

Eric PREDINE, Professeur d'EPS, Collège Langevin, 57300 HAGONDANCE
Manuel GIMENEZ, Laboratoire de Physiologie de l'Exercice Musculaire, Unité 14, Inserm, co N°10, 54511 Vandoeuvre les Nancy
Enrique SERRANO, Médecin stagiaire, Laboratoire de Physiologie de l'Exercice Musculaire, Unité 14, Inserm, co N°150, 54511 Vandoeuvre les Nancy

NOUVELLE METHODE D'EVALUATION ET D'ENTRAINEMENT A L'ENDURANCE EN COURSE CHEZ DES ENFANTS D'AGE SCOLAIRE

La définition de l'endurance comme la « possibilité de prolonger un exercice submaximal le plus longtemps possible » (1,24) est très vague et prend comme référence la capacité aérobie ou prise maximale d'oxygène (V_{O2} max). Cependant le V_{O2} max ne témoigne pas toujours des possibilités d'endurance et/ou du degré d'entraînement d'un sportif. En effet, l'amélioration de l'endurance ou de la performance ne s'accompagne pas toujours d'une amélioration de la V_{O2} max (5, 8, 13).

Aussi le sportif d'endurance, en compétition, n'a pas toujours un régime de travail constant mais, au contraire, il doit souvent réaliser des accélérations « volontaires » ou « nécessitées » pour « s'échapper » ou « rattraper » un autre concurrent. Or la plupart des auteurs proposent, pour l'entraînement, soit un niveau d'exercice constant, dont la durée est fonction de l'intensité, soit des exercices intermittents, avec des modalités différentes (1, 20, 24) mais le plus souvent, avec des périodes de repos intercalaires (20, 24).

L'entraînement à intervalles fractionnés, sur le terrain, s'est montré plus efficace que celui utilisant des vitesses relativement constantes (5, 8, 10, 20, 24). Nous avons proposé un modèle ergospirométrique, sur cydo-ergomètre, l'exercice exhaustif en « créneaux » de 45 minutes, qui simule une séance d'entraînement fractionné (11). Ce test se présente comme un test utile et efficace pour la mesure et l'entraînement à l'endurance en laboratoire (13, 22). Afin de la rendre plus pratique, (23) le but de ce travail est d'étudier la possibilité de l'adapter à la course à pied sur le terrain, chez des enfants d'âge scolaire.

METHODOLOGIE

Cinquante et un enfant, 26 garçons et 25 filles de 10 à 15 ans ont accepté de participer à ce travail, avec le consentement de leurs parents et l'accord du médecin scolaire et du Principal du Lycée. Les valeurs moyennes des caractéristiques physiques se trouvent dans le tableau 1.

Caractéristiques physiques des enfants étudiés :

	AGE années	POIDS kg	TAILLE cm
GARÇONS			
(n = 26) K	12,1	42,3	153
DS	1,37	8,3	9
Extrêmes	10-15	29-62	140-176
FILLES			
(n = 25) K	11,8	44,9	154
DS	0,97	9,6	8
Extrêmes	10-14	28-73	134-166

Tableau 1

Les enfants ont été considérés comme sujets sains à partir :

1- des renseignements des parents et/ou du médecin généraliste ou du médecin scolaire et du questionnaire de la Commission des Communautés Européennes sur l'asthme, la bronchite et l'emphysème, avec en plus des renseignements sur les antécédents traumatiques, cardiorespiratoires spécifiques et consommation de tabac ;

2 - de l'examen clinique et fonctionnel (spirométrie) ;

3 - par l'absence des infections des voies respiratoires supérieures (ORL) ou broncho pulmonaires, dans les deux derniers mois qui précédaient l'examen.

C'est ainsi que les enfants présentant des antécédents pathologiques évidents, cardio respiratoires, ou des déformations squelettiques (scolioses, déformations thoraciques) ou non coopérant dans une ou plusieurs des épreuves ont été éliminés. L'activité physique (AP) a été évaluée, d'après le nombre d'heures d'activité physique pratiquées par semaine, en trois degrés :

1 = travail réalisé au Collège (3h/semaine)

2 = 1 + trois heures par semaine (6h/semaine)

3 = 1 + plus de six heures par semaine dans un club ou pour compétition, et cela dans les trois mois qui précédaient l'examen.

