

La tolérance à l'effort physique, normes et prédiction pour un échantillon d'écoliers bruxellois

par

A. BOUCKAERT (1), A. MAERNOUDT (2), A. NOEL (2) (*)

La mesure de la capacité de travail complète, d'un point de vue dynamique, l'examen anthropologique d'un sujet bien portant. La mesure la plus satisfaisante est celle de la consommation maximale d'oxygène. Cette mesure a fait l'objet d'une abondante littérature. SHEPHARD *et al.* (1968) se sont efforcés d'en dégager les conditions optimales de reproductibilité. La complexité de l'appareillage utilisé a cependant conduit de nombreux chercheurs à utiliser des mesures plus simples et obtenues de préférence au cours d'un effort sous-maximal. La méthode développée par SJÖSTRAND (1947) et WAHLUND (1948) répond à ce souci. Dans cette méthode, le pouls est mesuré au cours de deux efforts calibrés sur une bicyclette ergométrique. La droite reliant les points représentatifs de ces deux efforts sur des coordonnées puissance-fréquence cardiaque est prolongée jusqu'à 170 pulsations/minute et la «capacité de travail» est définie comme la puissance correspondant à une fréquence cardiaque de 170 (CT 170). ADAMS *et coll.* (1961) ont utilisé ce test pour un échantillon de 243 écoliers et écolières en Californie. Leur âge était compris entre 6 et 14 ans.

Pour les 120 garçons de leur échantillon, ils obtenaient une droite de régression entre la CT 170 (y) et le logarithme de la surface cutanée.

$$y = -1757 + 2136.6x$$

Le coefficient de corrélation était de 0.81. La surface corporelle était estimée selon le nomogramme de DUBOIS et DUBOIS (1915).

Nous avons voulu comparer les résultats de ADAMS *et coll.* (1961) sur les écoliers américains avec ceux que nous obtenons sur un échantillon non sélectionné d'écoliers belges.

(1) Unité d'Epidémiologie, Université Catholique de Louvain.

(2) Unité de Médecine Scolaire, UCL, Woluwé-St.-Lambert (1200 Bruxelles).

(*) Communication présentée le 19 décembre 1977.

Matériel et méthodes

Après un examen électrocardiographique au repos destiné à éliminer les anomalies cardiaques, la CT 170 a été déterminée en utilisant, comme effort standardisé, l'ascension d'une marche dont la hauteur était préalablement réglée au sixième de la hauteur du membre inférieur, puis au tiers puis à la moitié de cette hauteur. Dans ces conditions, la puissance fournie est donnée par

$$W = \text{poids} \times \text{hauteur de la marche} \times \text{fréquence du mouvement} \times 1,2$$

La constante 1,2 provient du fait que l'énergie dépensée pour le freinage du mouvement de descente peut être estimée à 20% de l'énergie dépensée pour la montée. Le poids étant exprimé en kg, la hauteur de la marche en mètre et la fréquence par minute, W est défini en kilogrammètres/minutes. La valeur de W peut être ajustée pour chaque individu en imposant une certaine fréquence du mouvement. Nous avons choisi d'imposer, lors du troisième effort, une fréquence correspondant à la puissance observée par ADAMS *et coll.* pour des enfants masculins de même surface cutanée. Cette dernière a également été estimée selon le nomogramme de Dubois et Dubois à des fins comparatives.

Après chaque épreuve, la fréquence cardiaque mesurée est portée en graphique en fonction de la puissance et celle-ci, extrapolée à 170 pulsations par minute, donna la CT 170.

Résultats

1. Nous avons comparé les résultats obtenus aux valeurs prédites par l'équation de régression d'ADAMS *et coll.* En moyenne, la valeur observée sur 139 écoliers vaut 99.45% de la valeur prédite par les normes américaines (Tableau I). Cette concordance est observée en dépit d'une distribution d'âge plus large que chez les auteurs américains.
2. Nous avons ventilé les valeurs moyennes de la CT 170 rapportée aux normes américaines en fonction de la profession du père et de la profession de la mère. La seule différence significative ($p < 0.05$) concerne la profession de la mère où la moyenne (102.27%) est plus élevée chez les fils de femme au foyer que chez les fils d'employée (88.25%).
3. Nous avons calculé nos propres droites de régression entre la CT 170 d'une part, le poids, la taille et la surface d'autre part. Nous obtenons ainsi trois valeurs estimées :

