

Particularités des paramètres myocardiques chez les joueurs Tunisiens de handball : Etude échocardiographique

Brahim Agrebi*, Ali Belhani**

*.Observatoire National du Sport

** .Service de cardiologie. Hôpital Charles Nicole. Tunis.

Faculté de médecine de Tunis. Université Tunis El Manar

B. Agrebi, A. Belhani

Particularités des paramètres myocardiques chez les joueurs Tunisiens de handball : Etude échocardiographique

LA TUNISIE MEDICALE - 2012 ; Vol 90 (n°08/09) : 652 - 657

B. Agrebi, A. Belhani

Aspects of myocardic parameters of Tunisian handball players: An echocardiographic study

LA TUNISIE MEDICALE - 2012 ; Vol 90 (n°08/09) : 652 - 657

R É S U M É

Prérequis : Le handball est considéré comme une activité sportive mixte sollicitant les 3 filières énergétiques : aérobie, anaérobie alactique et lactique. Cela suppose alors une dilatation cavitaire pour les efforts impliquant un travail d'endurance et une hypertrophie pariétale pour les efforts impliquant un travail de résistance.

But : Pratiquer, grâce à la méthode échocardiographique, des mesures myocardiques dans 3 groupes de joueurs tunisiens de handball d'âge différent, afin de définir les prédispositions myocardiques des jeunes et de définir l'adaptation morphodynamique du cœur des joueurs adultes pour mieux expliquer l'impact de la spécialité sur le fonctionnement et la morphologie du cœur.

Méthodes : L'échocardiographie, en bidimensionnelle et en T.M. (time motion), nous a permis de définir les paramètres suivants : les diamètres télédiastolique et télésystolique du ventricule gauche, de la racine de l'aorte, de l'oreillette gauche et du ventricule droit ainsi que la vitesse moyenne de raccourcissement des fibres circonferentielles, du temps d'éjection ventriculaire gauche et des dimensions du septum interventriculaire et de la paroi postérieure ainsi que le rapport H/r. 36 joueurs furent examinés au cours de la période de compétition. La taille et le poids ont été mesurés avant l'accès à l'appareil échocardiographique de type TOSHIBA SSH 104 A.

Résultats : Les résultats obtenus nous permettent d'avancer que les charges d'entraînement et de compétition en handball ont sollicité l'augmentation des paramètres de dilatation chez les jeunes de 11-12 ans à 15-16 ans, alors que les paramètres d'hypertrophie se sont améliorés par la suite. Ce qui justifie l'idée que chez les jeunes le travail doit être basé essentiellement sur l'amélioration de la qualité aérobie, sollicitant la dilatation du myocarde et par la suite on peut envisager un travail de résistance.

Conclusion : La pratique du handball dès le jeune âge semble solliciter à la fois une dilatation cavitaire et une hypertrophie pariétale. La conséquence à long terme de ces adaptations cardiaques n'est pas encore connue.

S U M M A R Y

Background: Given that handball is a mixed sports activity requiring 3 energy systems, namely aerobic, anaerobic alactic and lactic, it supposes then a cavity dilatation for the efforts involving endurance and a parietal hypertrophy for the efforts involving anaerobic work.

Aim: To obtain, using the echocardiographic method, myocardic measurements from 3 groups of Tunisian handball players of different ages, in order to define the myocardic predispositions of the young players and to define the morphodynamic adaptation of the heart of the adult players so that the impact of the specialty on the operation and the morphology of the heart can be better explained.

Methods: Two-dimensional and time motion (T.M.) echocardiography (using a TOSHIBA SSH 104 A) was conducted to examine the following parameters: diastolic and systolic diameters of the left ventricle, the root of the aorta, the left atrium and the right ventricle, as well as the mean velocity of the shortening of circumferential fibers, the ejection time of left ventricle, and the dimensions of the inter-ventricular septum and the posterior wall as well as the E/A ratio. The echocardiograms were performed by medical technicians and reviewed by physicians. Thirty six handball players were involved in this study. Height and weight of all players were measured before the medical test.

