

# EXIGENCES PHYSIOLOGIQUES NECESSAIRES A LA PRATIQUE DE LA GYMNASTIQUE DE HAUT NIVEAU

B. LANGE (1), A.S. HALKIN (1), T. BURY (2)

**RÉSUMÉ :** Nous exposons l'évolution historique et physiologique de la gymnastique depuis les années 60. En effet, l'aspect chorégraphique prédominant, en particulier chez les femmes durant les années 60 et 70, est progressivement remplacé par la performance acrobatique. Cette progression et ces nouvelles prises de risques sont liées à différents facteurs, parmi lesquels l'amélioration du matériel n'est pas le moins important. Pour atteindre le haut niveau, le gymnaste débute la pratique gymnique à un âge précoce et présente souvent un retard pubertaire significatif comparé aux autres jeunes sportifs, de même âge chronologique. Il présente également une morphologie spécifique souvent caractérisée par un poids et une taille réduits, par rapport aux sujets sédentaires de même âge. Sur le plan physiologique, le gymnaste devient un athlète de plus en plus puissant sur le plan de la force musculaire, mais il conserve une faible aptitude aérobie. Celle-ci apparaît cependant suffisante pour la pratique, malgré l'augmentation de la fréquence et du volume d'entraînement. En comparaison avec les sportifs dits "de résistance", les gymnastes se classent parmi les plus puissants sur le plan anaérobie. Les valeurs relevées lors du Wingate test se situent de nos jours entre 12 et 14 W/kg chez les gymnastes masculins et entre 10 et 12 W/kg chez les gymnastes féminines de haut niveau.

Les valeurs du pic de fréquence cardiaque observées au cours des exercices gymniques ont suivi l'évolution des exigences techniques et acrobatiques de plus en plus difficiles. Quant aux valeurs de lactémie, elles montrent que la glycolyse anaérobie est de plus en plus sollicitée dans le décours des compétitions, avec une disparité cependant entre les agrès.

## INTRODUCTION

La gymnastique artistique est une discipline sportive qui remporte un véritable succès, compte tenu du nombre de ses pratiquants. En effet, la Communauté française rassemble quelques 12 000 affiliés masculins et féminins, répartis dans 90 clubs différents.

Il s'agit d'une activité pluridisciplinaire, c'est-à-dire qu'elle se pratique de la "baby-gym" à la gymnastique olympique, en passant par la gymnastique de loisir, d'entretien et de compétition.

Les qualités physiques et physiologiques nécessaires pour la réussite à haut niveau, aussi bien chez les filles que chez les garçons, sont de nos jours bien précisées : la puissance, la force, la vitesse, la souplesse et la coordination (1-2).

L'entraînement en gymnastique est soumis à l'heure actuelle à des contraintes d'efficacité technique de plus en plus sévères; et ce en raison

**PHYSIOLOGIC REQUIREMENTS OF HIGH LEVEL GYMNASTICS**  
**SUMMARY :** The evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years is outlined. Generally, gymnasts have a low aerobic aptitude in spite of an increase in the number of training hours. During the last decades, anaerobic power of gymnasts has increased. And now, the maximal power output measured by the Wingate test in high level male gymnasts is between 12 and 14 W.Kg-1 and in female gymnasts between 10 and 12 W.Kg-1.

Measurement of higher blood lactate values also confirms that the anaerobic capacity has increased.

**KEYWORDS :** *Elite gymnasts – Anaerobic capacity – Aerobic power*

de l'évolution de cette discipline à travers l'innovation des mouvements et des combinaisons acrobatiques. En conséquence, la charge d'entraînement devient de plus en plus volumineuse et intense pour atteindre un niveau élevé de la performance (1-3).

La gymnastique ayant connu depuis les années 70 de nombreuses modifications au niveau des programmes, il nous semble utile de faire le point sur l'évolution de cette discipline, à propos du profil physiologique.

