

9. Préparation physique

La technique, la stratégie et l'état d'esprit sont des éléments fondamentaux en combat. Toutefois, sans une bonne préparation physique, ces éléments risquent d'être inefficaces. En karaté comme dans tous les sports de combat, il est important de développer une masse musculaire athlétique capable de déplacements et d'enchaînements explosifs, le tout sur un fond d'endurance d'un niveau variable suivant la discipline et l'objectif poursuivi.

Nous analyserons dans ce chapitre quelques principes et notions de physiologie utiles pour la préparation physique.

Ces lignes résument principalement deux travaux de vulgarisation : un texte anonyme trouvé sur le web (<http://mapage.noos.fr/nicoach1/download/basesphysio.pdf>) et le guide *Muscle et fitness du HIIT*. Muscle & Fitness, 2010.

Pour ceux qui souhaitent approfondir ce chapitre, nous vous conseillons les livres de Ferré J. et Reiss D. repris dans les références.

9.1 Bases physiologiques

9.1.1 Sources d'énergie

Selon l'intensité et la durée de l'exercice, les muscles utilisent différentes sources d'énergie.

À l'échelle cellulaire, la source d'énergie est l'adénosine triphosphate (ATP). L'ATP est une molécule composée d'adénine et de ribose attachés à trois groupes phosphates. L'énergie est libérée quand un groupe phosphate se détache de la molécule d'ATP :

ATP → ADP + Pi + Énergie (ADP : adénosine diphosphate, Pi : phosphate).

L'ATP est présente en petite quantité dans le muscle. Ces réserves ne peuvent maintenir une contraction plus de trois secondes. Il est donc nécessaire que d'autres sources d'énergie assurent la recharge en ATP.

Synthèse cellulaire d'ATP

1. La voie anaérobie ne fait pas intervenir d'oxygène (O₂). Elle est utilisée pour les efforts intenses de courte durée.

a. Pour les efforts de quelques secondes d'intensité maximale, l'ATP est renouvelée grâce à la réserve cellulaire de **créatine phosphate** (CP). Il s'agit d'un processus **anaérobie**

alactique. Au-delà de sept secondes, les muscles doivent utiliser d'autres ressources.

b. Pour les efforts intenses de plus longue durée (30 secondes à deux minutes), c'est le **glucose** qui produit l'énergie nécessaire à la synthèse de l'ATP. Il s'agit d'un processus **anaérobie lactique**, c'est-à-dire qui libère une quantité importante d'acides lactiques (associés à des douleurs musculaires).

2. La voie aérobie fait intervenir l'O₂. Elle est utilisée pour les efforts de longue durée et d'intensité modérée.

Ce système fait appel à l'oxydation des **glucides, lipides et protéines**. La présence d'O₂ permet un fonctionnement d'intensité modérée, mais de longue durée. Cette voie produit des « résidus » ayant peu d'influence sur la fatigue : de l'**eau** (H₂O) éliminée par la sueur et du **gaz carbonique** (CO₂) éliminé par expiration.

Lorsque la durée de l'effort augmente, la proportion de glucose utilisé diminue au profit des lipides.

Capacité et Puissance

La capacité est la quantité totale d'énergie disponible.

La puissance est la quantité maximale d'énergie utilisable par unité de temps.

Chaque voie énergétique possède une capacité et une puissance.

Les voies énergétiques en résumé :

- 1) Anaérobie alactique : créatine phosphate — Dans le muscle
— Sans Oxygène (O₂) — Sans production d'acide lactique
— Capacité maximale 20" — Exemple : course 60-100 m.
- 2) Anaérobie lactique : glycolyse — Pas (ou peu) d'O₂ —
Production d'acide lactique — Capacité 30 secondes à
2 minutes — Exemple : course 200-800 m.
- 3) Aérobie : oxydation glucides, lipides et protides — Avec O₂
— Production d'H₂O et CO₂ — Capacité « illimitée ».
Exemple : 1500m-marathon

Les trois voies énergétiques n'interviennent pas successivement, elles se chevauchent progressivement.

En karaté, on réalise souvent des efforts intenses de courte durée, de quelques secondes à quelques minutes. Il conviendra donc de travailler et de développer préférentiellement les filières anaérobies.

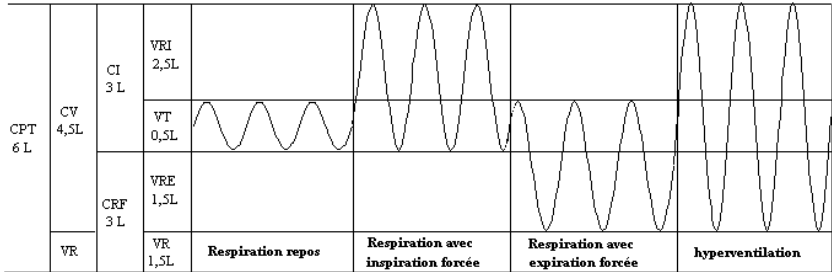
Toutefois, le développement de l'endurance et de la voie aérobie est utile si l'on souhaite profiter au mieux d'un cours d'une à deux heures ou si l'on souhaite faire face à un ou plusieurs combats qui se prolongent.

9.1.2 Respiration

L'inspiration et l'expiration renouvellent l'air des poumons (apport d'O₂ et élimination du CO₂). La fréquence respiratoire est de dix à douze cycles/min au repos. Cette fréquence augmente avec l'activité physique et les émotions.

Volume et capacité respiratoire mesurables par spirométrie :

1. Le volume courant (VC) est de 0,5 l et correspond au volume d'air échangé lors d'une respiration calme.
2. Le volume de réserve inspiratoire (VRI) est de 2,5 l et correspond au volume d'air supplémentaire inhalé lors d'une inspiration forcée.
3. Le volume de réserve expiratoire (VRE) est de 1,5 l et correspond au volume d'air évacué lors d'une expiration forcée.
4. Le volume résiduel (VR) est de 1,5 l et correspond au volume d'air non expulsé qui reste en permanence dans les poumons lors d'une respiration normale.
5. La capacité vitale (CV) représente l'ensemble des volumes, soit entre 4 et 5 l.
6. La capacité totale (CT) est la somme de tous les volumes pulmonaires, soit environ 6 l.