Results: The Obtained results enable us to advance that the loads of drive and competition in handball requested the increase in the parameters of dilatation in the young players of 11-12 years to 15-16 years, whereas parameterize them of hypertrophy improved thereafter. What justifies the idea, which says that in the young players work must be based primarily on the improvement of aerobic quality requesting the dilatation of the myocardium, thereafter one can consider anaerobic work.

Conclusion: The practice of handball at an early age may induce both cavity dilatation and parietal hypertrophy. The long-term consequences and significance of this marked remodeling of the athlete's heart is not known.

Mots - clés

Echocardiographie - dilatation cavitaire - hypertrophie pariétale.

Key - words

Echocardiography - cavity dilatation - parietal hypertrophy.

Le niveau actuel de la performance sportive est le résultat du développement harmonieux des prédispositions multidimensionnelles des sportifs dans leurs disciplines sportives. Les modifications induites par l'entraînement et la compétition qui se situent au niveau fonctionnel, structurel, métabolique... ne sont que l'expression d'une réponse physiologique à des efforts répétés d'intensité et de volume importants (1-9). L'amélioration de la performance cardiaque, par exemple, assure un débit cardiaque satisfaisant ainsi qu'un transport important d'oxygène vers les muscles en action selon l'augmentation de la puissance de l'exercice (10-13). Il est à signaler que la fréquence cardiaque augmente proportionnellement à la consommation d'oxygène jusqu'à la fréquence maximale à l'atteinte de la consommation maximale d'oxygène. Cette amélioration de la performance est le résultat, entre autres, de l'hypertrophie cardiaque qui est un mécanisme d'adaptation physiologique qui s'observe après un entraînement prolongé et intensif sollicitant l'apparition de deux principaux éléments d'adaptation au repos : l'augmentation du volume d'éjection systolique et la bradycardie (14, 15).

BUT

Le choix de la méthode échocardiographique avait pour but d'avoir des mesures myocardiennes chez 3 groupes de joueurs tunisiens de handball d'âge différent, afin de définir les prédispositions myocardiennes des jeunes pour un meilleur recrutement, et de définir l'adaptation morpho-dynamique du cœur des joueurs adultes pour mieux expliquer l'impact de la spécialité sur le fonctionnement et la morphologie du cœur. Les recherches ont été effectuées grâce à la collaboration des joueurs de handball des sélections nationales et régionales.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Trente six joueurs ont été examinés au cours de la période de compétition du mois de novembre au mois de Février de l'année 1988/1989 en respectant les conditions et l'horaire de : 9⁰⁰ à 12⁰⁰ heures pour tous les sujets. La taille et le poids ont été mesurés avant l'accès à l'appareil échocardiographique de type TOCHIBA SSH 104 A. Les joueurs « Ecoles » au nombre de 12 sont âgés de 11-12 ans, les catégories « Cadets » et « Seniors » au nombre de 12 chacune âgés respectivement de 15-16 ans et de 21-25 ans.

RESULTATS

Les moyennes de la taille et du poids figurent au tableau suivant et montrent l'augmentation de ces paramètres avec l'âge. L'échocardiographie, en bidimensionnelle et en T.M. (time motion), nous a permis de définir les paramètres suivants : les diamètres télédiastolique (DTD) et télésystolique (DTS) du ventricule gauche, de la racine de l'aorte (Ao), de l'oreillette gauche (OG) et du ventricule droit (VD) ainsi que la vitesse moyenne de raccourcissement des fibres circonférentielles (VCF), du temps d'éjection ventriculaire gauche (T.E.V.G) et

des dimensions du septum inter-ventriculaire (SIV) et de la paroi postérieure (PP) ainsi que le rapport H/r.

Tableau 1 : Données anthropométriques des joueurs tunisiens de handball.

