



CLUB DES
CARDIOLOGUES
DU SPORT

LE COEUR DE L'ENFANT ATHLÈTE

Avec la revue

Cardio

N°25 - Novembre 2010

& Sport

LA REVUE PRATIQUE DE LA CARDIOLOGIE DE L'EFFORT

BONNES PRATIQUES

Epreuve d'effort en
réadaptation cardiaque
Quelle utilisation ?

PHYSIOLOGIE

Le cœur de l'astronaute
De la recherche spatiale
à la cardiologie appliquée

CAS CLINIQUE

Insuffisant cardiaque
et Iron Man
L'intérêt des examens
ergométriques

IMAGERIE

Suspicion de dysplasie
arythmogène du VD
Quel type d'imagerie
demander ?

LE POINT SUR...

Syndrome
de Wolff-Parkinson-White
et pratique sportive



Un poster
« Les dix
règles d'or »
du Club des Cardiologues du Sport
à l'intérieur

Mise
au point

LE CŒUR DE L'ENFANT ATHLÈTE : DES SPÉCIFICITÉS À PRENDRE EN COMPTE

- Bienfaits de l'activité physique et sportive
- Les adaptations aiguës à l'exercice
- Contraintes spécifiques
- La visite de non contre-indication au sport en compétition, l'échocardiogramme, l'épreuve d'effort
- Les risques de l'activité sportive intense

Le cœur de l'enfant athlète

Des spécificités à prendre en compte

L'épidémie actuelle de sédentarité n'épargne pas les enfants et la pratique sportive régulière doit être encouragée dès le plus jeune âge. A l'opposé, une population d'enfants athlètes se développe actuellement. Il s'agit de filles et de garçons entre 6 et 15 ans, en période pré ou post-pubertaire, dont le volume d'activité sportive intense, supérieur à 60 % du VO_2 max, dépasse 6-8 heures par semaine depuis au moins six mois. Les spécificités d'adaptation de ces enfants sont multiples et méritent d'être connues du médecin et, en particulier, du cardiologue. En effet, il faut éviter chez ces enfants, comme chez les adolescents, d'une part de banaliser des particularités cardiovasculaires (CV) au risque d'ignorer des pathologies potentiellement graves ou pouvant être aggravées par la pratique sportive et, d'autre part, à l'inverse, de prononcer des contre-indications abusives à la pratique sportive. De plus, des conseils de prévention sont aussi nécessaires pour éviter des excès parfois favorisés par l'attitude de parents ou d'un entourage, souvent guidés par des motifs discutables.

Dr Jean Gauthier*, Pr François Carré**

> Bienfaits de l'activité physique et sportive chez l'enfant

Les méfaits, entre autres cardiovasculaires, de la sédentarité chez l'adulte sont bien validés. Les risques de l'inactivité physique chez l'enfant ont aussi été étudiés et il paraît essentiel de ne pas les ignorer. En effet, d'une part, l'habitude de la sédentarité prise dans l'enfance persiste à l'âge adulte et s'associe à une difficulté accrue de changement de mode de vie. D'autre part, les enfants sédentaires présentent en moyenne des niveaux de facteurs de risque (surpoids ou obésité, tension artérielle, troubles lipidiques, syndrome métabolique) plus élevés que les enfants actifs. Enfin, les études qui ont analysé les effets



© Aldo Murrillo - iStock

L'habitude de sédentarité prise dans l'enfance persiste à l'âge adulte et s'associe à une difficulté accrue de changement de mode de vie.

de la pratique régulière d'une activité physique et sportive dans l'enfance montrent, dans l'ensemble, un effet bénéfique sur le

niveau de ces facteurs de risque. Les activités de type aérobie sont les plus bénéfiques. Les études de type dose-réponse montrent que

>>> * Arles

** Hôpital Pontchaillou, Rennes



© Carmen Martínez Banús - iStock

Au total, à charge de travail égale, les lactatémies de l'enfant et de l'adolescent sont inférieures à celles de l'adulte.

plus le niveau d'activité est élevé, plus grand est le bénéfice. Ainsi, même si une augmentation modérée de la dépense énergétique est bénéfique, en particulier sur le risque d'obésité, l'activité physique doit au moins être d'intensité modérée pour présenter une bonne efficacité. Une activité plus intense produit un bénéfice plus marqué. Il est ainsi recommandé que tous les enfants et adolescents entre 5 et 17 ans pratiquent au moins une heure d'activité physique d'intensité modérée par jour. L'activité de type aérobie doit prédominer mais l'association, au moins une fois par semaine, d'activités sollicitant la force musculaire est recommandée (1). La pratique d'une activité sportive par l'enfant doit être encouragée. Dans ce cadre, outre l'exemple donné par les pa-

L'utilisation des "seuils" lactiques ou ventilatoires est discutable chez l'enfant.

rents qui a un impact important, il faut proposer à l'enfant les différentes disciplines et le laisser faire son choix en fonction de ses goûts et de ses possibilités.