<http://www.chigot.fr/TheoN2/RESPIR.htm>

Adaptation à l'effort

L'exercice physique génère une augmentation du rythme et de l'amplitude de la ventilation pulmonaire. Au repos, le volume d'air échangé est de +/- 6 litres par minute (12 mouvements x 0,5 litre de volume courant). L'augmentation de l'amplitude et de la fréquence des mouvements respiratoires croît avec l'intensité de l'exercice musculaire.

Si cette intensité est modérée, les rythmes respiratoires et circulatoires se stabilisent : il y a équilibre entre la consommation et les apports d'O₂. Cet état stable correspond à la notion de second souffle où l'effort paraît facile (ex. : footing).

Si l'on soutient un effort intense, le débit respiratoire augmente (le volume courant peut aller jusqu'à 3,5 litres et la fréquence augmenter jusqu'à 45-70 mouvements/minute soit un débit de 120 à 200 litres d'O₂ par minute.

Lorsque tout l'oxygène disponible est utilisé au niveau musculaire, on dit que l'on a atteint la **puissance maximale aérobie (PMA)**. La PMA s'exprime en watts et correspond aux

possibilités maximales de l'athlète de livrer de l'oxygène à ses muscles (**débit maximum d'oxygène : VO2 max**).

VO2 max

Le VO2 max est donc le volume maximal d'oxygène (ou dioxygène) qu'un sujet peut consommer par unité de temps lors d'un exercice aérobie maximal. Le V devrait être surmonté d'un point car il s'agit d'un débit. Le VO2 max est souvent employé au féminin, comme abréviation de « consommation maximale en oxygène ». En toute rigueur, le terme doit être masculin car le V pointé symbolise un débit.

Le VO2 max s'exprime en litres d'oxygène par minute.

Le VO2 max « spécifique » s'exprime en ml/min.kg. La valeur observée est rapportée à l'unité de masse corporelle afin de tenir compte des différences de constitutions. Cette valeur reflète l'endurance d'un sportif.

La mesure précise du VO2 max s'effectue sur un tapis roulant (ergomètre) ou sur un vélo (ergocyclomètre), au cours d'un exercice dont l'intensité augmente progressivement jusqu'à l'épuisement. Parallèlement, via un masque bucco-nasal, on mesure les débits inspirés et expirés à chaque cycle respiratoire ainsi que les pressions partielles d'oxygène et de dioxyde de carbone.

Ces mesures dépendent de la température, de la pression atmosphérique et de l'humidité ambiante. Pour cette raison, l'appareil normalise par calcul les chiffres obtenus pour des conditions STPD (Standard Temperature and Pressure Desaturated: 0 °C, 1 013 hPa, 0 % d'humidité). Cette méthode de normalisation permet de s'affranchir des conditions de réalisation du test.

L'athlète atteint son VO₂ max entre 6 et 7 minutes à la vitesse maximale aérobie (VMA). La norme est de 40-50 ml/min.kg, mais peut aller au-delà de 80 ml/min.kg chez un athlète de haut niveau.

VMA

La vitesse maximale aérobie (VMA) est la vitesse de course à partir de laquelle un sujet atteint le VO₂ max. À la VMA, un sportif tient en général 4 à 8 minutes. A cette vitesse l'énergie est produite à 85 % par la filière aérobie et à 15 % par de la filière anaérobie lactique. En deçà, la consommation d'oxygène croît avec l'intensité de l'effort et la plupart de l'énergie provient de la filière aérobie. Au-delà, la consommation d'oxygène reste constante et la puissance supplémentaire est assurée par la filière anaérobie lactique.

Les entraîneurs utilisent plusieurs tests permettant d'évaluer la VMA. Ces tests se pratiquent sur une piste balisée de plots placés à distance égale. A chaque signal, le coureur doit se trouver au niveau d'un plot. Progressivement le temps entre deux signaux sonores diminue. La vitesse de course croit donc progressivement. A une certaine vitesse, le coureur n'est plus en mesure de le faire. La VMA correspond à la vitesse du dernier palier fait en entier. Il est préférable que le test ne dure pas plus de 20 à 25 minutes. Par conséquent, la vitesse du premier palier doit être adaptée au niveau des coureurs.

La formule de Léger et Mercier relie la VO₂ max et la VMA d'un coureur en supposant une technique de course idéale : $VMA = VO_2 \text{ max} / 3,5$. La VMA s'exprime en km/h et la VO₂ max en ml/min.kg.

La VMA est une indication de la performance qu'un sportif peut réaliser sur des épreuves de l'ordre de 5 à 10 minutes

Le seuil anaérobie est le point à partir duquel la filière anaérobie lactique entre dans la production d'énergie. Il est lié à la VMA (environ 85 % de celle-ci).

La dette d'oxygène

Au-delà de la VO_2 max, l'athlète peut encore augmenter son effort en faisant appel au processus anaérobie lactique. Après un effort de cette intensité, on observe un essoufflement à l'arrêt de l'exercice. Au cours de la récupération, la demande énergétique est réduite, mais la consommation d'oxygène (VO_2) reste élevée. La dette d' O_2 est définie comme la quantité d' O_2 consommée en excès pendant la période de récupération par rapport à la période de repos.

La dette d' O_2 est fonction de l'intensité et de la durée de l'effort ayant entraîné ce déficit. L' O_2 consommé en « excès » durant la phase de récupération sert :

1. à reconstituer les réserves d'ATP-CP (~ 85 % de la créatine est synthétisée en deux minutes) ;
2. à reconstituer le glycogène musculaire (dette lactique : produite lors d'un exercice intense — récupération longue : 10 à 48 heures, voire cinq jours) — 88 % de l'acide lactique est éliminé en septante-cinq minutes ;
3. à retrouver une température corporelle normale ;
4. à satisfaire aux besoins en O_2 des muscles respiratoires.