CATEGORIES	ECOLES n = 12		CADETS n = 12		SENIORS n = 12	
PARAMETRES	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Poids (kg)	43,30	3,39	65,40	8,77	79	4,94
Taille (cm)	154	6,15	177,30	6,09	181,20	3,08

Figure 1 : Coupe longitudinale grand axe du cœur à l'échocardiographie bidimensionnelle

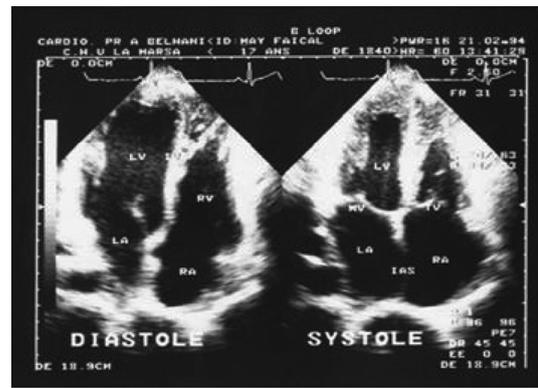
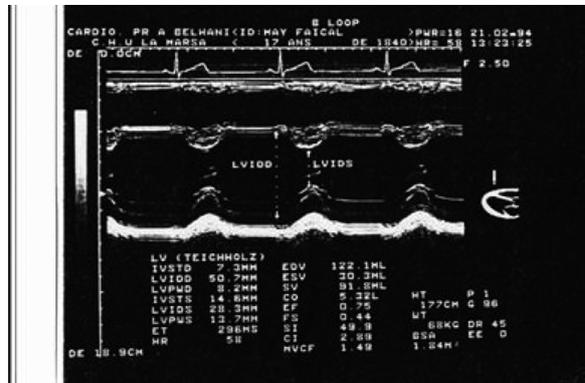


Figure 2 : Coupe transventriculaire à l'échocardiographie T.M.



1. Les diamètres télédiastolique (DTD) et télésystolique (DTS) du ventricule gauche (VG) :

D'après les données du tableau 2 on constate que le (DTD) et (DTS) ont accusé une augmentation sensible d'une catégorie à une autre, surtout entre les joueurs « écoles » et « cadets » à p<0.001 pour ces 2 paramètres, alors que l'augmentation de ces 2 derniers entre les « cadets » et « seniors » reste non significative (tableau 7).

Tableau 2 : Diamètres télédiastolique et téléstolique du (VG) chez les 3 catégories étudiées

CATEGORIES	ECOLES n = 12		CADETS n = 12		SENIORS n = 12	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
DTD (mm)	45,5	3,06	53,60	2,54	54,80	4,18
DTS (mm)	29,6	3,09	34,30	3,88	35,10	4,50

2. Les diamètres de la racine de l'aorte (Ao) du ventricule droit (VD) et de l'oreillette gauche (OG) :

Les modifications des structures cardiaques ne concernent pas seulement le ventricule gauche, on trouve aussi une dilatation du ventricule droit par augmentation du retour veineux, du diamètre de la racine de l'aorte (Ao) facilitant l'éjection systolique, et de l'oreillette gauche (OG). Cette augmentation est constatée d'une catégorie à une autre, mais elle est plus nette entre les deux premières catégories. Cette augmentation est significative à $p < 0.001$ concernant l'(Ao) et $P < 0.01$ concernant l'(OG) entre les deux premières catégories seulement.

Tableau 3 : Diamètres de l'Aorte, du ventricule droit et de l'oreillette gauche chez nos joueurs de handball.