> Les adaptations aiguës à l'exercice de l'enfant

Les filières énergétiques

Au niveau des muscles squelettiques, les caractéristiques histologiques et anatomiques, distribution et surface, des fibres lentes ("rouges") et rapides ("blanches") de l'enfant sont identiques à celles de l'adulte (2). Sur le plan énergétique, le pouvoir oxydatif du muscle est plus grand et son taux de succinate deshydrogénase est plus élevé. Ainsi, à puissance d'exer-

cice égale, l'enfant oxyde plus de pyruvate que l'adulte ; avec une lactatémie plus basse (3). La concentration intramusculaire en glycogène au repos, qui est moins élevée que chez l'adulte, s'accroît progressivement à partir de la période pré-pubertaire immédiate. Les enzymes glycolytiques, phosphofructokinase et lactate deshydrogénase, sont moins importantes chez l'enfant que chez l'adulte (4). Ainsi, le pouvoir glycolytique de l'enfant est limité, ce qui explique aussi la lactatémie plus faible. Au total, à charge de travail égale, les lactatémies de l'enfant et de l'adolescent sont inférieures à celles de l'adulte. L'utilisation des "seuils" lactiques ou ventilatoires est donc discutable chez l'enfant (5).

Le potentiel aérobie est proportionnellement supérieur chez l'enfant par rapport à l'adulte, même si on prend en compte les

contraintes mécaniques et thermiques qui minorent la différence. La part du métabolisme aérobie dans l'apport énergétique total est donc plus importante chez l'enfant que chez l'adulte (6).

Le potentiel anaérobie alactique est pratiquement identique chez l'enfant et l'adulte. Toutefois, l'endurance-vitesse, exprimée par la capacité à maintenir un effort à vitesse maximale, n'est que de 3

secondes chez l'enfant contre 6 à 10 secondes chez l'adulte.

Le potentiel anaérobie lactique augmente avec l'âge en restant très inférieur à celui de l'adulte. En revanche, le rôle de l'entraînement est important et on observe une augmentation significative du lactate intramusculaire et de la phosphofruktokinase en 6 semaines d'entraînement en "résistance" chez l'enfant (7).

Au niveau métabolique, l'enfant récupère plus vite que l'adulte. En

effet, lors d'un effort supra-maximal (anérobie), le pH intramusculaire de l'enfant baisse moins que celui de l'adulte. Ceci est dû, pour une part à la faible teneur en glycogène musculaire et, d'autre part, au pouvoir oxydatif plus élevé chez l'enfant (8).

Du fait de plusieurs spécificités (élasticité musculaire, poids, souplesse, niveau technique, mental), le rendement énergétique global de l'enfant est inférieur à celui de l'adulte (9).

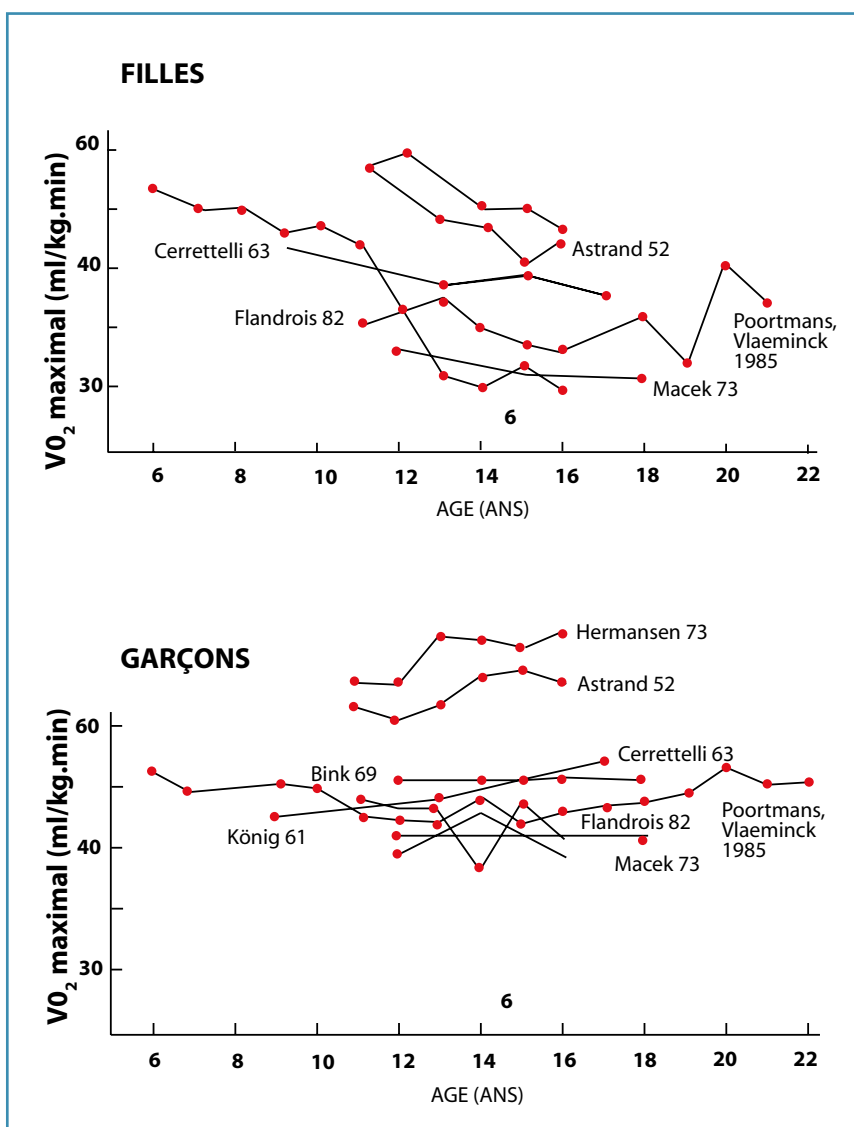


Figure 1 - Présentation des études concernant l'évolution du VO₂max normalisé par le poids chez des enfants et des adolescents en fonction de l'âge. D'après la référence 10.