## HISTORIQUE

La gymnastique ne date pas d'aujourd'hui: dès l'antiquité, on réalisait dans le cadre de danses sacrées et de voltiges sur cheval de bois, des acrobaties qui n'avaient rien à envier à la gymnastique actuelle. Mais, il faudra tout de même attendre le XIX<sup>ème</sup> siècle pour voir la gymnastique prendre un essor tout particulier.

Ce sport se veut, au départ, uniquement masculin. Ce n'est qu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle que les femmes feront leur apparition dans cette discipline. La première société de gymnastique féminine est fondée en Suisse en 1860. La première compétition est organisée quelques années plus tard, en 1894 en Allemagne.

Alors que la gymnastique masculine est représentée aux Jeux Olympiques depuis 1896, ce n'est qu'en 1928, à Amsterdam, que les féminines feront leur première apparition. Elles y accusent alors un gros retard technique sur les hommes et le programme ne ressemble guère à celui d'aujourd'hui. Depuis cette époque, agrès, tenues, programmes et techniques ont largement évolué, et les femmes, actuellement, rivalisent d'audace et de virtuosité avec leurs homologues masculins.

(1) Assistant

(2) Chef de Clinique, Pneumologie, CHU Sart Tilman, Liège; Chargé de Cours, Secteur Physiologie humaine et de l'effort physique, ULg.

Quelques autres dates méritent d'être soulignées pour synthétiser l'évolution de la discipline gymnique au fil des décennies:

#### 1928 AMSTERDAM - Jeux Olympiques

Les gymnastes doivent exécuter des exercices d'ensemble au sol et aux agrès.

#### 1934 BUDAPEST – Championnats du Monde

Les gymnastes présentent un exercice d'ensemble au sol, un exercice à la poutre, un aux barres parallèles et un saut, ainsi que trois épreuves athlétiques : une course de 60 m, un saut en longueur, un lancer de javelot. C'est également l'arrivée des tapis de réception qui remplacent le sable.

#### 1936 BERLIN – Jeux Olympiques

Apparition des barres asymétriques, qui ne sont en fait que des barres parallèles dont l'une a été montée.

#### 1948 LONDRES – Jeux Olympiques

De nombreuses innovations marquent ces Jeux, qui se déroulent pour la première fois en salle. Tout d'abord, la poutre prend sa largeur actuelle : 10 cm. Ensuite, le programme au sol se déroule sur une aire de 10 m sur 10 m.

#### 1954 ROME – Championnats du Monde

Disparition des épreuves d'athlétisme des programmes de gymnastique.

#### 1960 Rome – Championnats du Monde

Ces Jeux sont marqués par une nette évolution technique et une prise de risque grandissante : roulade élevée, flic-flac sur la poutre (qui est toujours en bois), rondade, flic-flac et salto au sol. Cette progression est liée à celle du matériel : les tapis de réception sont plus épais et les praticables légèrement élastiques.

#### 1976 MONTREAL – Jeux Olympiques

Qui ne connaît pas Nadia Comaneci ? A 14 ans, elle remporte le titre olympique et obtient sept fois la note parfaite de 10. Coqueluche des médias et du public, Nadia apporte un nouveau style de travail dont maîtrise et perfection sont les principaux qualificatifs.

#### LES ANNÉES 80

Elles sont marquées par la suprématie des pays de l'Est et, en particulier, de l'URSS qui collectionne titres olympiques, mondiaux et européens. Le rythme des enchaînements s'accélère, le degré de difficulté continue à s'élever, maîtrise et perfection deviennent les clés de la réussite.

#### LES ANNÉES 90

A l'aube des années 90, de nombreux changements géopolitiques viennent bouleverser le monde gymnique. Un nouveau panorama gymnique est créé : les pays de l'Est sont en baisse ; à la hausse, les athlètes américains. Le classement entre les différents athlètes se resserre et la victoire ne paraît plus le privilège de quelques nations.

#### PROGRAMME DE LA GYMNASTIQUE ARTISTIQUE

La gymnastique artistique de compétition est un combiné d'exercices physiques très variés, dont la plupart sont exécutés aux agrès. La gymnastique artistique masculine comporte 6 agrès : sol, cheval-arçons, anneaux, saut de cheval, barres parallèles et barre fixe. La gymnastique artistique féminine comporte 4 agrès : saut de cheval, barres asymétriques, poutre et sol. Cette discipline est régie par un code : le code " FIG " (Fédération Internationale de gymnastique). Ce code rassemble et codifie au niveau mondial tous les éléments gymniques et acrobatiques reconnus.

