

EVALUATION DE L'APTITUDE PHYSIQUE. INTERET, METHODES ET APPLICATION PRATIQUE

C. DAH*

RESUME

Dans cette revue les tests d'aptitude physique sont présentés, depuis les plus anciens jusqu'aux plus récents. Ils ne sont pas tous abordés en détail, mais les plus utilisés sont expliqués, les conditions de sécurité nécessaires à la mesure de la puissance maximale tolérée sont aussi envisagées.

SUMMARY

This paper is a review of the available tests measuring the physical fitness. The old and the modern tests are exposed. The security conditions to measure the maximal power are also recalled.

INTRODUCTION

La pratique du sport est aujourd'hui une réalité sociale. Beaucoup de médecins même ceux non initiés à la médecine du sport sont constamment sollicités pour se prononcer sur l'aptitude de sujets sportifs ou sédentaires, à pratiquer du sport de compétition ou de loisir. Il peut s'agir aussi de se prononcer sur la capacité pour un sujet convalescent à reprendre des activités physiques. L'évaluation de l'aptitude physique s'effectue au moyen de tests d'effort.

INTERET

L'O.M.S. définit l'aptitude physique comme étant la capacité d'accomplir un travail musculaire de façon satisfaisante dans des conditions aérobies.

En physiopathologie, la pratique des tests d'effort, s'avère utile dans plusieurs circonstances ;

Ce peut être en vue d'établir le diagnostic d'une insuffisance coronarienne latente ou atypique, d'un asthme d'effort, d'une insuffisance respiratoire latente ; dans le souci d'évaluer de façon quantitative le dommage fonction-

nel d'une affection cardiaque ou respiratoire connue, dans le cadre de bilans pré-opératoires de bilans d'expertise, et pour objectiver les bienfaits d'une thérapeutique.

Les tests d'effort permettent aussi de préciser les facteurs limitants de l'exercice physique, et de réentraîner les malades coronariens et les sujets drépanocytaires de prédire l'aptitude physique des anémiques.

Dans le domaine de la physiologie du sport, l'aptitude physique est définie comme étant l'ensemble des qualités naturelles, héréditaires génétiques d'un sujet.

L'évaluation de l'aptitude physique concernent les élèves, les sujets désirant pratiquer un sport et tous les licenciés des différentes fédérations sportives.

Elle a pour objet :

- de dépister les affections contre-indiquant la pratique de l'éducation physique et sportive, d'une activité physique en compétition ou pour le plaisir. D'autres examens biologiques sont nécessaires à la détection des contre-indications.

L'évaluation de l'aptitude physique aide à explorer les aptitudes d'un sujet et contribue à assurer l'orientation sportive des enfants.

Pratiqués de façon régulière, les épreuves d'effort deviennent un outil précieux dans la surveillance et le contrôle de l'entraînement, car susceptibles de détecter les améliorations ou les baisses de la condition physique.

Les méthodes utilisées pour évaluer l'aptitude physique sont nombreuses et variées.

LES METHODES CLASSIQUES

Elles ne permettent qu'une évaluation approximative de l'aptitude cardiaque d'un sujet à l'effort sportif.

Elles ont pour but de déterminer la tendance réactionnelle du cœur à un effort donné (PLAS), d'évaluer les possibilités d'adaptation cardiaque, à l'effort et au sport, d'après les variations de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Ces épreuves débouchent ainsi sur le calcul de

* Laboratoire de Physiologie et Service d'Explorations Fonctionnelles.
Faculté de Médecine, CHU de Cocody, 01 BP V166 ABIDJAN 01 - COTE D'IVOIRE.

coefficient ou d'indices précis.

Elles s'adressent à des populations importantes : élèves, participants à un cross populaire ; à des sujets de plus de 40 ans n'ayant jamais pratiqué le sport. Ces méthodes classiques sont utilisées aussi lorsqu'il existe des contre-indications aux épreuves maximales d'effort ou lorsque les conditions ne sont pas réunies au plan technique et médico-légal. Elles permettent également de faire du dépistage.

