



HAL
open science

La récupération en Gymnastique Aérobic

Nicolas Tordi

► **To cite this version:**

| Nicolas Tordi. La récupération en Gymnastique Aérobic. GYM'Technic, 2010. hal-04061034

HAL Id: hal-04061034

<https://hal.science/hal-04061034v1>

Submitted on 6 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La récupération en Gymnastique Aérobie

Quelle que soit la discipline sportive, il est indispensable de bien identifier les contraintes de la compétition pour pouvoir s'y préparer efficacement.

C'est en effet, sur cette connaissance que repose tout le processus d'entraînement.

Différents travaux de recherche (*Ganzin et al. 1996 ; Le Chevalier et Hausswirth 2001 ; Righetti 2006 ; Cassirame et al. 2007*) ont caractérisé, d'un point de vue physiologique, l'effort que représente une routine de Gymnastique Aérobie. En étudiant à la fois la cinétique d'adaptation de la fréquence cardiaque pendant et au décours de l'exercice et l'évolution de la lactatémie pendant la phase de récupération, il a été possible de mieux calibrer les charges entraînant susceptibles d'induire les adaptations physiologiques indispensables à ce genre d'exercice.

Aujourd'hui, le travail de recherche qui a été conduit à la demande de la Fédération française de gymnastique a pour but d'étudier la fatigue accumulée au cours d'une journée de compétition.

La réglementation en Gymnastique Aérobie permet à un athlète de s'inscrire dans plusieurs catégories (solo, duo, trio, ...). Ainsi au cours d'une journée, le même athlète peut être amené à réaliser plusieurs routines. La situation la plus contraignante étant une qualification dans 2 catégories le matin et 2 finales l'après-midi avec 10' de récupération entre chaque catégorie (entre la fin de la routine et le début de la suivante selon le tirage au sort) et une à trois heures de pause entre les qualifications et les finales. Dès lors, il est apparu indispensable d'étudier les effets de cette contrainte particulière pour ensuite adapter la préparation avant la compétition et la gestion de la journée pendant la compétition ou bien reconsidérer l'organisation des compétitions dans la réglementation internationale.



Protocole : matériel et méthode

POPULATION

Cinq athlètes de l'équipe de France de Gymnastique Aérobic (une femme et quatre hommes) ont participé à cette étude. Ces athlètes s'entraînent entre 3 et 5 heures par jour et en moyenne 20 heures par semaine (Pôle haut niveau d'Aix-les-Bains). Tous les athlètes ont été informés du déroulement du protocole et tous ont donné par écrit leur consentement de participation éclairée.

Ces athlètes étaient en fin de période compétitive puisque la dernière étape de la coupe du Monde avait eu lieu la semaine précédant les tests.

DÉROULEMENT

L'ensemble des tests a été réalisé en une journée.

Le matin, chaque athlète a présenté, une première série de deux routines (routines 1 et 2) dans des conditions simulant une compétition (routines de groupe : 1'45") avec dix minutes de récupération entre chaque passage.

L'après-midi, chaque athlète a présenté une deuxième série de deux autres routines dans les mêmes conditions (routines individuelles ou de groupe : 1'45" ou 1'30").

Avant chaque série de routine, chaque athlète était libre de conduire son échauffement. D'une durée maximale d'une heure, il a été généralement composé d'étirements et d'activation cardio-respiratoire.

Le déroulement de chaque série de routine a été organisé suivant un timing précis (**figure 1**).