La consommation en oxygène

La consommation maximale en oxygène augmente régulièrement avec la croissance. Avant la puberté, le VO₂max normalisé par la masse maigre n'est pas différent chez les garçons et les filles. Après la puberté, il existe une nette différence entre garçons et filles sous l'influence de la différence de masse musculaire (Fig. 1). Toutefois, le VO₂max normalisé par le poids est stable autour de 50 ml.min⁻¹.kg⁻¹ chez le garçon pendant l'adolescence et diminue régulièrement dès l'âge de 10 ans chez la fille (10). La baisse de l'activité physique régulière chez les adolescentes explique pour une large part cette différence (1). La consommation d'oxygène est le produit du débit cardiaque par la différence artério-veineuse en O₂ (équation de Fick).

Les adaptations cardiovasculaires et périphériques

Les adaptations CV aiguës à l'exercice sont globalement les mêmes chez l'enfant et chez l'adulte. Lors d'un exercice dynamique progressivement croissant, le débit cardiaque augmente grâce à l'élévation progressive de

ces deux facteurs : la fréquence cardiaque (FC) et le volume d'éjection systolique (VES). La tachycardie initiale est due à la levée du frein vagal puis, au-delà du seuil ventilatoire, aux effets conjoints du sympathique et des catécholamines. La FC maximale est souvent très élevée et mal évaluée par des formules qui n'ont pas été validées en règle chez les enfants. La pression artérielle systolique augmente moins que chez l'adulte, la diastolique diminue plus souvent et parfois de manière marquée. Comme chez l'adulte, le VES augmente grâce à la majoration du volume télé-diastolique et à la baisse du volume télésystolique du ventricule gauche (VG). Au-delà de 50-60 % du VO_2 max, le VES n'augmente pratiquement plus. La baisse des résistances périphériques est plus marquée chez l'enfant que chez l'adulte (11). La différence artério-veineuse augmente plus chez l'adulte (11). Les adaptations CV à l'exercice statique sont semblables à celles de l'adulte (12). Avant la puberté, l'entraînement en endurance modifie les paramètres de repos avec majoration de la réponse au tonus vagal comme en témoigne l'augmentation de la variabilité sinusale (13). Par rapport au sédentaire, le cœur entraîné est plus lent au repos, et hypertrophié avec une dilatation cavitaire, en partie due à l'hypervolémie secondaire à l'entraînement. Pendant l'exercice, par contre, peu de différences sont observées à cet âge, les évolutions des diamètres VG sont similaires chez les sportifs et les sédentaires. A l'effort maximal, la FC n'est pas modifiée, le débit cardiaque est augmenté grâce au VES plus élevé et la différence artério-veineuse est augmentée (13, 14).



© nycshooter - iStock

La sudation de l'enfant est plus tardive et plus importante.

Réponses hormonales

Les réponses hormonales à l'effort de l'enfant diffèrent de celles de l'adulte. Les catécholamines plasmatiques déjà plus basses au repos montent moins à l'effort. Cet aspect est plus marqué chez la fille que chez le garçon (15). Les hormones impliquées dans la glycorégulation à l'effort (insuline, glucagon et cortisol) évoluent aussi différemment avec, pour conséquence, une moins bonne régulation glycémique à l'effort chez l'enfant que chez l'adulte, en particulier chez l'adolescent. Le risque hypoglycémique à l'effort chez l'enfant est important et des précautions nutritionnelles peuvent être justifiées (16).

> Contraintes spécifiques à l'enfant

L'environnement

L'enfant, par son rapport surface cutané/masse corporelle plus élevé que chez l'adulte, est fortement exposé à l'environnement

thermique. A effort physique égal, la thermogenèse de l'enfant est proportionnellement plus importante que celle de l'adulte. La sudation de l'enfant est plus tardive et plus importante. Le risque de déshydratation est donc très élevé. Après la puberté, la fille tolère mieux le froid et le garçon lutte plus efficacement contre la chaleur (17). La thermorégulation doit donc être aidée chez l'enfant et l'hydratation encore plus rigoureuse que chez l'adulte.

Le mode de vie

Outre les contraintes de l'entraînement, l'enfant athlète doit faire face à celles de l'école et de la période de croissance avec ses besoins énergétiques propres. Un bon équilibre activité-récupération est indispensable. Il faut savoir canaliser si besoin l'entourage contre la polyactivité sportive et/ou les activités inadéquates et contre la précocité de la compétition et l'attachement trop important aux résultats. Les excès, parfois dangereux, sont souvent source de fatigue et de déceptions.

