

Le 30-15 Intermittent Fitness Test® :

Illustration de la
programmation du
travail de la
puissance maximale
aérobie à partir
d'un test de terrain
approprié.

Développement de la VO₂max et de la capacité à réitérer des efforts brefs et explosifs en Handball

Note 1 : le 30-15IFT a été présenté dans la rubrique “connaissances adultes” des approches du mois de juin (10). Il est important de noter que sa structure intermittente le prédispose encore plus au public enfant et adolescent, puisqu’il est connu que ceux-ci possèdent des prédispositions physiologiques à l’effort intermittent (31-33). De même, ces propositions d’optimisation du travail de PMA s’adressent tout autant aux jeunes qu’aux adultes.

Note 2 : disponible au téléchargement sur le site <http://www.martin-buchheit.net> : des valeurs de référence pour le test en fonction de l’âge, des activités sportives et du sexe, et les équivalences entre le 30-15IFT et les tests populaires (Léger-Mercier en navette (26), Léger-Boucher en ligne sur piste de 400m (25)).

L’importance des séquences d’entraînement dédiées au développement de la puissance maximale aérobie (PMA) est maintenant reconnue en Handball. Même si les principes de base sont aujourd’hui relativement bien appliqués (course intermittente à haute intensité (30)), la prise en compte de certaines données physiologiques peut permettre d’améliorer encore la qualité et les effets de ces sollicitations.

Ainsi, nous reviendrons d’abord sur l’intérêt de ce type de travail, puis nous détaillerons les fondements physiologiques des différents paramètres qui déterminent la charge et les effets du travail intermittent. Enfin, nous exposerons, en fonction des objectifs souhaités, des exemples pratiques de séances calibrées en fonction notamment du 30-15 Intermittent Fitness Test (10).

1. Intérêt du travail de PMA

L’intérêt de l’entraînement intermittent à haute intensité peut s’entrevoir sous deux angles distincts et complémentaires:

1.1. Optique 1

le travail de la PMA pour le développement de la consommation maximale d’oxygène (VO₂max).

Les séances de PMA pourront participer à l’augmentation du potentiel maximal aérobie du joueur. D’une part, cette amélioration s’illustre par un recul de capacité maximale d’effort aérobie en match (le “plafond”). On peut schématiquement s’attendre à ce que le joueur ait ainsi plus de “marge” dans son jeu: à intensité métabolique comparable, une amélioration de sa VO₂max lui permettra d’être plus lucide dans ses choix, etc... D’autre part, cette amélioration de VO₂max est également susceptible d’améliorer sa condition physique générale, sa capacité à supporter les charges d’entraînement sur la saison et ainsi indirectement sa performance.

1.2. Optique 2

le travail de la PMA pour améliorer la capacité à réitérer les efforts brefs et explosifs au fil du match.

L’intérêt du travail de PMA pour l’amélioration de la performance en match devient évident dès que l’on en (re)découvre les facteurs physiologiques déterminants. En effet, l’analyse de l’activité Handball (19, 22), par le biais d’indicateurs objectifs internes (fréquence cardiaque, lactatémie...) et externes (distance parcourue sur un match, temps passé en inactivité, nombre de sprints, de sauts, d’engagements...) permet d’avancer que l’activité d’un joueur se caractérise, sur la durée totale d’un match, par :

- une fréquence cardiaque moyenne de l’ordre de 85% de FC_{max},
- une lactatémie moyenne comprise entre 2 et 8 mmol/L selon les périodes de jeu et les postes,
- de 4 à 6 km parcourus au total selon les postes,
- de 200 à 300 actions très brèves et explosives (sauts, sprints, démarrages, engagement, neutralisations défensives, flottements...) qui constituent LES FACTEURS DÉTERMINANTS de la performance,
- un total de plus de 30’ passées à marcher, voire même à l’arrêt,
- de 6 à 15’ passées dans des intensités très élevées (>90% FC_{max} soit >90% proche de VO₂max),
- des durées d’effort très variables mais inférieures à 30”, les plus intenses étant évidemment les plus courtes,
- des durées de pauses d’une durée moyenne de 12”.

Ces premières données (indicateurs internes -FC-) nous permettent ainsi de conclure que l’activité Handball représente un effort relativement conséquent au niveau aérobie, surtout composé d’actions très brèves et explosives (puissance alactique et lactique) qui constituent en revanche des actions déterminantes en match (indicateurs externes : engagement, 1 contre 1, tir, neutralisation, repli défensif...). En terme de performance, cette analyse, comme cela a déjà été souligné (30), place ainsi les qualités structurelles et constitutionnelles (les qualités d’explosivité, de force et de vitesse) en avant des qualités énergétiques (l’endurance) (Figure 1).