Figure 1 : Organisation de la journée de test

Matin		FC en continu
Basal	Rest	Mesure du lactate
Échauffement - 60' max	Ec1	Échauffement libre (étirements + activation cardio-respiration)
Pré-routine 10'	W-U	2 x CMJ avec 10" de récup entre passage (Optojump)
		2 x force de serrage max (main dominante) avec 10" de récup (Handgrip)
		Mesure du lactate
Exercice 1 - 1'45"	M1st	ROUTINE 1 (Morning 1st)
		Mesure du lactate (minutes 1-3-5-8)
Récupération 1 - 10'	Rec-1 3 5 8	2 x CMJ avec 10" de récup entre passage (Optojump)
		2 x force de serrage max (main dominante) avec 10" de récup (Handgrip)
Exercice 2 - 1'45"	M2nd	ROUTINE 2 (Morning 2nd)
		Mesure du lactate (minutes 1-3-5-8-10-15)
Récupération 2 - 15'	Rec-1 3 5 8 10 15	CMJ (2 avec 10" de récup)
		2 x force de serrage max (main dominante) avec 10" de récup (Handgrip)
Après-midi		FC en continu
Basal	Rest	Mesure du lactate
Échauffement - 60' max	Ec2	Échauffement libre (étirements + activation cardio-respiration)
Pré-routine 10'	W-U	2 x CMJ avec 10" de récup entre passage (Optojump)
		2 x force de serrage max (main dominante) avec 10" de récup (Handgrip)
		Mesure du lactate
Exercice 3 - 1'30" ou 1'45"	A1st	ROUTINE 3 (Afternoon 1st)
		Mesure du lactate (minutes 1-3-5-8)
Récupération 1 - 10'	Rec-1 3 5 8	2 x CMJ avec 10" de récup entre passage (Optojump)
		2 x force de serrage max (main dominante) avec 10" de récup (Handgrip)
Exercice 4 - 1'30" ou 1'45"	A2nd	ROUTINE 4 (Afternoon 2nd)
		Mesure du lactate (minutes 1-3-5-8-10-15)
Récupération 2 - 15'	Rec-1 3 5 8 10 15	CMJ (2 avec 10" de récup)
		2 x force de serrage max (main dominante) avec 10" de récup (Handgrip)

- FC = fréquence cardiaque • CMJ = counter movement jump • M1st = matin 1^{re} routine (Morning 1st) • M2nd = matin 2^e routine (Morning 2nd)
- A1st = après-midi 1^{re} routine (Afternoon 1st) • A2nd = après-midi 2^e routine (Afternoon 2nd) • Rest = valeur de base au repos
- W-U = valeur après l'échauffement • Rec-1 = 1 minute après la routine • Rec-3 = 3 minutes après la routine • Rec-5 = 5 minutes après la routine
- Rec-8 = 8 minutes après la routine • Rec-10 = 10 minutes après la routine • Rec-15 = 15 minutes après la routine.

MESURE DE LA FRÉQUENCE CARDIAQUE

La fréquence cardiaque battement à battement a été enregistrée en continu pendant les échauffements et les séries de routine (matin et après-midi) grâce à un cardio-fréquence-mètre (Suunto Memory Belt). Les résultats ont été archivés et analysés grâce au logiciel Suunto Training Manager.

Les données ainsi recueillies ont permis d'analyser la cinétique d'adaptation cardiaque pendant l'effort, de mesurer la fréquence cardiaque maximale et l'évolution de cette variable au cours de la récupération.

MESURE DU LACTATE SANGUIN

La concentration de lactate sanguin (lactatémie) a été mesurée au repos, après l'échauffement pendant la récupération entre les deux routines et pendant la récupération après la seconde routine (figure 1).

Trois manipulateurs formés à cet effet ont réalisé les prélèvements sanguins au lobe de l'oreille. Ces prélèvements ont été immédiatement placés dans un réfrigérateur à une température de 0°C afin de bloquer toutes les réactions biochimiques et ainsi ne pas modifier les concentrations de lactates. L'analyse de ces prélèvements a été réalisée avec un système LactatePro (Arkay, Kyoto, Japon).

Le premier prélèvement (rest) est considéré comme la mesure de repos. Il est réalisé après avoir appliqué sur le lobe de l'oreille une pommade chauffante. À la suite de ce prélèvement, l'athlète a débuté son échauffement (étirements + activation cardio-respiratoire).

Après l'échauffement et juste avant de présenter sa première routine, un second prélèvement sanguin appelé W-U (warm-up) est réalisé. Après chaque routine, les prélèvements sont réalisés aux minutes 1-3-5-8-10 après les routines 1 et 3 et aux minutes 1-3-5-8-10 et 15 après les routines 2 et 4.

PERCEPTION DE L'EXERCICE

À la fin de chaque routine, la perception subjective de l'effort a été mesurée pour chaque athlète à l'aide d'une échelle CR10 de Borg : cette échelle associe l'intensité de la charge perçue par l'athlète à une échelle numérique étalonnée de 0 à 10 (figure 2).

