besoins dans des conditions d'équilibre énergétique. Il faut noter que les régimes alimentaires habituels de la

plupart des athlètes fournissent suffisamment de protéines pour satisfaire même les quantités supplémentaires qui peuvent être nécessaires.

L'utilisation d'acides aminés individuels pour améliorer la performance a également été étudiée. On a proposé que la prise d'acides aminés à chaîne ramifiée puisse améliorer la performance dans les sports d'endurance en retardant l'apparition de la fatigue du système nerveux central. On a aussi proposé que ces acides aminés puissent prolonger la performance en servant de substrats pour la dépense d'énergie.

Les résultats des études chez l'être humain manquent toutefois d'uniformité. Étant donné que l'innocuité et l'efficacité de ces substances n'ont pas encore été établies, on ne peut en conseiller l'usage. Des chercheurs ont observé que des régimes alimentaires à teneur relativement élevée en matières grasses (plus de 70% de l'apport en énergie) auraient un effet positif sur la performance sportive.

Une évaluation rigoureuse de ces études révèle cependant peu de preuves pour étayer cette hypothèse. Les lipides sont une composante nécessaire de l'alimentation normale, car ils fournissent de l'énergie et des composantes essentielles des membranes cellulaires ainsi que des nutriments, telles les vitamines E, A et D. Les effets néfastes à long terme d'une alimentation riche en matières grasses sont toutefois bien connus. Les Dietary Guidelines for Americans et les Recommandations sur la nutrition pour les Canadiennes et Canadiens recommandent que la proportion d'énergie provenant des acides gras soit la suivante : 10% d'acides gras saturés, 10% de polyinsaturés, 10% de monosaturés.

Les athlètes doivent suivre ces recommandations générales et s'assurer que leur apport en matières grasses n'est pas trop faible. L'étude menée en 1999 par Dreon et ses collaborateurs incite à penser qu'un apport total en matières grasses alimentaires inférieur à 15% de l'énergie aurait des effets néfastes sur le profil des lipides sanguins chez certaines personnes [27].

L'ALIMENTATION PENDANT L'ENTRAÎNEMENT

Les recommandations quant à l'apport en énergie, macronutriments, vitamines et minéraux pour les athlètes sont décrites dans le présent document. Elles sont souvent présentées en milligrammes ou grammes de nutriments (par exemple, 6 à 10 g de glucides/kg de poids) et doivent être traduites en choix d'aliments correspondant aux préférences alimentaires et aux programmes d'entraînement.

Les principes (proportion d'énergie provenant des protéines, des matières grasses et des glucides) sur lesquels repose le régime alimentaire pendant l'entraînement ne diffèrent toutefois pas de façon substantielle des recommandations destinées à la population en général.

Ainsi, le régime alimentaire d'entraînement doit incorporer les principes énoncés dans les Dietary Guidelines for Americans et le Guide alimentaire canadien pour manger sainement, et

être basé sur le guide alimentaire américain de 1992 (US Food Guide Pyramid : A Guide to Daily Food Choices) ou le guide alimentaire canadien de 1992 (Guide alimentaire canadien pour manger sainement [112]). Les différences fondamentales entre l'alimentation des athlètes et celle de la population en général résident dans le fait que les premiers ont besoin d'énergie supplémentaire pour permettre l'effort physique et de liquides supplémentaires pour combler les pertes sudorales.

Comme on l'a mentionné ci-dessus, il est souhaitable que l'énergie supplémentaire soit fournie sous forme de glucides. Bien que, dans certains cas, les besoins en d'autres nutriments soient également accrus (par exemple, les protéines et les vitamines du complexe B), l'augmentation proportionnelle des besoins en énergie semble dépasser celle des besoins en d'autres nutriments.

Ainsi, à mesure que les besoins en énergie augmentent, les athlètes doivent d'abord s'efforcer de consommer le nombre de portions maximum indiqué dans les deux guides alimentaires pour les groupes d'aliments riches en glucides (pains, céréales et grains, légumes et fruits). Pour nombre d'entre eux, cependant, les besoins dépassent la quantité d'énergie (kcal par jour) correspondant aux maximums de portions que recommandent les deux guides alimentaires pour ces groupes d'aliments.

Pour maintenir une variété dans leur alimentation, ces athlètes peuvent également augmenter le nombre ou la grosseur de portions de produits laitiers et d'aliments protéiques, mais ils doivent viser à garder les mêmes proportions d'énergie provenant des différents groupes d'aliments que celles présentées dans les deux guides alimentaires.

Par ailleurs, les athlètes de petite taille ou qui ont des besoins énergétiques moindres doivent user de vigilance pour choisir des aliments à haute densité nutritive afin de consommer suffisamment de glucides, de protéines et de micronutriments.