CATEGORIES	ECOLES n = 12		CADETS n = 12		SENIORS n = 12	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Diamètre de l'Ao (mm)	23,9	13,7	31,5	5,34	31,1	2,64
Diamètre du VD (mm)	14,4	4,55	16,8	3,19	18,65	4,74
Diamètre de l'OG (mm)	27,6	1,57	31,3	3,05	32	3,16

3. La vitesse moyenne de raccourcissement des fibres circonférentielles (V.C.F) et du temps d'éjection ventriculaire gauche (T.E.V.G) :

Nous avons trouvé une diminution de la (V.C.F) à travers l'âge, cette diminution est de l'ordre de 0.13 circonf. /sec entre les débutants et les adultes. Quand au (T.E.V.G) on a remarqué une augmentation de ses valeurs avec l'âge. L'augmentation de ces deux paramètres à travers l'âge demeure non significative.

Tableau 4 : La vitesse moyenne de raccourcissement des fibres circonférentielles (V.C.F) et le temps d'éjection ventriculaire gauche (T.E.V.G) chez nos joueurs de Handball

CATEGORIES	ECOLES n = 12		CADETS n = 12		SENIORS n = 12	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
C.V.F (Circonf/sec)	1,44	0,25	1,35	0,26	1,31	0,28
T.E.V.G (m. sec)	247	32,68	269	34,66	278	38,14

4. Le septum interventriculaire (S.I.V) et la paroi postérieure (P.P) :

L'augmentation la plus importante de (S.I.V) et de la (PP) est constatée dans la fourchette d'âge allant des « cadets » aux « seniors ». Entre ces deux catégories l'augmentation est significative à $P < 0.001$ pour le SIV et $P < 0.01$ pour la paroi postérieure.

Tableau 5 : les dimensions du septum inter-ventriculaire (SIV) et de la paroi postérieure (PP) chez les joueurs testés

CATEGORIES	ECOLES n = 12		CADETS n = 12		SENIORS n = 12	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
S.I.V (mm)	7,40	1,17	7,80	1,31	10,35	1,88
P.P (mm)	6,40	1,07	7,10	1,19	8,10	1,46

5. L'index de masse ventriculaire gauche et le rapport H/r :

L'augmentation de l'épaisseur jointe à la dilatation de la cavité ventriculaire gauche conduit à une franche augmentation de la masse myocardique et de son index qui varie considérablement entre les « cadets » et les « seniors » à $P < 0.05$ de $100,3 \text{ g/m}^2$ à $124,3 \text{ g/m}^2$. Ces données se situent dans les normes et se rapprochent des normes retrouvées chez les skieurs de fond 124 g/m^2 , les cyclistes d'endurance 130 g/m^2 et les coureurs de fond 133 g/m^2 (16). Le caractère approprié de l'hypertrophie pariétale et de la dilatation ventriculaire gauche à été évalué en rapportant l'épaisseur pariétale (H) au rayon télédiastolique (r). Les valeurs obtenues restent dans les normes traduisant le caractère approprié de l'hypertrophie (17-21).

Tableau 6 : Index de masse du VG et le rapport H/r chez les joueurs de handball

CATEGORIES	ECOLES n = 12		CADETS n = 12		SENIORS n = 12	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Index de masse g/m^2	92,8	20,11	100,3	15,75	124,3	28,67
Rapport H/r	0,38	0,32	0,27	0,05	0,30	0,06

DISCUSSION

L'augmentation du volume cardiaque correspond à une augmentation de la performance cardiaque puisqu'elle est corrélée au débit cardiaque maximal et par conséquent au volume d'éjection systolique, ainsi qu'à la progression du VO_2 max. (22-29). L'augmentation de la cavité ventriculaire gauche est représentée par une augmentation du diamètre télédiastolique du V.G. n'excédant pas les limites admises de la normale soit 57 mm. Dans notre étude l'augmentation cavitaire est observée de façon systématique d'une tranche d'âge à une autre (19, 30, 31). L'étude statistique nous a permis de définir les paramètres qui attestent une différence significative entre les

Tableau 7 : Récapitulatif des paramètres myocardiques étudiés chez les joueurs Tunisiens de handball