Figure 2 : échelle CR10 de Borg

CR 10 de Borg Échelle de perception de l'effort	
0	Repos
1	Très facile
2	Facile
3	Modéré
4	Légèrement difficile
5	Difficile
6	
7	Très difficile
8	
9	Très très difficile
10	Effort Maximal

FORCE MAXIMALE DE SERRAGE MANUEL ET DÉTENTE MAXIMALE

Avant la première routine, entre les deux routines et après la seconde routine (pour chaque série), l'athlète effectue 2 sauts Counter Movement Jump (CMJ) séparés par 10" de récupération et immédiatement suivi de deux mesures de la force maximale de serrage manuel (main dominante) séparés aussi de 10" de récupération. Les CMJ sont réalisés avec un Optojump Next (figure 3A) qui calcule la hauteur de chaque saut en mesurant le temps d'envol avec une précision de 1/1000".

Figure 3
Optojump next pour les CMJ (A), Handgrip pour la force de serrage manuelle (B)



Les tests de force maximale de serrage manuel sont réalisés avec un dynamomètre manuel type Handgrip (figure 3B) qui permet de calculer la force de serrage en kilogrammes.

Résultats

MESURE DE LA FRÉQUENCE CARDIAQUE

Les résultats de fréquence cardiaque montrent que dès la première routine, la valeur de FCmax (fréquence cardiaque maximale théorique = 220 - Age) est atteinte en moins d'une minute. Les athlètes atteignent leur FC maximale théorique à chaque répétition. En revanche, c'est le délai de récupération nécessaire au retour de la FC aux valeurs basales (valeur de repos mesurée avant la première routine) qui augmente au cours de la journée et des routines (figure 4).

MESURE DU LACTATE SANGUIN

Les résultats des mesures réalisées montrent que les valeurs de lactatémie augmentent au fil de la journée et des routines (figure 5).

PERCEPTION DE L'EXERCICE

La perception subjective de l'effort montre un profil relativement similaire entre les athlètes (figure 6), la 2^e routine du matin a été plus difficile que la 1^{re}, la récupération du midi rend la 3^e routine un peu moins difficile que la 2^e (mais plus difficile que la 1^{re}). Comme il en était prévisible, la 4^e et dernière routine est très difficile.

Figure 4
Cinétique de fréquence cardiaque

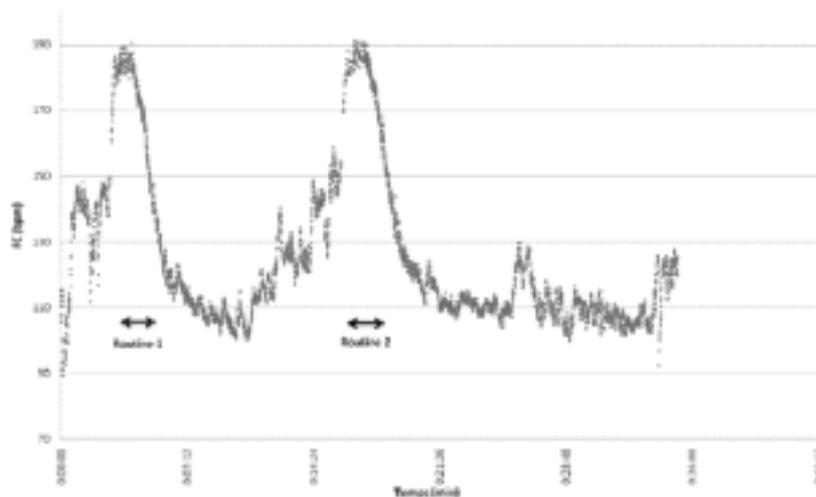


Figure 5
Comparaison des concentrations de lactate pré et post routine pour les 4 routines (légende cf. figure 1)