> La visite de non contre-indication au sport en compétition

Les activités sportives les plus pratiquées par l'enfant sont habituellement de type mixte, dynamiques et statiques : natation, gymnastique, sports de combat, football ou autres sports collectifs...

La loi française impose la réalisation d'une visite de non contre-indication pour la pratique d'un sport en compétition. Son contenu diffère selon le niveau d'entraînement et de performance. Les jeunes les plus performants sont listés par leur fédération et dirigés vers des pôles ou centres d'entraînement nationaux. Cette liste de sportifs est réactualisée chaque année. En accord avec un arrêté ministériel de 2004, revu en 2006, les sportifs de haut niveau inscrits sur les listes par leur fédération doivent bénéficier annuellement de deux examens médicaux réalisés par un médecin du sport, d'un entretien psychologique et d'un ECG de repos. Ils doivent réaliser au moins tous les 4 ans une épreuve d'effort à visée cardiologique et non pour le suivi de l'entraînement. Enfin, un échocardiogramme transthoracique de repos doit être réalisé une fois dans la carrière et répété à 18 ans si le premier est réalisé avant 15 ans et que le sport intense est poursuivi. Le contenu de ces examens peut varier un peu dans les centres de formation de certains sports "professionnels". Ces examens sont à la charge des fédérations ou de la structure demandeuse.

Pour tous les autres jeunes sportifs, quel que soit leur niveau d'entraînement, pratiquant la compétition, une visite médicale annuelle réalisée par un médecin généraliste est obligatoire. La loi ne précise pas son contenu, mais des recommanda-

Tableau 1 – Valeurs moyennes des paramètres ECG quantitatifs (limite supérieure relevées au repos chez des enfants sédentaires (revue de la littérature).

		Pré-pubère	Post-pubère
PR (ms)	G	135 (170)	140 (180)
	F	130 (160)	135 (175)
QRS (ms)	G	85 (105)	90 (110)
	F	82 (100)	87 (105)
QTc (Bazett)	G/F	410 (445)	445 (460)
Sokolow (mm)	G	40 (50)	45 (55)
	F	35 (45)	40 (50)
FC (bpm)	G/F	80-90 (105)	70-75 (105)

tions publiées par des sociétés savantes existent. L'examen clinique doit comprendre un interrogatoire sur les antécédents familiaux et personnels et sur les signes fonctionnels. La Société Française de Médecine du Sport recommande un interrogatoire établi en collaboration avec d'autres sociétés et un contenu de l'examen physique téléchargeables sur son site. Il est recommandé de faire signer l'interrogatoire par le jeune sportif et par son représentant légal. La Société Française de Cardiologie, en accord avec la Société Européenne de

Cardiologie, recommande la réalisation d'un ECG de repos dès l'âge de 12 ans lors de la première visite de non contre-indication puis tous les 3 ans jusqu'à 20 ans (18). Ces examens sont à la charge du sportif ou de son club. Rappelons que l'ECG de repos peut être réalisé par le médecin généraliste. En effet, la question qui est posée est de savoir si l'ECG est normal ou non. Le diagnostic étiologique d'une anomalie éventuelle se fera en collaboration avec le cardiologue qui s'appuie le plus souvent sur des examens complémentaires, échocardiogramme

La pratique sportive intense peut entraîner les mêmes modifications à l'ECG chez l'enfant que chez l'adulte.

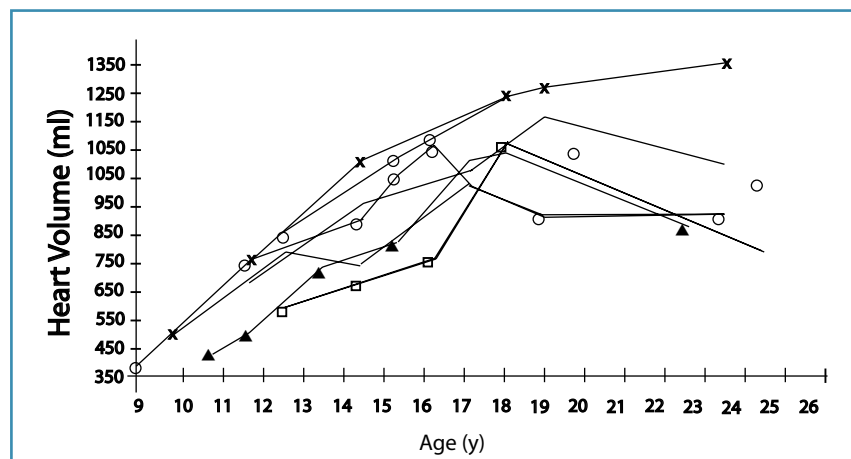


Figure 2 - Suivi longitudinal du volume cardiaque de jeunes nageurs de compétition. Chaque ligne représente un nageur. Normalisation après arrêt de l'entraînement. Un seul nageur continue après 25 ans (x-x). D'après la référence 21.

et épreuve d'effort en premier lieu, pour conclure.