CATEGORIES	ECOLES	SEUIL	CADETS	SEUIL	SENIORS
PARAMETRES	Moyenne ± Ecart type	P	Moyenne ± Ecart type	P	Moyenne ± Ecart type
DTD (mm)	45,5 ± 3,10	P<0.001	53,6 ± 2,55	NS	54,8 ± 4,18
DTS (mm)	29,60 ± 3,10	P<0.001	34,3 ± 3,89	NS	35,1 ± 4,51
S.I.V (mm)	7,40 ± 1,17	NS	7,8 ± 1,32	P<0.001	10,35 ± 1,89
P.P (mm)	6,40 ± 1,07	NS	7,1 ± 1,20	P<0.01	8,10 ± 1,47
H/r	0,38 ± 0,12	NS	0,27 ± 0,05	NS	0,30 ± 0,06
VCF circonf/sec	1,44 ± 0,25	NS	1,35 ± 0,26	NS	1,31 ± 0,28
Ao (mm)	23,90 ± 3,70	P<0.001	31,5 ± 5,34	NS	31,1 ± 2,64
OG (mm)	27,60 ± 1,58	P<0.01	31,3 ± 3,06	NS	32 ± 3,16
VD (mm)	14,4 ± 4,55	NS	16,8 ± 3,19	NS	18,65 ± 4,74
T.E.V.G (m.sec)	247 ± 32,68	NS	269 ± 32,46	NS	279 ± 38,14
Index de masse g/m²	92,8 ± 20,11	NS	100,3 ± 15,75	P<0.05	124,3 ± 28,67

catégories d'âge. Etant donné qu'on considère le handball comme une activité sportive mixte sollicitant les 3 filières énergétiques : aérobie, anaérobie alactique et lactique. Cela suppose alors une dilatation cavitaire pour les efforts impliquant un travail d'endurance (32-36) et une hypertrophie pariétale pour les efforts impliquant un travail de résistance (37-45).

Des résultats similaires ont été enregistrées suite aux modifications induites par l'activité physique sur le plan cardiaque qui restent dans les limites du physiologique selon, bien sûr, la discipline pratiquée. Des chercheurs ont observé au repos, une dilatation du ventricule gauche chez les coureurs de longues distances alors que les haltérophiles ont présenté une augmentation de l'épaisseur des parois.

Quoique les deux groupes ont, cependant, augmenté la masse de leur ventricule gauche après entraînement (46-48).

Les données de ce dernier tableau nous permettent d'avancer que les charges d'entraînement et de compétition en handball ont sollicité l'augmentation des paramètres de dilatation chez les jeunes de 11-12 ans à 15-16 ans, alors que les paramètres d'hypertrophie se sont améliorés par la suite. Ce qui justifie l'idée que chez les jeunes le travail doit être basé essentiellement sur l'amélioration de la qualité aérobie, sollicitant la dilatation du myocarde, par la suite on peut envisager un travail de résistance (49-55). Ces derniers suggèrent pour les jeunes des activités de type aérobie et anaérobie alactique alors que les exercices anaérobies lactiques doivent être introduits progressivement en fin de périodes pubertaire.