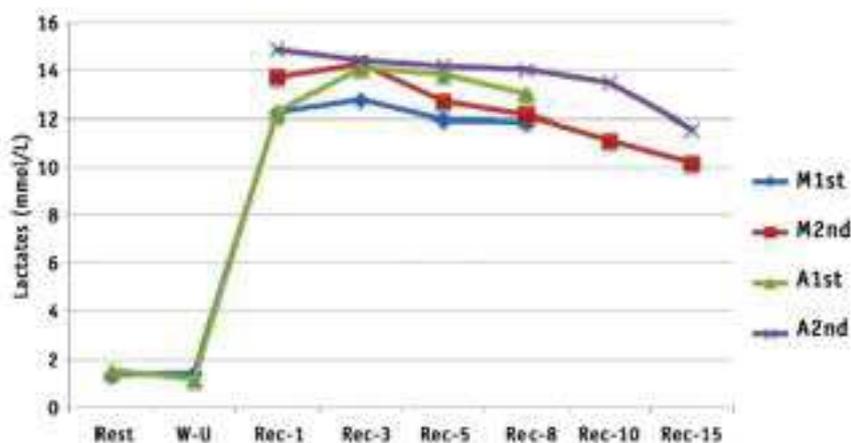
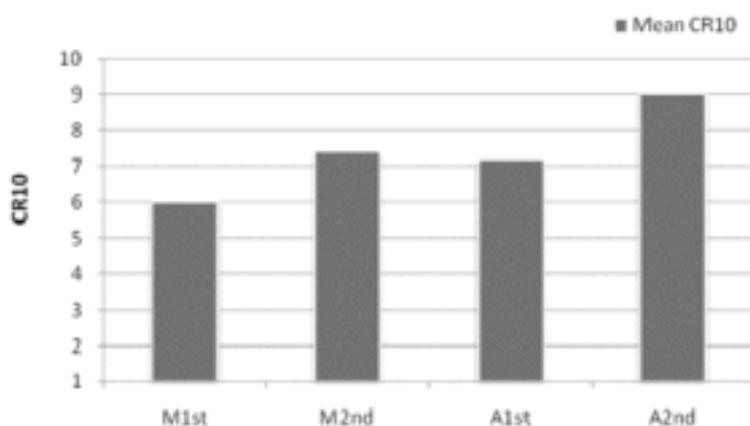


Figure 6
Perception subjective de l'effort après chaque routine (échelle CR10 de Borg)



On remarque sur cette figure que le dernier effort (la 4^e routine) est perçu de façon très pénible par les athlètes. Nous nous approchons du maximum absolu.

FORCE MAXIMALE DE SERRAGE MANUEL ET DÉTENTE MAXIMALE

Les moyennes des résultats obtenus au test de Handgrip montrent qu'entre les 3 mesures de l'après-midi, les valeurs diminuent, mais pour le matin les résultats sont très aléatoires. Les moyennes de force de serrage manuelle varient entre 38,5 et 34,7 au cours de la journée

Concernant les hauteurs de CMJ, on observe qu'elles diminuent entre les 3 séries du matin, qu'elles remontent après la récupération du midi mais qu'elles diminuent à nouveau entre celles de l'après-midi. Les moyennes des hauteurs de CMJ varient entre 46 et 43,9 au cours de la journée.