L'ECG de l'enfant sédentaire peut présenter des particularités (19). Les limites des paramètres quantitatifs sont résumées dans le **tableau 1**. Avec l'âge, la FC diminue, plus chez les garçons que chez les filles, et les durées de P, PR et QRS augmentent. La durée du QT corrigée par la formule de Bazett peut être un peu plus longue chez les filles. Une limite supérieure de 450 avant 16 ans est proposée. L'arythmie respiratoire est marquée mais les extrasystoles sont rares. Les ondes T peuvent présenter des particularités avant la puberté, les syndromes de repolarisation précoce sont très fréquents et les ondes T diphases ou négatives ne sont pas exceptionnelles. Chez des enfants sédentaires et sains, avant 12 ans, des ondes T négatives se voient jusqu'à V3 chez 30-40 % et chez 5 % jusqu'à V4. Entre 12 et 18 ans, les fréquences sont respectivement de 5-15 % et de 0 %. Chez les athlètes, des ondes T négatives au-delà de V2 s'observent chez moins de 1 % avant 16 ans et chez 0 % après 16 ans (20).

La pratique sportive intense peut entraîner les mêmes modifications ECG chez l'enfant que chez l'adulte. Une bradycardie (FC < 60 bpm) sinusale, des rythmes ectopiques le plus souvent jonctionnels, une arythmie respiratoire majeure, un allongement de PR, un bloc incomplet droit, une hypertrophie ventriculaire isolée sans déviation axiale ni trouble de repolarisation associé chez un enfant athlète asymptomatique peuvent être reliés à la pratique sportive et ne doivent pas inquiéter. Toutes les autres anomalies réclament un bilan complémentaire avec au moins échocardiogramme et épreuve d'effort. Concernant la repolarisation, les syndromes de repolarisation précoce sont plus fréquents et non inquiétants. L'observation

d'autres anomalies de l'onde T et, en particulier, d'ondes T négatives qui ne sont pas plus fréquentes chez l'enfant ou l'adolescent athlète que chez le sédentaire, imposent un bilan complémentaire. La même attitude est recommandée en cas d'arythmie.

> L'échocardiogramme de l'enfant athlète

La connaissance des adaptations échographiques du cœur de l'enfant

athlète a beaucoup bénéficié d'une étude longitudinale allemande de 1980 qui a suivi pendant 15 ans un groupe de nageurs de compétition à partir de l'âge de 9 ans (20). L'évolution de leur consommation maximale en oxygène et des paramètres VG échographiques a été étudiée. Elle a montré que la consommation en oxygène augmentait avant la puberté en corrélation avec une hypertrophie ventriculaire gauche proportionnellement moins importante que chez les nageurs

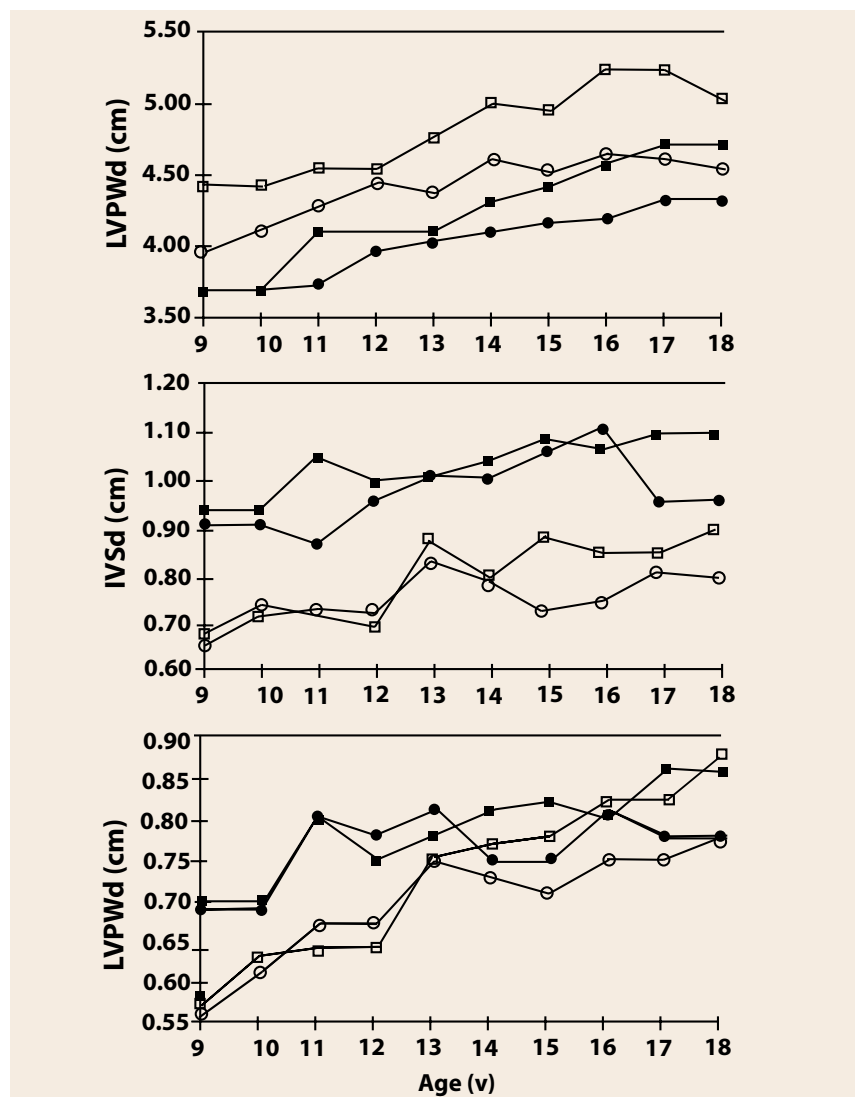


Figure 3 - Suivi longitudinal des paramètres échographiques chez des enfants sédentaires (□ garçons et ○ filles) entraînés (■ garçons ● filles). LVIDd : diamètre télédiastolique du ventricule gauche ; IVSd : épaisseur du septum ; LVPWd : épaisseur du mur postérieur du ventricule gauche. D'après la référence 21.