#### LES AGRÈS MASCULINS

a) Sol : sur le praticable (12m sur 12m), les gymnastes alternent des mouvements acrobatiques et chorégraphiques. Les qualités requises à cet agrès sont la détente, la force, la souplesse et l'équilibre.

b) Cheval-arçons : il s'agit d'effectuer des mouvements circulaires du corps, des cercles de jambes et des ciseaux, sans interruption et en déplacement sur les trois parties du cheval. A cet engin, seules les mains peuvent toucher le cheval.

c) Anneaux : l'exercice aux anneaux est composé d'éléments d'élan, de force et de maintien.

d) Saut de cheval : à la suite d'une brève impulsion des bras sur la table de saut, le gymnaste réalise une figure de haut vol avec une ou plusieurs rotations autour des différents axes du corps. L'élan autorisé est de 25m.

e) Barres parallèles : c'est une combinaison permanente de suspension et d'équilibre, d'élan, de voltige, et de maintien.

f) Barre fixe : le gymnaste effectue des lâchers, des grands tours et des rotations longitudinales en appui sur un ou deux bras.

#### LES AGRÈS FÉMININS

a) Saut : après une course d'élan de 25 mètres, la gymnaste prend appel sur le tremplin, puis s'envole de la table de saut (hauteur : 1m25)

pour exécuter une figure acrobatique. La réception doit être la plus stable possible.

b) Barres asymétriques : la gymnaste évolue sur les 2 barres (barre inférieure, 1 m 60; barre supérieure, 2 m 40) en alternant des phases d'appui et de suspension, des saltos, des changements de direction et des grands tours.

c) Poutre : à une hauteur de 1 m 20, et sur une bande large de 10 cm, la gymnaste associe acrobaties, sauts, souplesse et équilibre.

d) Sol : sur musique, en utilisant toute la surface du praticable, la gymnaste effectue trois séries acrobatiques liées par des passages chorégraphiques. La durée du mouvement varie entre 1 minute 10 et 1 minute 30.

#### LE TEMPS CONSACRÉ À CHAQUE ENGIN

Le tableau I montre la durée moyenne des exercices réalisés lors de chaque épreuve aux championnats du monde de 1999 en Chine (4).

TABLEAU I. DURÉE MOYENNE (ET ÉCART-TYPE) EN SECONDE DES EXERCICES DE GYMNASTIQUE FÉMININE ET MASCULINE LORS DES CHAMPIONNATS DU MONDE DE 1999

Agrès masculins	durée(sec.)	Agrès féminins	durée (sec)
Sol	61 (4)	Saut de cheval	5 (0.5)
Cheval-arçons	32 (6)	Barres asymétriques	40 (5)
Anneaux	31 (5)	Poutre	66 (5)
Saut de cheval	6 (0.5)	Sol	79 (0.5)
Barres parallèles	41 (5)		
Barre fixe	37 (7)		

## QUALITÉS PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DE BASE

### ASPECT PHYSIQUE

Les gymnastes masculins atteignent généralement le pic de performance vers l'âge de 20 ans. Ils sont caractérisés par une musculature très développée surtout au niveau du train supérieur, une puissance et une force importantes par rapport à leur poids qui est assez faible. Les mensurations de gymnastes de haut niveau relevées par Claessens et al. (1991) indiquent que la taille des gymnastes se situe entre 166,6 (Amsterdam 1928) et 169,3 cm (Montréal 1976) et que leur poids est compris entre 61,6 (Santiago 1977) et 65,5 kg (Mexico 1968) (5). L'accroissement de mensurations, dit " séculaire ", qui caractérise la population des pays développés ne semble donc s'appliquer que très modérément aux gymnastes. Lors des championnats de Rotterdam, le pourcentage de masse grasse relevé était de 8,4% (5).