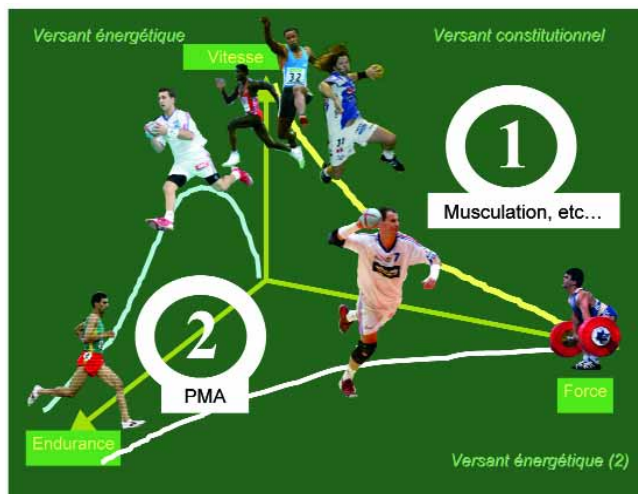


Fig. 1. Illustration de la place du Handballeur sur l'axe constitutionnel de "force-vitesse", et sur les axes énergétiques de "force-endurance" et de "vitesse-endurance". L'objectif premier de la préparation physique est bien de d'abord développer l'axe constitutionnel, puis par la suite, le versant énergétique.

L'objectif premier de la préparation physique est donc celui de l'amélioration de l'axe constitutionnel, par le travail de musculation et de vitesse entre autres (9, 13, 16, 17, 29). Le deuxième objectif est alors de donner une dimension temporelle à ces qualités constitutionnelles. En d'autre terme, il s'agit d'aider le joueur à reproduire lors du match, au fil des actions, ces efforts explosifs déterminants avec un maximum de qualité et d'efficacité. Et c'est sur cette deuxième composante de la performance qu'intervient le travail de PMA (8). L'étude des mécanismes de fourniture d'énergie s'opérant lors d'un enchaînement d'efforts brefs et intenses nous permettra ainsi de légitimer le travail de PMA, mais surtout d'en déduire les modalités optimales.

Ainsi, plusieurs facteurs vont déterminer la capacité à réitérer ces efforts explosifs en en préservant l'efficacité et la qualité. Dans un premier temps, il s'agira de facteurs liés directement au métabolisme anaérobie: les stocks initiaux de phosphagènes (la phosphocréatine (PC) et l'ATP) (28). Ensuite, la performance sur des efforts répétés sera liée à la capacité à synthétiser rapidement ces phosphagènes, et à tolérer l'acidose musculaire engendrée par la participation du métabolisme anaérobie lactique. C'est là qu'interviennent les facteurs aérobie (21):

1.2.1. Les capacités de resynthèse des phosphagènes. La figure 2 illustre l'évolution de la contribution des processus aérobie lors de l'enchaînement d'efforts courts (donc à priori uniquement anaérobies quand ils sont considérés individuellement). Il s'avère que la répétition de ces efforts brefs dans un court délai ne permet ni une récupération complète des phosphagènes, ni la ré-oxygénation totale de la myoglobine et de l'hémoglobine. L'épuisement progressif des réserves musculaires entraîne ainsi petit à petit, (afin de suppléer ces réactions de restauration anaérobie), la parti-

cipation des processus aérobie (21). Ceci explique les niveaux de VO_2 élevés atteints en match (Figure 3) quand les efforts sont répétés avec des temps de récupération court. Cependant, cette modification de métabolisme s'accompagne d'une chute du niveau de la performance musculaire (à cause du moins bon rendement de la filière anaérobie). Ainsi, l'hypothèse avancée est que l'amélioration de l'efficacité des processus aérobie à ce niveau pourrait justement améliorer la resynthèse des phosphagènes, et donc limiter cette baisse de performance en améliorant la capacité à répéter des efforts explosifs (Fig. 2). Il est donc logique de penser que ce sont les joueurs présentant la meilleure VO_2max qui sont les mieux disposés à répéter des efforts. Mais les choses ne sont pas si simples (7). Il faut avant tout savoir qu'il existe schématiquement deux types de déterminants de la VO_2max : ceux d'origine "centrale", et ceux d'origine "périphérique".

Les premiers concernent les systèmes cardiorespiratoire et cardio-circulatoire (cœur, poumon, sang...) et conditionnent la mise à disposition de l' O_2 aux muscles. Les seconds rendent compte de la capacité musculaire à utiliser l'oxygène. Il s'agit notamment de la nature des fibres (fibres lentes oxydatives vs rapides glycolytiques), de la densité mitochondriale ("centrales énergétiques" de la cellule), des enzymes oxydatives (citrate synthase), du réseau de capillarisation musculaire, de la capacité de stockage d' O_2 par la myoglobine (réserve d' O_2 locale) et enfin de la capacité à vaincre l'inertie du métabolisme anaérobie (diminuer la dette d' O_2 et indirectement la participation du métabolisme anaérobie). Or il s'avère qu'en terme de capacité à réitérer des efforts violents, ces facteurs périphériques sont plus déterminants que les composantes centrales (7), ce qui explique les relations controversées entre VO_2max et capacité de répétition d'efforts explosifs (7).

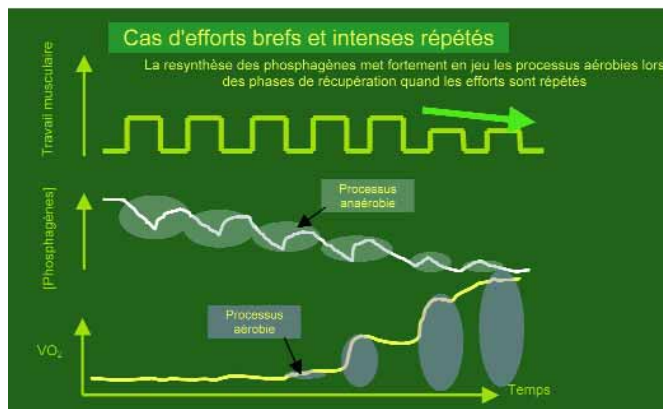


Fig. 2. Schéma illustrant la participation respective des métabolismes aérobie et anaérobies lors d'exercices courts et intenses répétés.