CONCLUSION

La pratique du handball dès le jeune âge semble favoriser une augmentation de l'index de masse du ventricule gauche avec une augmentation des diamètres et des volumes télédiastoliques et télésystoliques, ainsi que le diamètre de la racine de l'aorte du ventricule droit et de l'oreillette gauche traduisant une augmentation de la circulation de retour ainsi qu'une hypertrophie pariétale et septale. On peut donc considérer le handball comme une activité sportive qui sollicite à la fois une dilatation cavitaire et une hypertrophie pariétale et c'est essentiellement sur une base d'endurance que viennent la plupart des modifications (56-58). Quand à la résistance elle semble entraîner les mêmes modifications mais à un degré moindre. Autrement dit le handball n'entraîne pas une dilatation ou une hypertrophie mais les deux à la fois. Ces résultats sont confirmés par plusieurs chercheurs dans d'autres disciplines. Concernant l'âge, et à partir de la catégorie « écoles » le travail doit se baser sur l'amélioration de la qualité aérobie et anaérobie alactique, surtout que les jeunes ont une bonne capacité enzymatique oxydative liée à une meilleure aptitude aérobie qui se rapproche des adultes, comme d'ailleurs le stock de phosphagène musculaire (ATP + phosphocréatine) et le taux d'utilisation de ces substrats au cours des exercices sollicitant la filière anaérobie alactique. Et c'est à la fin de la période pubertaire qu'on peut envisager un travail de résistance d'une façon progressive surtout que la capacité glycolitique qui est limité chez les jeunes ne s'améliore qu'avec l'âge et l'entraînement.