La gymnastique féminine, quant à elle, est restée jusqu'aux années 70 fortement axée sur l'aspect chorégraphique. De nos jours, les gymnastes féminines sont plus jeunes, plus légères et plus petites. Elles se caractérisent également par une masse grasse réduite, un développement musculaire supérieur à la normale, mais une apparition tardive des premières règles, évoquant un retard (apprécié à  $\pm 2$  ans) de la maturation pubertaire (6-7). Ces nouvelles caractéristiques physiques paraissent plus adaptées aux exigences biomécaniques de la performance acrobatique. En effet, les petits gabarits des gymnastes permettent une vitesse de rotation et d'exécution des mouvements plus rapide. Plusieurs études évoquent le retard de développement osseux associé à la pratique de ce sport surtout chez les filles (1-8-9-10). Souvent, les gymnastes féminines adolescentes de haut niveau ont un poids et une taille réduits par rapport aux sédentaires de même âge (6-11-12). D'autres études montrent que les gymnastes débutant la pratique à un âge précoce, présentent, en moyenne, un retard pubertaire significatif comparé à une série de référence de même âge chronologique (7-13). Une publication récente souligne également d'autres indices morphologiques caractéristiques de la gymnaste : un buste relativement court, une faible corpulence des membres inférieurs, une forme trapézoïdale du tronc, une étroitesse relative du bassin (14).

Les qualités physiques nécessaires pour la réussite dans cette activité de haute technicité, aussi bien chez les filles que chez les garçons, sont de nos jours bien précisées : la puissance, la force, la vitesse, la souplesse et la coordination (1-2). La souplesse est une qualité physique essentielle qui permet de réaliser les mouvements gymniques avec un maximum d'amplitude et d'harmonie.

### ASPECT PHYSIOLOGIQUE

#### Métabolisme aérobie

Dans les années 60 et 70, la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2$  max) moyenne des gymnastes masculins de haut niveau se situe aux alentours de 50 ml/kg/min (15). En 1980, Bergh rapporte des valeurs de  $VO_2$  max similaires chez l'élite suédoise avec une valeur moyenne de 51 ml/kg/min (16). Il est classique de considérer que la  $VO_2$  max des gymnastes diminue entre l'adolescence et l'âge adulte. Les valeurs moyennes passent ainsi de  $53 \pm 6$  à l'âge de 12 ans, à une valeur de  $48 \pm 6.7$  ml/kg/min à l'âge de 25 ans. Cette diminution est associée à une modification dans la méthodologie de l'entraî-

TABLEAU II. CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGÈNE MOYENNE (ET ÉCART - TYPE) EN ML/KG/MIN CHEZ DES GYMNASTES

	Niveau	Age (ans)	VO2 max (ml/kg/min)
<i>Masculins</i>			
Montpetit, 1976	élite	18-23	50.0
Bergh, 1980	élite	17-24	51.0
Barantsev, 1985	national	12-13	53.2 (6.3)
		14-15	50.9 (6.2)
		17-25	47.2 (6.7)
Goswami, 1989	national	219-26	49.6 (4.9)
Lechevalier, 1999	élite	17-21	53.1 (3.2)
<i>Féminines</i>			
Sprynarova, 1969	national	18-25	
Montgomery, 1982	national	11-13	50.0 (0.9)

nement. Récemment, l'étude de Lechevalier et coll. (1999) s'est intéressée à la mesure de la VO2 max des membres supérieurs et des membres inférieurs chez les gymnastes français de haut niveau. La VO2 max se révèle supérieure au niveau des membres inférieurs avec un rapport de VO2 max entre membres supérieurs et membre inférieurs de 73% (17). Les valeurs trouvées dans cette étude récente s'inscrivent dans les fourchettes des chiffres qui sont relevés depuis les années 70 (tableau II). Chez les gymnastes féminines, les valeurs de VO2 max paraissent plus variables et évoluer au fil des décennies. Les valeurs oscillent généralement entre 40 et 50 ml/kg/min. Par comparaison avec les autres disciplines sportives, les gymnastes se classent parmi les sportifs présentant une faible puissance aérobie (tableau III).