. Exercice en « créneaux »

Afin de simuler les conditions rencontrées par les athlètes d'endurance (course à pied, moyenne et longue distance, cross country, football, rugby, ski de fond, etc.) aussi près que possible sur le terrain, le test de 45 minutes de durée en « créneaux » est proposé. Sur un fond d'exercice (base), dont le niveau, adapté à chaque sujet, est choisi pour amener celui-ci à l'épuisement progressif à la fin du test, un pic de 60 secondes à la V02 max est demandé chaque cinq minutes (11). Le sujet réalise donc 9 pics pendant les 45 minutes. L'intensité d'endurance maximale est définie, dans l'exercice en « créneaux » (IEM45), comme le pourcentage base/pic le plus élevé qui conduit à la fréquence cardiaque maximale (220-âge) à la 45^{ème} minute, et aussi par l'impossibilité de tenir l'IEM45 + 5 % de V02 max pendant les 45 minutes : le sujet s'arrête entre la 30ème et la 40ème minute (11). Sur cydo-ergomètre la détermination du pic et du pourcentage base/pic a été décrite précédemment (11). Sur le terrain, la distance à parcourir pendant le pic (1 min) et pendant la base (4 min) restait à déterminer. C'est pourquoi une batterie de tests a été réalisée, sous la surveillance d'un professeur d'éducation physique, sur une piste d'athlétisme de 400 mètres. Sur celle-ci, des bornes de repère sont placées tous les cinq mètres afin d'obtenir une précision satisfaisante de la distance parcourue (fig. 1).

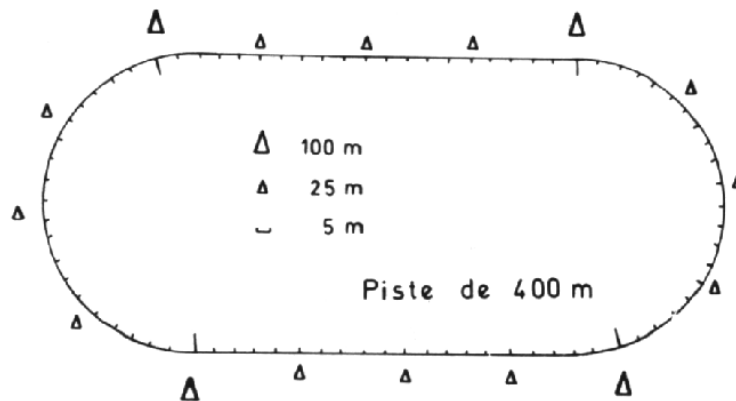


Figure 1 : Schéma de la piste d'athlétisme adaptée aux possibilités de mesure du test de piste de l'Université de Montréal (L. Léger et R. Roucher, 1980) et de l'exercice en « créneaux ». Les distances peuvent être estimées avec une précision de 2 à 3 mètres.

Les premières tentatives pour établir le pic, s'inspiraient sur la vitesse maximale obtenue, par extrapolation des vitesses obtenues sur tapis roulant à partir de la V_{O_2} max mesurée sur cyclo-ergomètre (1,20). D'emblée il était apparu que la vitesse, au cours du pic, de l'exercice en « créneaux », devait être inférieure de 20 à 25 % de celle retenue théoriquement d'après la V_{O_2} max. De même on s'est aperçu que le rapport Base/Pic, dans cette série préliminaire de 25 sujets, variait de 40 à 55 %, tous degrés d'entraînement confondus, pour des extrêmes de 40 à 80 % chez les adultes de sexe masculin sur cyclo-ergomètre (11).

Pour des raisons pratiques évidentes, nous avons voulu rendre cette approche plus objective et c'est la raison pour laquelle la vitesse maximale observée au cours du test de piste de l'Université de Montréal de LEGER et BOUCHER (18) et celle d'une course maximale d'une et de quatre minutes ont été retenues. Enfin le test de COOPER (4) et celui de quatre minutes maximum ont été retenus comme test d'endurance.

. vitesses maximales en 1 minute (V_1 max) et en 4 minutes (V_4 max)

Il s'agit de réaliser la plus grande distance possible en 1 et 4 minutes. Ces tests ont été proposés d'abord, parce qu'ils correspondent aux périodes de temps utilisés dans le « créneaux » et, ensuite, par la facilité de leur réalisation pratique. Ils sont exprimés en mètres par minute. Dans un groupe de 12 enfants la reproductibilité de la mesure a été étudiée à une semaine d'intervalle et à la même heure de la journée.

. **Le test de COOPER**, est une course maximale dont la durée est de 12 minutes, et qui est largement utilisé dans les milieux sportifs et militaires. Il est considéré comme une épreuve d'endurance. Dans sa communication préliminaire Cooper trouvait une corrélation entre V_{O_2} max et le test de 12 minutes dans un échantillon de sujets de moins de 25 ans (4) non compris des enfants, exprimée par l'équation $y = 22,4, x 11,3$ dans laquelle $y = V_{O_2}$ max, en $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, et x la distance maximale du test de Cooper, exprimée en km.