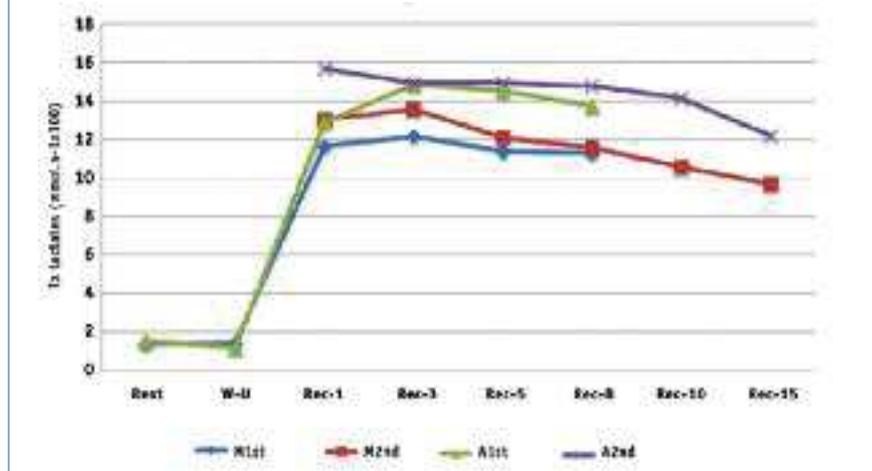
Discussion : partie 1

MESURE DU LACTATE SANGUIN

Par rapport aux travaux de la littérature, nos valeurs de lactate relevées au cours des différentes récupérations sont en cohérence avec les valeurs obtenues par Portier et al. en 2006 avec des exercices de gymnastique rythmique (valeur pic après un exercice au cerceau de 14,69 mmol.l-1) et par Lacour et al. en 1990 après une course de 400 mètres chez des athlètes internationaux (valeurs comprises entre 19 et 25 mmol.l-1)

Si on compare nos valeurs à celles qui ont été mesurées au cours des travaux de 2001 et 2007, on observe certaines similitudes pour la première routine (la valeur pic de lactatémie se trouve dans le même ordre de grandeur : 10,5 mmol.l-1 en 2001, 12,8 mmol.l-1 en 2007 et 14 mmol.l-1 en 2009). Cependant la valeur pic observée en 2001 et 2007 s'observe environ 5' après la routine, alors qu'en 2009, elle apparaît à environ 3' après la routine. De plus, les valeurs diminuent plus rapidement en 2009. Ces différences peuvent s'expliquer par la différence de préparation des athlètes entre les études.

Figure 7
Évolution des lactates après chaque routine en fonction du temps des routines



En 2009, l'étude a été réalisée après une phase compétitive importante, ou les athlètes devaient être au sommet de leur forme alors qu'en 2007, l'étude a été menée pendant la phase de reprise. Il est alors normal que plus entraînés les athlètes récupèrent mieux en 2009 qu'en 2007.

L'étude de Handschuh et al. (1991) sur la mise en jeu du métabolisme anaérobie en fonction de la durée et de l'intensité de l'exercice, a montré que cette voie métabolique était capable de fournir de l'énergie pendant des durées allant jusqu'à 1'30" pour des exercices d'un niveau de celui correspondant à la consommation maximale d'oxygène. Dans ce cas, il est fort probable que pour des routines de Gymnastique Aérobie, cette voie métabolique assure également la plus grosse part des besoins en énergie. Dans cette étude, les valeurs maximales de lactate sanguin sont observées le plus souvent à la 3^e minute après l'arrêt de l'exercice, ce qui correspond à ce que nous avons pu observer en 2009 avec des athlètes bien entraînés.

Nous avons aussi observé une augmentation des valeurs de lactate sanguin mesurées après les exercices, et ce tout au long de la journée. Puisque les routines du matin duraient 1'45" pour tous les athlètes et que les routines de l'après-midi étaient de 1'30" pour 3 des 5 athlètes et de 1'45" pour les 2 autres et afin de pouvoir comparer les valeurs de lactate, nous avons divisé les concentrations de lactates mesurées

pendant la récupération par le temps de la routine et multipliées par 100, afin d'obtenir une concentration de lactate exprimée en mmol.l-1 par seconde d'exercice (figure 7).

On voit alors sur cette figure, que même si la durée des routines de l'après-midi est plus courte que celles du matin, les valeurs de lactates sanguins sont supérieures. On peut donc émettre l'hypothèse qu'avec l'accumulation des répétitions au cours de la journée, les athlètes sont de plus en plus fatigués et que les récupérations proposées (courte de 10 minutes entre les routines ou longue entre le matin et l'après midi) ne suffisent pas à limiter la fatigue. Ceci va tout à fait dans le sens des observations réalisées avec l'évaluation de la perception subjective (CR Borg – figure 6) puisque, au cours de la journée, les athlètes trouvent les routines de plus en plus pénibles et ce même si pour certains les routines de l'après-midi sont plus courtes.

FORCE MAXIMALE DE SERRAGE MANUEL ET DÉTENTE MAXIMALE

Les résultats des tests de CMJ et Handgrip ne permettent pas de tirer de véritable conclusion concernant la fatigue des athlètes au cours de la journée. Les valeurs varient peu au cours de la journée. Le fait que les athlètes aient découvert le Handgrip lors des premières mesures, ne leur a pas permis de se familiariser avec le dispositif. Concernant l'évaluation des qualités de détente, réalisée seu-

lement 2 répétitions du même saut (CMJ) nos moyennes montrent une diminution de la hauteur entre les 3 séries du matin et celles de l'après-midi.