Par ailleurs, Barantsev (1985) a constaté que la VO2 max des gymnastes diminue entre l'adolescence et l'âge adulte (18). Cette diminution serait associée à une modification de la planification de l'entraînement, allant dans le sens d'une augmentation de la charge des entraînements de type technique. En effet, à la suite d'entraînements plus spécifiques, la puissance maximale anaérobie s'améliore au détriment de

la puissance aérobie. Cette relation s'accroît pendant la période pubertaire qui constitue donc pour les entraîneurs, un moment propice pour l'apprentissage technique.

#### Métabolisme anaérobie

Il est classique d'explorer le métabolisme anaérobie soit de manière directe (biopsie musculaire), soit de manière indirecte (à l'aide d'ergomètres). Il n'existe cependant aucun ergomètre spécifique permettant l'étude du métabolisme anaérobie chez les gymnastes. Le plus souvent, cette étude est réalisée à l'aide de l'ergocycle, mais celui-ci pénalise les gymnastes puisque les actions musculaires requises pour ce sport s'éloignent des efforts cycliques, utilisés avec cet ergocycle.

Le tableau IV présente les résultats obtenus lors du test de Wingate chez des gymnastes faisant partie de l'élite tchèque ou française (17-19). La puissance maximale anaérobie mesurée chez les gymnastes masculins se situe actuellement entre 12 et 14 W/kg tandis que celle des gymnastes féminines oscille entre 10 et 12 W/kg. Ces valeurs sont généralement supérieures de 20% par rapport à celles observées dans la population générale et supérieures de  $\pm 10\%$  par rapport à l'élite sportive pratiquant la natation, la lutte ou certains sportifs collectifs avec ballon (20-21-22).

Au cours de l'épreuve de Wingate, pendant laquelle le sujet réalise un effort maximal en 30 sec., les valeurs de fréquence cardiaque maximale sont assez élevées (environ 180 battements/min) ainsi que la concentration de l'acide lactique sanguin. Les valeurs de lactatémie trouvées dans la littérature sont situées entre 11 et 13 mmol/l. Cette production d'acide lactique varie cependant avec l'âge, l'intensité et les caractéristiques de l'entraînement. On considère généralement qu'une valeur élevée de lactatémie reflète cependant, de manière indirecte, la maturité du métabolisme anaérobie et l'importance de la glycolyse anaérobie dans la production

TABLEAU III. VO2 MAX D'ATHLÈTES DE CALIBRE OLYMPIQUE DE SEXE MASCULIN ET DE SUJETS SÉDENTAIRES EN BONNE SANTÉ

Discipline sportive	VO2 max (ml.kg-1.min-1) : m $\pm$ DS
Ski de fond	80 $\pm$ 5
Course 1/2 fond	78 $\pm$ 6
Cyclisme	73 $\pm$ 4
Aviron	62 $\pm$ 6
Gymnastique	50 $\pm$ 4
Patinage artistique	49 $\pm$ 6
Sédentaires	43 $\pm$ 6

TABLEAU IV. ÉPREUVES DE WINGATE RÉALISÉES SUR DES GYMNASTES. VALEURS MOYENNES (ET ÉCART-TYPE)

	Age (ans)	P. moyenne (W/kg)	P. maximale (W/kg)	Fc maximale (batt./min)	La maximale (mmol/l)
<i>Masculins</i>					
Heller, 1998	>18	10.7	13.2 (1.0)	176 (6)	11.2 (1.5)
Lechevalier, 1999	18.6	10.1 (0.8)	14.1 (0.7)	171 (11)	11.4 (1.6)
<i>Féminines</i>					
Heller, 1998	>16	8.6	10.4 (0.4)	181 (8)	11.6 (1.7)

d'énergie. Les valeurs de lactatémie retrouvées chez les gymnastes sont relativement similaires à celles observées chez des sportifs effectuant un sport dit de "résistance" et bien plus élevées que celles mesurées chez les athlètes d'endurance après cette même épreuve (généralement inférieures à 10 mmol/l) (23).