adultes. Elle diminuait significativement à l'arrêt de la compétition.

Des adaptations morphologiques et fonctionnelles peuvent s'observer chez l'enfant athlète par rapport au sédentaire (Fig. 3). Elles présentent quelques spécificités par rapport à l'athlète adulte. Globalement, la dilatation cavitaire prédomine chez le jeune athlète. Avant la puberté, elle est isolée sans hypertrophie pariétale associée (21). Après la puberté, une hypertrophie modeste des parois, plus nette chez les garçons, est associée à la dilatation cavitaire. Comparé aux hommes adultes chez qui le diamètre télédiastolique du ventricule gauche (DTDVG) dépasse 55 mm dans 45 % et 60 mm dans 14 % des cas, seuls 18 % des adolescents ont un DTDVG supérieur à 55 mm et un DTDVG supérieur à 60 mm est exceptionnel. Chez les filles, l'observation d'un DTDVG supérieur à 55 mm est très rare (22, 23). L'oreillette gauche aussi est dilatée, comme les autres cavités, avec conservation des différents rapports intercavitaires. L'analyse du remplissage mitral montre un rapport E/A augmenté par rapport aux sédentaires appariés en âge. Cette augmentation, comme chez l'adulte, est essentiellement due à la diminution de l'onde A. L'analyse par Doppler tissulaire (Fig. 4) montre

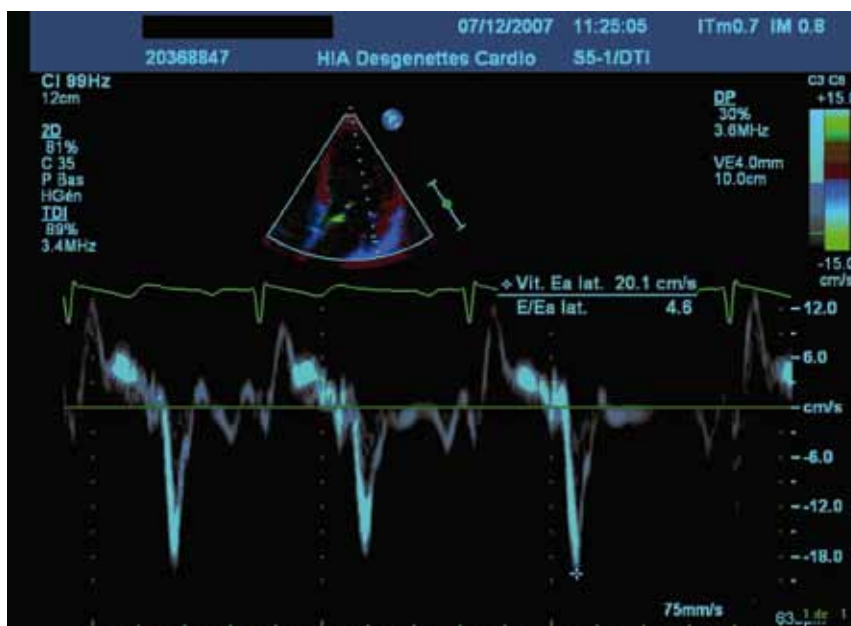


Figure 4 - Exemple de Doppler tissulaire à l'anneau mitral enregistré chez un jeune joueur de football de 15 ans. Image due à la courtoisie du Dr Guérard (Lyon).

que le rapport E/E', un index de pression intra-VG, n'est pas modifié (13, 14). Ainsi, les adaptations fonctionnelles du cœur d'athlète adulte se retrouvent avant la puberté chez l'enfant entraîné alors que les adaptations morphologiques sont différentes avec une dilatation nettement prédominante. Les adaptations sont plus marquées, surtout après la puberté, chez les garçons que chez les filles. Ceci est expliqué pour une grande part par la différence d'environnement hormonal, avec prédominance des androgènes

chez les adolescents garçons. Des valeurs limites des adaptations morphologiques peuvent être proposées à partir des valeurs relevées chez les athlètes français (Tab. 2). Il faut insister sur la nécessité d'indexer les valeurs absolues mesurées. L'indexation la plus classique est faite par la surface corporelle bien que le paramètre idéal d'indexation reste discuté. Au-delà des valeurs proposées dans le tableau 2, la question de la frontière entre cœur d'athlète et pathologie myocardique doit être posée. Un bilan complémentaire est justifié, et, au moindre doute, un arrêt total au moins temporaire (3 à 6 mois) de toute pratique sportive peut être nécessaire.