Les méthodes classiques ont toutefois leur limite.

elles ne doivent pas être utilisées chez les sportifs de compétition et les sujets bien entraînés car elles sont trop brèves et peu intenses.

Certaines de ces épreuves sont basées sur la course sur place : test de Lian (1916), sur des flexions de jambes : test de MARTINET (1916), de RUFFIER (1950) et RUFFIER-DICKSON le plus utilisé de tous actuellement.

L'exercice ici consiste à faire 30 flexions complètes sur les jambes, buste droit en 45 secondes suivies du retour à la position debout. L'examineur détermine la fréquence cardiaque avant l'exercice chez le sujet assis : P0 ; dès la fin de l'exercice les pulsations sont à nouveau comptées pendant les 15 premières secondes : P1 puis après 1 minute de récupération : P2.

Les valeurs de fréquence cardiaque P0, P1, P2 sont ensuite ramenées à la minute en les multipliant par 4.

L'indice de RUFFIER-DICKSON se calcule grâce à la formule :

$$\text{IRD} = \frac{(P1 - 70) + 2 (P2 - P0)}{10}$$

L'interprétation se fait à partir des normes suivantes :

Valeurs IRD < 0 :	excellent
0 à 3 :	bon
3 - 6 :	moyen
> - 6 :	mauvais

On peut refaire le test une fois que la FC est revenue à sa valeur de repos ou un autre jour et relever la pression artérielle à la fin. Elle ne doit pas excéder 160 mmHg pour la maximale chez le sujet jeune et 180 à 200 mmHg chez le sujet de plus de 40 ans.

Ce test explore surtout le cœur gauche et le système nerveux extracardiaque. Il pénalise les sujets émotifs et les tachycardes.

Le test de FLACK (1919) est une méthode d'évaluation qu'on utilise encore dans les centres médico-sportifs. On demande au sujet assis, de faire une inspiration forcée et de maintenir le plus longtemps possible par contraction des muscles respiratoires, une pression de 40 mmHg.

Ce test explore le cœur droit et même en réalité la réaction du nœud sinusal à une hyperpression de l'oreillette droite. Pour l'interprétation, la fréquence cardiaque est mesurée toutes les 5 secondes manuellement. La durée minimum du test doit être de 40 secondes. Les résultats sont traduits par des courbes définissant 5 types de sujets.

Courbe de type I :	bon
Courbe de type II :	manque d'entraînement
Courbe de type III :	bilan à faire
Courbe de type IV :	sujet émotif ou tachycarde
Courbe de type V :	inapte.

Il existe encore d'autres épreuves basées sur la montée et la descente alternée d'un obstacle : ce sont les test de Schneider, de Master, de Haruard.

Des méthodes peu utilisées aujourd'hui faisaient intervenir comme critères, des indices biométriques : l'indice de PIGNET (1918), de RUFFIER (1951), l'indice pondéral de KAMP, l'indice de corpulence de MONNEROT, l'indice de DEMENY.

Les valeurs biochimiques ont aussi été utilisées comme critères. Les valeurs retenues étaient : le taux d'hémoglobine pour lequel ASTRAND (1952) trouve une forte corrélation entre le taux et la VO2 Max, la pression partielle des gaz du sang (LAMDERSTEN 1952) le pH sanguin et les tampons résiduels (DILL, 1937).

Les méthodes actuelles explorent essentiellement la puissance maximale anaérobie ou aérobie.

MESURE DE LA PUISSANCE MAXIMALE ANAEROBIE

Elle concerne les pratiquants de sports de puissance et de vitesse (sprinteurs, sauteurs, lanceurs, haltérophiles). Les biopsies musculaires effectuées chez les athlètes ont révélé une prépondérance des fibres musculaires de type rapide.

De nombreux tests ont été proposés pour la détermination de la puissance anaérobie. Les test de détente verticale de SARGENT (1921) ont ainsi été utilisés comme test de puissance musculaire générale. D'ailleurs DAVIES

YOUNG (1984) puis VANDEWALLE (1987) ont trouvé une bonne corrélation entre la puissance maximale mesurée sur ergocycle et le pic de puissance de la détente verticale.