L'évaluation de la dette d' O_2 est importante pour déterminer les temps de récupération.

Pour les exercices anaérobies alactiques (ex 100 m), un temps de récupération de trois à cinq minutes est nécessaire entre les séries si l'on souhaite retravailler la voie ATP-CP.

Pour les exercices anaérobies lactiques (200-400 m), la récupération doit être plus longue (10 à 48 heures). En outre, il est conseillé de faire une récupération active (footing de 15 à 20 minutes).

Pour les exercices anaérobies lactiques plus longs (400-800 m), on peut travailler en « fatigue lactique » avec une récupération moindre afin d'habituer l'organisme à des séances avec une concentration élevée en lactates. Cela fait appel à la motivation (à proscrire chez les jeunes).

Durées de récupération à la suite d'un exercice maximal

1. Rétablissement des réserves d'ATP-CP : de 3 à 5 minutes
2. Resynthèse du glycogène musculaire : de 10 à 48 heures, si travail par intervalle : 5 à 24 heures
3. Élimination de l'acide lactique : récupération active de 30 à 60 min ; passive de 1 à 2 heures

L'adaptation à l'effort

Le délai de mobilisation de la voie aérobie est d'environ deux minutes. Le niveau de **VO2 max** d'un athlète n'interviendra donc

qu'après ce délai. Le VO₂ max est limité par le fonctionnement du système respiratoire, cardio-vasculaire et enzymatique des fibres musculaires. Sa capacité dépend de facteurs génétiques et de l'entraînement effectué (surtout avant vingt-cinq ans).

La durée d'un exercice utilisant le système aérobie dépend du pourcentage de VO₂ max utilisé et du niveau d'entraînement. À puissance maximale aérobie (PMA), un sujet non entraîné s'épuise après quatre à six minutes, tandis qu'un sujet entraîné le sera après sept à quinze minutes.

Notion de seuil aérobie et anaérobie

1. Endurance fondamentale de récupération : jusqu'à 60 % de VO₂ max (seuil aérobie), le taux de lactates reste faible. Entraîner la voie aérobie en dessous de ce seuil ne produit aucun effet.
2. Travail de la capacité aérobie (zone transitionnelle aéro-anaérobie) : de 60 % à 80 % de la VO₂ max, on accumule des lactates, mais l'exercice peut être poursuivi trente à soixante minutes suivant le niveau d'entraînement. Ce travail peut se faire par fraction de vingt minutes ou plus.
3. Seuil anaérobie : vers 85 % de VO₂ max. Une augmentation de l'effort provoque une montée brutale des lactates et réduit la poursuite de l'effort.

4. Développement de la puissance aérobie : au-delà 85 % de la VO₂ max, le travail doit être fractionné par des récupérations actives.

9.1.2 Le système cardio-vasculaire

Débit et fréquence cardiaque

La systole et la diastole correspondent respectivement à la phase de contraction et de décontraction du muscle cardiaque.

Le débit cardiaque (Dc) est égal à la fréquence cardiaque (Fc) multipliée par le volume d'éjection systolique (VES), c'est-à-dire le volume de sang éjecté lors de la contraction du cœur. Ce débit s'exprime en litres ou millilitres par minute ($Dc = Fc \times VES$). Au repos, le débit cardiaque est d'environ 5 l/min.

Le cœur se contracte de manière autonome. Toutefois, la fréquence cardiaque est influencée par :

- le **système nerveux autonome** : le système sympathique entraîne une augmentation de la fréquence cardiaque. Le système parasympathique ralentit le cœur ;
- l'exercice, **certaines hormones** (comme l'adrénaline) et l'élévation de la **température** du corps entraînent une augmentation de la fréquence cardiaque.

Au repos, la fréquence cardiaque normale varie entre soixante et cent battements par minute. En deçà et au-delà, on parle respectivement de bradycardie et de tachycardie.

La fréquence cardiaque dite maximale dépend de l'âge et peut être mesurée à partir d'un test d'effort. Durant ce test, on

augmente progressivement l'intensité de l'effort. Parallèlement, on observe une accélération puis une stabilisation de la fréquence cardiaque. Cette fréquence cardiaque maximale est parfois estimée à partir des formules suivantes :

Formule d'Astrand :

Fc Max = 220 – âge en années (pour un sujet de 40 ans : 220-40 = 180 de Fc maximale).

Autres formules « plus précises » :

Pour l'homme : FC Max = 214 - (0,8 x âge)

Pour la femme : FC Max = 209 - (0,7 x âge)

Cœur et exercice

La fréquence cardiaque augmente avant l'exercice par stimulation du système nerveux sympathique (secondaire à l'émotion ressentie avant une épreuve). Celle-ci augmente encore durant l'exercice en raison de la sécrétion d'hormones et des contractions musculaires. Ces dernières massent les veines périphériques et augmentent ainsi le volume de sang retournant vers le cœur. Ce dernier réagit en augmentant sa fréquence et son débit cardiaque, répondant de la sorte aux besoins accrus des muscles.

Ensuite, la fréquence cardiaque se stabilise en fonction de l'intensité de l'effort. Si la PMA est atteinte, la fréquence est à son maximum et s'y maintient.

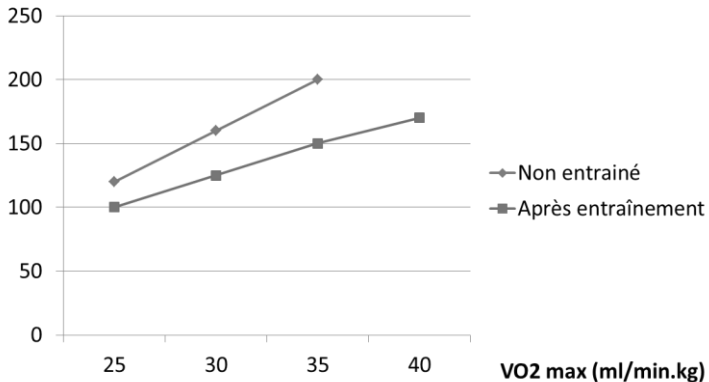
À l'arrêt de l'exercice, la Fc décroît :

- d'abord rapidement = phase de « décrochage »,
- puis lentement. Cette phase correspond « au paiement de la dette » d'O₂.