. Test de piste de l'Université de Montréal de LEGER et BOUCHER 1980

La vitesse de course à laquelle est atteinte la V02 max sur le terrain est définie comme la Puissance Maximale Aérobie Fonctionnelle (Vmax). Il s'agit d'un test progressif, continu et maximal dont la vitesse de course est réglée au moyen d'une bande sonore qui émet des sons toutes les deux minutes afin d'augmenter la vitesse d'environ 1 km/heure. Il se termine lorsque le sujet ne peut plus suivre la vitesse imposée (18) et s'exprime en mètres par minute ou, par extrapolation d'après la vitesse maximale, en V02 max (18). La fiabilité et la reproductibilité de ce test ont été bien documentées (18, 21).

. Protocole :

Pour des raisons pratiques les différents tests sur le terrain ont suivi l'ordre suivant : premier jour, le test de Cooper ; deuxième jour, V1 max et V4 max, séparés d'un intervalle de 45 minutes ; troisième jour, test de Leger et Boucher ; quatrième jour, exercice en « créneaux », dont le pic était équivalent à la vitesse maximale observée dans le test de Léger et Boucher (18). La base (exercice submaximal), exprimé en pourcentage de la vitesse du pic, était instaurée à 40-45 % pour les moins entraînés (AP = 1) ; 45 à 50 % pour les entraînés (AP = 2) et 50 % ou plus pour les bien entraînés (AP = 3) ; cinquième jour, dans le cas de l'IEM45 était supérieur (impossibilité de finir les 45 minutes) ou inférieur avec fréquence cardiaque (FC) inframaximale à la 45 minutes) au niveau de l'enfant, un deuxième « créneaux » permettait d'ajuster le pourcentage exact. On n'a jamais eu besoin de refaire un troisième « créneaux ». Chacun des tests pratiqués était séparé du précédent par au moins 24 heures et de 48 heures pour le « créneaux ».

Le cardio-frequence-mètre SPORT TESTER PE 3000 a été utilisé pour mesurer la fréquence cardiaque, à la fin de chaque épreuve. Dans certaines épreuves d'endurance la FC a été gardée en mémoire puis restituée sur graphique.

Les enfants ont répondu à un questionnaire à la fin des différents tests (ou de créneaux). L'analyse statistique comprend les comparaisons des valeurs moyennes entre les sexes, le test t par séries appariées pour les comparaisons des valeurs des différents tests intra-individuelles, et le test de régression multiple, pas-à-pas.

. Résultats

Les valeurs moyennes ($x \pm DS$) des caractéristiques physiques ne sont pas différentes entre garçons et filles (tableau I). Les distances moyennes parcourues dans les différents tests sont représentées dans le tableau II. Dans tous les tests les garçons ont des valeurs significativement plus élevées ($p < 0.001$).

Valeurs moyennes des différentes variables étudiées (x + DS)

		Garçons (n=26)	Filles (n=25)	t
1	V02 max ml.kg-1.min-1	44,3 ± 5,2	40,1 ± 2,03	xxx
	Vmax	239 ± 24	218 ± 11	xxx
	V1max	297 ± 28,1	268 ± 29	xxx
	V4max	813 ± 110	686 ± 107	xxx
	Cooper	2312 ± 442	1926 ± 230	xxx
2	Pic	234 ± 22	216 ± 12	xxx
	Base	490 ± 53	448 ± 21	xxx
	Total	6516 ± 676	5978 ± 293	xxx

Vmax, V1max, V4max = vitesse maximale au cours des tests de Leger-Boucher, de J minute max et de 4 minutes max respectivement. Tous les tests, à exception de V02 max, sont exprimés en m.min⁻¹ xxx = p 0,001 ; 1 = test de LEGER-BOUCHER, 2 = exercice en « Créneaux »

Tableau II

La V02 max et la Vmax sont corrélées avec l'âge, le sexe, le poids, la taille et l'activité physique. L'analyse des corrélations pas-à-pas donne le poids de chacune de ces variables sur la V02 max et la Vmax, dont les formules de régression multiples sont représentées dans le tableau III. La V02 max est donnée en ml.kg⁻¹.min⁻¹, la vitesse en mètres par minute, l'âge en années, le poids en kg, la taille en cm, le sexe : 0 pour les filles et 1 pour les garçons, l'activité physique en trois degrés (1, 2, 3) d'après la description de la méthodologie.