$$y_1 = -13.14 + 14.991 \text{ Poids (kgs)}$$

$$y_2 = -1497.7 + 13.896 \text{ Taille (cm)}$$

$$y_3 = -436.17 + 7.795 \text{ Surface (dm}^2\text{)}$$

TABLEAU I

Moyenne et écart-type des variables quantitatives

Variable	Unité	Moyenne	Ecart-type	n
âge	ans	14.91	4.06	139
poids	kg	51.57	16.05	139
taille	cm	162.35	16.81	139
segment inférieur	cm	86.55	8.56	139
poids naissance	kg	3.055	0.756	55
heures de sport	h/sem.	5.63	2.54	125
résultats scolaires	%	62	13.52	85
pli cutané triceps	mm	7.73	3.62	104
pli cutané sous-sc.	mm	7.31	3.56	103
périm. muscul. br. pend.	cm	24.42	3.57	102
périm. muscul. br. fléchi	cm	26.52	3.84	102
périm. muscul. cuisse	cm	48.72	5.80	102
surface cutanée	dm ²	153.34	31.28	139
CT 170 % normes américaines	%	99.45	17.94	139
CT 170 % normes surface	%	100.15	16.74	139
CT 170 % normes poids	%	99.63	17.15	139

Les coefficients de corrélation sont respectivement de 0.88, de 0.83 et de 0.87. Nous nous sommes donc attachés plus particulièrement aux normes en fonction du poids et en fonction de la surface. Les valeurs observées ramenées à ces normes internes sont données aux deux dernières lignes du Tableau I et aux deux dernières colonnes du Tableau II. Les différences entre fils de femme au foyer et fils d'employée diminuent dans ces conditions et perdent leur signification ($0.10 > p > 0.05$).

- Une échelle a été construite (Figure 1) permettant, pour toute valeur de la surface cutanée de retrouver d'une part l'estimation d'ADAMS *et coll.* (1961) et d'autre part l'estimation obtenue par régression sur nos propres données. Nous avons construit une échelle selon le même principe pour estimer CT 170 en fonction du poids (Fig. 2).
- Chez 125 élèves, le degré d'entraînement a été estimé par le nombre d'heures hebdomadaires consacrées au sport. En moyenne, ce nombre vaut 5.63 (Tableau I). Le coefficient de corrélation avec la CT 170 observée est de 0.42 mais tombe à 0.29 lorsque la CT 170 observée est exprimée en pourcentage de nos normes de surface. Pour les résultats scolaires, l'expression de la CT 170 en pourcentage de la norme fait passer le coefficient de corrélation de -0.27 à $+0.14$. Les coefficients obtenus avec diverses mesures anthropométriques sont donnés au Tableau III.

TABLEAU II

Distribution des variables qualitatives

	n	CT 170	% normes américaines	% nos normes surface	% nos normes poids
<i>1. Profession du père</i>					
1. industriels	2	787.5	92.0	90.3	91.9
2. cadres	13	685.1	96.8	97.7	97.4
3. professions libérales	3	731.7	97.7	99.8	100.8
4. employés	23	782.2	101.1	100.9	100.8
5. ouvriers	10	670.3	98.3	100.7	94.9
6. commerçants	1	1100.0	121.0	116.7	111.9
7. agriculteurs	1	648.0	95.0	100.1	102.6
8. militaires	7	604.0	85.4	88.5	88.8
9. retraités	1	550.0	86.0	91.6	96.2
10. invalides	2	983.5	104.5	98.7	97.9
11. décédés	1	890.0	101.2	86.5	85.9
<i>2. Profession de la mère</i>					
1. cadre	1	812.0	85.0	78.3	78.3
2. profession libérale	1	690.0	86.0	85.9	90.0
3. employée	16	625.7	88.3	91.0	91.3
4. ouvrière	3	1018.3	115.7	112.7	111.4
5. commerçante	2	787.5	95.0	93.6	86.9
6. enseignante	4	740.0	96.5	98.2	98.8
7. ménagère	22	871.0	102.3	100.0	100.4

TABLEAU III

Coefficients de corrélation entre CT 170 et les variables quantitatives

	CT 170	% normes californiennes	% nos normes surface
Pratique du sport	0.42	0.38	0.29
Poids de naissance	0.38	0.33	0.25
Surface	0.87	0.28	-0.03
Poids	0.86	0.30	-0.01
Fratrie	0.02	-0.03	-0.06
Décès dans la fratrie	0.18	-0.16	-0.11
Taille	0.83	0.23	-0.05
Age	0.72	0.23	-0.01
Pli cutane tricipital	-0.05	-0.20	-0.23
Pli cutane sous-scapulaire	0.21	-0.13	-0.27
P. musc. cuisse	0.65	0.16	-0.10
P. musc. bras pendant	0.71	0.27	0.00
P. musc. bras fléchi	0.71	0.25	-0.02
Résult. scolaires	-0.27	-0.03	0.14
Rapport (segment inf./taille)	-0.38	-0.38	-0.29
Somme des périm. musculaires	0.71	0.22	0.05
Moyenne des plis cutanés	0.09	-0.17	-0.26