On utilise aussi le test de l'escalier de MARGARIA (1966) qui consiste en la montée à vitesse maximale d'un escalier. La vitesse de montée est mesurée au moyen de cellules photoélectriques et la puissance est égale $P = mg.h.t$. (m = masse corporelle, g = accélération de la pesanteur 9.81 m.s^{-2} ; h : la différence de niveau (en mètres) entre la 6e et la 12e marche; t = le temps en secondes).

Le test de puissance explosive sur ergocycle proposé par AYALON et al (1974) utilise la relation force-vitesse. Des protocoles similaires ont été proposés par PERS et al (1981) et VANDEWALLE et al (1983 et 1987).

Le Wingate-test et ses dérivés semble être le test le plus utilisé actuellement.

Ce test consiste en un exercice de pédalage à vitesse maximale pendant 30 secondes contre une force de freinage constante établie en fonction du poids : 75 kg de poids corporel pour AYALON et al (1974), 87 pour DOTAN et BAR-OR (1983).

Trois indices sont mesurés : la valeur du pic de vitesse, la quantité de travail effectué pendant 30 secondes et la baisse de la puissance au cours de l'épreuve. Toutefois, ce test a fait l'objet de beaucoup de critiques par VANDEWALLE et FRIEMEL (1989), la critique essentielle étant d'ordre biomécanique : l'impossibilité de déterminer une force de freinage optimale, la durée trop brève, l'indice de fatigue peu fiable.

Il faut noter que MARGARIA et al (1964) proposait aussi une méthode de mesure de la puissance maximale anaérobie lactique. Le sujet réalise des exercices à différentes niveaux de puissance et la lactatémie est mesurée à un moment donné de la phase de récupération. Cette méthode a été critiquée, VANDEWALLE et FRIEMEL (1989).

Quelque soient les méthodes utilisées, DAVIES (1971) PERES et al (1988) ont trouvé des corrélations significatives entre les différentes valeurs de puissances maximales mesurées.

MESURE DE LA CAPACITE MAXIMALE AEROBIE

Cette mesure s'effectue de façon directe ou indirecte, grâce à des épreuves maximales ou sous-maximales.

La mesure directe se fait par l'exécution d'épreuve d'effort à charge progressivement croissante jusqu'à épuisement du sujet. L'exercice est réalisé sur tapis roulant et la difficulté réside dans la vitesse de déroulement du tapis ou le degré d'inclinaison de la pente. On se sert également de bicyclette ergométrique et là la difficulté consiste en une résistance au pédalage obtenue grâce à un frein mécanique (contre poids) ou électromagnétique.

Même si l'on ne dispose pas de moyens de mesure des paramètres ventilatoires on peut estimer la $VO_2 \text{ Max}$ de façon indirecte en ayant recours à des épreuves sous-maximales. Les méthodes les plus utilisées à cet effet sont celles de ASTRAND RYHMING (1954) et de FOX (1973).

Ces mesures indirectes sont fondées sur la mesure d'une fréquence cardiaque de régime stable d'un exercice sous-maximal; étant donné l'existence d'une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la VO_2 pour les exercices maximaux, et le peu de différence dans le rendement mécanique d'un sujet à l'autre.

L'épreuve d'ASTRAND consiste à faire pédaler le sujet pendant 6 minutes à une puissance constante : 150 W pour les hommes et 100 W pour les femmes.

On relève la fréquence cardiaque de la dernière minute d'effort quand l'état est considéré comme stable. Cette fréquence cardiaque doit être au minimum de 130 bpm. On se réfère ensuite à un nomogramme qui donne la $VO_2 \text{ Max}$ prédite.

L'épreuve de FOX utilise la fréquence cardiaque de la 5e minute de pédalage à la puissance de 150 W pour établir l'équation : $VO_2 \text{ Max prédite} = 6.3 - 0.193.Fc$.

Le facteur de variation le plus important dans ces épreuves est l'âge. Mais ASTRAND-RYHMING propose une table correction tenant compte de la fréquence cardiaque maximale réelle ou théorique selon l'âge. (ASTRAND, MARGARIA : 1965).

D'autres méthodes du même type exploitent la relation puissance-fréquence cardiaque ou des step-tests.