Relation entre fréquence cardiaque et VO₂ max

Comme l'indique le graphique ci-dessous, il existe un parallélisme entre la Fc et la VO₂ max. Ce fait est particulièrement utile à connaître, car la fréquence cardiaque est le seul indicateur aisément utilisable sur le terrain pour mesurer l'intensité de l'effort.

Fréq card (bat./min)



Comment comprendre cette relation entre Fc et la VO2 max ?

Le VO2 max reflète l'endurance du système cardio-respiratoire (capacité à réaliser des exercices prolongés continus ou intermittents d'intensité faible à modérée).

La VO2 dépend du débit cardiaque, mais également de la capacité d'oxygénation du sang veineux par les poumons.

VO2 = Débit cardiaque x la différence de concentration en oxygène entre le sang veineux et artériel.

VO2 max = FC max x VES x (CaO2-CvO2)

Fc max : fréquence cardiaque maximale

VES : volume d'éjection systolique (cardiaque)

CaO2-CvO2 : différence de concentration en oxygène entre le sang artériel et le sang veineux mêlé.

Effets de l'entraînement sur le cœur

Le volume d'éjection systolique augmente avec l'entraînement de type aérobie. Cette augmentation est secondaire à l'hypertrophie du muscle cardiaque. L'augmentation du VES chez le sujet entraîné accompagne un débit cardiaque maximum important et donc une VO₂ MAX élevée. Pour atteindre le débit cardiaque nécessaire à la réalisation d'un exercice, la fréquence cardiaque sera donc moins élevée chez un sujet entraîné. Cette donnée souligne l'importance de se préparer physiquement par un travail aérobie afin d'obtenir une condition physique de base avant d'amorcer un travail plus intense.

Fréquence cardiaque et consommation d'O₂

1. Vers 40-50 % du VO₂ max, le volume d'éjection systolique atteint sa valeur maximale. À cette intensité, chez un sujet moyen, la fréquence cardiaque est d'environ 120 battements/min.
2. Par la suite, le VES se maintient à un niveau identique.
3. Si l'intensité de l'effort croît, c'est la fréquence cardiaque qui augmente. Un sujet à sa fréquence cardiaque maximale atteint son volume d'oxygène maximal (VO₂ max).

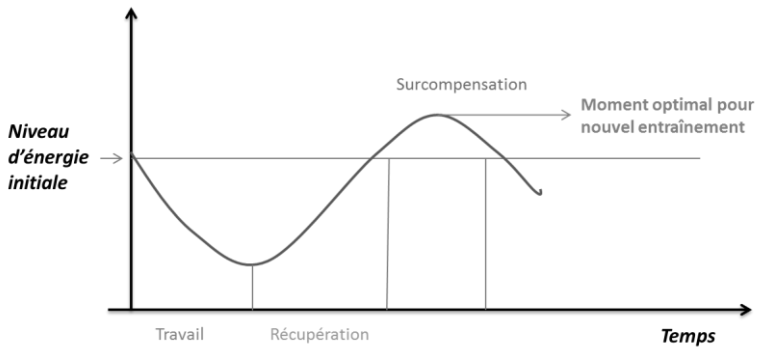
Pour développer efficacement sa fonction aérobie, il est nécessaire de travailler à une fréquence d'au moins 150 battements/min.

9.1.3 Récupération et surcompensation

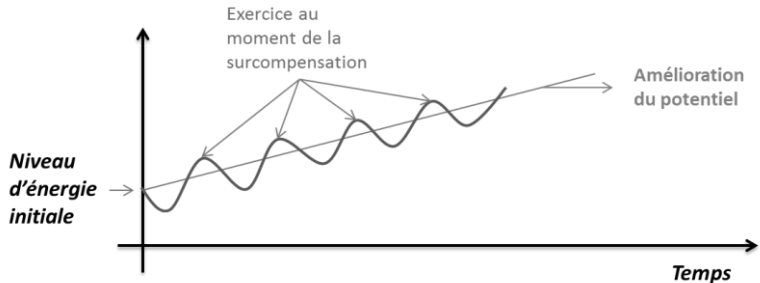
La glycolyse anaérobie entraîne la production d'acides lactiques. La partie acide est neutralisée par des substances tampons contenues dans le sang afin d'éviter une acidose (diminution du pH sanguin). La partie lactate (avec sa structure moléculaire proche des sucres) sert de carburant. Elle est stockée sous forme de glycogène dans le foie et en présence d'O₂ et sert à la synthèse d'ATP.

Les processus de dégradation et de récupération se déclenchent dès le démarrage de l'activité physique.

Lorsque l'effort s'arrête, les processus de synthèse prédominent. Les réserves énergétiques sont reconstituées à un niveau supérieur au niveau initial : ce phénomène est la surcompensation. Plus un effort épuise les réserves énergétiques et plus la surcompensation sera importante, pour autant que la récupération soit suffisante.

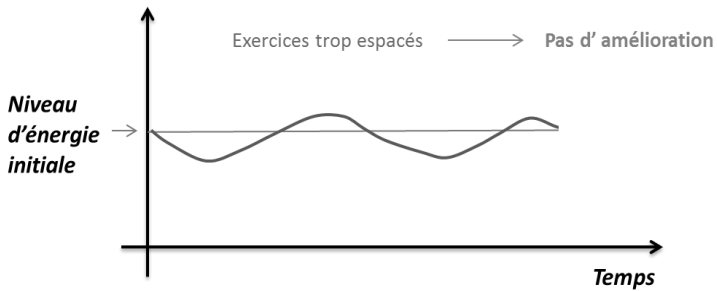


Pour optimiser ce principe, l'athlète a intérêt à recommencer un nouvel effort lorsqu'il est en phase de surcompensation, car il possède un réservoir énergétique supérieur à celui de départ.