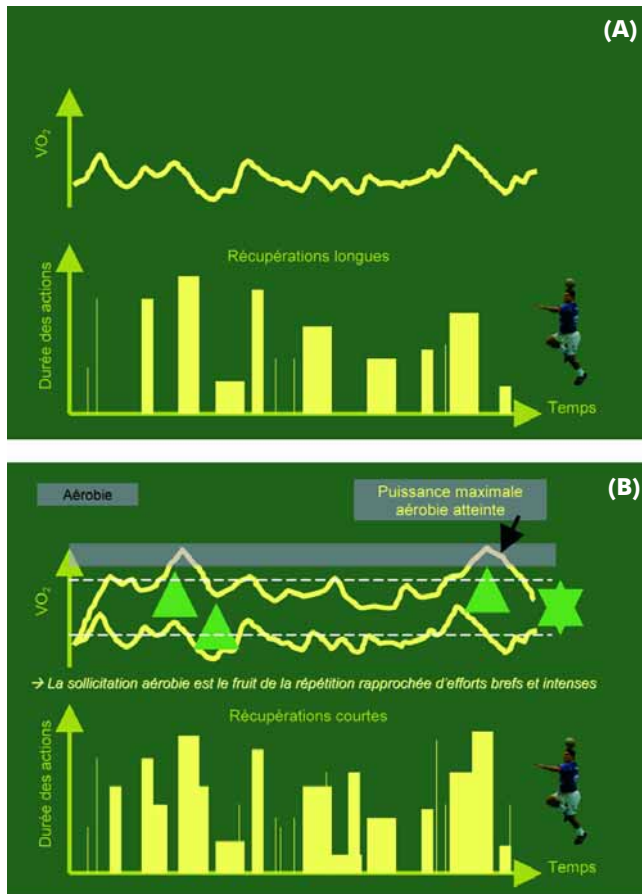


Fig. 3. Illustration de la participation aérobie lors d'efforts brefs et intenses espacés (A) et rapprochés (B).

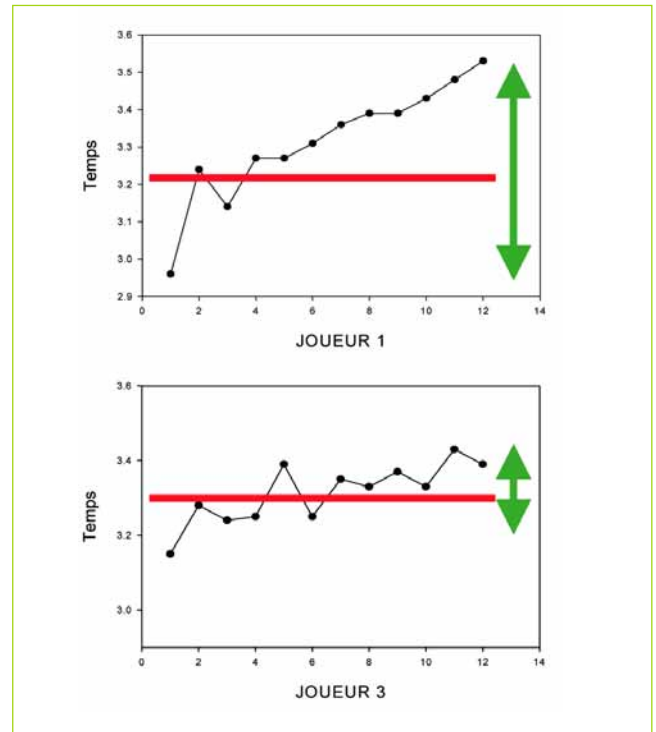


Fig. 4. Exemple de performances réalisées par 2 joueurs au test de 12 x 20m en départ arrêté (8). Le joueur 1 qui présente une forte perte de vitesse au fil des répétitions possède une VMA30-15IFT de 16.5 km.h-1; le joueur 3 qui résiste mieux à la fatigue ici possède une VMA30-15IFT de 20 km.h-1. Cependant, ceci n'est pas toujours le cas: certains joueurs avec une VMA faible mais de bonnes capacités périphériques peuvent aussi présenter un bon profil de résistance à la fatigue.

2. Modalités du travail de PMA

2.1. Les paramètres caractérisant l'intermittent court

Avant de dévoiler les modalités les plus appropriées du travail de PMA, présentons les différents paramètres permettant de caractériser l'effort intermittent court.

La figure 5 résume ainsi les relations entre tous ces paramètres, qui sont l'intensité et la durée des périodes d'effort, l'intensité et la durée des périodes de repos, la durée et le nombre de séries, et enfin la durée de la récupération entre les séries. Avec encore la modalité de déplacement (présence ou non de navettes, de sauts, de sprints...), on

1.2.2. La capacité de tolérance de l'acidose musculaire et son élimination. Cette capacité est en partie déterminée par la présence et l'efficacité des substances tampons présentes dans le sang (les bicarbonates captent les ions H^+ , le produit décomposé est de l'eau et du CO_2) (6) et le réseau de capillarisation (pour diffuser l' O_2 et éliminer plus vite les ions H^+).

arrive ainsi à paramétrer l'intermittent court à partir de 8 paramètres objectifs !