Des épreuves indirectes maximales réalisées pour la plupart sur le terrain aident également grâce à des équations à estimer la $VO_2 \text{ Max}$.

Le test couramment sollicité est le test de COOPER (1968) qui consiste à parcourir la distance la plus longue possible en 12 minutes. La valeur de $VO_2 \text{ Max}$ est donnée par la relation $VO_2 \text{ Max} = 0.022 \text{ distance} - 10.39$.

Cependant BARRAULT (1976) a proposé une autre équation chez les sujets entraînés :

$$VO_2 \text{ Max} = 0.011 \text{ Distance} + 21.90$$

D'autres épreuves d'intensité progressive pratiquées sur le terrain permettent d'apprécier la VO₂ max.

Il s'agit du test de LEGER et BOUCHER (1980), du test progressif de course en navette de LEGER et al (1984) ; LEGER et GADOURY (1989), PATTON et al (1982) ont conçu un test progressif sur ergocycle et BOLTER et COUTTS (1987) sur tapis roulant.

La réalisation des épreuves maximales ne peut se faire que dans certaines conditions.

CRITERES DE REALISATION DES EPREUVES MAXIMALES

L'épreuve doit être réalisée par un médecin compétent, avec le consentement du sujet. Mais avant le médecin devra mener un interrogatoire précis, à la recherche de facteurs de risques ; consommation excessive de tabac ou d'alcool, antécédents familiaux d'athérosclérose et de maladies thrombo-emboliques. Cet interrogatoire sera suivi d'un examen clinique orienté sur l'appareil cardio-vasculaire.

Des conditions techniques de sécurité sont à remplir, à savoir disposer dans le local :

- d'un électrocardiographe, d'un scope, d'un défibrillateur, d'une source d'oxygène, de matériel d'intubation, de médicaments d'urgence, et d'une ligne téléphonique permettant de joindre le SAMU ou un centre de cardiologie.

Ces critères sont importants à observer, au plan médico-légal et parce que de nombreux cas de morts subites ont été relevées au cours de la pratique du sport et des épreuves maximales. Il peut donc exister chez le sujet un état contre-indiquant les épreuves d'effort.

LES CONTRE-INDICATIONS

Pour l'O.M.S. les épreuves maximales doivent être interdites chez les sujets présentant ou ayant des antécédents : de sténose aortique, d'angine de poitrine, d'infarctus du myocarde, d'hypertension artérielle systémique sévère (minima > 100 mmHg quelle que soit la maxima, de

troubles du rythme quel qu'en soit la nature, de troubles de la conduction.)

En médecine du sport on estime que d'autres états constituent aussi des contre-indications absolues : l'embolie pulmonaire ou systémique récente, l'anévrisme ventriculaire ou aortique, les cardiopathies congénitales avec HTAP, la myocardiopathie obstructive, les blocs sino-auriculaires, les BAV congénitaux, les hémopathies, les myasthénies.

Certaines affections ne constituent que des contre-indications relatives : le bloc de branche gauche, l'HTA systémique ou pulmonaire, le rétrécissement aortique modéré.

Dans certains cas, des états pathologiques peuvent constituer une contre-indication temporaire quelque fois spécifique d'un sport (Martine et Luc BIERRY 1980). Ainsi l'otite aiguë contre-indiquant tout sport pendant 15 jours et la natation durant 1 mois.

L'épilepsie ne constituera pas une contre-indication chez les sujets n'ayant pas fait de crise depuis 1 an et dont l'examen neurologique et le bilan paraclinique sont normaux, exception faite de la plongée sous-marine.

Lorsque l'épreuve maximale d'effort est réalisable et au cours de la pratique de toute activité physique, l'apparition de certains signes doit faire cesser l'activité. Ces signes sont d'abord cliniques : douleur angineuse, lipothymie ou menace de syncope, fatiguabilité musculaire anormale, chute de la pression artérielle avec pincement de la différentielle, élévation de la pression artérielle au delà de 270 mmHg pour la systolique, fréquence cardiaque maximale au delà de la fréquence cardiaque théorique, polypnée anormale, pâleur, cyanose. Des critères électrocardiographiques imposent également l'arrêt de l'exercice : ce sont les troubles du rythme, les troubles de la conduction, les modifications du segment S.T.