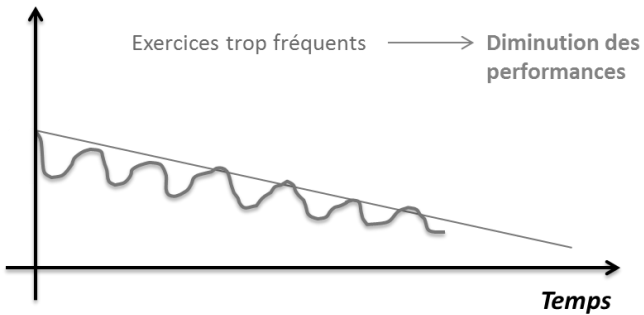


Une bonne planification des efforts et des temps de récupération est donc primordiale durant la séance, la semaine, le mois et l'année. Dans le cas contraire, le risque est le sous ou le sur entraînement :

Sous-entraînement : aucune amélioration en raison d'entraînements trop espacés.



Sur entraînement : diminution du potentiel en raison d'entraînements trop rapprochés



Délais de récupération

Filière énergétique dominante	Délais de récupération	
	Minimale	Complète
Anaérobie alactique (ATP – PC)	2 minutes	5 minutes
Anaérobie lactique Fonction de l'alimentation dans les 2 heures Baisse de la lactémie - Concentration sanguine - Concentration musculaire	48 heures 30 minutes (si récup. active) une heure (si récup. active)	72 heures une heure (si récup. passive) 2 heures (si récup. passive)
Aérobie Restauration glycogène musculaire - Exercice continu - Exercice intermittent	24 heures 10 heures 5 heures	72 heures 48 à 72 heures 24 à 48 heures

9.2 Évaluation des performances

Avant d'entamer une activité physique et ensuite périodiquement, il est recommandé de réaliser un bilan médical. Dans ce chapitre, nous passerons en revue quelques tests d'évaluation des performances physiques.

9.2.1 Tests de terrain

Les tests de terrain sont aisés à réaliser, mais ne sauraient remplacer les tests de laboratoire que nous n'aborderons pas ici. Ils ont pour objectif principal d'évaluer l'évolution des performances d'un sujet.

Évaluation du système ATP-CP :

Ces tests s'intéressent aux efforts explosifs. La puissance est évaluée par des tests d'une durée inférieure à 7 secondes. La capacité l'est par des tests de 15 et 20 secondes.

Test de détente verticale (Sargent-test 1921) : avec les doigts imprégnés de craie, lever le bras verticalement et faire une marque sur un mur ou une planche graduée. Ensuite, sans prendre d'élan, sauter le plus haut possible avec le bras en extension et faire une marque. La différence entre les marques donne le résultat.

Squat-jump (Abalakov 1931) : mesure la détente verticale à l'aide d'un appareil. Le sujet part genoux légèrement fléchis, dos droit et mains sur les hanches, puis saute le plus haut possible en gardant les mains aux hanches. Ce test mesure la force concentrique des membres inférieurs.

Résultats : < 30 cm = faible/30 à 40 cm = moyen/50 à 60 cm = bon/60 à 70 cm = très bon/ >70 cm = excellent.

Test sur 30 mètres pour les 7-12 ans et **60 m** au-delà de 12 ans. Départ debout, on court à vitesse maximale. On note le temps mis pour parcourir la distance et on calcule la vitesse moyenne. Ce test reflète la capacité de la filière anaérobie alactique. On trouve le même test en natation sur 15-30 mètres.

Test « d'endurance » du système des phosphagènes : mesure la possibilité de durer dans la voie anaérobie alactique.

Course de vitesse sur 10 à 20 secondes.

Ex : 40 m en 4 secondes → 10 m/s. Puis 100 m en 12 secondes → 8,33 m/s. Le rapport des vitesses ($8,33/10 = 0,83$) indique l'endurance alactique. Un rapport proche de 1 indique un très bon résultat.

Évaluation du système glycolytique anaérobie

Ces tests s'intéressent aux efforts de grande intensité. La puissance est évaluée à l'aide de tests de +/- 30 secondes. La capacité est estimée à partir de tests d'une durée de +/- 2

minutes. Ce type d'effort produit des lactates et est à éviter chez des jeunes ou des sportifs non confirmés.

Test de Lemon sur une piste d'athlétisme balisée chaque 50 mètres, le sujet court à vitesse maximale sur 500 mètres. On chronomètre le second et le dernier 50 mètres. La différence est un indicateur du potentiel anaérobie lactique. Ce test peut être réalisé avec d'autres exercices sur des groupes musculaires spécifiques.

Évaluation du système aérobie

Ces tests s'intéressent aux efforts de longue durée et d'intensité modérée. Ce type d'effort est limité par la consommation maximale d'oxygène et la fatigue musculaire.

Le test de Cooper : Kenneth Cooper, médecin de l'armée américaine, mit au point ce test en 1968. Le sujet parcourt la plus grande distance possible en douze minutes. Il existe une table qui relie la distance parcourue au niveau de condition physique.

Par ailleurs, la formule suivante (mise au point par le docteur Howald) donne une évaluation de la V02 max en fonction de la distance parcourue :

$$\text{VO2max (ml/mn/kg)} = 0,022 \times (\text{distance en mètres} - 10,39)$$

Les conditions de course, les conditions climatiques et le sujet peuvent modifier le résultat du test et donc le résultat de la VO₂ max qui doit ainsi être interprété avec prudence.

Épreuve de course de 2400 mètres de Cooper : l'athlète court sur 2400 m le plus vite possible. Les résultats sont évalués grâce au tableau de Cooper qui sert de référentiel.