La répartition des repas et des collations est un autre aspect à considérer dans l'alimentation des athlètes. Le bon sens indique que la prise d'aliments et de liquides entourant une séance d'activité physique intense doit être déterminée sur une base individuelle et dépend en partie des caractéristiques gastro-intestinales et de l'intensité de l'exercice :

Par exemple, un athlète peut tolérer une collation comprenant du lait et un sandwich une heure avant une activité de faible intensité, mais il sera inconfortable si cette collation est consommée avant un effort ardu. Quoiqu'il en soit, en période d'entraînement intense ou si on se livre à plusieurs séances quotidiennes d'entraînement, on peut avoir besoin de consommer plus de trois repas et trois collations et il faut saisir toutes les occasions de manger : Par exemple, on peut envisager de manger après une séance d'entraînement, de prendre plus d'une collation l'après-midi ou une collation substantielle avant d'aller au lit [27]

Repas précédant l'exercice

Il a été démontré que la performance est meilleure lorsque l'activité physique est précédée d'un repas que lorsqu'elle s'effectue à jeun. Le repas ou la collation consommés avant une compétition ou une séance d'activité intense doivent préparer les athlètes à l'activité imminente et ne pas le ou la laisser avec une sensation de faim ni avec des aliments non digérés dans l'estomac.

On doit donc suivre les directives générales suivantes pour les repas et les collations : ils doivent renfermer suffisamment de liquides pour maintenir l'hydratation, être faibles en matières grasses et en fibres pour faciliter la vidange gastrique et réduire l'inconfort gastro-intestinal, être riches en glucides pour maintenir les concentrations de glucose sanguin et assurer des réserves en glycogène maximales, avoir une teneur modérée en protéines et être composés d'aliments familiers.

La grosseur du repas et le moment de la prise du repas avant un exercice sont interreliés. Étant donné que la plupart des athlètes n'aiment pas faire leur compétition l'estomac plein, ils prendront de petits repas peu avant l'activité pour permettre la vidange gastrique, et de plus gros repas s'ils disposent de plus de temps avant l'exercice ou la compétition.

Les quantités de glucides utilisées dans les études où la performance a été accrue se chiffraient à environ 200 à 300 g de glucides pour les repas consommés de trois à quatre heures avant l'exercice. Les recommandations quant à la consommation de glucides moins de une heure avant l'activité sont controversées :

Les premières études sur la question ont suggéré que cette pratique entraîne de l'hypoglycémie et de la fatigue précoce; cependant, des études plus récentes ont montré que la prise d'aliments avant une activité n'avait aucun effet ou avait des effets bénéfiques sur la performance.

Les données actuelles varient sur la question de savoir si l'indice glycémique des glucides pris dans un repas avant l'exercice influe sur la performance.

Bien que les règles dont on vient de faire état soient fondées et s'appliquent bien en général, il faut insister sur les besoins individuels. Ainsi, certains athlètes aiment prendre un repas substantiel (composé par exemple de crêpes, de jus et d'œufs brouillés) de deux à quatre heures avant l'exercice ou la compétition; d'autres toutefois peuvent éprouver un grave inconfort gastro-intestinal après un tel repas et préfèrent des repas liquides.

Les athlètes doivent savoir ce qui leur convient le mieux en essayant de nouveaux aliments et de nouvelles boissons pendant les sessions d'entraînement et en s'assurant qu'ils auront accès à ces aliments au bon moment.

Pendant l'exercice

La question de savoir si la consommation de glucides selon les quantités fournies en général dans les boissons énergétiques (4 à 8%) améliore la performance au cours d'activités d'une heure ou moins reste controversée.

Les recherches actuelles corroborent les bienfaits de cette pratique, en particulier chez les athlètes qui s'entraînent le matin avant de manger, lorsque les niveaux hépatiques de glycogène sont faibles. Ainsi, fournir des glucides exogènes dans ces conditions contribuerait à maintenir les niveaux de glucose sanguin et à améliorer la performance. De même, les avantages pour la performance au cours d'activités de courte durée peuvent ne pas être manifestes lorsque l'exercice est pratiqué après avoir mangé.

Pour les activités de plus longue durée, il a été démontré que la consommation de 0,7 g de glucides/kg de poids/heure (de 30 à 60 g l'heure) prolonge nettement la performance dans les épreuves d'endurance. Consommer des glucides pendant l'exercice est même plus important dans des situations où les athlètes n'ont pas fait la surcompensation glycogénique ni consommé un repas avant l'exercice ou restreint leur apport en énergie pour perdre du poids.

L'apport en glucides doit commencer peu après le début de l'activité; consommer une quantité donnée de glucides après deux heures d'exercice n'est pas aussi efficace que de consommer la même quantité à des intervalles de 15 à 20 minutes pendant les deux premières heures. Les glucides consommés doivent fournir principalement du glucose; le fructose seul n'est pas aussi efficace et peut provoquer de la diarrhée, bien que des mélanges de glucose et de fructose semblent efficaces. Si la même quantité totale de glucides et de liquides est ingérée, la forme sous laquelle les glucides sont consommés ne semble pas avoir d'importance : certains athlètes préfèrent prendre une boisson énergétique tandis que d'autres préfèrent consommer des aliments solides ou des gels accompagnés d'eau. Comme on l'a déjà mentionné, un apport adéquat en liquide est également essentiel pour maintenir la performance pendant les exercices d'endurance.