Prédiction des variables étudiées à partir des caractéristiques physiques et de l'activité physique (AP) des 51 enfants étudiés

	Sexe	Age ans	Poids kg	Taille cm	AP	Constante	ESE	R
V02 max ml.kg-1.min-1	1,99	1,39	- 0,16	0,128	7,23	4,06	2,69	0,82
1	Vmax	10,3	3,438	- 0,87	0,657	37,6	78	0,753
	V1max	22,7	—	- 1,13	1,61	30,8	39,6	0,626
	V4max	90,3	—	- 3,29	—	131	702	0,60
2	Pic	10,7	—	—	—	37,1	179	0,70
	Base	24,4	—	—	—	91,6	356	0,735
	Total	316	—	—	—	1158	4819	0,728

Voir Légende tableau II

ESE = Erreur standard de l'estimation - R = coefficient de corrélation

1 = Test de LEGER et BOUCHER -

2 = Exercice en « créneaux » Total = (Pic+Base)*9

Tous les tests à exception de V02 max, sont exprimés en m.min⁻¹.

Tableau III

Les valeurs moyennes des courses V1max et V4max sont représentées dans le tableau II. Chez les filles ces valeurs sont plus basses que chez les garçons, environ 10 % pour V1max et 19 % pour V4max. Le tableau III montre les formules de régression pour ces deux variables. L'âge n'est pas assez corrélé ou est moins bien corrélé avec les vitesses ce qui explique qu'il n'apparaisse pas dans la formule.

Les résultats de la double mesure de V1max et V4max réalisés chez sept garçons et cinq filles montrent qu'il y a une très bonne corrélation entre les deux mesures ($r=0,991$ et $0,989$, $p<0,001$) et que le coefficient de variation des différences, entre les couples de mesures, est de 3,8 et 4,6 % respectivement.

Le pic de l'exercice en « créneaux » est logiquement très bien corrélé avec la vitesse maximale observée dans le test de LEGER et BOUCHER, puisque c'est à partir de celle-ci que la vitesse du pic a été établie (figure 2). Il existe par ailleurs une assez bonne corrélation entre le pic de la V1max et entre le pic et la V4max (figure 2). Ceci laisse entrevoir que les corrélations entre Vmax (LEGER-BOUCHER) et V1max et V4max sont aussi du même ordre qu'avec le pic du « créneaux » (figure 3).

La base de l'exercice en « créneaux » est très bien corrélée avec la vitesse maximale du test LEGER-BOUCHER : base = $2,19(V_{max}) - 39,6$; $r = 0,971$, $p < 0,001$). Elle est aussi corrélée avec V1 max : Base = $1,36(V1_{max}) + 90$, $r = 0,737$, $p < 0,001$) et avec V4max : base = $0,357(V4_{max}) + 209$; $r = 0,762$, $p < 0,001$). Les formules de régression, obtenues pas-à-pas pour la base, le pic et l'ensemble de l'exercice en « créneaux » sont représentées sur le tableau III. Dans cette population étudiée l'âge, le poids et la taille ne semblent pas jouer un rôle important dans ces tests d'endurance, comme c'est également le cas pour V4max (tableau III).

L'intensité d'endurance maximale, dans les 45 minutes d'exercice en « créneaux » (IEM45), exprimée en pourcentage Base/Pic (11) n'est pas trop dispersée ; elle varie de 45 à 55 %. L'IEM45 n'est pas significativement différent entre les filles et les garçons.

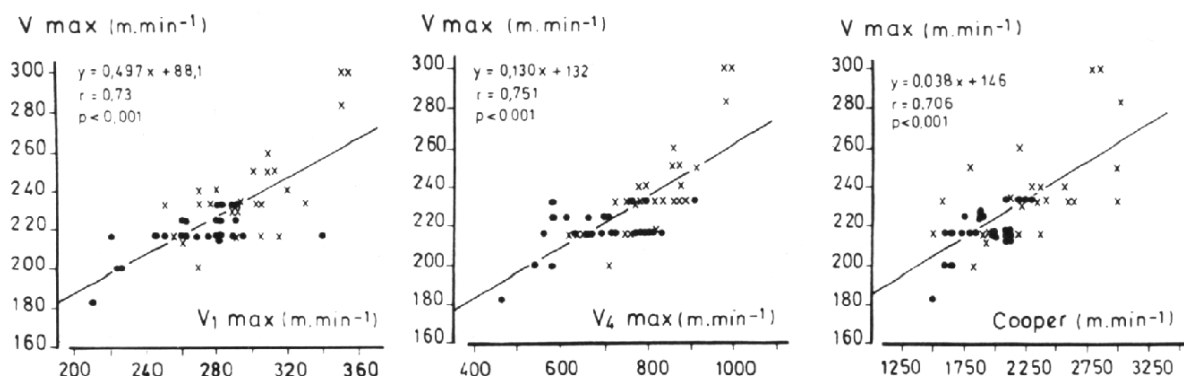


Figure 2

Corrélations entre le Pic de l'exercice en « créneaux » et les tests maximaux, de 1 min (V1max), de 4 min (V4max) et de piste de l'Université de Montréal (Vmax). Ces trois tests permettent une prédiction du Pic.

