

Filière anaérobie alactique Elle intervient en l'absence d'oxygène (anaérobie) et sans production de (1 lactate (alactique). Dans le muscle, la créatine phosphate (CrP) est 3 à 4 fois plus abondante que l'ATP, ce qui est encore très faible par rapport aux besoins de l'exercice. La resynthèse de l'ADP en ATP est réalisée en présence de créatine kinase (CK) une réaction très rapide, de faible inertie, intervenant dès le début de l'exercice et lorsqu'il est très intense (arrivée au sprint). **1.1 Puissance maximale.** Elle est très élevée, de 3-4 kW environ pour les membres inférieurs chez le sujet sédentaire, à 6-8 kW environ chez les sprinters de haut niveau. **1.1.1 Facteurs limitants.** Ce sont la masse musculaire, la force et la vitesse de contraction ; elles sont augmentées par la musculation et le travail de vitesse, avec l'optimisation des qualités de la commande motrice et le développement de la masse musculaire. **1.1.2 Implications nutritionnelles.** Le muscle a une teneur élevée en protéines : 60 à 70% des protéines corporelles y sont stockées. Pour accroître sa masse, la synthèse protéique doit être augmentée, ce qui impliquera d'augmenter les apports en protéines dans l'alimentation. **1.2 Capacité maximale.** **1.2.1 Facteurs limitants.** Elle est limitée par la quantité totale d'énergie disponible à partir des réserves d'ATP et de CrP (15 à 30 KJ pour les membres inférieurs). Elle dépend du degré entraînement (répétition d'exercices de 5 à 15 s), du volume musculaire et, à un moindre degré, de la nutrition. **1.2.2 Implications nutritionnelles.** Les réserves de CrP sont faibles, la puissance maximale ne peut être soutenue que 6 à 10s environ, puis la puissance diminue et, à partir de 15s, la filière énergétique suivante devient prépondérante. Est-il intéressant d'augmenter ces réserves ? Un apport accru en CrP est-il justifié ? L'ingestion d'ATP ou de molécules proches s'est avérée inefficace tant pour augmenter la teneur musculaire que les performances. La régénération des réserves de CrP s'effectue très rapidement dès la fin de l'exercice, à partir de l'ATP sarcoplasmique, elle-même resynthétisée par la voie aérobie lors des phases de repos. Ainsi, alors que la quantité totale de CrP dégradée est aussitôt régénérée lors des répétitions d'exercices brefs et intenses peut dépasser le Kg, la quantité dégradée de façon irréversible, la seule par principe à remplacer, est de l'ordre du gramme. Or la créatine n'est pas indispensable, puisque l'organisme peut la synthétiser et l'alimentation en apporte, par les produits carnés (sauf chez les végétariens où la synthèse est prépondérante), 1 à 2g/j, couvrant ainsi les besoins, estimés entre 1.5 et 3g/j. L'ingestion de créatine, à raison de 0.3 puis 0.03g/kg/j permet d'augmenter la CrP musculaire de 0 à 20% et les performances relevant de la capacité maximale du même ordre. Le poids corporel augmente légèrement (0 à 2.3%), sinon, au-delà, c'est que d'autres facteurs sont intervenus. Quant au risque toxicologique de cette molécule, physiologique en petite quantité, il n'est pas encore clairement défini à des doses élevées et prolongées. Ce supplément n'est pas justifié, car les besoins sont largement couverts par l'alimentation courante et par synthèse par l'organisme. Aussi le principe de précaution a conduit le législateur Français à ne pas l'autoriser, et donc il est interdit de prescription comme de vente. Il porte par ailleurs atteinte à l'éthique sportive. 2) Filière anaérobie lactique. [adsense] Elle utilise le glycogène musculaire dégradé au cours de la glycolyse anaérobie jusqu'au stade du pyruvate puis du lactate. Le délai de mise en route est bref, au plus quelques secondes, le taux de créatine phosphate musculaire diminuant suffisamment pour lever l'inhibition des enzymes allostériques de la glycolyse. Faute d'apport suffisant en O₂, les corps réduits formés ne peuvent être oxydés : pour éviter leur accumulation en excès, ainsi que celle du pyruvate, un ion H⁺ est transféré au pyruvate, le