Repas après l'exercice

Le moment de la prise d'un repas ou d'une collation après la compétition ou l'exercice et leur composition dépendent de la durée et de l'intensité de la séance d'activité physique (c'est-à-dire si les réserves en glycogène sont épuisées) et du temps dont on dispose avant la prochaine activité intense. Par exemple, la plupart des athlètes terminent un marathon avec des réserves en glycogène épuisées, tandis que cet épuisement des réserves sera moins marqué après une course d'entraînement de 90 minutes. Cependant, la plupart des athlètes participant à un marathon le matin ne feront pas une autre course ou une autre activité intense dans l'après-midi. Le moment de la prise du repas après l'exercice et sa composition sont donc moins

critiques pour ceux-ci. À l'opposé, un ou une triathlète participant à une course de 90 minutes le matin et à une course cycliste de 3 heures l'après-midi doit maximiser sa récupération entre les séances d'entraînement, et le repas suivant l'activité revêt une grande importance dans l'atteinte de ce but. Le moment de la prise de glucides après un exercice exerce un effet sur la synthèse de glycogène à court terme. La consommation de glucides débutant immédiatement après l'exercice (on recommande de consommer 1,5 g de glucides/kg à des intervalles de deux heures) entraîne des niveaux de glycogène plus élevés six heures après l'exercice que si l'ingestion est retardée de deux heures. Les taux de synthèse glycogénique les plus élevés après l'exercice ont été observés chez les personnes ayant pris 0,4 g de glucides/kg toutes les 15 minutes pendant quatre heures après un exercice qui avait épuisé les réserves de glycogène. Il faut noter que cette quantité représente une charge énergétique considérable (près de 2000 kcal chez une personne de 75 kg) qui peut dépasser l'énergie dépensée au cours de la séance d'exercice.

Les pratiques qu'on vient de décrire quant à la répartition des prises alimentaires n'ont pas à être observées lorsqu'une ou deux journées séparent les séances d'entraînement intense, car lorsqu'une quantité suffisante de glucides est fournie au cours d'une période de 24 heures, le moment de l'ingestion ne semble pas influencer sur la quantité de glycogène mise en réserve. Néanmoins, consommer un repas ou une collation peu après un exercice peut être important pour satisfaire aux besoins quotidiens en glucides et en énergie.

Le type de glucides consommés peut également exercer un effet sur la synthèse du glycogène après l'exercice. Lorsqu'on compare les sucres simples, le glucose et le sucrose semblent aussi efficaces quand ils sont consommés au taux de 1,5 g/kg de poids pendant deux heures; le fructose seul est moins efficace. En ce qui a trait aux aliments entiers, la consommation de glucides à indice glycémique élevé entraîne des niveaux de glycogène musculaire plus élevés 24 heures après l'exercice, comparativement à la même quantité de glucides fournie sous forme d'aliments à indice glycémique faible. L'utilité de ces résultats doit cependant être évaluée en tenant compte de l'alimentation globale, et on ne devrait les appliquer que dans les circonstances où l'atteinte d'une synthèse glycogénique maximale après l'exercice est critique. Lorsque des quantités isocaloriques de glucides ou de glucides accompagnés de protéines et de matières grasses sont fournies après des épreuves d'endurance ou de résistance, les taux de synthèse glycogénique sont semblables. Par conséquent, contrairement aux résultats de recherches antérieures, un ajout de protéines n'augmente pas de façon appréciable la restauration du glycogène. Néanmoins, l'ajout de protéines dans un repas après un exercice peut fournir les acides aminés nécessaires à la réparation des protéines musculaires et favoriser un profil hormonal plus anabolisant [27].

HYGIENES DE VIE - SUPPLEMENTS ET PRODUITS

ERGOGENES - CONSEILS OU PERSPECTIVES

III- HYGIENES DE VIE – SUPPLEMENTS ET PRODUITS

ERGOGENES – CONSEILS OU PERSPECTIVES

B. HYGIENE DE VIE

Une bonne hygiène de vie : « un esprit sain dans un corps sain »

Une diététique appropriée est fondamentale pour être en bonne forme, mais doit bien entendu être logiquement accompagnée d'une bonne hygiène de vie, concernant essentiellement le tabac, l'alcool et le sommeil.

LE TABAC : Il faut impérativement cesser de fumer, et vous devez cesser de fumer en vitesse de croisière, c'est-à-dire pas en période de surmenage, bien sûr, ni en période de vacances, en reprenant votre activité.

Arrêter de fumer pose deux problèmes : un problème de dépendance à la nicotine, qui peut être résolu par les patches nicotiques ; un problème psychologique qui peut être résolu par des calmants de médecine douce ou des produits de remplacement (chewing-gum, bois de réglisse, etc.). Il existe même des gommes nicotiques qui tendent à résoudre les deux problèmes en même temps. Les extraits homéopathiques de tabac et l'auriculothérapie peuvent aider.

Quant à la prise de poids, elle n'est que temporaire et réduite par l'exercice physique que l'on peut alors recommencer à pratiquer.

L'ALCOOL : Il convient de boire la plus faible quantité possible d'alcool, car c'est un produit dangereux pour la santé.