CONCLUSION

L'évaluation de l'aptitude physique de par les nombreuses méthodes connues permet de juger l'aptitude réelle à l'effort d'un sujet malade, convalescent ou sportif. Il s'agit d'une évaluation "à la carte" qui sert aussi à éliminer les sujets inaptes des activités pouvant mettre leur vie en péril.

BIBLIOGRAPHIE

1 - ASTRAND P.O. et RYHMING I.
A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work.
J. Appl. Physiol. 1954, 7, 218-221.

2 - ASTRAND P.O. et SALTIN B.
Maximum oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity.
J. Appl. Physiol., 1961, 16, 977-980.

- 3 - ASTRAND P.O. et RODAHL K.
Manuel de physiologie de l'exercice musculaire. Masson, Paris, 1973.
- 4 - AYALON A., INBAR O. et BAR-OR O.
Relation ship among measurement of explosive strength and anaerobic power. In international series on sport sciences.
Vol. 1 Biomechanics IV (R.C. Nelson & C.A., Morehouse, eds).
University Press, Baltimore, 1974.
- 5 - BARRAULT D.
Etude de la fréquence énergétique aérobie chez l'athlète de haute compétition et de ses variations selon l'activité physique pratiquée.
Thèse de Médecine, académie de Paris, Faculté de Médecine Saint-Antoine, 1976.
- 6 - BOGUI-FERRON Anne
Etude de l'ajustement cardio-circulatoire du drépanocytaire et de l'anémie chronique au repos et au cours d'un exercice à intensité croissante. Résultats préliminaire. Thèse pour le Doctorat d'Etat en Médecine.
Faculté de Médecine d'Abidjan 1984, n°583 82p.
- 7 - BOLTER P. et COUTTS K.
Incremental graded treadmill run to exhaustion as a measure of aerobic power. J. Sport. Med., 1987, 77, 449-452.
- 8 - CHIROUZE M.
Responsabilité médicale et épreuves d'effort.
Médecine du Sport 1980, 54 ; n°2 51/115 - 52/116.
- 9 - COOPER K.H.
A mean of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. J. Am. Med., 1968, Assoc. 203, 201-204.
- 10 - DAH Cyrille Serge
Transport de l'oxygène au cours d'une épreuve d'endurance en créneau de 20 minutes chez le sujet sain et le drépanocytaire.
Thèse pour le doctorat d'Etat en Médecine.
Faculté de Médecine d'Abidjan 1985, N°698, 63 p.
- 11 - DAVIES C.T.M. et YOUNG K.
Effects of external loading on short term power output in children and young male adults. Euro. J. Appl. Physiol., 1984, 52, 351-354.
- 12 - DEMENY
Analyse critique des principales méthodes de détermination de l'aptitude physique. J. TIXIER, éd. Lyon, 1967.
- 13 - DICKSON J.
L'utilisation de l'indice cardiaque de RUFFIER dans le contrôle médico-sportif. Med. Educ. Phys. Sport., 1950, 2, 65.
- 14 - DILL D., DALY, FORBES W
The PK' of serum and red cells. J. Biol. Chem. 1937, 117, 569-574.
- 15 - DOTAN R. et BAR-OR O.
Load optimisation for the Wingate anaerobic test.
Eur. J. Appl. Physiol., 1983, 51, 409-417.
- 16 - FLACK M.
Some simple test of physical efficiency. The lancet, 1919, 1, 210-220.
- 17 - FOX E.L.
A simple accurate technique for predicting maximal aerobic power.
J. Appl. Physiol., 1973, 35, 914-916.
- 18 - LAMBERTSEN D., BUNCE P., KIN D., SCHMIDT C.
Relationship of oxygen tension to hemoglobin oxygen saturation in the arterial blood of normal men. J. Appl. 1952, 4, 873-885.
- 19 - LANVIN G.