Les possibilités de différents intermittents offertes sont quasiment illimitées en théorie.

En contextualisant ces données à la vue des adaptations physiologiques, ce nombre sera un peu revu à la baisse, mais devrait permettre tout de même de ne jamais proposer le même intermittent pendant un cycle de travail complet...

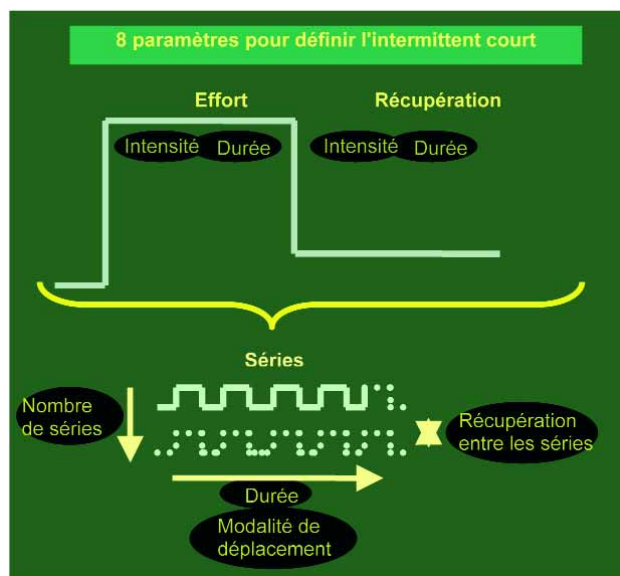


Fig. 5. Présentation des différents paramètres définissant la charge en intermittent court



Il est très difficile d'isoler le rôle distinct de chaque paramètre, car l'impact de chacun d'eux est souvent dépendant des valeurs prises par les autres (par exemple, l'effet d'une augmentation de l'intensité n'est pas le même en fonction de la nature de la récupération faisant suite...). Voici tout de même, résumés dans le tableau 1, les effets, les attentes, ou du moins le rôle, que nous pouvons attribuer à chacun de ces 8 paramètres :

Paramètres		Effets / Objectifs de travail
Effort	Durée totale de travail ou nombre de répétitions totales	- si optique 1: le temps total passé à VO ₂ doit pouvoir s'approcher de 2.5 fois le temps de maintien maximal de la VMA en continu (ce temps limite moyen étant de 4 à 8-10' selon les athlètes (3)). Il s'agit ainsi de s'accorder un temps de travail total de 10 à 22' par séance (équivalent à 20 à 44 min de travail pour un intermittent avec temps d'effort = temps de pause). - si optique 2: l'aspect qualitatif étant primordial, on ne dépassera pas un total d'environ 15' de travail sur la séance
	Durée d'une série	- si optique 1: doit suffire à solliciter VO ₂ max au minimum 8' en un bloc (tenir compte de l'inertie du métabolisme oxydatif: séries > 10') - si optique 2: en fonction de la charge lactique et de la qualité des efforts explosifs: séries < 8' Note: ces données seraient encore à moduler en fonction des capacités individuelles de temps de maintien maximal (notion de temps limite (3)). Nous nous contenterons ici d'une approche globale ne tenant pas compte de ce facteur.
	Durée d'une répétition (1 effort)	- + elle sera longue, + elle risque d'être lactique (surtout si l'intensité > 95%) - + elle sera longue, - l'effort sera qualitatif - > 20", permet de + facilement solliciter la VO ₂ si récup passive
	Intensité	- sollicite + les fibres rapides - augmente la contribution de la PC* - sollicite plus le système de charge/décharge de myoglobine - implication psychologique majorée - + lactique surtout si durée effort > 25"
	Modalités de déplacements (réservé à optique 2 car optique 1 = course)	- + la distance de navette est courte + les contraintes musculaires sont importantes → travail + périphérique (varie de 10 à 40 m généralement) - le sprint augmente les sollicitations périphériques - l'ajout de bondissements (en alternance avec de la course paramétrée en %VMA _{30-15IFT}) augmente encore les sollicitations (pliométrie verticale encore + que plio horizontale)
Récupération	Durée inter-séries	- si optique 1: < 4' pour bénéficier d'une meilleure inertie aérobie lors du 2 ^{ème} bloc. Une FC < 50% FC _r peut être un critère de reprise de la série suivante - si optique 2: > 7' pour une récupération et resynthèse de PC complète
	Durée inter-efforts	- ≤ 15", permet de + solliciter la VO ₂ - ≤ 15" limite la resynthèse de PC et de recharge de la myoglobine → intéressant travail en récupération incomplète mais perte de qualité des efforts après quelques répétitions. - + elle sera longue, + l'effort suivant sera qualitatif
	Intensité	- + intense = globalement plus + lactique - si active: limite la resynthèse de PC et de recharge de la myoglobine → intéressant travail en récupération incomplète mais perte de qualité des efforts après quelques répétitions.