On peut donc consommer avec modération la bière qui a des propriétés diurétiques, le vin de bonne qualité (bordeaux tout particulièrement) dont les tanins favorisent la digestion, les alcools forts naturels de grain, whisky par exemple, qui ont un effet favorable, à petites doses, sur la circulation.

Il convient en revanche de supprimer les alcools les plus « travaillés » qui sont les plus mauvais : vermouth, apéritif anisé. Ils sont donc à diluer fortement. Il faut dans tous les cas faire très attention aux amuse-gueules d'accompagnements, qui sont très souvent à la fois gras et salés.

On peut dire que dans l'ensemble l'alcool a le double désavantage de donner une augmentation de poids incompatible avec l'effort physique et, bien sûr, de diminuer ou d'altérer les réflexes, ce qui est nuisible dans certaines formes de sport.

LE REPOS ET LA LUTTE CONTRE LE STRESS

Le repos vrai ne peut être obtenu que par un sommeil naturel, qui est par ailleurs un élément de lutte contre les conséquences du stress. Le sommeil obtenu grâce aux somnifères est un sommeil artificiel, qui aboutit à un manque de tonus général. Le sommeil idéal doit donc tenir compte de la durée qui est variable suivant chaque individu, ainsi que l'horaire. Il est préférable de se coucher tôt et se lever tôt. Les troubles du sommeil, difficultés d'endormissement, réveils nocturnes ou réveils prématurés peuvent être combattus par des médecines douces : homéopathie, oligo-éléments, phytothérapie.

Concernant la lutte contre le stress, ce dernier peut être combattu par les mêmes moyens naturels associé à la relaxation, au training autogène, etc. qui rejoignent l'entraînement psychologique des sportifs.

Exemple d'antistress naturels :

- homéopathie : Gelsémium5 CH, 3 granules trois fois par jour ;
- oligo-éléments : manganèse-cobalt, 1 à 2 doses par jour ;
- plantes : bourgeons de tilleul, 30 gouttes trois fois par jour [7].

B. SUPPLÉMENTS ET PRODUITS ERGOGÈNES

La commercialisation des produits ergogènes (produits qui auraient le pouvoir d'accroître le rendement ou la performance) représente un marché international de plusieurs millions de dollars. Ce marché se nourrit du désir des athlètes d'être les meilleurs, et lorsqu'un produit ne fonctionne pas ou est discrédité par la recherche, un autre prend sa place.

Les produits nutritionnels ergogènes en particulier soulèvent des problèmes. Aux États-Unis, la Dietary Supplement Health and Education Act de 1994 permet aux fabricants de suppléments de formuler des allégations sur l'effet des produits sur la structure ou la fonction de l'organisme, mais ils ne doivent pas prétendre que leurs produits permettent de «diagnostiquer, atténuer, traiter, guérir ou prévenir» une maladie donnée.

Si l'étiquette d'un supplément spécial indique les ingrédients actifs et présente la liste complète des ingrédients, le fabricant peut faire des allégations – qu'elles soient valides ou non – sur l'amélioration de la performance. La venue d'Internet rend accessible une plus grande variété de produits, et les spécialistes ont du mal à se garder au courant à la fois des recherches scientifiques et des allégations des produits ergogènes.

Dans l'évaluation des produits nutritionnels ergogènes, il faut prêter attention aux facteurs suivants : validité de l'allégation relative à la nutrition et à l'exercice; qualité des preuves fournies (études scientifiques avec groupe placebo ou témoignages); conséquences pour la santé et aspects légaux de l'allégation.

En général, la plupart des produits ergogènes peuvent être classés dans l'une des catégories suivantes : ceux qui produisent les effets allégués, ceux qui peuvent agir dans le sens de l'allégation mais pour lesquels il n'existe pas actuellement de preuves suffisantes quant à l'efficacité, ceux qui ne produisent pas les effets préconisés et ceux qui sont dangereux, interdits ou illégaux, et par conséquent ne doivent pas être utilisés.

En ce qui a trait à la légalité de l'usage dans les sports de compétition, les organisations sportives tant nationales (National Collegiate Athletic Association, United States Olympic Committee, Association olympique canadienne) qu'internationales (Comité international olympique) limitent l'usage de certains produits ergogènes et imposent des tests d'urine aléatoires pour s'assurer que ces produits ne sont pas consommés.

Cependant, la question éthique de l'usage de substances qui améliorent la performance et qui ne sont pas interdites n'a pas été résolue. Actuellement, utiliser des produits ergogènes ou en recommander l'usage aux athlètes est une question controversée.

Des professionnels de la santé découragent l'usage de tous les produits ergogènes, tandis que d'autres suggèrent de les utiliser avec prudence et seulement après un examen rigoureux de l'innocuité, de l'efficacité, de la puissance et de la légalité du produit. Les athlètes ne devraient pas utiliser les produits nutritionnels ergogènes sans en avoir sérieusement évalué les caractéristiques et en avoir discuté avec un professionnel de la santé ou de la nutrition[27].

C. PERSPECTIVES

1 – Sport et végétarisme :

Certains athlètes choisissent d'adopter une alimentation végétarienne. Les recommandations en nutrition pour ces personnes doivent être formulées en tenant compte des effets du végétarisme et de l'exercice. La position de l'American Dietetic Association sur l'alimentation végétarienne fournit les balises diététiques appropriées dont on doit tenir compte en plus de l'information présentée ici.