Les épreuves d'effort. Médecine du Sport, 1976, T50, n°3.
- 20 - LEGER et BOUCHER R.
An indirect continuous running multistage field test, the Université de Montréal track test. Can. J. Appl. Spt., 1980, Sci 5, 77-84.
- 21 - LEGER L. et GADOURY C.
Validity of a the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict V02 Max in adults. Can. Spt. Sci, 1989, 14, 21-26.
- 22 - LIAN C.
Epreuve d'aptitude physique à l'effort. Presse médicale, 1916, 24, 563-567.
- 23 - LONSDORFER J., BOGUI P., PIGEARIAS B., DAH C., DOSSO Y., JOVENIAUX A., LONSDORFER A., YACE F., LENORMAND E.
Les épreuves d'effort en pratique pneumologique. VIèmes Journées Médicales d'Abidjan. Revue Méd. Côte d'Ivoire, 1986, n°75, 213.
- 24 - LONSDORFER J., BUGUET A., BOGUI P., SORIBA M., DAH C., GATI R., SOFO I., PIGEARIAS B.
Efficiency of a six-week "SWEET" training program. 23rd annual Meeting Societas Europaea Physiologicae clinicae Respiratoriae (SEPCR) 2-24 June 1988 ATHENS GREECE. Eur. Repira. J., 1988, 1, suppl. 1, 67s.
- 25 - MARTINET A.
Epreuve fonctionnelle circulatoire : appréciation de la puissance de réserve du cœur. Presse médicale, 1916, 117, 223-245.
- 26 - MARGARIA R., CERRETELLI P. et MANGILLI F.
Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. J. appl. Physiol., 1964, 19, 623-628.
- 27 - MARGARIA R., AGHEMO P. et ROVELLI E.
Indirect determination of maximal O2 consumption in man.
J. Appl. Physiol., 1965, 20, 1070-1073.
- 28 - MARGARIA R., AGHEMO P. et ROVELLI E.
Measurement of muscular power (anaerobic) in man.
J. Appl. Physiol. 1966, 21, 1662-1664.
- 29 - MONNEROT
Cursus Biometrie, VRIJE Universiteit BRUSSEL 1981.
- 30 - NEEL J.L.
Indications limites en médecine du sport.
médecine du sport, 1976, T 50, n°3, 33-153 - 46-166.
- 31 - NIQUET G., BIERRY-OLIVIER M., BIERYLL
Contre-indication à la pratique des sports.
Médecine du Sport, 1980, T 55, n°2, 23-95 - 27-99.
- 32 - PATTON S.F., VOGEL J.A. et MELLO R.P.
Evaluation of a maximal predictive cycle ergometer test of aerobic power.
Eur. J. Appl. Physiol., 1982, 49, 131-140.
- 38 - PERES G., VANDEWALLE H. et MONOD H.
Comparaison de trois méthodes de mesure de la puissance maximale anaérobie des membres inférieurs. Cinésiologie, 1988, 27, 241-249.
- 34 - PIGEARIAS B., MENSAH-ADOH I., N'DHATZ M., BOGUI P., SOFO I., OUATTARA S., DAH C., LONSDORFER J.
Effects of tropical environment on the exercise-induced asthma (E.I.A. in asthmatics and non-asthmatics in Abidjan Ivory Coast, West Africa.
23rd Annual Meeting Societas Europaea Physiologicae clinicae Respiratoriae (SEPCR) 2-24 June 1988 ATHENS GREECE.
Eur. Respir. J., 1988, 1, Suppl. 1, 16s.
- 35 - PIGNET
Analyse critique des principales méthodes de détermination de l'aptitude physique. Ed. J. TIXIER, LYON, 1967.
- 36 - SARGENT D.A.
The physical test of a man. Am. Phys. Educ. Rev. 1921, 26, 188-194.
- 37 - VANDERWALLE H., FRIEMEL F.
Tests d'évaluation de la puissance maximale des métabolismes aérobie et anaérobie. Science et sports, 1989, 4, 265-279.
- 38 - VOGELAERE P.
Principales méthodes permettant de déterminer l'aptitude physique.
Médecine du sport, 1984, T. 58, n°3, 4/116 - 10.123.