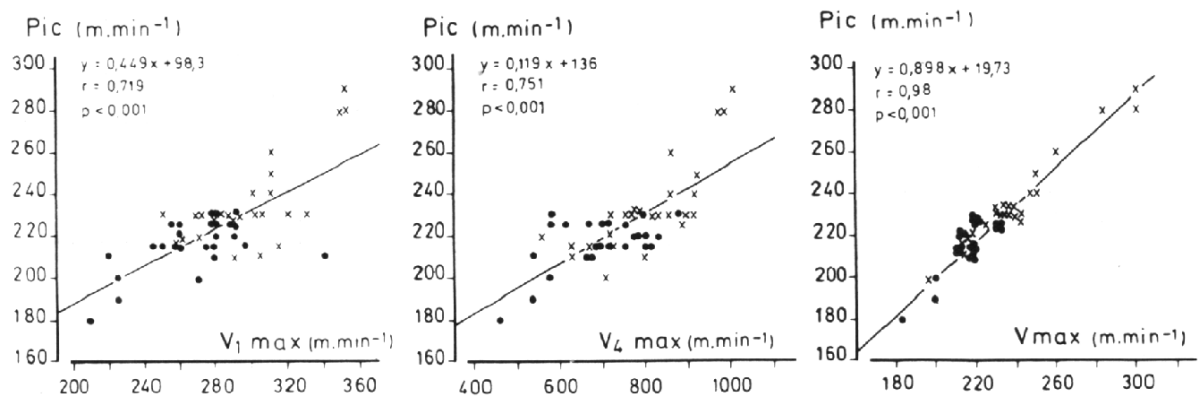


Figure 3

Corrélations entre le test de piste de l'Université de Montréal (Vmax) et les tests maximaux de 1 min (V1 max), de 4 min (V4max) et de Cooper .

La fréquence cardiaque (FC) au cours du « créneaux » ne suit pas tout à fait la même allure que celle décrite chez l'adulte (11). Dans la première des neuf phases, à la base la Fc se situe entre 150 et 175 pulsations par minute et au 1^{er} pic autour de 190 donc plus élevée que chez l'adulte (11). Il y a donc une différence base-pic d'environ 20 à 35 pulsations sans variations sensibles jusqu'à la fin du test. Par contre la Fc augmente discrète mais progressivement au pic, mais moins à la base, pour atteindre à la 45^{ème} minute la Fc max (220-âge), qui est un des critères qui définissent l'intensité d'endurance maximale (IEM45). Les doubles mesures de l'exercice en « créneaux » réalisées à une semaine d'intervalle chez quatre filles et douze garçons montrent qu'il y a une très bonne corrélation entre les deux mesures ($r=0,98$, $p<0,001$) et que le coefficient de variation des différences, entre les deux mesures, est de 4,8 %.

Subjectivement le test est bien toléré par les enfants de deux sexes, bien qu'il soit relativement épuisant. Il se dégage, de leurs réponses, que l'IEM45 a sur les enfants un effet stimulant et motivant, avec les alternances pic-base. Aussi les enfants disent récupérer totalement les effets du pic vers la deuxième à troisième minute de la base, et ils n'accusent aucun type de fatigue dans les jours qui suivent ; le rendement scolaire n'est pas compromis. Il n'a pas été constaté des effets néfastes pour les enfants, tel qu'épuisement extrême, hépatalgie, lipothymies, etc., à la fin du test.

DISCUSSION

Les résultats présentés dans ce travail montrent que l'application de l'exercice « créneaux » sur le terrain est faisable, quantifiable et exempt de danger dans la population des enfants étudiés, bien que le degré d'activité physique soit très variable.

La plus grande difficulté était la détermination du pic. Le test de LEGER et BOUCHER qui donne une vitesse maximale (Vmax), apporte une solution correcte, puisque tous les enfants, sans distinction de sexe, ont été capables de courir la même distance pendant les neuf pics du « créneaux ». Il est, cependant, apparu aussi intéressant le test maximal pendant 1 minute et cela pour plusieurs raisons. La première est sa simplicité, car il n'exige qu'une piste balisée et un chronomètre. La

deuxième est la possibilité de refaire le test une heure plus tard. Enfin V1 max est assez reproductible. Or, le test V1 max a permis d'approcher le pic du créneau avec une assez bonne précision : $\text{Pic}/V1 \text{ max} = 75 + 5 \%$. Il en est de même pour $V_{\text{max}}/V1 \text{ max}$. Ceci suggère que le calcul théorique du pic puisse être simple et rapide. Si on applique la formule de régression du tableau III, on cerne davantage la valeur théorique du pic. En plus, comme indiqué sur la figure 2, on peut utiliser tant V1 max que V4 max pour caler le pic du « créneau ».