Références

1. COUSTEAU J. P. Le cœur des athlètes de haute compétition, In : La revue du praticien ; T. 31, n° 25, 1981, pp. 1811. 1823.
2. COUSTEAU J. P. Cardiologie sportive, Masson 1988, Paris.
3. THIEBAULD C. M., SPRUMONT P. L'enfant et le sport. Sciences et pratiques du sport. Editions de Boeck 1998.
4. TROST S. G. Objective measures of physical activity with youth: current issues, future directions. *Exerc Sport Sci* 2001, Rev: 29: 32-36.
5. JACOB C., ZOUHAL H., GRATAS-DELAMARCHE A., BENTUE-FERRER D., BERTHON P., DELAMARCHE P. Effet de l'intensité de l'entraînement sur les réponses en catécholamines à l'exercice supra maximal chez des endurants de sexe masculin. *Science & Sports* 2003 ; 18 : 26-28.
6. CLAESSENS P., CLAESSENS C., CLAESSENS M. et al. Cardiac function by strain imaging: Key to the increased performance capacities of endurance-trained athletes. *Echocardiography* 2004; 21: 204-5.
7. BIGARD A., SANCHEZ H., KOULMANN N. Modulations du génome exprimé dans le muscle squelettique avec l'entraînement physique. *Sci Sports* 2007 ; 22 : 267-79.
8. DERBRE F., BOTCAZOU M., SOPHIE V. et al. Effets de l'entraînement de sprint et du désentraînement sur les variations du volume plasmatique induites par un test supra maximal chez des adolescents. *Sci Sports* 2009 ; 24 : 166-72.
9. GAMELIN F., BERTHOIN S., BOSQUET L. Effet de l'entraînement aérobie sur la variabilité de la fréquence cardiaque au repos. *Sci Sports* 2009 ; 24 : 128-36.
10. NOTTIN S., VINET A., N'GUYEN L. et al. Central and peripheral cardio-vascular adaptations during a maximal cycle exercise in boys and men. *Med Sci. Sports Exerc* 2002; 3: 456-63.
11. VINET A., NOTTIN S., LECOQ A., GUENON P., OBERT P. Cardiovascular responses to progressive cycle exercise in healthy children and adults. *Int. J Sports Med* 2002; 23 : 242-46.
12. BILLAT V. Physiologie et méthodologie de l'entraînement. 2ème édition. Editions de Boeck. 2003.
13. WILMORE J. H., COSTILL D. L. Physiologie du sport et de l'exercice. Editions de Boeck. 2006.
14. SHARMA S., WHYTE G., ELLIOT P., et al. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br J Sports Med.* 1999; 33: 319-24.
15. WHYTE G., GEORGE K., SHARMA S. et al. The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes: the British experience. *Eur. J Appl. Physiol.* 2004; 92 : 592-7.
16. MILLIKEN M., STRAY GUNDERSON J., PESHOCK R., KATEZ J., MITCHELL J. H. Left ventricular mass as determined by magnetic resonance imaging in male endurance athletes *Am. J Cardiol* 1988;62: 301-5.
17. POTIRON M., BOURDON A. Le gros cœur du sportif. *Sci Sports*, 1989 ; 4 : 305-310.
18. EISENMANN J., KATZMARZYK P., THERIAULT G., SONG T., MALINA R., BOUCHARD C. Cardiac dimensions, physical activity, and sub maximal working capacity in youth of the Quebec Family Study. *Eur. J Appl. Physiol.* 2000: 81: 40-46.
19. PAVLIK G., OLEXÓ ZS, OSVÁTH P., et al. Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. *Br J Sports Med.* 2001; 35:95-9.
20. WHYTE G., GEORGE K. P., SHAVE R., et al. The impact of marathon running on cardiac structure and function in recreational runners. *Clin Sci.* 2005; 108: 73-80.
21. BASAVARAJIAH S., WILSON M., WHYTE G., SHAH A., MCKENNA W., SHARMA S. The prevalence of hypertrophic cardiomyopathy in highly trained athletes: Relevance to pre-participation screening, *J Am Coll. Cardiol* 2008; 51:1033-39.
22. BALLESTER L., PELAYO P., CARPENTIER C. et al. Evolution des paramètres ventilatoires du VO₂ max et des dimensions cardiaques chez le nageur de compétition au cours de la croissance (11-14 ans). *Sci Sports* 1992 ; 7: 1-7.
23. PELLICCIA A., CULASSO F., DI PAOLO F. M., MARON B. J. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann. Intern. Med.* 1999; 130: 23-31.
24. PERREY S., CANDAU R. Déterminants des différentes phases de la cinétique de la consommation d'oxygène chez l'homme. *Sci Sports* 2002; 17 : 220-33.
25. VANDEWALLE H. Consommation d'oxygène et consommation maximale d'oxygène : intérêts et limites de leur mesure. *Ann Réadap Méd Physique* 2004 ; 47 : 243-25.
26. OXBOROUGH D., SHAVE R., MIDDLETON N., WHYTE G., FORSTER J., KEITH G. The Impact of Marathon Running Upon Ventricular Function as Assessed by 2D, Doppler, and Tissue-Doppler Echocardiography. *Echocardiography* 2006;23: 35-641.
27. KNEFFEL Z., HORVÁTH P., PETREKANITS M., et al. Relationship between relative aerobic power and echocardiographic characteristics in male athletes. *Echocardiography* 2007; 24:901-10.
28. MONOD H., FLANDROIS R., VANDEWALLE H. Physiologie du sport. Bases physiologiques des activités physiques et sportives. 6ème Editions Masson 2007.
29. ZSUZSANNA K., PATRÍCIA H., MÁTÉ P., HAJNALKA N., ZOLTÁN S., GÁBOR P. Relationship between Relative Aerobic Power and Echocardiographic Characteristics in Male Athletes. *Echocardiography* 2007 ; 24 : 901-10.
30. BALDI J, MFARLANE K, OXENHAM H, WHALLEY G, WALSH H, DOUGHTY R. Left ventricular diastolic filling and systolic function of young and older trained and untrained men. *J Appl. Physiol.* 2003; 95: 2570-5.
31. MARTIN STOUT. Athletes' Heart and Echocardiography: Athletes' Heart. *Echocardiography* 2008; 25: 749-54.
32. LAURENCEAU J. L., TURRAT J., DUMESNIL. Echocardiographic findings in olympic athletes (abst). *Circulation* 1977 : 56-25.
33. BROWN S., BYRD R., JAYASINGUE D., JONES. Echocardiography characteristics of competitive and recreational weight lifters. *J. Cardiovasc. Ultrason* 1983; 2:163-67.
34. MOUSTAGHFIR A., HAD A., BENYASS A. et al. Cœur du sportif : modifications électriques et échocardiographiques au repos. Etude de 75 sportifs et de 45 témoins. *Ann Cardiol Angeiol* 2002 ;51 : 188-92.
35. TRIPOSKIADIS F., GHIOKAS S., SKOULARIGIS I., KOTSAKIS A., GIANNAKOULIS I., THANOPOULOS V. Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *Eur J Clin Invest*, 2002; 32: 16-23.
36. BAQUET G., VANPRAAGH E., BERTHOIN S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med.* 2003; 33: 1127-43.
37. PLAS F. Guide de cardiologie du sport. Laboratoire Besins – Iscovesco, Ed. Baillière, Paris, 1976.
38. LAURENCEAU J. L. Etude échocardiographique du cœur d'athlète, Masson, Paris, 1978.
39. ROZO et al. Appréciation de l'hypertrophie ventriculaire gauche chez le sportif. Corrélations électro et échocardiographiques, 1980 – mises à jour cardiologiques, IX, 2, 45.
40. CRIELAARD J. M., PIRNAY F., FRANCHIMONT P. Croissance et exercice anaérobie lactique. In : L'enfant, l'adolescent et le