Le végétarisme n'influe pas nécessairement sur les besoins en énergie, bien que la disponibilité de l'énergie puisse être légèrement moindre si l'apport en fibres est extrêmement élevé.

Comme chez tous les athlètes, la surveillance du poids et de la composition corporelle est le moyen approprié pour déterminer si les besoins en énergie sont satisfaits.

Certaines personnes – en particulier les femmes – peuvent passer au végétarisme dans le but de restreindre leur apport en énergie et ainsi d'atteindre la silhouette mince que demandent certains sports. Il arrive que cette pratique soit une étape vers l'apparition d'un trouble de l'alimentation. En raison de cette association, les entraîneurs doivent être vigilants lorsqu'un

sportif ou une sportive adopte le végétarisme et ils doivent s'assurer que le poids approprié est maintenu.

Les études montrent de façon constante que les adeptes du végétarisme ont des apports en protéines plus faibles que les omnivores. Bien que la qualité des protéines d'une alimentation végétarienne soit adéquate pour les adultes, les protéines végétales ne sont pas aussi bien digérées que les protéines animales.

Pour contrer cette particularité, on peut augmenter d'environ 10% la quantité consommée. Ainsi, les apports protéiques recommandés pour les athlètes végétariens se situent entre 1,3 et 1,8 g/kg de poids, à la lumière des recommandations de base pour les athlètes en général.

Les athlètes végétariens ayant des apports relativement faibles en énergie doivent choisir judicieusement leurs aliments pour s'assurer que leurs apports en protéines correspondent à ces recommandations.

Les athlètes végétariens peuvent se trouver à risque d'apports faibles en vitamines B12 et D, en riboflavine, fer, calcium et zinc, car ces nutriments se trouvent en grandes quantités dans les produits d'origine animale. Le fer peut constituer un problème particulier chez eux.

En raison de la plus faible biodisponibilité du fer dans les aliments d'origine végétale, les réserves de fer de ces personnes sont en général plus basses que celles des omnivores, même si l'apport total est semblable, voire plus élevé. Si l'on ajoute à cela les données indiquant que l'exercice peut accroître les besoins en fer, il est possible que les athlètes végétariens, en particulier les femmes, puissent se trouver à risque accru de présenter un état en fer précaire. Il est donc prudent de surveiller régulièrement l'état nutritionnel en fer des sportives végétariennes [27].

2 – Rôles et responsabilités des professionnels de la santé :

Tout athlète, qu'il ou elle s'adonne à la compétition ou non, a besoin d'une quantité adéquate de combustible, de liquides et de nutriments pour réaliser sa meilleure performance.

Il incombe au spécialiste de la nutrition sportive de conseiller ces personnes quant à leurs besoins nutritionnels avant, pendant et après l'exercice et quant au maintien d'une bonne santé ainsi que d'un poids et d'une composition corporelle optimaux.

Les professionnels de la santé et de la nutrition qualifiés peuvent aider les athlètes et les gens actifs de multiples façons :

- les informer sur les besoins en énergie dans la pratique de leur sport et sur le rôle des aliments comme combustibles pour l'organisme. Décourager les buts irréalistes quant au poids et à la composition corporelle et insister sur l'importance d'un apport adéquat en énergie pour maintenir une bonne santé, prévenir les blessures et atteindre une bonne performance physique.

■ évaluer leur stature et leur composition corporelle pour déterminer le poids et la composition appropriés pour les sports pratiqués. Proposer des techniques saines sur le plan de la nutrition pour maintenir un poids et une composition corporelle appropriés sans adopter des régimes farfelus ou sévères. Les pressions indues pour perdre du poids ou maintenir une silhouette mince peuvent accroître le risque de comportements alimentaires restrictifs et, dans les cas extrêmes, mener à un trouble clinique de l'alimentation.

■ évaluer l'apport typique d'aliments et de suppléments au cours de l'entraînement, de la compétition et hors saison. Utiliser cette évaluation pour fournir les recommandations appropriées quant aux apports en énergie et en nutriments pour maintenir une bonne santé, un poids et une composition corporelle appropriés et une performance sportive optimale tout au long de l'année.

Fournir des directives précises pour faire des choix judicieux d'aliments et de liquides au cours des voyages ou à l'occasion des repas pris à l'extérieur de la maison.

■ évaluer l'apport en liquide et la perte de poids au cours de l'exercice et faire les recommandations appropriées quant à l'apport total en liquides et l'apport en liquides avant, pendant et après l'exercice. Aider à déterminer les types et les quantités appropriés de boissons à utiliser pendant l'exercice, en particulier si l'exercice se déroule dans des environnements extrêmes.

■ pour les athlètes ayant des préoccupations nutritionnelles particulières tels que les végétariens, fournir les directives nutritionnelles appropriées pour assurer des apports suffisants en énergie, protéines et micronutriments.

■ évaluer avec soin les suppléments de vitamines ou de minéraux, les préparations à base d'herbes, les produits ergogènes ou les drogues augmentant la performance que l'athlète souhaite prendre.