Plusieurs facteurs physiologiques et pratiques se présentent comme des éléments favorables dans l'exercice en « créneaux ». Physiologique, ment, le test commence par un niveau submaximal, qui permet un « échauffement » des muscles et des articulations, ainsi que l'adaptation de la réponse cardio-respiratoire (1,20) et probablement thermique (1,20). Ceci permet d'aborder le premier pic, et les pics successifs, sans danger, tout au moins chez les enfants normaux étudiés ici. Le pic comprend l'anaérobiose alactique (premières 10-15 secondes) (19) et la glycolyse anaérobie lactique (20 secondes), avec production de lactate et dette d'oxygène (1, 19, 20). Ce pic, qui expose le sujet aux différents types d'anaérobiose, explore la résistance individuelle, à la vitesse maximale, préalablement mesurée. Le niveau de base (exercice submaximal) permet une récupération de la « dette d'oxygène » souvent à la 2^{ème}-3^{ème} minute ; mais sûrement à la 4^{ème} minute (11). Ceci s'explique par la sensation subjective de « tolérance » mais aussi objectivement par les mesures de l'équilibre acido-basique et de la gasométrie artérielle, qui ont montré, sur cycloergomètre, une compensation quasi complète de l'acidose lactique à la 45^{ème} minute d'exercice, dont les mécanismes ont déjà été discutés (12). La notion que l'IEM45 correspond toujours au niveau maximal que le sujet peut tolérer pendant 45 minutes s'appuie sur le fait que la fréquence cardiaque est seulement maximale (220-âge) (1) dans les deux derniers pics (8^{ème} et 9^{ème}). Un deuxième argument est l'impossibilité de finir les 45 minutes d'exercice si le pourcentage de l'IEM45 est augmenté de + 5 %.

Ces deux éléments, qui définissent l'IEM45, lui assurent une bonne reproductibilité (11) et une mesure assez précise de l'endurance à des vitesses alternativement constantes.

L'exercice en « créneaux » inférieur à l'IEM45 est considéré subjectivement comme facile alors que, au-dessus de l'IEM45, il est considéré comme difficile et insupportable. Dans le premier cas la Fc est submaximale, alors que dans le dernier cas la Fc est maximale (220-âge) avant que le sujet n'arrête le « créneau », toujours bien avant la 40^{ème} minute (le plus souvent entre la 25 et 35^{ème} minute).

Autre facteur à considérer est la quantité totale de travail réalisée pendant la séance d'IEM45. La distance totale, bien corrélée avec le degré d'entraînement, est plus élevée chez les enfants mieux entraînés. Cependant le % Pic/Base varie dans des limites très étroites et ne permet pas de faire la même différence de façon nette, comme c'est le cas chez les adultes, sur cyclo-ergomètre (11). Cette différence de comportement peut également s'expliquer par l'absence des sujets d'élite dans la population d'enfants étudiée. En effet, chez les sportifs d'élite le pourcentage Base/Pic est élevé (11).

Pour la classification des athlètes d'endurance, il est proposé le seuil anaérobie (SA), qui est une mesure complexe, (17) car elle exige la mesure répétitive des lactates, ce qui est fastidieux, mais cette mesure est également controversée

(Brooks 1985). Aussi, la VO₂ max a été proposée comme le meilleur test (1, 7, 20). Cependant il faut considérer la possibilité que, les variations de VO₂ max peuvent ne pas être un index satisfaisant de l'adaptation de l'endurance à l'entraînement (5, 8, 13). Nos résultats sur cydo-ergomètre montrent que, pour une même VO₂ max, le test d'endurance peut varier (= 30 %) alors que, inversement, pour des données d'endurance égale, les VO₂ max peuvent être assez différentes (= 25 %) (11). Aussi, après entraînement chez les athlètes confirmés, la VO₂ max ne varie que très peu alors que les performances sur le terrain (5, 8, 21) où les tests d'endurance montrent une amélioration significative (13, 18). L'exercice en « créneaux » se présente donc comme une mesure des variations de l'endurance avec l'entraînement plus sensible que celle observée avec la VO₂ max (13,22).

D'autre part, les tests d'endurance proposés consistent en exercices constants à un pourcentage donné de VO₂ max, par exemple à 80 % (environ 1 heure), 95 % (20 minutes) et 100 % environ 5 minutes (1). Dans les cas de 1 heure à 80 % de VO₂ max, la régularité de la course à pied, sur tapis roulant ou sur cyclo-ergomètre, ne correspond pas aux accélérations rapides, instantanées que les athlètes doivent faire dans une période de temps assez brève et cela de façon répétitive. De plus, les réponses physiologiques et métaboliques doivent être différentes dans les programmes à exercices constants ou à intervalles (10, 20). Dans les deux derniers exemples (95 et 100 % VO₂ max pendant 20 et 5 minutes) ce qui est plutôt mesuré est la tolérance à l'acidose lactique. En effet, ces niveaux, situés bien au-delà du seuil anaérobie (2,17), s'accompagnent d'une élévation progressive des lactates dont l'acidose métabolique qui s'en suit ne peut jamais être corrigée par les mécanismes de compensation physiologiques (1, 2, 17).