transformant en lactate. **2.1 Puissance maximale.** Elle peut atteindre 2 à 5 kW ; elle peut être soutenue une vingtaine de secondes, couvrant de façon prépondérante, avec la filière anaérobie alactique, les exercices maximaux d'une quarantaine de secondes. Au-delà, la puissance est sous maximale avec participation progressive, prépondérante au-delà de 1.5 min environ, de la filière aérobie. **2.1.1 Facteurs limitants.** Les facteurs limitants de la puissance maximale anaérobie lactique sont le débit, et donc l'activité des enzymes, de la glycolyse anaérobie, la proportion de fibres IIB (d'origine génétique), la commande motrice et la masse musculaire, ces deux derniers répondant à l'entraînement. **2.1.2 Implications nutritionnelles.** Elles sont le rôle des apports en protéines pour la masse musculaire. **2.2 Capacité maximale.** Elle est limitée davantage par la diminution du pH et l'accumulation de lactate dans le muscle que par les réserves de glycogène, qui sont cependant utiles à augmenter chez le sportif de haut niveau. **2.3 Entraînement et implications nutritionnelles.** La capacité maximale est augmentée par des exercices intenses, par intervalles répétés, de 15 sec à 1.5 min, à intensité supra maximale aérobie, entrecoupés de récupération passive, de durée environ deux fois supérieure au temps actif. L'ingestion de boissons bicarbonatées (hydrogénocarbonate de sodium ou « bicarbonate de soude »), à raison de 0.3 à 0.5 g/kg, 1 à 2h avant le début de l'exercice, s'accompagne d'une augmentation du pouvoir tampon musculaire et de la quantité de travail produite, reportant le délai d'apparition de la fatigue. Cette pratique est discutable au plan éthique, puisqu'il s'agit de forcer la nature par l'apport exogène d'un produit qui n'est pas un substrat énergétique et qui ne répond pas à un besoin physiologique dont il vise à modifier l'équilibre. Les risques pour la santé, en cas d'ingestion excessive, vont des incidents gastro-intestinaux, jusqu'à l'alcalose métabolique sévère avec arrêt respiratoire. Chez le sportif de haut niveau, le facteur limitant devient la teneur en glycogène musculaire, qui dépend d'une alimentation hyperglucidique. **3) Filière aérobie** La resynthèse de l'ATP se fait à partir de l'énergie libérée au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale en présence d'oxygène et avec production d'eau lorsque à lieu l'oxydation des corps réduits, formés lors de la dégradation du glucose et des acides gras. Les acides aminés des protéines participent peu comme substrat énergétique à l'exercice, pour 5 à 15% selon la durée de l'exercice et l'état préalable. L'oxydation complète d'une molécule de glucose permet la resynthèse de 38 molécules d'ATP (contre 3 lors de la glycolyse) avec des retombées essentielles sur l'entraînement et la stratégie en compétition. Lors de la dégradation des acides gras, l'énergie récupérée, uniquement par oxydation, est par gramme encore supérieure, du fait de la densité énergétique élevée des réserves adipeuses de triglycérides (environ 7 kcal/gr de tissu adipeux, contre 1 kcal/gr pour celles, musculaires, de glycogène, fortement hydratées). Mais le débit maximal de la lipolyse est relativement faible ; Le délai de mise en jeu demande 10 à 20 min et le rapport par phosphate riche en énergie produit est plus faible (plus d'O₂ nécessaire). La participation des AG augmente avec la durée de l'exercice sous-maximal aérobie, la déplétion des réserves de glycogène, le degré entraînement et la préparation biologique ; Elle diminue quand la lactatémie augmente. **3.1 Puissance maximale aérobie.** Elle est bien représentée par son équivalent biologique, le débit maximal de prélèvement d'oxygène : VO₂max. -Facteurs limitants. ~le débit ventilatoire (VE), surtout sa composante le volume courant. ~le taux d'hémoglobine sanguine ; la polyglobulie physiologique, avec augmentation de l'hématocrite jusqu'à 48-50% du fait de l'entraînement et séjours en altitude, est un