Test de Léger : permet d'évaluer la vitesse maximale aérobie et la consommation maximale d'oxygène. Le sujet effectue des aller-retour jusqu'à épuisement entre deux lignes espacées de vingt mètres à une allure croissant de 0,5 km/h par paliers d'une minute. Le rythme est donné à l'aide de bips enregistrés. Le sujet doit atteindre la ligne opposée avant le bip suivant. Bien qu'il biaise l'estimation de la vitesse maximale aérobie en raison des multiples relances, ce test permet d'évaluer la VMA et la VO₂max grâce aux formules suivantes :

$$\mathbf{VMA = 1,82 v - 8,18 \text{ (pour } 11 \text{ km/h} < v < 21 \text{ km/h)}}$$

$$\mathbf{VO2max = 31,025 + 3,238 v - 3,248 a + 0,1536 av \text{ (pour } a < 18 \text{ ans)}}$$

- A : âge du sujet, en années ;
- V : vitesse du dernier palier atteint, en km/h ;
- VMA : vitesse maximale aérobie, en km/h ;

- V_{O_2max} : consommation maximale d'oxygène, en ml/min.kg.

9.2.2 Observation en situation

L'analyse de la discipline doit déterminer le type de dépense énergétique. On distingue des sports exigeant des efforts continus, et d'autres, des efforts discontinus. Ces sports sollicitent de manière différente les trois filières énergétiques. Par exemple, les sports de combat présentent, sur un fond de travail aérobie, une succession d'efforts courts et intenses, espacés de temps de récupération.

Bien sûr, la préparation physique repose sur les filières énergétiques, mais on doit également travailler les facteurs de coordination, les composantes techniques et les tactiques propres à chaque discipline.

L'observation en situation réelle est riche d'enseignement. Pour faciliter cette analyse, l'entraîneur peut découper la pratique en situations élémentaires et éventuellement créer des règles aménagées ou restreindre le temps de pratique.

Cela aide l'entraîneur à proposer des séances axées sur les lacunes physiques et techniques de chacun.

9.3 Planification des entraînements

Ce paragraphe n'a pas la prétention de remplacer les conseils d'un éducateur sportif diplômé et expérimenté. Nous passerons en revue quelques éléments importants de la planification qui nous permettront de lire de manière critique un programme d'entraînement.

9.3.1 Déterminer les objectifs et les motivations

L'entraîneur doit déterminer les motivations du pratiquant. Ensuite, il élabore un programme avec des séances **adaptées à la personne et à ses objectifs.**

L'**enfant** recherche une satisfaction immédiate. Il convient donc d'œuvrer dans une perspective à court terme. Ce dernier prend en effet plaisir à démontrer une compétence, à se perfectionner ou à rechercher une approbation sociale.

Les projets à long terme motivent les **adultes** et les **adolescents**. L'adulte peut attribuer à une activité sportive des significations différentes. Nager peut ainsi être considéré comme un sport de performance, un sport de formation ou comme un moyen de récupérer une condition physique.

L'objectif est associé à des émotions. Atteindre des objectifs réalistes renforce la confiance en soi, le sentiment de compétence et la motivation.

Il est important d'avoir un travail varié, riche et dans des lieux agréables. Cela améliore la motivation.

9.3.2 Notion de charge de travail

Il est important de mettre en place différentes charges de travail et des périodes de récupération. On distingue la charge interne et la charge externe.

La charge externe mesure ce que fait l'athlète. Par exemple, un parcours à vélo à la vitesse de 40 km/h, banal pour un athlète de haut niveau, représente une tâche à la limite de l'agonie pour un amateur (**charge interne**).

Il est donc nécessaire d'évaluer ce qui se produit chez un sujet donné : la charge interne (fatigue éprouvée).

Voici quelques caractéristiques d'une charge :

- ✓ La **durée** de la charge : c'est la durée des exercices organisés ;
- ✓ L'**intensité** de la charge : c'est le degré de difficulté de l'exercice ;

- ✓ **Croissance** de la charge : augmentation progressive de la charge (*via* la durée, l'intensité, les répétitions ou le temps de récupération) ;
- ✓ La charge de travail est dite **spécifique** si elle sollicite les mêmes capacités neuro-musculaires que l'activité pratiquée ;
- ✓ **Continuité** de la charge : après un arrêt (blessure ou démotivation), la capacité de performance décroît. *La capacité pour les efforts aérobies (acquise lentement) régresse lentement. La capacité pour les efforts anaérobies (puissance) acquise rapidement disparaît rapidement. Les acquis techniques sont plus stables (le geste en volley reste précis, mais on « perd » le souffle et la puissance) ;*
- ✓ **Récupération** : toute charge sollicite des périodes de récupérations. Celles-ci influencent l'organisation des exercices au cours de la séance et la fréquence des séances.

9.3.3 Les étapes de la séance

L'échauffement

La capacité de travail augmente progressivement pendant la période d'échauffement. Cette période se traduit par une amélioration de la coordination, du rendement énergétique et de la flexibilité.

Il peut être divisé en trois parties :

- ✓ L'échauffement général ;
- ✓ L'échauffement spécifique de l'activité ;
- ✓ L'échauffement spécifique de la séance qui stimule d'une façon ciblée les systèmes directement concernés par la partie principale de la séance.

Le corps de la séance

- ✓ L'effort investi dans une séance est le principal facteur de son efficacité. Toutefois, plus l'effort sera long et intense, et plus la durée de récupération sera importante.
- ✓ Selon les objectifs, les séances seront différentes : récupération, travail technique, physique, etc. ;
- ✓ Plusieurs séances par semaine sont nécessaires ;
- ✓ Elles doivent être adaptées au niveau et à l'âge du sportif ;

- ✓ La capacité de travail est optimale entre 10 et 13 heures, et 17 et 20 heures ;
- ✓ On ne travaille pas toute l'année de la même manière ni à la même intensité. On distingue : **la période préparatoire, la période des compétitions et la période de transition.**

Après une séance

On peut réaliser une récupération active (léger footing) ou travailler sa souplesse. Des massages, des bains chauds, des saunas peuvent agrémenter les fins de séances.

N'oubliez pas de boire beaucoup d'eau et d'avaler quelques fruits secs ou des collations sucrées.

Enfin, il convient de garder à l'esprit qu'un enfant ou un débutant récupère plus lentement qu'un adulte ou un sportif confirmé.