Parfois, certains travaux ont utilisé d'autres épreuves indirectes d'évaluation de la puissance du métabolisme anaérobie, tels le test de détente verticale (22-24). Les valeurs de détente verticale observées chez les gymnastes seniors féminines de niveau international sont en moyenne de 47 cm ( $\approx + 25\%$  par rapport à la population générale).

A propos de la puissance maximale anaérobie des gymnastes, celle-ci n'a en fait commencé à attirer l'attention des scientifiques qu'après plusieurs d'années d'évolution de ce sport. Dans un premier temps, d'autres aspects paraissaient prioritaires dans l'investigation de cette activité, tels les blessures articulaires et les problèmes de croissance chez les gymnastes. La tendance actuelle de ce sport à utiliser les exercices de force fait en sorte que de nombreux travaux scientifiques sont consacrés à l'exploration du métabolisme anaérobie depuis les années 80. Ainsi, la puissance maximale anaérobie des gymnastes est actuellement devenue prépondérante et sur base des données publiées, le gymnaste se place, parmi les sports dits de "résistance", parmi les plus puissants sur un effort de courte durée (17-21-22).

#### *Mesure de la fréquence cardiaque au cours de l'exercice gymnique*

Les premières études consacrées à la réponse cardiaque au cours des exercices gymniques ont été réalisées dans les années 70. Grâce à l'électrocardiogramme, Selinger et coll. ont pu apprécier la sollicitation cardiaque durant quelques agrès féminins et masculins (25). Les valeurs moyennes de fréquence cardiaque relevées étaient les suivantes : 148 battements/min à la poutre, 135 battements/min aux barres asymétriques et 133 battements/min au saut de cheval. Chez les garçons, la fréquence cardiaque était un peu plus élevée et variait entre 151 battements/min aux barres parallèles et 139 battements/min au sol. Ces valeurs apparaissent bien entendu relativement basses et s'expliquent probablement par la nature des exercices simples, réalisés lors des épreuves de gymnastique à l'époque. L'évolution de la technologie a permis à Goswami et Gupta (1998) d'étudier la fréquence cardiaque à l'aide de cardio-fréquence-mètres lors de répétition de mouvements

complets aux agrès dans des séances séparées (26). La moyenne des pics de fréquence cardiaque mesurée sur 5 agrès (sol, arçons, saut, barres parallèles et barre fixe) était de  $180 \pm 5$  battements/min. Ces valeurs sont largement plus élevées que celles trouvées dans les années 70, bien qu'il s'agisse du même niveau de pratique. Le tableau V montre l'évolution des valeurs de fréquence cardiaque au fil du temps. Ces valeurs ont donc suivi l'évolution des exigences techniques et acrobatiques. De 135 à 150 battements/min au début des années 70, les valeurs actuelles de pic de fréquence cardiaque aux agrès atteignent de nos jours les 190 battements/min (17-26-28-29). Cela correspond donc à  $\pm 90 - 95\%$  de la fréquence cardiaque maximale atteinte lors d'un test de mesure de  $VO_2$  max sur tapis roulant. Il est intéressant de noter que la fréquence cardiaque maximale aux 5 agrès est atteinte à la fin de l'exercice. Ceci s'explique par le fait que les mouvements complets présentés par les différents gymnastes se terminent tous par l'exercice le plus difficile. Lorsque l'on s'intéresse à la fréquence cardiaque mesurée sur la durée de chaque épreuve, on se rend compte que les gymnastes travaillent à la limite de leur fréquence cardiaque maximale pendant un laps de temps très bref. En effet, la plage de fréquence cardiaque comprise entre 180 et 190 battements/min ne représente que  $15 \pm 10\%$  de l'ensemble des enregistrements effectués pendant les mouvements complets (28). Ainsi, les gymnastes travaillent la plupart du temps dans une fourchette de fréquence cardiaque correspondant à une intensité d'effort de type sous-maximal.