Tableau 1. Effets / exigences des différents paramètres définissant la charge physiologique des intermittents courts. Option 1 = développement de la VO₂max, Option 2 = amélioration de la capacité à réitérer des efforts explosifs.

*PC : phosphocréatine

Ensuite, tout l'art de l'entraîneur ou du préparateur physique sera d'utiliser ces 8 paramètres afin de moduler la charge et de programmer l'intermittent le plus adapté à l'objectif de la séance (en fonction de la période, des besoins des athlètes...).

2.2. Exemples concrets d'intermittent

Précisons que l'ensemble des intermittents présentés ici, a été testé sur des populations relativement entraînées (Pôles, centre de formation, L1 masculine...), ce dont il faut tenir compte avant de les transposer auprès de joueurs moins expérimentés et habitués à ce type de travail (éventuellement revoir un peu à la baisse les durées des séries).

2.2.1. Améliorer la VO2max (1)

L'objectif est de passer le plus long temps à une intensité sollicitant la VO2max (on jouera surtout sur les facteurs "centraux"). Ainsi, il s'agit :

- d'utiliser, mais de manière exceptionnelle, l'intermittent long. A savoir des courses de 3' à 3'30" en ligne à 90%VMA30-15IFT (ceci rappelant les fameuses séries de 5 à 6 x 1000m régulièrement pratiquées),
- d'introduire, en intermittent court (effort \leq 30") des récupérations actives (de 20 à 40 %VMA30-15IFT selon les durées d'effort choisies) pour éviter que la VO2 et le débit cardiaque ne chutent trop durant cette période (éviter ainsi une chute de FC $>$ 15 battements par minute),
- d'éviter les formes d'effort trop lactique (donc peu d'efforts $>$ 20", et pas de travail en navette – se limiter essentiellement à la course en ligne),
- d'optimiser le rapport temps de course/temps passé à VO2max
- en ayant recourt à de intensités sous-maximales (de 90 à

95% VMA30-15IFT selon les durées d'effort choisies) permettant un temps de maintien correct,

- en augmentant "artificiellement" la durée d'une série (tout comme on réalise des séries "trichées" en musculation (17)) : il faut savoir qu'après plusieurs minutes d'effort, une dérive métabolique s'opère, et on observe ce que l'on appelle une "tendance lente" de VO2 (5), qui fait que, même à une vitesse inférieure à la VMA, la VO2max peut à ce moment être sollicitée. Ainsi, lorsque l'on sent les athlètes proches de l'abandon, il est possible de diminuer la distance de course de quelques mètres ($<$ 10%). Ceci diminuera les contraintes musculaires et permettra aux joueurs de maintenir encore un peu leur effort, et donc de travailler à VO2 quelques instants supplémentaires,
- en améliorant le temps d'atteinte de la VO2max. Connaissant l'inertie du métabolisme aérobie (il faut de l'ordre de 2 à 3' en continu pour atteindre la VO2max (11)), les premières répétitions sont "perdues" en terme de temps passé à VO2max, et ceci surtout lors d'un intermittent. Ainsi, toute activité préalable sera susceptible d'accélérer cette phase dite "on" (35). On pourra ainsi réaliser quelques accélérations progressives avant d'attaquer le bloc de course pour faire monter progressivement le niveau de VO2, ou encore durcir la récupération entre les premières répétitions (augmenter l'intensité ou/et réduire la durée) pour accélérer l'atteinte de la VO2max (cf la série "optimisation" de la figure 6).

Durée d'effort	Intensité d'effort (%VMA _{30-15IFT})	Durée de récupération	Intensité de la récupération (%VMA _{30-15IFT})	Modalité des déplacements	Durée d'une série	Nombre de séries	Récupération entre les séries
3'	85-88%	-	-	En ligne	-	5-6	3'
45"	90%	15"	passive	En ligne	7'-8'	2-3	3'
30"	95%	15"	passive	En ligne	7'-8'	2-3	3'
30"	90%	30"	40%	En ligne	$>$ 12	2	3'
30"	93%	30" (Fig.7)	passive	En navette 40m	12'	2-3	3'
15"	100%	15" (Fig. 8)	passive	En ligne	10'	2-3	3'
15"	95%	15"	25%	En navette 40m	15'	2	3'

Tableau 2. Exemples d'intermittents destinés à améliorer préférentiellement les facteurs centraux de la consommation d'O2.

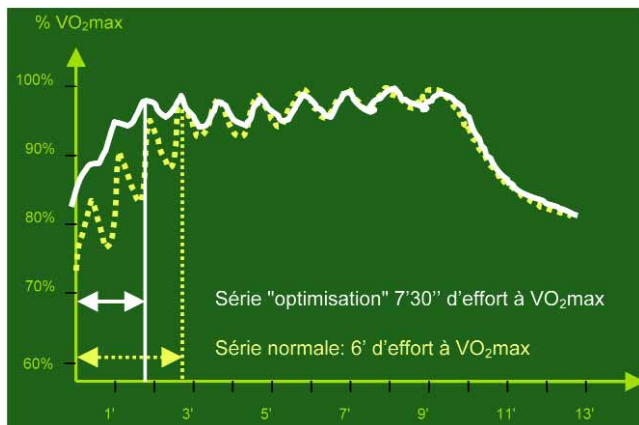


Fig. 6. Illustration de l'évolution de la VO₂ lors de 10' de 30"-30" à 93% de la VMA30-15IFT, pour une série normale (récupération passive à chaque fois) et pour une série "optimisation" (accélération progressive au préalable et récupérations actives à 45% VMA30-15IFT lors des deux premières répétitions). Le temps passé à VO₂max est significativement supérieur lors de la série "optimisation" pour un travail strictement identique.