9.3.4 La planification des entraînements

La planification tient compte de la motivation, du niveau physique de départ, des objectifs à atteindre et des conditions matérielles. L'élément central de la planification est le **calendrier** des compétitions et **l'objectif principal de la saison**.

L'entraînement général améliore la forme physique et augmente les capacités du pratiquant. Il est donc indispensable pour l'entraîneur de programmer une préparation physique générale dans sa planification.

L'état de forme optimale du sportif est passager. Le plan d'entraînement reflète les priorités temporaires choisies par l'entraîneur pour développer les différents axes de travail qui vont tendre vers la performance. Le plan d'entraînement peut faire l'objet de réajustements.

Voici quelques principes à garder à l'esprit lors de la conception d'un programme en fonction de la phase d'entraînement :

Phase de préparation :

Prédominance d'exercices généraux avec une élévation progressive de la charge de travail.

Phase de pré-compétition :

La durée du travail diminue, mais l'intensité augmente.

La proportion des exercices spécifiques au sport concerné augmente.

Phase de compétition :

La quantité de travail diminue (on doit amener l'athlète dans un état de fraîcheur psychologique et physique).

On incorpore des moments de récupération.

La participation à des compétitions permet de maintenir le niveau de forme.

Attention dans la voie anaérobie lactique, la forme arrive vite, mais disparaît rapidement.

Dans les épreuves de force, on peut réaliser une compétition par semaine. Dans les épreuves de combat ou de « résistance », il faut des intervalles plus longs pour récupérer. Dans les épreuves d'endurance, on peut participer à trois semi-marathons ou deux marathons dans l'année.

Phase de compensation (récupération) :

Ces phases comportent une diminution de la quantité et de l'intensité du travail. La fréquence de ce cycle est de 1 sur 3 ou 4. Pendant la phase de compétition, ce rapport peut monter à 1 sur 2.

Phase de transition :

Après la phase de compétition, on récupère avec une réduction de l'intensité et du nombre de séances. On peut changer d'activité sportive, y ajouter des soins thermaux ou encore des massages. Durant 2 à 4 semaines de vacances, on peut travailler légèrement l'aérobie et entretenir sa souplesse et sa force.

9.4 H.I.I.T.

9.4.1 Introduction et définition

Les séances cardio traditionnelles sont utiles pour améliorer l'endurance et favoriser la fonte adipeuse. Les programmes de musculation intenses et lourds favorisent la prise de masse musculaire.

Le HIIT (pour *high intensity interval training*) est constitué de courtes séquences de travail à très haute intensité (avec n'importe quel exercice* menant à une élévation significative de la fréquence cardiaque) entrecoupées de temps de récupération ou de travail à faible intensité.

Exemple basique de HIIT : après un échauffement, courir à 8 km/h pendant une minute, ensuite accélérer à 16 km/h pendant une minute et revenir à 8 km/h et ainsi de suite pour arriver à 8 répétitions de cette séquence, soit un total de 16 minutes de course.

Ce type de préparation physique prend assez bien en compte les besoins des pratiquants de sport de combat. Par ailleurs, certaines séquences des entraînements de karaté peuvent s'apparenter à des HIIT.

() Exemples : courses à pied, cyclisme, natation, pompes avec squats sautés, sauts avec écartement des bras et des jambes et tout type d'exercice faisant travailler rapidement un grand nombre de groupes musculaires et donc susceptibles d'élever la fréquence cardiaque.*

9.4.2 Principes du HIIT

Pendant un entraînement intense de type anaérobie, le lactate s'accumule et un état de dette en oxygène se crée. Ce phénomène s'associe à une sensation de « brûlure » musculaire causée par les H⁺ libérés lors de la dégradation de l'ATP. Au cours de la phase de récupération, le système cardio-respiratoire continue de travailler (sensation d'essoufflement) pour fournir l'oxygène nécessaire à la dégradation du lactate accumulé durant d'effort anaérobie (dette en oxygène).

Ce type d'entraînement pousse le corps à s'adapter en augmentant sa capacité à utiliser l'oxygène (VO₂ max) et les systèmes de tamponnement, en renforçant les muscles cardio-respiratoires et l'élimination du lactate (élévation du seuil lactate) tout en améliorant la vitesse et la coordination. Même pour un athlète de haut niveau, des efforts d'intensité maximale ne peuvent être maintenus que pendant cinq à sept minutes (exemples : cinq intervalles avec effort maximum de soixante secondes ou quinze intervalles avec haute intensité de quinze secondes, etc.).

Pendant ce type d'effort, le corps brûle un maximum de sucres et génère une dette en oxygène. Après l'effort, le corps, ayant épuisé dans ses réserves de sucres, ira puiser dans ses réserves de graisse durant plusieurs heures, ce qui explique la fonte adipeuse.

Enfin, le lactate produit durant ce type d'exercice semble contribuer à augmenter la concentration en testostérone et en hormones de croissance qui améliorent la récupération, la croissance et la performance musculaire.

9.4.3 Quelques exemples d'études

Tabata

En 1996, le professeur Tabata réalisa une étude sur vélo avec deux groupes d'athlètes de haut niveau : un groupe s'entraîne une heure par jour six jours sur sept à faible intensité (70 % de la VO₂ max) et un second groupe s'entraîne cinq minutes par jour six jours sur sept à raison de huit intervalles de vingt secondes à haute intensité (170 % de la VO₂ max) suivis de dix secondes de repos.

L'étude conclut à une augmentation significativement plus élevée de la VO₂ max (endurance) dans le groupe HIIT par rapport au groupe à faible intensité. Par ailleurs, le groupe HIIT améliore également sa capacité anaérobie (puissance), contrairement au groupe à faible intensité.

Mc Master

MC Master a démontré que huit à douze cycles de soixante secondes d'exercice intense (à 95 % de la VO₂ max) suivis de soixante-quinze secondes de repos permettent d'obtenir des résultats comparables à cinq heures d'entraînement par semaine à faible intensité (entre 50 à 70 % de la VO₂ max).