Si maintenant on se réfère aux épreuves de terrain, parmi les plus utilisées, on peut retenir celle de COOPER (1968). L'épreuve de course de 12 minutes de COOPER est très simple dans son principe. Il s'agit de parcourir la plus grande distance possible en 12 minutes. L'inconvénient est que l'alternance, en marchant, est admise et le maximum réalisé par chaque sujet est assez subjectif et donc dépendant de la motivation, de la technique de course, du rendement mécanique et du rythme de course adopté. De plus ce test ne réunit pas les exigences, désormais classiques, pour l'entraînement à l'endurance : séances de plus de 30 minutes à plus de 50 % de VO₂ max.

A l'opposé, dans l'exercice en « créneaux » il y a des mécanismes de compensation tels que l'hyperventilation, qui entraîne une alcalose ventilatoire pendant et après le pic, et, par le biais de la glyconéogénèse, les muscles travaillant dans la base à un niveau submaximal, transforment le lactate en glucose et, de ce fait, la valeur des lactates diminue et l'acidose lactique est réduite (12,20). Cette acidose métabolique « maîtrisée », en grande partie par ces mécanismes de compensation, font que l'exercice en « créneaux » permet d'accomplir une séance d'exercice, à dépense énergétique élevée, mais dans des conditions d'homéostasie satisfaisantes (12) ce qui n'est pas le cas avec les intervalles-repos (14). Enfin et surtout l'exercice en « créneaux » est fait « sur mesure » pour chaque sujet à partir de sa capacité aérobie maximale mesurée. Si celle-ci est correctement mesurée, on ne doit jamais dépasser la VO₂ max dans les pics de l'exercice en créneaux. Ce test « sur mesure » explique certainement l'absence d'incidents dans la population étudiée.

Si le « créneaux » a certains avantages, il peut présenter quelques inconvénients. Pour bien préciser l'IEM45, il est indispensable de bien mesurer la vitesse maximale sur le terrain, soit par le test V1max, soit encore mieux à partir du test de Leger et Boucher (18). Aussi pour être sûr que le % IEM45 est bien précis, il faut que le niveau supérieur (IEM45 + 5 %) ne soit pas tenu les 45 minutes. Si, au contraire, d'emblée le sujet ne peut pas finir les 45 minutes, il faut l'ajuster à 5 % en-dessous de celui-ci. Dans tous les cas de figure, il faut faire deux exercices en « créneaux ». Et puisqu'il s'agit d'un exercice exhaustif, la collaboration du sujet est indispensable. Dans ce travail, tous les enfants ont parfaitement coopéré, et il n'a pas eu un seul refus. Aussi, parmi les impressions subjectives des enfants, contrairement aux autres tests constants, l'exercice en « créneaux » coupe la monotonie de la régularité de course et stimule l'esprit compétitif. Aussi, quand le travail est collectif, l'esprit de compétition est potentialisé. Comme corollaire, l'enseignant arrive à faire vivre de façon efficace mais aussi intéressante l'éducation physique au Collège. Enfin, un point assez pratique, c'est que l'enfant est constamment en mouvement, pendant les 45 minutes d'exercice ce qui lui évite de « prendre froid » dans des journées « fraîches » comme cela arrive en pratiquant les entraînements à intervalles avec des périodes de repos plus ou moins prolongées.

En conclusion, l'exercice en « créneaux » sur le terrain, chez des enfants d'âge scolaire, permet la mesure de l'endurance des sujets à cinq pour cent près. Malgré son aspect exhaustif, il est subjectivement assez bien toléré par les enfants, et aucune complication ou incident n'a été constaté. Comme pour tout test sérieux sur le terrain, il faut disposer d'une piste d'athlétisme avec repères de distances, et les séances doivent être contrôlées par le professeur d'Education Physique du Collège ou Lycée. Enfin, l'IEM45 réunit les conditions indispensables pour une bonne séance d'entraînement : plus de trente minutes de durée et intensité supérieure à 50 % du maximum (20, 24).