Notez que malgré des temps d'effort et de récupération différents, en ajustant de manière appropriée l'intensité de ces paramètres, il est possible d'obtenir des sollicitations de la composante centrale de la VO₂ comparables (Fig 7 et 8 : ≈ 90% FCmax).



Fig. 7. Illustration d'un tracé de FC chez un joueur réalisant un 30"-30" à 93% de VMA30-15IFT en navette 40m avec récupération passive (à 10' à 91% de FC max).

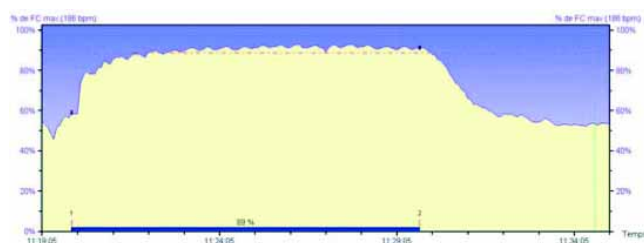


Fig. 8. Illustration d'un tracé de FC chez un joueur réalisant un 15"-15" à 100% de VMA30-15IFT en ligne avec récupération passive (à 10' à 89% de FC max).

2.2.2. Améliorer les facteurs périphériques de la consommation d'O₂

Il s'agit essentiellement d'améliorer les capacités oxydatives musculaires (donc concernant plus les facteurs "périphériques", locaux) :

- en majorant les sollicitations musculaires des membres inférieurs pour augmenter les besoins locaux en O₂ et améliorer l'activité enzymatique. Ceci s'obtient grâce à

l'introduction de courses en navette, de courses supra-maximales (sprint), de bondissements, voire d'exercices de musculation (12). Plus la navette sera courte ou plus les charges seront lourdes, plus la sollicitation sera exigeante musculairement. Notez que l'introduction de navettes s'illustre également par une majoration des composantes centrales de la VO₂ (Fig. 9), et ceci plus significativement en 30"-30" (18).

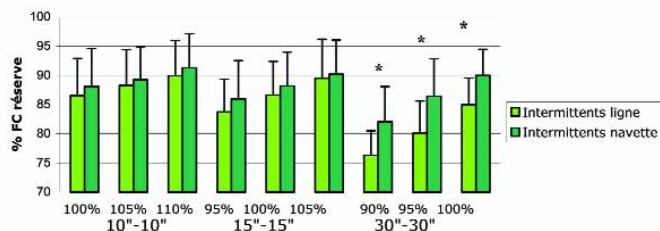


Fig. 9. Fréquences cardiaques de réserve mesurées lors de différents intermittents courts réalisés soit en ligne, soit en navette. *p < 0,01. (d'après Dellal et al. (18))

- en diminuant la capacité de recharge de la myoglobine par une récupération active (20) (le travail en dette d'O₂ locale poussera l'optimisation de l'utilisation de l'O₂ au niveau musculaire). Mais attention, dans cette configuration, le temps maximal d'effort dans la série sera considérablement réduit (20), et la qualité d'effort sera entachée.
- en diminuant la capacité de recharge de la PC et de la myoglobine par une récupération raccourcie (<20") (1/2 temps de restauration de la PC (phosphocréatine) : 21" (23), 30" pour l'oxygénation musculaire (27)). Là aussi, le temps maximal d'exercice et la qualité d'effort seront affectés.



Voici quelques exemples d'intermittents types dédiés à l'amélioration des facteurs périphériques de la consommation d'O₂ :

Durée d'effort	Intensité d'effort (%VMA30-15IFT)	Durée de récupération	Intensité de la récupération (%VMA30-15IFT)	Modalité des déplacements	Durée d'une série	Nombre de séries	Récupération entre les séries
20"	100%	20"	passive	En ligne	7'-8'	2	6-7' active
20"	95%	20"	25%	Navette 30 m	7'-8'	2	6-7' active
20"	95%	15"	passive	Navette 30 m	7'-8'	2	6-7' active
15"	100%	15"	passive	Navette 40 m	7'-8'	2	6-7' active
15"	95%	15"	25%	En ligne	7'	2	6-7' active
15"	95%	10"	passive	Navette 40 m	7'	2	6-7' (active)
10"	115%	20"	passive	Navette 20 m	7'	2	6-7' (active)
	en alternance avec...			- Bondissement s ⁽¹⁾ - Ateliers muscul membres inf. ⁽²⁾			
10"	105%	10"(Fig. 10)	passive	Navette 10 m	6'	2	6-7' (active)
10"	115%	10"	passive	En ligne	6'	2	6-7' (active)
3"	sprint	17"	passive	- sprints 20m ⁽³⁾ - navette 2 x 5m	6'	2	6-7' (active)

Tableau 3. Exemples d'intermittents destinés à améliorer préférentiellement les facteurs périphériques de la consommation d'O₂. (1) séance proposée par G. Cometti (14). (2) séance proposée par A. Quintallet. (3) séance illustrée dans le prochain Approches.