facteur d'augmentation de la capacité de transport de l'oxygène : elle ne nécessite qu'une alimentation équilibrée et diversifiée. Les réinfusion de globules rouges ou l'injection d'érythropoïétine (EPO) ou d'autres produits similaires sont des procédés dopants, donc interdits, et très dangereux pour la santé.

~le débit cardiaque maximal et le volume d'éjection systolique (VES), déterminants de VO_2max . Ils dépendent de facteurs génétiques et d'entraînement, sans implication nutritionnelle actuellement démontrée. La fréquence cardiaque, un des facteurs du débit, peu être modifiée par l'état digestif ou la prise d'excitants, qui pourront retentir sur les performances. ~les pressions artérielles systolique (PAS) et diastolique (PAD) ; elles évoluent en fonction de l'intensité d'exercice dans des limites bien précisées, qui permettent d'évoquer l'éventualité d'une hypertension artérielle. L'ingestion de NaCl (sel) dans la boisson de réhydratation est nécessaire en cas de fortes sueurs ; en revanche l'excès est à éviter, en particulier chez la personne à prédisposition hypertensive sodium-dépendante. Chez ces sujet, éviter aussi l'ingestion de tous produits excitant (à base de caféine ou d'alcaloïdes similaires). ~au niveau périphérique, volume musculaire et densité capillaire ; pour augmenter VO_2mx , une masse musculaire suffisante est nécessaire, mais ce sont surtout les capillaires qui sont à développer, pour augmenter la circulation et les échanges locaux, ce qui permet entraînement aérobie sur une période prolongée, sans alimentation particulière. ~l'oxygène, peu soluble, est transféré lentement de l'hémoglobine des érythrocytes au plasma, puis vers les liquides interstitiels, le sarcoplasme, la myoglobine et les mitochondries. La conductance faible de l'hémoglobine sera améliorée par entraînement de longue durée. Des suppléments ont été proposés pour « faciliter la circulation des globules rouges ou pour augmenter la fluidité des membranes » ; ils ne sont pas justifiés au plan tant scientifique qu'éthique. En conclusion, une VO_2max élevée relève d'abord de la génétique, puis de l'entraînement ; une alimentation équilibrée et diversifiée suffit et répond aux besoins de répartition tissulaire, de formation des globules rouges et d'adaptation cellulaire.

3.2 Capacité et endurance maximale aérobie.

La capacité maximale aérobie est la quantité maximale d'énergie disponible à partir de l'oxydation des réserves énergétiques mobilisables à l'exercice : glycogène musculaire et hépatique, triglycérides des muscles et du tissu adipeux et glucose de la néoglucogenèse hépatique. L'endurance maximale aérobie est le délai d'épuisement (en min) lors d'un exercice réalisé à un pourcentage donné de la puissance maximale aérobie ou de VO_2max .

-Facteurs limitants. Le principal facteur limitant et déterminant de la capacité maximale aérobie est la teneur en glycogène musculaire, dont dépend l'épuisement lors d'exercices de quelques min à quelques heures ; la capacité maximale aérobie augmente avec cette teneur, qui est améliorée par les régimes de surcharge glucidique. Par ailleurs, la disponibilité des réserves de tissu adipeux est un facteur d'économie du glycogène musculaire, tout comme la régularité de l'allure en dessous de zone transitionnelle aéro-anaérobie, avec l'apport de glucides exogènes. En pratique, de telles observations scientifiques se traduisent par des conseils adaptés aux caractéristiques de chaque sport et de chaque sportif