#### *La lactatémie au cours de l'exercice gymnique*

Comme déjà signalé, le dosage de lactate permet d'apprécier de façon indirecte la contribu-

TABLEAU V FRÉQUENCES CARDIAQUES MAXIMALES ET MOYENNES (ÉCART-TYPE) MESURÉES AUX AGRÈS

	<i>Fc maximale (batt./min)</i>	<i>Fc moyenne (batt./min)</i>
<i>Masculins</i>		
Seliger, 1970	139-151	—
Montpetit, 1976	130-170	—
Goswami, 1998	180 (5)	161 (9)
Jemni, 1998	179 (10)	166 (10)
Lechevalier, 1999	184 (6)	—
<i>Féminins</i>		
Seliger, 1970	133-148	—
Noble, 1975	162-189	158-167
Montgomery, 1982	162-185	152-174

tion de la glycolyse anaérobie. Au cours des 20 dernières années, les travaux confirment que le système anaérobie est le système énergétique le plus mobilisé lors de l'exercice gymnique. Cependant, ce système anaérobie n'est pas sollicité dans sa totalité. Ainsi, la valeur moyenne du taux plasmatique de lactate aux agrès féminins se situait à 4 mmol/l dans le décours des années 80. Les travaux récents trouvent des valeurs de lactatémie semblables avec, chez les gymnastes masculins, des taux moyens de  $6 \pm 1$  mmol/l (3-26). Il existe cependant une disparité entre les valeurs observées, en fonction des agrès. Ainsi, par exemple, l'effort au saut de cheval ne provoque qu'une faible sollicitation de la glycolyse anaérobie contrairement à l'épreuve du sol. Entre ces deux valeurs extrêmes se trouvent, dans l'ordre croissant celles aux barres parallèles, à la barre fixe, aux anneaux et aux arçons.