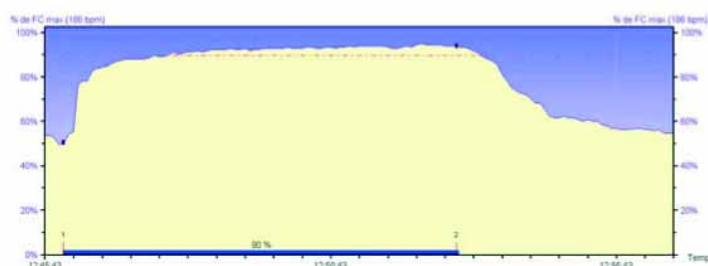


Fig. 10. Illustration d'un tracé de FC chez un joueur réalisant un 10''-10'' à 115% en ligne avec récupération passive (7' à 90% de FC max).



Connaissances Adultes

2.2.3. Diminuer l'inertie du système aérobie lors de l'initiation des efforts

Pour cela, on peut proposer de :

- réaliser des efforts intenses sur des durées $\geq 15''$ (supposés suffire à induire des ajustements cardiorespiratoires) (11) combinés avec des récupérations passives relativement longues ($\geq 30''$), afin d'accentuer les différences de puissance métabolique à fournir lors de la reprise de

l'effort, et d'accélérer la chute des processus aérobie (donc plus grande dette d'O₂). Ceci se traduit également par un recourt accru aux mécanismes de production d'énergie rapide (anaérobie alactique mais aussi puissance lactique) et de resynthèse rapide des phosphagènes et indirectement des stocks d'O₂ contenus dans la myoglobine (puisque'ils participent à la resynthèse de la PC).

Voici quelques exemples d'intermittents types dédiés à la diminution de l'inertie du système aérobie lors de l'initiation des efforts :

Durée d'effort	Intensité d'effort (%VMA30-15IFT)	Durée de récupération	Intensité de la récupération (%VMA30-15IFT)	Modalité des déplacements	Durée d'une série	Nombre de séries	Récupération entre les séries
30"	100%	40"	passive	En ligne	6'	2	4-5'
20"	100%	30"	passive	En ligne	7'	2	4-5'
15"	110%	30"	passive	En ligne	8'	2	4-5'

Tableau 4. Exemples d'intermittents destinés à diminuer l'inertie du système aérobie lors de l'initiation des efforts.

2.2.4. Améliorer la tolérance à l'acidose musculaire et accélérer son élimination

- les exercices sollicitant le métabolisme anaérobie lactique participent à l'amélioration de ce potentiel tampon,
- l'intensité des efforts doit être supra-maximale, et la durée des efforts supérieure à 25'' (24),
- la durée des récupérations doit être assez longue et passive pour permettre le retour du métabolisme aérobie à un niveau de fonctionnement faible (créer ainsi une plus grande dette d'O₂ au démarrage) et limiter la diffusion des lactates (car la récupération active l'accélère (2)),
- le fait de le réaliser en navettes plus courtes augmentera encore la participation du métabolisme lactique (18) (Fig. 11) alors que l'introduction de foulées bondissantes, à priori, non (12). Il semblerait en effet que la course à 115% soit plus lactique que des bondissements sur une même durée.

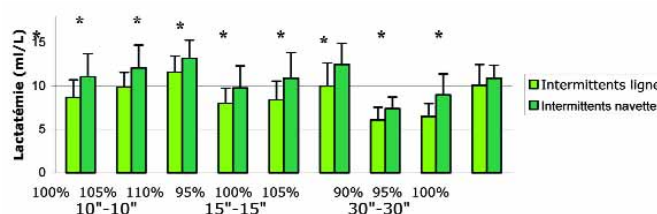


Fig. 11. Fréquences cardiaques de réserve mesurées lors de différents intermittents courts réalisés soit en ligne soit en navette. * $p < 0,01$. (d'après Dellal et al.(18)).

- pour stimuler la capacité de diffusion et d'élimination du lactate (par une amélioration de la capillarisation musculaire) il est également indispensable de s'entraîner à un haut niveau de VO₂. Dans ce cas de figure, il apparaîtrait en revanche que les intermittents courts ne constituent pas une solution optimale. Sachant que l'entraînement continu d'une durée de plus de 30' pourrait avoir une meilleure efficacité sur ce paramètre (34), ceci légitimera les efforts longs de type "capacité aérobie" entrepris essentiellement lors du début de saison (8).

Voici quelques exemples d’intermittents types dédiés à l’amélioration de la tolérance à l’acidose musculaire et à l’accélération de son élimination :

Durée d'effort	Intensité d'effort (%VMA30-15IFT)	Durée de récupération	Intensité de la récupération (%VMA30-15IFT)	Modalité des déplacements	Durée d'une série	Nombre de séries	Récupération entre les séries
30"	100%	30"	passive	Navette sur 40m	4-5'	2	4-5' passives
45"	95%	30"	passive	Navette sur 20m	3-4'	3	4-5' passives

Tableau 5. Exemples d’intermittents destinés à améliorer la tolérance à l’acidose musculaire et à accélérer son élimination.



Suite de cet article “3. Exemple de séance” dans le prochain numéro.