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ASTRAND P.O., RODAHL K. - Manuel de Physiologie de l'exercice musculaire (traduction J-R- Lacour). Ed. Masson Paris, 1980.
- 2 - BROOKS G-A- - Anaérobic threshold : review of the concept and direction for future research. Med. Sci Sport Exercice 1985, 17 : 223l.
- 3 - CONLEY D-L-, KRAHENBUHL G-S-, BURKETT L.N. : Training for aerobic capacity and running economy. Physician Sports med 1981, 9 : 107-ils.
- 4 - COOPER K-H - Correlation between field and treadmill testing as a mean of assessing maximal oxygen intake. J Am Med Ass 1968, 203 : 135-138.
- 5-DANIELS J-T-, YARBROUGH R-A-, FOSTER C. - Changes in V02max and running performance with training. Europ J Appl Physiol 1978, 39 : 249-254.
- 6 - DAVIES C-T-M-, KNIBBS A-V- - The training stimulus : the effects of intensity, duration and frequency of effort on maximum aérobic power output. Intern Z Angew Physiol 1971, 29 : 299-305.
- 7- DENIS C., DORMOIS D., LACOUR J-R- - Endurance training, V02 max and OBLA : a longitudinal study of two different age groups. Int J Sports Mede 1984, 5 : 167-173.
- 8 - EDDY D-O-, SPARXS X-L-, ADELIZI D-A- - The effects of continuous and interval training in women and men. Eur J Appl Physiol 1977, 37 : 83,92.
- 9 - FLANDROIS R. GRANDMONTAGNE M., MAYET M-H., FAVIER R., FRUTOSO J. La consommation maximale d'oxygène chez le jeune français, sa variation avec l'âge, le sexe et l'entraînement. J. Physiol, Paris, 1982, 78 : 186-194.
- 10 - FOX E-L-, BARTELS R-L-, BILLINGS C-E-, MATHEWS D-K-, BASON R., WEBB W-M- - Intensity and distance of interval training programs and charges in aerobic power. Med Sci Sports 1973, 5 : 18-22.
- 11 - GIMENEZ M., SERVERA E., SALINAS W. - Square-Wave Endurance Exercise Test (SWEET) for training and assessment in trained and untrained subjects. I. Description an cardiorespiratory reponses. Eur. J. Appl. Physiol., 1982, 49 : 359-368.
- 12 - GIMENEZ M., SERVERA E., SAUNIER C., LACOSTE J. - Square-Wave Endurance Exercise Test (SWEET) for training and assessment in trained and untrained subjects. II. Blood gases and acid-base balance. Eur. J. Appl. Physiol. 1982, 49, 369-377.
- 13 - GIMENEZ M., CERECEDA V., TECULESCU D., AUG F., LAXENAIRE M-C- - Square-Wave Endurance Exercise Test (SWEET) for training and assessment in trained and untrained subjects. III. Effect on V02max and maximal ventilation. Eur. J. Appl. Physiol., 1982, 49 : 379-387.
- 14 - HERMANSEN L., OSNES J-B- - Blood and muscle pH after maximal exercise in man. J. Appl. Physiol, 1972, 32 : 304-308.
- 15 - HICKSON R-C-, BOMZE H-A-, HOLLOSZY J-O- - Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. J. Appl. Physiol., 1977, 42 : 372376.
- 16 - KEPLER D., KEUL J., DOLL E. - The influence of the form of exercise on the arterial concentrations of glucose, lactate, pyruvate and free fatty acids. In : Biochemistry of exercise, vol 3. Medicine and Sport, Karger, Basel New York, pp. 132-136.

- 17 - KINDERMANN W., SIMON G., KEUL J. - The significance of the Aerobic-Anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol*, 1979, 42 : 25-34.
- 18 - LEGER L., BOUCHER R., - An indirect continuous running multistage field test : The university de Montréal Track Test. *Can. J. Appl. Sports Sci.* 1980, 5 : 77-84.
- 19 - MARGARIA R., CERRETELLI P., DI PRAMPERO P-E-, MASSARI C., TORELLI G. - Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. *J. Appl. Physiol.* 1963, 18 : 371-377.
- 20 -MATHEWS D-X-, FOX E-L- - The physiological basis of physical education and athletics. WB Saunders ed. London, 1976, 1 vol 577 p.
- 21- MERCIER D., LEGER L. - Prediction de la performance en course à pied à partir de la puissance aérobie maximale. *Sci Techn Activ Phys. Sport* 1986, 7 : 15-28.
- 22 - SALINAS W., GIMENEZ M. - Sujets sédentaires. Entraînement à l'exercice exhaustif en créneaux (45 min). *Med Sport* 1981, 55 : 2082I 5.
- 23 - Programmes et instructions dans les collèges. Ministère de l'Education Nationale. Centre National de Documentation Pédagogique, ed. Paris, 1985, 1 vol. 349 p.
- 24 - SHEPHARD R-J- - Intensity, duration and frequency of exercise as determinants of the responses to a training regime. *Inter. Z Angew. Physiol*, 1968, 26 : 272-278.