## EN CONCLUSION

Le profil physiologique des gymnastes a évolué au cours des 30 dernières années, parallèlement à l'amélioration du matériel et à la performance acrobatique. L'évolution marquée des exigences techniques fait de plus en plus appel à une force importante ainsi qu'à une vitesse élevée. Cette complexification des éléments obligent les gymnastes à développer et à exploiter de plus en plus leur puissance anaérobie. A l'heure actuelle, les gymnastes de haut niveau se caractérisent par une consommation maximale d'oxygène relativement faible et un seuil anaérobie bas. Leur fréquence cardiaque au cours des exercices de gymnastique peut être élevé, en particulier à la fin de chaque séquence d'exercice. La valeur de la lactatémie se situe en moyenne à 50% de la lactatémie maximale produite lors d'une épreuve maximale sur tapis roulant. Le taux de lactate maximal ainsi que la cinétique diffèrent cependant d'un agrès à l'autre. Ainsi, les valeurs obtenues lors de l'épreuve de saut, tout comme celles de la fréquence cardiaque à ce même agrès d'ailleurs, sont significativement inférieures par rapport aux valeurs observées aux autres agrès.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bale P, Goodway J —Performance variables associated with the competitive gymnast. *Sports Med*, 1990, **10**, 139-145.
- Salmela J —Fundamental demands of gymnastis. *SNIPES*, 1982, Journal **5**,11-18.
- Calabrese L —Nutritional and medical aspects of gymnastic. *Sport and Med*, 1982, **4**, 23-30.
- Jemni M, Friemel F, Sands et al. —Evolution du profil physiologique des gymnastes durant les 40 dernières années. *Can. J. Appl. Physiol*, 2001, **26(4)**, 356-370.
- Claessens AL, Veer FM, Stijnen V et al.—Characteristics of outstanding male and female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 1991, **9**, 53-74.
- Lindholm C, Hagenfeldt K, Ringertz B —Pubertal development in elite juvenile gymnasts. Effects of physical training. *Acad. Obstet. & Gynecol. Scand*, 1994, **73**, 269-273.
- Bernard M, Beaussant M, Perroy F, et al. —Physical and psychological development of prepubescent female gymnasts, *9th International conference on eating disorders*. 2000. New York.
- Alexander MJL —A comparison of physiological characteristics of elite and subelite rhythmic gymnasts. *J. Human Movement Studies*, 1991, **20**, 49-56.
- Claessens AL, Malina RM, Lefevre J et al. —Growth and menarcheal status of elite female gymnasts. *Med. Sci. Sports Exerc*, 1992, **24**, 295-300.
- Erosy G —Dietary status and anthropometrics assessment of child gymnasts. *J. Sports Med. Phys Fitness*, 1992, **31**, 577-580.
- Baxter-Jones AD, Helms P, Baines-Preece J —Menarche in intensively trained gymnasts, swimmers and tennis players. *Annals Human Biology*, 1994, **21**, 407-415.
- Theintz G, Howald H, Allemann Y —Growth and pubertal development of young female gymnasts and swimmers : a correlation with parental data. *Int. J. Sports Med*, 1989, **10**, 87-91.
- Peltenburg AL, Erich WBM —Biological maturation, body composition and growth of female gymnasts and control group of school girls swimmers, aged 8 to 14 years: a cross sectional survey of 1064 girls. *Int. J. Sport. Med*, 1984, **5**, 36-42.
- Jlid MC, Pineau JC —Typologie morphologique en gymnastique artistique féminine. *Biom. Hum. Et Anthropol*, 2002, **20(1-2)**, 35-41.
- Montpetit R —Physiology of gymnasts. In : J.H Salmela (Ed). *The Advanced Study of Gymnastic*. Springfield, IL C. Thomas Publisher, 1976, 183-214.
- Bergh U —Entraînement de la puissance aérobie. In *P.O. Astrand and K. Rodahl. (Ed). Précis de physiologie de l'exercice musculaire (2nd ed.)*. Paris: Masson. 1980, 303-308.
- Lechevalier, JM, Origas, M, Stein, JF, et al.—Comparaison de 3 séances d'entraînement-type chez des gymnastes espoirs : Confrontation avec les valeurs du métabolisme enregistrées en laboratoire. *Gym Technic*, 1999, **27**, 24-31.
- Barabtsev SA —Do gymnasts need to develop aerobic capacity ? *Gymnastika*, 1985, **2**, 14-17.
- Heller J, Tuma Z, Dlouha R et al. —Anaerobic capacity in elite male and female gymnasts. *Acta Universitatis Carolinae. Kinanthropologica*, 1998, **34**, 75-81.
- Inbar O, Epstein M, Dlin R, et al —Physiological profiling of elite athletes. In *Proceedings of the first IOC world congress on Sport Sciences*, A994, 74,76; Colorado Springs, CO : US Olympic Committee.
- Garnier P, Mercier B, Mercier J et al. —Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. *Eur J Appl Physiol*, 1995, **70**, 58-65.

22. Vandewalle H, Friemel F — Tests d'évaluation de la puissance maximale des métabolismes aérobie et anaérobie. *Science et Sport*, 1989, **4**, 265-279.
23. Taunton J, Maron H, Wilkonson S — Anaerobic performance in middle and long distance runners. *Can J Appl Sport Sci*, 1981, **6**, 10-113.
24. Sands W, Mihesky A, Edwards J — Physical abilities field tests U.S. gymnastics federation women's national teams. *USGF Sport Science Congress*, 1991, 39-47. Indianapolis, IN.
25. Seliger V, Budka I, Buchberger J et al. — Métabolisme énergétique au cours des exercices de gymnastique. *Kinanthropologie*, 1970, **2**, 159-169.
26. Goswami A, Gupta S — Cardiovascular stress and lactate formation during gymnastic routines. *J Sports Med Physical Fitness*, 1998, **38**, 317-322.
27. Montgomery DL, Beaudin PA — Blood lactate and heart rate response of young females during gymnastic routines. *J Sports Medicine*, 1982, **22**, 358-364.
28. Jemni M, Friemel F, Lechevalier JM — Bioénergétique de la gymnastique de haut niveau. *Science et motricité*, 1998, **35** et **36**, 105.
29. Noble L — Heart rate and predicted VO2 during women's competitive gymnastic routine. *J Sports Medicine*, 1975, **15**, 151-175.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr Th. BURY, Service de Pneumologie, CHU Sart Tilman, 4000 Liège.