Ces produits doivent être utilisés avec prudence et seulement après une analyse rigoureuse de leur légalité et de la documentation actuelle sur les ingrédients figurant sur l'étiquette; ces produits ne doivent pas être recommandés avant d'évaluer la santé, l'alimentation, les besoins nutritionnels, l'usage d'autres suppléments ou médicaments et les besoins en énergie.

Toutes les recommandations à l'intention des athlètes doivent être basées sur les données scientifiques actuelles et sur les besoins individuels.

Les professionnels de la santé doivent travailler de concert avec les athlètes, les entraîneurs et entraîneuses et les membres de la famille pour créer une harmonie et fournir le meilleur environnement possible pour que les buts nutritionnels liés au sport pratiqué soient atteints [27].

3 - Les soins du sportif :

La circulation du sang est activée par la douche chaude, le sauna, le massage. Le sang étant le collecteur des toxines de fatigue en même temps que le véhicule des matières énergétiques et plastiques l'activation de son débit facilite la récupération.

La douche chaude (35 à 45 °C) est maintenant intégré dans l'hygiène du sportif.

Elle suit immédiatement l'entraînement et, en dehors de son action dilatoire sur les vaisseaux sanguins périphériques, elle favorise le relâchement musculaire, surtout si elle est prolongée (10 à 15 minutes). Les effets du sauna sont, par contre, très controversés. Certains sportifs lui attribuent tous les mérites, alors qu'un certain nombre de médecins se montre beaucoup plus réservés.

Il provoque d'importantes variations de la pression artérielle et une abondante sudation. Pratiqué modérément (10 mn par séance, une ou deux fois par semaine), par le jeune sportif en bonne santé, il est un moyen efficace de récupération. Les pertes d'eau et des sels minéraux doivent être compensées par l'ingestion de boissons ou de dragées hydratantes (Tonhydrex).

Les techniques du massage et les effets sur l'organisme sont multiples. Elles doivent donc être adaptées aux situations.

Nous en citerons ici quelques-unes :

L'effleurage calmant

C'est une manœuvre superficielle et lente de grande amplitude. La peau est à peine déprimée par les mains dont la pression reste légère et régulière.

La surface de contacts entre les mains et la peau est la plus grande possible. L'effet calmant s'obtient par le rythme lent du déplacement des mains. Cette technique est donc particulièrement recommandée à la suite des efforts sportifs. Exceptionnellement, et pour les sujets nerveux, elle précédera la compétition.

L'effleurage excitant

Superficielle, comme la précédente, cette technique adopte un rythme rapide. Sa durée est très courte (2 à 5 minutes). Son action stimule et tonifie. Elle est recommandée avant et même pendant la compétition. Certains athlètes lui préfèrent la friction au gant de crin, eau de Cologne ou Synthol.

La pression glissée profonde

La pression exercée par les mains est plus forte que pour l'effleurage. Elle doit déprimer les tissus traités : un léger bourrelet se forme devant les mains qui se déplacent.

La pression est d'autant plus importante que les groupes musculaires sont plus volumineux (fessiers, quadriceps).

Les avant-bras peuvent prolonger l'action du frottement des mains.

Afin de ne pas provoquer des réactions (contraction musculaire), ce type de massage est toujours précédé par l'effleurage.

Le passage de l'une à l'autre technique se fait progressivement. La pression glissée profonde accélère la circulation sanguine et les déplacements des liquides interstitiels. Le rythme cardiaque monte fréquemment jusqu'à 100 battements par minute.

Le sens du déplacement des mains s'exerce dans le sens de la circulation veineuse, c'est-à-dire, des extrémités du corps (mains, pied et tête) vers le cœur. Les mouvements du masseur sont lents et amples.

Cette technique de massage peut-être utilisée avant ou après l'épreuve sportive.

Avant les épreuves

Le massage dure : 5 à 15 minutes. La pression glissée et précédée par l'effleurage issu par ce même type de massage exécuté sur un rythme rapide (recherche de l'excitabilité neuromusculaire).

Le masseur peut utiliser des liniments, onguents, embrocations.

Cependant, et bien que cet entraînement de manœuvre prépare à l'effort, il ne se substitue pas complètement à l'échauffement par l'exercice physique.

Des plus, l'athlète non habitué à ce type de massage risque de mal contrôler ses mouvements sportifs en raison d'une atténuation de ses sensations musculaires.

Après l'épreuve ou l'entraînement : l'effleurage, de courte durée, qui accompagne et termine la séance, est exécuté, comme la pression glissée profonde, à cadence lente

Ce massage peut se prolonger au-delà de 30 minutes. Il s'exerce, en principe, sur l'ensemble de la musculature et s'effectue dans l'ordre suivant : abdomen, membres inférieurs, membres supérieurs, dos, cou et thorax. Les régions musculaires les plus sollicités par l'exercice sont allongées par rapport aux autres.

Quelques conseils pratiques

-- Exiger la propreté des mains du masseur et de la peau du patient (douche préalable).

-- Utiliser du talc, des vaselines ou cold-cream pour faciliter le glissement des mains.

-- Rechercher une ambiance chaude et calme.