Bibliographie

1. Billat, L. V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 1:13-31., 2001.
2. Billat, L. V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med.* 31:75-90., 2001.
3. Billat, L. V. and J. P. Koralsztein. Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 22:90-108., 1996.
4. Billat, V. *Physiologie et Méthodologie de l'entraînement. De la théorie à la pratique.*: De Boeck, 1998
5. Billat, V., R. Richard, V. Binsse, J. Koralsztein, and P. Haouzi. The V(O₂) slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *J Appl Physiol.* 85:2118-2124, 1998.
6. Bishop, D., J. Edge, and C. Goodman. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol.* 92:540-547., 2004.
7. Bishop, D. and M. Spencer. Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 44:1-7, 2004.
8. Buchheit, M. La préparation physique en Handball - Tome I DVD: <http://www.martin-buchheit.net>, 2005.
9. Buchheit, M. La préparation physique en Handball - Tome II DVD: <http://www.martin-buchheit.net>, 2005.
10. Buchheit, M. Le 30-15 Intermittent Fitness Test: un nouveau test de terrain spécifiquement dédié aux joueurs de sport collectif pour la détermination d'une vitesse maximale aérobie intermittente. *Approches du handball.* 87:27-34, 2005.
11. Cerretelli, P. and P. E. Di Prampero. Kinetics of respiratory gas exchange and cardiac output at the onset of exercise. *Scand J Respir Dis. Suppl.*35a-35g., 1971.
12. Cometti, G. Etude des effets de différentes séquences de travail de type « intermittent ». Available at: <http://www.u-bourgogne.fr/EXPERTISE-PERFORMANCE/> Accessed, 2003.
13. Cometti, G. L'amélioration de la vitesse et de l'explosivité en sport-collectifs. Available at: <http://www.u-bourgogne.fr/EXPERTISE-PERFORMANCE/> Accessed, 2001.
14. Cometti, G. L'entraînement "intermittent-force": moyen fondamental de l'amélioration de la puissance maximale aérobie. Available at: <http://www.u-bourgogne.fr/EXPERTISE-PERFORMANCE/> Accessed, 2001.
15. Cometti, G. Les limites du stretching pour la performance sportive - Partie 1: Intérêt des étirements avant et après la performance. Available at: <http://www.u-bourgogne.fr/EXPERTISE-PERFORMANCE/> Accessed, 2004.
16. Cometti, G. *Méthodes modernes de musculation - Tome 1: Université de Bourgogne, Dijon*, 1988
17. Cometti, G. *Méthodes modernes de musculation - Tome 2: Université de Bourgogne, Dijon*, 1988
18. Dellal, A. and D. Keller. Incidences physiologiques des changements de direction lors d'exercices intermittents en navette. Paris: Colloque de l'INSEP: 3ème journée internationale des sciences du sport, 2004.
19. Dott, E. Analyse qualitative et quantitative des actions motrices en Handball. Mémoire de Maîtrise. UFR STAPS, Marc Bloch, Strasbourg 2002.
20. Dupont, G., W. Moalla, C. Guinhouya, S. Ahmaidi, and S. Berthoin. Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 36:302-308., 2004.
21. Gaitanos, G. C., C. Williams, L. H. Boobis, and S. Brooks. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol.* 75:712-719., 1993.
22. Gallet, B. Bilan des championnats du monde 2001. *Approches du handball.* 61:5-11, 2001.
23. Harris, R. C., R. H. Edwards, E. Hultman, L. O. Nordesjo, B. Nylin, and K. Sahlin. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Arch.* 367:137-142., 1976.
24. Howald, H. and J. Decombaz. Nutrient intake and energy regulation in physical exercise. *Experientia Suppl.*77-88., 1983.
25. Leger, L. A. and R. Boucher. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montreal track test. *Can J Appl Sport Sci.* 5:77-84., 1980.
26. Leger, L. A. and J. Lambert. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 49:1-12., 1982.
27. McCully, K. K., S. Iotti, K. Kendrick, et al. Simultaneous in vivo measurements of HbO₂ saturation and PCr kinetics after exercise in normal humans. *J Appl Physiol.* 77:5-10., 1994.
28. McMahon, S. and D. G. Jenkins. Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis. *Sports Med.* 32:761-784, 2002.
29. Quintallet, A. La programmation du renforcement musculaire en Handball. *Approches du handball.* 73:35-39, 2003.
30. Quintallet, A. La programmation du travail énergétique en Handball. *Approches du handball.* 74:33-37, 2003.
31. Ratel, S., M. Bedu, A. Hennegrave, E. Dore, and P. Duche. Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int J Sports Med.* 23:397-402, 2002.
32. Ratel, S., P. Duche, A. Hennegrave, E. Van Praagh, and M. Bedu. Acid-base balance during repeated cycling sprints in boys and men. *J Appl Physiol.* 92:479-485, 2002.
33. Ratel, S., N. Lazaar, C. A. Williams, M. Bedu, and P. Duche. Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatr.* 92:1248-1254, 2003.
34. Soares, J. Effects of training on muscle capillary pattern: intermittent vs continuous exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 32:123-127., 1992.
35. Tardieu-Berger, M. Effects of active recovery between series on performance during an intermittent exercise model in young endurance athletes. *Eur J Appl Physiol.* 93:145-152, 2004.