- sport. Ed Masson, Paris, 1986. pp. 35-51.
41. PRAAGH E. V. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med.* 2002; 32: 701-28.
 42. DUCHÉ P., BEDU M., VAN PRAAGH E. Exploration des performances anaérobies de l'enfant. Bilan de 30 ans de recherché. *STAPS* 2001 ; 54 : 109-30.
 43. PAVLIK G., KEMÉNY D., KNEFFEL Z. S., et al. Echocardiographic data in Hungarian top-level water polo players. *Med Sci. Sports Exerc* 2005; 37: 323-28.
 44. DOTAN R., OHANA S., BEDIZ C., FALK B. Blood lactate disappearance dynamics in boys and men following exercise of similar and dissimilar peak-lactate concentration. *J Pediat. Endoc. Metab* 2003; 16 : 419-29.
 45. LABBE L., DOUARD H., DUBEAU S., MONTERO C., POIGNANT I., BROUSTET J. P. Echocardiographie chez le footballeur professionnel : comparaison entre les décennies 1980 et 2000. *Sci Sports* 2006 ; 21 : 13-19.
 46. DELIGIANNIS A. & al. Effect of sub maximal dynamic exercise on left ventricular function in endurance and power training athletes. *Med. Sci. Res.* 1995; 23:225-27.
 47. AYABAKAN C., AKALIN F., MENGÜTAY S., COTUK B., ODABAS I., OZÜAK A. Athlete's heart in prepubertal male swimmers. *Cardiol Young* 2006; 16: 61-6.
 48. STOUT MARTIN. Athletes' Heart and Echocardiography: Athletes' Heart. *Echocardiography* 2008 ; 25 : 749-54.
 49. DELAMARCHE A. G., DELAMARCHE P. L'entraînement des aptitudes aérobie et anaérobie de l'enfant. *Sciences et motricité* 1990 ; 10: 44-9.
 50. BENCKE J., DAMSGAARD R., SAEKMOSE A., JORGENSEN P., JORGENSEN K., KLAUSEN K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand. J Med. Sports* 2002; 12: 171-78.
 51. ARMSTRONG N., WELSMAN J. Cardiovascular responses to submaximal treadmill running in 11 to 13 year olds. *Acta Pediatr* 2002; 91: 125-31.
 52. ALMARWAEY O., JONES A., TOLFREY K. Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med Sci. Sports Exerc* 2003; 35: 480-87.
 53. BAQUET G., VANPRAAGH E., BERTHOIN S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med.* 2003; 33: 1127-43.
 54. MARTIN R., DORÉ E., TWISK J., VAN PRAAGH E., HAUTIER C., BEDU M. Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Med Sci. Sports Exerc.* 2004; 36:498-503.
 55. KASABALIS A. DOUDA H. TOKMAKIDIS S. Relationship between anaerobic power and jumping of selected male volleyball players of different ages. *Percep. Mot. Skills* 2005 ; 100: 607-14.