-- Chercher le meilleur relâchement musculaire du patient par une position général confortable :

- couché sur le dos sur un plan horizontal souple, la tête et les genoux sont légèrement soulevés (coussin) ;

- couché sur le ventre, les chevilles sont posées sur un coussin et la tête repose sur les deux mains ;
- localement, le meilleur relâchement musculaire s'obtient en rapprochant passivement à les insertions opposées du muscle considéré (exemple : coude, genou et chevilles étendus pour relâcher respectivement les triceps, le quadriceps et les jumeaux, soléaire du mollet).

Ces mêmes articulations sont fléchies à 90° pour détendre leurs muscles fléchisseurs.

--Éliminer toutes les manipulations violentes.

--Éviter le massage des zones riches en ganglions lymphatiques (face postérieure du genou, aine, aisselle et face latérale du cou).

Rares, malheureusement, sont les masseurs qualifiés ou les moniteurs ayant quelques notions de massage qui se mettent en permanence et gracieusement à la disposition des athlètes. Ceux-ci peuvent, alors, effectuer dans des conditions évidemment moins favorables un automassage. À l'exclusion de la région dorsale supérieure, toutes les parties du corps peuvent être massées. Les positions adoptées sont les suivantes :

-- position couchée pour le massage du ventre (mouvement séculaire dans le sens des aiguilles d'une montre).

-- position assise au sol, genou étendu pour le massage des quadriceps.

-- position assise, avant-bras sur la cuisse, pour masser le bras, le pectoral, l'épaule (deltoïde) et la base du cou (trapèze) avec la main du membre opposé.

--Position de l'œuf (ou du fœtus), osciller sur le dos et sur le sol pour masser la région lombaire.

--Position assise au sol, genou fléchi, pour le massage des mollets.

Les bienfaits que procure le massage sont reconnus par tous les champions et les progressions les plus spectaculaires furent enregistrées lorsqu'un massage efficace était assuré.

Les quelques descriptions données dans ses pages sont bien insuffisantes. Tout juste doivent-elles permettre d'éviter les plus grosses erreurs

Un complément d'information est donc nécessaire. Il sera fourni par la lecture d'ouvrages spécialisés et par l'observation de masseurs professionnels.

Enfin, et bien que leur efficacité ne puisse se comparer à celle du massage manuel, les appareils de vibromassage, et surtout les ceintures vibrantes, apportent une aide précieuse à l'athlète isolé. (**A. GELET, L'Entraînement en Volley-ball : Préparation aux diplômes et Brevets d'Etats., Edité par la F. F. de Volley-ball : dépôt légal n°52- 2^e trimestre 1982.**)

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Au sortir de ces recherches menées avec toute la rigueur qui sied nous pouvons dire que :

C'est grâce à l'alimentation qu'il est possible de reconstituer les réserves énergétiques qui ont été utilisées à l'occasion d'efforts physiques.

Cet alimentation doit être conséquente (qualité, quantité) pour répondre aux exigences d'un entraînement trihebdomadaires voire quotidien.

L'alimentation habituelle est prévue pour les besoins d'une vie normale et ne correspond ni en quantité ni en qualité aux exigences exceptionnelles d'un effort intense et de longue durée, qu'il s'agisse d'entraînement ou de compétition.

A cet effet, l'utilisation des substrats à l'effort va dépendre de plusieurs facteurs :

- De l'intensité de l'effort, (plus l'effort est intense, plus il y aura d'utilisation des glucides. Plus l'effort sera faible, plus il y aura utilisation des lipides).
- De la durée de l'effort, (plus l'effort sera long, plus il y aura utilisation importante des lipides. Plus il sera court et intense, et il y aura utilisation des glucides).
- Du niveau d'entraînement, (L'utilisation des lipides augmente avec le niveau d'entraînement).
- Du régime alimentaire du jour précédent, (Un régime hyper glucidique peut permettre une participation des glucides plus importante, par contre le jeun ou le régime lipidoprotédique va diminuer l'utilisation des glucides).
- Du type de fibres recrutées.
- De la température extérieure. (Si froide, utilisation préférentielle des acides gras libres, si chaudes, utilisation préférentielle des glucides).

Avec le développement scientifique et technique, des méthodes et théories ont été mises à jour afin de contribuer à l'évolution de la science orientée dans la dynamique de performance sportive. Si l'on sait maintenant qu'avec les avancées du sport et la portée qu'il a sur l'économie d'un pays tout le monde s'active pour exceller dans ce sens et compte figurer parmi les meilleures nations du monde.

Ainsi, c'est avec cette vision que nous autres pays africains devons prendre en considération ces acquis et y diriger notre sport favori en s'adaptant aux avancées consolidées dans ce domaine de la nutrition optimale du sportif pour se pointer avec les ambitions d'être compté dans l'excellence des nations en progrès.

Actuellement, s'entraîner, boire et manger intelligemment, c'est-à-dire équilibré en qualité et suffisante en quantité signifie pour le sportif, entretenir ses chances d'être performant et

d'avoir la victoire à la fin : pour cela, il doit entretenir en permanence son stock de glycogène avec répartition harmonieuse de ses différents nutriments avant, pendant et après l'effort et en observant une bonne hygiène de vie générale. Une démarche qui, n'est pas si évident, sans aide appropriée (médecine du sport, diététique, etc.).