Tableau 2 - Limites des adaptations morphologiques échographiques (TM) des cavités gauches relevées chez les jeunes sportifs de haut niveau français. VG, OG = ventricule et oreillette gauches, DTDVG = diamètre télédiastolique du VG. (Données personnelles non publiées).

		Filles (mm)	Garçons (mm)	Valeur indexée (mm.m ²)
< 12 ans	Parois VG	7	8	6
	DTVVG	45	50	35
	OG	30	32	25
12-16 ans	Parois VG	9	11	6,5
	DTDVG	50	55	36
	OG	35	40	25

> L'épreuve d'effort de l'enfant athlète

Le choix du protocole est difficile surtout avant la puberté. Il dépend de la taille et de la discipline sportive. Le tapis roulant est privilégié avec le plus souvent une pente constante et une vitesse croissante. Les critères d'ar-

rêt sont discutés en particulier pour les chiffres tensionnels. La FC maximale prédite est souvent difficile à atteindre.

Les réponses électriques classiques sont un sous-décalage ascendant du ST en précordial avec aplatissement de l'onde T. Les particularités de repos, PR long, repolarisation précoce, arythmies éventuelles, doivent disparaître rapidement à l'effort. En récupération, le frein vagal est souvent puissant. La pression artérielle systolique augmente modérément et les chiffres diastoliques sont souvent très bas.

> Les risques de l'activité sportive intense chez l'enfant

Les accidents mortels, heureusement exceptionnels, sont dans plus de 80 % des cas d'origine cardiovasculaire et dus à une arythmie cardiaque. Dans l'immense majorité des cas cette arythmie ventriculaire sévère complique une cardiopathie méconnue. Chez l'enfant et l'adolescent, les cardiomyopathies arythmogènes, comme la cardiomyopathie hypertrophique (CMH), la maladie arythmogène du ventricule droit (MAVD), l'anomalie de naissance et de trajet des coronaires et les myocardites sont les causes principales. La prévention efficace de ces accidents rares mais dramatiques repose donc sur la visite de non contre-indication et l'éducation du sportif. Rappelons que l'ECG de repos est anormal dans plus de 80 % des cas en cas de CMH et 60 % des cas de MAVD. Chez l'enfant pré-pubère cependant, une mutation génétique peut ne pas

Les adaptations fonctionnelles du cœur d'athlète adulte se retrouvent avant la puberté chez l'enfant entraîné alors que les adaptations morphologiques sont différentes avec une dilatation cavitaire nettement prédominante.

avoir encore d'expression phénotypique, d'où la nécessité de répéter l'examen comme cela est recommandé (18). Il en est de même pour l'échographie cardiaque. La détection des anomalies des artères coronaires est plus difficile, car souvent l'accident cardiovasculaire révèle la pathologie. La vérification au moins de l'emplacement de l'origine des artères coronaires, lorsqu'un échocardiogramme est réalisé, n'est pas très difficile ni très chronophage chez l'enfant. L'éducation du jeune sportif et de son entourage est essentielle. Il faut s'appuyer sur les règles diffusées par le Club des Cardiologues du Sport (clubcardiosport.com). Le respect des symptômes anormaux avec consultation au moindre doute et de l'abstention de pratique sportive intense en cas d'épisode viral revêt une importance majeure dans ce cadre.

Le *commotio cordis* rapporté surtout par les études américaines paraît plus fréquent chez l'enfant du fait de la déformabilité importante de la cage thoracique. Un traumatisme par un coup (sports de combat) ou par un projectile de petite taille (balle de base-ball, puck de hockey par exemple) peut entraîner un trouble du rythme ventriculaire grave ou plus rarement un trouble de conduction sur un cœur a priori sain. Le port de systèmes de protection dans certains sports à risque est donc encouragé.

Les autres causes non cardiovasculaires de mort subite rapportées sont les bronchospasmes, les crises d'épilepsie et les causes encore non expliquées. Le bronchospasme ne survient pas exclusivement chez l'enfant asthmatique, il peut aussi révé-



© Alexander Rathns - Fotolia

L'éducation du jeune sportif est essentielle.

ler la pathologie. Il peut être favorisé par l'effort intense en particulier en cas d'inhalation d'air froid (25). Chez l'asthmatique connu, l'utilisation de bronchodilatateurs est efficace. Une utilisation préventive est donc conseillée après obtention d'une autorisation d'usage thérapeutique (AUT) indispensable si le sportif participe à des compétitions.

Le dopage peut être un facteur favorisant des accidents même chez le jeune enfant. Il a, en effet, été décrit malheureusement dès l'âge de 8 ans. Les enquêtes d'usage sont maintenant nombreuses et toutes préoccupantes (26). Les produits le plus souvent retrouvés sont les stimulants du système nerveux central, les corticoïdes, les bronchodilatateurs et, à un moindre degré, anabolisants et hormones de croissance. La consommation de tabac et d'alcool à l'adolescence est un problème fréquent (27).