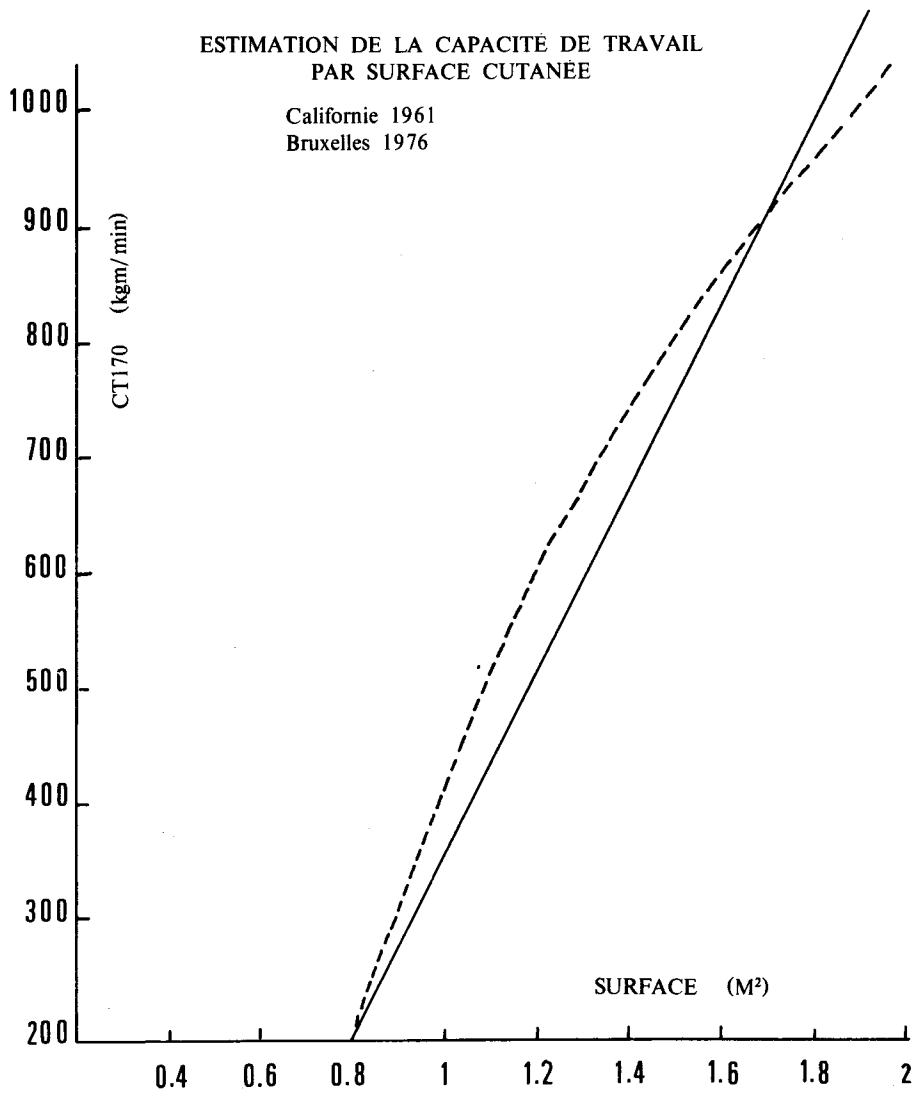


FIGURE 1

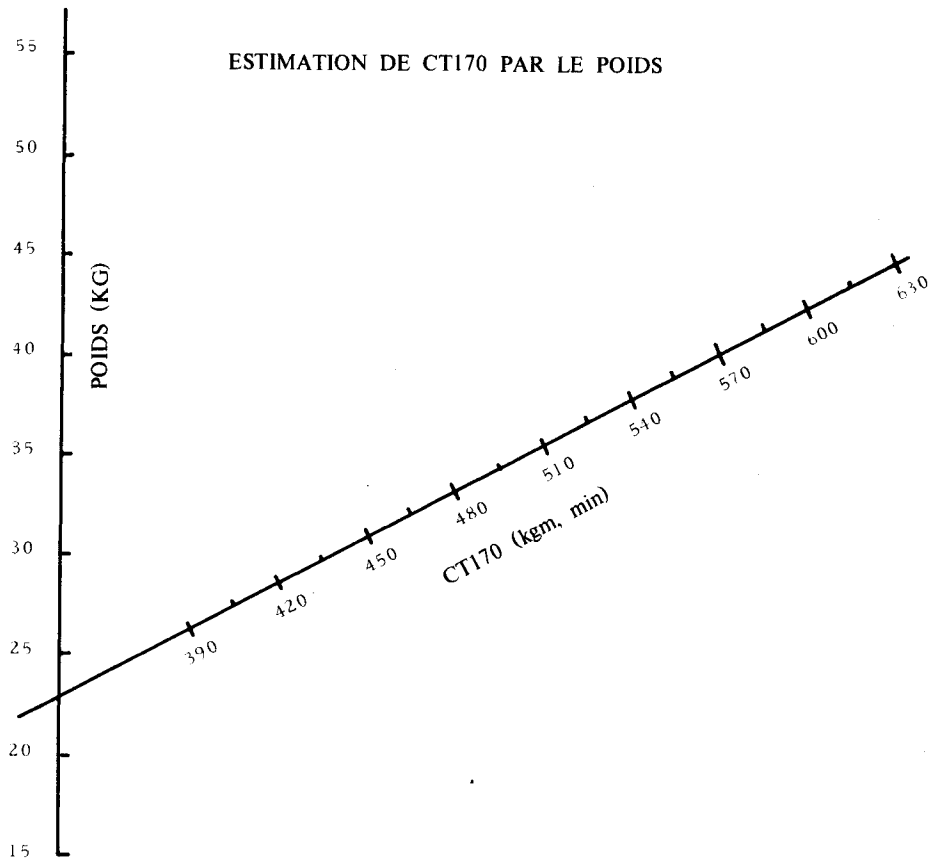


FIGURE 2

Discussion

L'influence de la profession maternelle sur la capacité de travail apparaissait curieusement comme le seul facteur d'environnement statistiquement significatif de cette étude. Qu'il s'agisse là d'un artefact d'échantillonnage, on peut le soupçonner en observant que cette différence s'estompe lorsqu'on rapporte les valeurs observées aux normes. En fait, la surface cutanée est de 1.43 m² chez les fils de femmes au foyer ce qui explique la majeure partie de la différence de CT 170. Cette différence de surface est d'ailleurs vraisemblablement due à une différence d'âge moyen (13,3 ans contre 16,9 ans). Cette différence, statistiquement significative, ne peut être attribuée qu'à un aléa d'échantillonnage.

La plupart des corrélations de CT 170 avec les variables anthropométriques s'annulent quand la CT 170 est normée. Les coefficients suivants restent significatifs :

corrélations avec la pratique sportive, le poids de naissance, les plis cutanés, le rapport de la longueur du segment inférieur à la longueur totale. Dans cette étude, la longueur du segment inférieur était mesurée entre le bord supérieur du pubis et le sol.

La corrélation avec la pratique sportive était nette dans d'autres études où une comparaison était tentée entre enfants et adolescents entraînés ou non-entraînés (GEUBELLE, 1969, SELIGER *et al.*, 1971, CUNNINGHAM et EYNON, 1973). La corrélation négative avec le segment inférieur du corps attire l'attention sur l'importance du développement thoracique.