Cependant, les différences observées ne sont pas suffisamment importantes pour conclure à une diminution des qualités de détente au cours de la journée. Ce test qui repose essentiellement sur les qualités anaérobie alactique aurait été plus pertinent s'il avait été réalisé avec 10 répétitions par exemple.

Discussion : partie 2

QUELLES PISTES POUR L'ENTRAÎNEMENT ?

L'étude des travaux de la littérature n'a pas révélé de protocole d'entraînement intermittent spécifiquement proposé pour améliorer la performance en gymnastique aérobie.

En conséquence notre réflexion s'est appuyée sur les travaux de Gharbi et al. (2009), qui a étudié les effets de différentes méthodes d'entraînement sur les paramètres lactiques. Ces résultats ont montré que les entraînements intermittent et mixte induisent des améliorations de la VMA (vitesse maximale aérobie) significativement plus élevées que la méthode continue. Dans cette étude, l'amélioration de la VMA est 1,5 fois plus élevée pour le groupe soumis à un entraînement intermittent et mixte que le groupe continu. L'entraînement intermittent se distingue des autres méthodes par la vitesse d'élimination du lactate la plus élevée.

En revanche, il n'a pas été trouvé de différences significatives entre les entraînements intermittent et mixte pour les autres paramètres étudiés.

L'entraînement intermittent proposé dans cette étude était constitué, sur une période de 6 semaines à raison de 6 séances par semaine, de séries de course de deux minutes intercalées par des périodes de récupération d'une minute. L'intensité d'exercice était de 90% de la VMA avec une augmentation de 5% toutes les deux semaines. Au cours de la période d'entraînement, l'augmentation de la charge était assurée par l'augmentation de l'intensité et du nombre de répétition.

L'intensité de récupération à 60-70% de VO₂max assurerait une métabolisation du lactate plus efficace par rapport à des intensités de récupération moins élevées.

En conséquence, sur la base de ces travaux et des résultats de notre étude le travail intermittent avec des intensités de récupération assez élevées pourrait être une piste entraînement intéressante pour préparer les athlètes d'aérobie à supporter plus facilement la répétition des routines au cours d'une même journée.

QUELLES PISTES POUR LA GESTION DE COMPÉTITION ?

Alimentation

Handsuh et al. (1991) ont également observé à l'issue d'un exercice bref et intense une perte de potassium cellulaire dans un grand nombre de cas individuels. Bien que ce phénomène soit difficile à mettre en évidence au niveau systémique, il va dans le sens des hypothèses émises par Sjoogard sur l'origine de l'épuisement musculaire. Le taux de potassium dans le sang est compris entre de 3,5 à 5,5 mmol.l⁻¹. Pour éviter que le taux de potassium ne s'effondre chez les athlètes au cours de la journée de compétition, il serait approprié d'encourager les athlètes à inclure des aliments riches en potassium dans leur régime alimentaire.

Une alimentation variée constitue le meilleur moyen d'avoir un bon taux de potassium dans l'organisme. On trouve par exemple des quantités importantes de potassium dans certains aliments :

- le pruneau (732 mg/100 g) ;
- les châtaignes (600 mg/100 g) ;
- l'avocat (485 mg/100 g) ;
- les épinards (466 mg/100 g) ;
- la pomme de terre (379 mg/100 g) et les tubercules en général (céleri-rave, navet, ...) ;
- la banane (358 mg/100 g) ;
- la carotte (320 mg/100 g) ;
- le melon (300 mg/100 g) ;
- le jus d'orange (200 mg/100 g).

Attention toutefois à ne pas exagérer les apports en potassium car ils peuvent être à l'origine de trouble du rythme cardiaque.

Les cellules et les liquides de l'organisme possèdent des systèmes tampons comme le bicarbonate (HCO₃⁻) qui limite l'influence néfaste des ions H⁺ diffusés dans le sang lors d'exercices courts et intenses comme peuvent l'être des routines d'aérobie.