> Conclusions

La pratique d'une activité physique et sportive doit être encouragée à tout âge. Mais l'enfant athlète n'est pas un athlète adulte "miniature". Les différences d'adaptation à l'exercice sont importantes avant et après la puberté. Après celle-ci, les différences d'adaptation inter-sexes

sont très marquées. Les symptômes à l'effort rapportés par l'enfant doivent toujours être respectés et expliqués avant d'autoriser une reprise de la pratique sportive intense. L'environnement et les habitudes

alimentaires jouent un rôle très important lors la pratique physique d'un enfant. Il appartient au médecin de savoir protéger l'enfant contre une recherche de performance à tout prix. ■

MOTS CLÉS

Enfant, Athlète, Adaptations cardiovasculaires, Echocardiogramme, Epreuve d'effort

Bibliographie

- Janssen H, LeBlanc G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Behav Nut Phys Activity* 2010 ; 7 : 40-5.
- Mero A, Jaakola L, Komi PV. Relationships between muscle fibers characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. *J Sports Sci* 1991 ; 9 : 161-71.
- Haralambie G. Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. *Bull Europ Physiopath Resp* 1982 ; 18 : 65-74.
- Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol Scand* 1973 ; 87 : 485-97.
- Mocellin R, Heusgen M, Gildein HP. Anaerobic threshold and maximal steady-state blood lactate in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol* 1991 ; 60 : 56-60.
- Macek M, Vavra J. The adjustment of oxygen uptake at the onset of exercise: a comparison between prepubertal boys and young adults. *Int J Sports Med* 1980 ; 1 : 70-2.
- Inbar O, Bar-Or O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Med Sci Sports Ex* 1986 ; 18 : 264-9.
- Zanconato S, Buchtahal S, Barstow TJ. 31P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *J Appl Physiol* 1993 ; 74 : 2214-8.
- Rowland TW. Pediatric laboratory exercise testing: clinical guidelines. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers 1993.
- Poortmans J, Vlaeminck M, Collin M, Delmotte C. Estimation indirecte de la puissance aérobie maximale d'une population bruxelloise masculine et féminine âgée de 6 à 23 ans. Comparaison avec une technique directe de la mesure de la VO_2 max. *J Physiol*, 1986 ; 81 : 195-201.
- Nottin S, Vinet A, Stecken F et al. Central and peripheral cardiovascular adaptations during a maximal cycle exercise in boys and men. *Med Sci Sports Exerc* 2002 ; 33 : 456-63.
- Rowland T, HeVernan K, Young Jae S et al. Cardiovascular responses to static exercise in boys: insights from tissue Doppler imaging. *Eur J Appl Physiol* 2006 ; 97 : 637-42.
- Tripodkiadis F, Ghiokas S, Skoularigis I et al. Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *Eur J Clin Invest* 2002 ; 32 : 16-22.
- Nottin S, Vinet A, Stecken F et al. Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiol Scand* 2002 ; 175 : 85-92.
- Brooks S, Nevil ME, Meleagris L. The hormonal responses to repetitive brief maximal exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 1990 ; 60 : 144-8.
- Delamarche P, Monnier M, Gratas Delamarche A. Glucose and free fatty acid utilization during prolonged exercise in prepuberted boys in relation to catecholamine responses. *Eur J Appl Physiol* 1992 ; 65 : 66-72.
- Houdas Y, Deklunder G. La régulation thermique chez l'enfant et l'adolescent. In : L'enfant et le sport. De Boeck Université, 1998 ; 8 : 99-111.
- Carré F, Brion R, Douard H et al. Recommandations concernant le contenu du bilan cardiovasculaire de la visite de non contre-indication à la pratique du sport en compétition entre 12 et 35 ans et groupe de réflexion. Site de la Société Française de Cardiologie, Septembre 2009.
- Rijnbeek PR, Witsenberg M, Schrama E et al. New normal limits for the paediatric electrocardiogram. *Eur Heart J* 2001 ; 22 : 702-11.
- Papadakis M, Basavarajaiah S, Rawlins J et al. Prevalence and significance of T-wave inversions in predominantly Caucasian adolescent athletes. *Eur Heart J* 2009 ; ehp164.
- Rost R. The athlete's heart; historical perspectives; solved and unsolved problems. *Cardiol Clin* 1997 ; 15 : 493-512.
- Rowland TW, Delaney BC, Siconolfi SF. 'Athlete's heart' in prepubertal children. *Pediatrics* 1987 ; 79 : 800-4.
- Makan J, Sharma S, Firoozi S et al. Physiological upper limits of ventricular cavity size in highly trained adolescent athletes. *Heart* 2005 ; 91 : 495-9.
- Allen HD, Goldberg SJ, Sahn DJ et al. A quantitative echocardiographic study of champion childhood swimmers. *Circulation* 1977 ; 55 : 142-4.
- Baecker V, Ulrik CS. Bronchial responsiveness to exercise in a random sample of 494 children and adolescents from Copenhagen. *Clin Exp Allergy* 1992 ; 22 : 741-7.
- Beck F, Choquet M, Hassler C et al. Alcool, tabac, cannabis et autres drogues illicites parmi les élèves de collèges et lycées. *Espad 99 France*. OFDT 2002.
- Guagliardo V, Peretti-Watel P, Pruvost J et al. Tabac, alcool, cannabis et sport de haut niveau à la fin de l'adolescence en région PACA. *Enquête Sport et Santé* 2002.