La corrélation avec l'épaisseur du pli cutané, nulle pour la CT 170 observée, est négative pour la CT 170 normée. L'épaisseur du pli cutané tricipital mesurée chez 768 enfants et adolescents belges du sexe masculin entre 3 et 16 ans donne des chiffres qui vont de 9 à 10 mm dans l'étude de BALTIA et GEUBELLE (1968). Nos chiffres se situent donc plutôt bas par rapport à ces valeurs. Pour le pli cutané sous-scapulaire, mesuré chez les mêmes 601 sujets, les valeurs allaient de 5 à 6 mm ce qui correspond mieux à nos observations.

Enfin, on notera que la CT 170 n'est pas liée aux résultats scolaires quand les résultats sont normés. Ceci provient vraisemblablement du fait que les examens sont corrigés de façon plus sévère dans les classes terminales ce qui cause une baisse du résultat scolaire moyen avec l'âge.

La prédiction de la CT 170 par le poids apparaît dans cette étude aussi satisfaisante que la prédiction par la surface. Le coefficient de corrélation estimé sur nos données ($r = 0.86$) se compare favorablement avec celui estimé ailleurs : 0.81 chez WELLS *et coll.* (1973), 0.80 chez HOWELL et MACNAB (1968), de 0.89 à 0.91 chez BENGTSOON (1956). Pour ce dernier, la prédiction par le poids serait même la meilleure. D'autre part, on est frappé de la relative constance des coefficients de régression en fonction du poids chez ces différents auteurs. Ce coefficient est de 14.991 dans la présente étude. Il est de 18.41 chez WELLS *et coll.* (1973) mais cette étude est basée sur neuf mesures seulement. Il est de 15.87 chez BENGTSOON (1956) pour 41 enfants et de 9.61 chez le même auteur pour 5 adolescents.