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

MANUELS ET OUVRAGES DE SYNTHÈSE :

1. **ANDERSENK. L.:** The effect of physical training upon the oxygen uptake over of men of various age and fitness level. Forsvarmedecin 3, 1967, pp. 183-187
2. **ASTRAND P.O.:** Experimental studies of physical working in relation to sexe and age, Munskgaar édition Kopenhagen 1952.
3. **CRAPLET Camille, CRAPLET Pascal :** Physiologie et activité sportive, Editions Vigot, Paris 1986
4. **CISSE F., MARTINEAUD J.P. :** Sport Médecine actualités, n°35, mars 1989.
5. **CISSE F., NDOYE R. :** Valeur prédictive de la VO₂ max indirecte : course à pied de 100 km Dakar médical n°4 : Tome XXVII, 1983.
6. **CUMMING G.R., DOUGALL M., GREEN H.J.:** Bicycle Ergometer Studies in children: correlation of pulse rate with oxygen consumption Journal of Sports Science and Technology Volume 6, No. 2, 2006
7. **Dr. Jean- Loup Dervaux :** La diététique du sportif, Edition Des Vecchi S.A, Paris.
8. **Dr. MADLEINE Fievet-Lzard :** La diététique en 200 questions : Pour une alimentation saine et équilibrée, Editions De Vecchi S.A., Paris 2000
9. **Dr. J.- P. de Mondenard:** Le « régime champion »: pour gagner sur toute la ligne, éditions amphora S.A. mars 1995.
10. **FOX Mathews D.K.:** Bases physiologiques de l'activité physique, Paris Vigot Montréal, 1984.
11. **GUILLET R. GENETY J:** Abrégé de médecine du sport, 2^e édition Masson, 1975.
12. **HARRICHEUX Pierre, Jean MEDELLI :** VO₂max et performance : aptitude physique, tests d'effort, tests de terrain, Editions Chiron-Casteilla, Paris 1997 (2^eme édition), 1 volume, 122 pages.
13. **PILARDEAU P. :** Biochimie et nutrition des activités physiques et sportives : le métabolisme énergétique, Masson, Paris, 1995
14. **PIRNAY F. et FALL A. :** Qualités physiques des mélano-africains ; Paris : Med. Sport, T. 63, n°5, 1989, pp.266-274.
15. **STRAUSS Richard H. :** Médicaments et performances sportives, Masson, 1990.
16. **STRAUZENBER:** Umtellung und anpassung des Kardiovaskularen Systems Belastung, Medizin und Sport 1978.

MEMOIRE :

17. Diop Magatte : Les facteurs de la performance sportive.

Mémoire de maîtrise, INSEPS, Dakar, 1980/1981

18. KEBE D : Etudes corrélatives de deux méthodes d'évaluation indirectes de la consommation maximale d'oxygène avec les performances de 3000 mètres. Mémoire de maîtrise, INSEPS, Dakar, 1990

19. NDOUR Paul : Etude du régime alimentaire en milieu sportif sénégalais : le cas des athlètes des forces armées (ASFA).

Mémoire de maîtrise, INSEPS, Dakar, 1987/198

20. SONKO Mariama : Effets de la pratique d'activités physiques sur des qualités physiques et des variables anthropologiques chez les femmes adultes sénégalaises. Mémoire de maîtrise, INSEPS, Dakar, 2006

DOCUMENTS :

REVUES ET DOSSIERS:

21. MICROSOFT_R ENCARTA_R 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation

22. NGOM Babacar : SECRETAIRE GENERAL DE L'ASSOCIATION SENEGALAISE DE MEDECINE DU SPORT : **article publié sur chaleur et sport, PP 28-30. 2007**

INTERNET :

23. Mémoire du Dr Benjamin TAISNE dans le cadre du D.I.U. de Nutrition, publié le 28.10.05. **Actualité diététique :**

quels apports nutritionnels pour le sportif ?

www.irbms.com/rubriques/Dietetique/apports-nutritionnels-sportif-1.php

1.1 **24. Module de Formation En Nutrition Humaine :**

www.oxfam.qc.ca/pdf/etudes/outremer/RCAModule%20Nutrition.pdf

25. Nutrition appliquée à la performance sportive : **094-100 Folli**

1.2 www.sfsn.ethz.ch/PDF/Folli.pdf

26. Pli cutané tricipital (PCT) :

www.denutrition-formation.fr/.../definitions/index/article_id-711/topic_id-28/pli-cutane-tricipital-pct.html -

27. Position des Diététistes du Canada, de l'American Dietetic : **La nutrition et la performance sportive** (Revue canadienne pratique rech. diétét. 2000; 61:176-192)

www.coach.ca/fra/nutrition/documents/sports_nutrition_position_french_2000.Pdf -

1.3 **28. Surcompensation dans l'assiette**

1.4 www.irbms.com/index.htm:Diététique

Recommended Dietary Allowances (RDA): National Research Council. Recommended dietary allowances. 10th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.