Macpherson

Un groupe a réalisé quatre à six sprints de trente secondes séparés de quatre minutes à faible intensité et un second groupe a réalisé une course à pied deux fois plus longue à faible intensité. Le premier groupe a perdu plus de 12 % de graisse contre seulement 6 % dans le second groupe.

Tremblay

Cette étude démontre que par rapport à un groupe réalisant des exercices à intensité modérée, les athlètes du groupe HIIT ont perdu neuf fois plus de graisses par calorie consommée lors des séances.

Des biopsies musculaires montrent dans le groupe HIIT une élévation de la concentration en phosphofructokinase (enzyme intervenant dans le métabolisme des glucides (sucres) et en 3-hydroxyacyl-CoA déshydrogénase (enzyme intervenant dans le

métabolisme des lipides (graisses) contrairement au groupe à faible intensité.

Ainsi, en dépit de la faible consommation de lipides durant le HIIT, l'oxydation des graisses est améliorée après les séances de type HIIT. De plus, la seule façon d'épargner les glucides (largement consommés durant le HIIT) est de brûler plus de lipides.

9.4.4 Les avantages du HIIT

- méthode la plus efficace pour brûler des graisses ;
- améliore l'endurance et $\dot{V}O_2$ max ;
- améliore les performances anaérobie et aérobie ;
- n'est pas ennuyeuse (le temps passe vite) ;
- s'incorpore facilement à tout programme d'entraînement.

9.4.5 Précautions

Avant de réaliser ce type d'entraînement, il est recommandé d'avoir une condition physique de base et de se soumettre à un test d'effort sous contrôle médical.

Augmenter progressivement la durée et l'intensité des exercices.

Si le HIIT semble extrêmement efficace, un volume excessif peut toutefois mener au surentraînement. Un intervalle de récupération de quarante-huit heures est souvent recommandé.

Avant ce type de séances, il est vivement conseillé de réaliser un échauffement d'au moins cinq minutes. En fin de séance, une période de retour au calme de +/- deux minutes est également suggérée. N'oubliez pas d'étirer les muscles ciblés.

Afin de ne pas entraver la prise de masse musculaire, il est préférable de réaliser le HIIT (ou le cardio) AVANT une séance de musculation.

9.4.6 HIIT et nutrition

Glucides

Si l'on vise une perte de tissu adipeux, un régime contenant environ 200 grammes des glucides (soit +/- 40 % des apports journaliers) semble optimal. Un apport insuffisant de sucres entravera la performance durant le HIIT. Un apport trop important de glucides réduira d'un autre côté la fonte adipeuse.

Protéines

Un apport de protéines aide à la combustion des graisses et a un effet anabolisant. Six grammes d'AAE (acides aminés essentiels) et quinze à vingt-cinq grammes de protéines de lait (whey protein) avant une séance sont plus efficaces qu'un entraînement avec l'estomac vide.

9.4.7 HIIT en pratique

L'entraînement à haute intensité par intervalles (HIIT : high intensity interval training) semble être une méthode très efficace de préparation physique. Ce type de préparation prend assez bien en compte les besoins des pratiquants de sport de combat, mais également de disciplines qui nécessitent de développer la filière anaérobie sur un fond d'endurance.

Conseils pratiques

- ✓ À pratiquer après avis médical.
- ✓ Pour les personnes non entraînées, à pratiquer après une période de remise en forme : exercice cardio, musculation douce et étirements préalables sont recommandés.
- ✓ Pour les enfants avec modération.
- ✓ Maximum deux à trois séances par semaine (de vingt à soixante minutes).
- ✓ Protocole Tabata cinq minutes/jours – six jours sur sept.
- ✓ Toujours commencer par un échauffement et des étirements avant une séance HIIT.
- ✓ Toujours penser à travailler les muscles agonistes et antagonistes (exemples entraînement de rameurs : ramer à haute intensité trois minutes – récupération avec

pompe lente à faible intensité ou Burpee jusqu'à atteindre 70 % de la fréquence cardiaque maximale, soit souvent une à deux minutes) ;

- ✓ Faites le HIIT (ou le cardio) AVANT la séance de musculation ;
- ✓ Afin d'optimiser la fonte adipeuse sans perdre de masse musculaire, veiller à un apport optimal en sucres et en protéines ;
- ✓ Des études sont encore nécessaires pour déterminer les intervalles et les durées optimales en fonction des objectifs poursuivis. Le tableau ci-dessous peut toutefois aider.

Objectifs	Intervalle à intensité maximale	Intervalle de récup à faible intensité	répétitions	Remarques
Fonte graisseuse	15 à 30 secondes	2 à 4 minutes	10 à 15 (soit entre +/- 22 et 67 min)	Lemon démontre une fonte graisseuse 2 fois plus importante en 2 fois moins de temps par rapport à un exercice de même type (exemple vélo ou course) + amélioration VO2 max
Puissance aérobie	10 à 30 secondes	4 minutes	10 à 15 (soit entre +/- 22 et 67 min)	
Performance aérobie (exercice d'endurance)	20 secondes	10 secondes	8 (soit un total de 5 minutes)	Protocole Tabata vélo pour athlètes bien entraînés : amélioration supérieure à un même exercice faible intensité (70 % VO2 max) pendant une heure + amélioration de la capacité anaérobie

En résumé

- La durée de la haute intensité varie de 10 à 30 secondes : plutôt 10 à 15 secondes pour développer la puissance anaérobie et 20 à 30 secondes pour la fonte adipeuse et la VO2 max (capacité aérobie).
- La durée de la récupération varie de 10 à 240 secondes : 10 secondes pour la VO2 Max (endurance, capacité aérobie), 2 minutes pour la fonte adipeuse et 4 minutes pour la puissance aérobie.

A l'aide de ces informations, il vous reste à concevoir vos entraînements. Choisissez vos intervalles en fonction de vos objectifs : fonte adipeuse, développement de l'endurance ou de la puissance. Outre les exercices de cardio et de musculation traditionnels, vous pouvez utiliser des séquences de kihon, de kata ou de kumité pour travailler sous forme HIIT.