Une telle accumulation est néfaste à la performance. Il peut donc être intéressant, entre les différentes épreuves d'une même journée de renforcer les apports en ions bicarbonate, en buvant par exemple des eaux riches en bicarbonate : Saint-Yorre (4 368 mg/l), Vichy Célestin (2 989 mg/l), Badoit (1 300 mg/l). Par contre, pour contribuer à refaire la réserve alcaline, la quantité recommandée est ¼ de litre à la fois, ce qui peut être difficilement par l'estomac si les délais entre les routines sont trop courts. Une telle quantité serait plutôt à envisager pendant la pause du midi (entre les qualifications et les finales) qui est plus longue.

Enfin et pour conclure sur les conditions qui pourraient limiter l'accumulation de la fatigue au fur et à mesure de la répétition des routines au cours d'une même journée, on peut retenir l'étude de Berry et al. (1987).

Ces chercheurs ont démontré l'intérêt du port de chaussettes de compression lors de la récupération post-exercice. En effet, ces équipements permettent une diminution du lactate sanguin significative durant les 15 minutes suivant l'exercice. Il pourrait alors être judicieux d'en recommander l'utilisation.

Conclusion

Les pistes que nous venons d'évoquer ici ne sont pas exclusives. Pour la préparation de l'athlète et la gestion de ce type d'épreuve, les propositions peuvent être nombreuses. On pourrait, par exemple, également s'intéresser aux problèmes de l'intensité de l'échauffement, et/ou du type de récupération (active/passive) comme à celui des apports de glucose au cours de la journée.

En conclusion, cette étude a montré que ce type d'organisation (plusieurs routines sur une même journée avec qualification(s) le matin et finale(s) l'après-midi) en compétition pouvait générer une fatigue importante certainement néfaste à la meilleure performance en finale [la ou les dernière(s) routine(s)].

Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour dépasser ce problème, des pistes réglementaires qui permettraient un temps de récupération plus long mais aussi des pistes entraînement et de gestion de la compétition. Cependant, il faut dans ce domaine avancer avec prudence et rigueur pour éviter toutes mauvaises interprétations.

Doriane BAUD ¹,
Arnaud MÉNÉTRIER ^{1,2},
Johan CASSIRAME ²,
Julien IMBERT ³,
Valerie GRANDJEAN ⁴,
Christophe DEVILLAINE ⁴
et **Nicolas TORDI** ^{1,2}

¹ UFR-STAPS Besançon

² EA 3920, « Physiopathologie cardiovasculaire et prévention », IFR 133 Université de Franche-Comté

³ Équipe PRETA Laboratoire TIMC-IMAG (UMR 5525) Université Joseph Fourier

⁴ Fédération française de gymnastique

Remerciements au Docteur Jean-Denis ROUILLON (UFR-STAPS Besançon) pour son aide et ses conseils.

Références :

- Berry MJ, McMurray RG, *Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. American journal of physical medicine*, vol 61, No 3.
- Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C, *Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability, Medicine and science in sports and exercise*, 2004.
- Gharbi A, Elabed K, Latiri I, Tabka Z, Zbidi A, *Effets de différentes méthodes d'entraînement sur les paramètres lactiques. Science et Sports (2010) 25,23-31.*
- Handschuh R, Rakotoambinina B, Desnus B, Fraisse F, *Etude de la mise en jeu du métabolisme anaérobie en fonction de la durée et de l'intensité de l'exercice. Science et Sports (1991) 6, 15-24.*
- Lacour JR, Bouvat E, Barthelemy JC, *Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400 m and 800 m races. European Journal of Applied Physiology 1990, 61 :172-176.*
- Lange B, Halkin AS, Bury T, *Exigences physiologiques nécessaires à la pratique de la gymnastique de haut-niveau. Rev Med Liege 2005 60 : 12 : 939 :945.*
- Portier H, Arlettaz A, Lèpanse B, Lecocq AM, Labsy Z, Collomp K, *Estimation de la dépense énergétique en gymnastique rythmique. Science et Sports 21 (2006) 300-302.*
- Thomas C, Hanon C, Le Chevalier JM, Couturier A, Vandewalle H, *Estimation de la contribution énergétique d'origine aérobie et anaérobie et de sa répartition au cours d'un 800 m coureur sur le mode compétition. Science et Sports (2003) 18, 32-33.*