La prédiction par la surface estimée est très satisfaisante ($r = 0.87$) dans notre étude. Le coefficient de corrélation est de 0.86 dans l'étude de Bengtsson pour 50 enfants, et de 0.78 pour 5 adolescents. Les coefficients de régression correspondants sont de 7.526 et 7.795 contre 6.152 dans notre étude. Chez 120 écoliers californiens, ADAMS *et coll.* trouvent un coefficient de corrélation de 0.81. Il semble donc que la transformation logarithmique n'accroisse guère la précision de la prédiction. De toutes façons, l'exponentielle de régression obtenue de cette façon ne s'écarte guère de la droite obtenue dans notre étude (fig. 1).

Alors que les travaux de GEUBELLE (1969) sur des garçons non-entraînés semblent indiquer que la capacité de travail des écoliers belges serait nettement inférieure à celle de l'écolier américain, nous trouvons que 5.8% seulement de nos sujets ont une CT 170 inférieure à 75% de la norme américaine et que 45% ont

une CT 170 supérieure à la norme américaine. Ceci est inattendu car notre population est d'origine urbaine alors que celle qu'étudie Geubelle est rurale : ADAMS *et coll.* (1961) trouvaient que, si l'écolier suédois rural avait une capacité de travail semblable à celle de l'écolier californien, par contre la performance était nettement plus basse chez l'écolier suédois citadin. D'après la figure 1, on serait tenté de conclure que pour des surfaces inférieures à 1,5 m², les normes californiennes sont supérieures aux normes belges et que l'effet s'inverse ensuite.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, F. H., L. M. LINDE et H. MIYAKE.
1961 The physical working capacity of normal schoolchildren I — California. *Pediatrics*, **28** : 55-64.
- ADAMS, F. H., E. BENGTTSSON, H. BERVEN et C. WEGELIUS.
1961 The physical working capacity of normal schoolchildren II — Swedish. City and country. *Pediatrics*, **28** : 243-257.
- BALTIA A. et F. GEUBELLE.
1968 La mesure de l'épaisseur du pli cutané chez l'enfant d'âge scolaire. *Acta paediatr. belg.*, **22** : 41-58.
- BENGTTSSON, E.
1956 The working capacity in normal children, evaluated by submaximal exercise on the bicycle ergometer and compared with adults. *Acta med. scand.*, **154** : 91-109.
- CUNNINGHAM, D. A. et R. B. EYNON.
1973 The working capacity of young competitive swimmers 10-16 years of age. *Med. Sci. Sports*, **5** : 227-231.
- DUBOIS D. et DUBOIS E. F.
1916 Clinical calorimetry. A formule to estimate approximate surface area if height and weight be known. *Arch. int. med.*, **17** : 683.
- GEUBELLE F.
1969 Effort physique et capacité de travail chez l'enfant et l'adolescent. *Rev. méd. Liège*, **24** : 452-457.
- HOWELL, M. L. et R. B. J. MACNAB.
1968 The physical working capacity of Canadian children. Canadian Association for Health, Physical education and recreation.
- SELIGER, V., V. CERMAK, P. HANDZO, H. HORAK, Z. JIRKA, M. MACEK, M. PRIBIL, J. ROUS, O. SKRANC, J. ULBRICH et J. URBANEK.
1971 Physical fitness of the Czechoslovak 12 and 15 year old population. *Acta paediatr. scand.*, **S 217** : 37-41.
- SJOSTRAND, T.
1947 Changes in the respiratory organs of workness at an ore smelting works. *Acta med. scand.*, 196 suppl. : 687-699.

WAHLUND, H.

1948 Determination of the physical working capacity. A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardiopulmonary functional tests.

Acta med. scand., S 215 : 9-81.

WELLS, C. L., E. W. SCRUTTON, L. D. ARCHIBALD, W. P. COOKE et J. M. DE LA MOTTE.

1973 Physical working capacity and maximal oxygen uptakes of teenaged athletes.

Med. Sci. Sports, 5 : 232-238.

Adresse des auteurs : Dr. A. BOUCKAERT

U.C.L. Ecole de Santé publique

Clos Chapelle-aux-Champs, 30

1200 Bruxelles.