



PROFIL RESPIRATOIRE DE L'ENFANT CONGOLAIS OBESE AU COURS D'UN PROGRAMME DE CONDITIONNEMENT PHYSIQUE

RESPIRATORY PROFILE OF THE CONGOLESE CHILD OBESE DURING A PHYSICAL PROGRAM OF CONDITIONING

| Massamba Alphonse ^{1,2*} | Moulongo Jean Georges André ^{1,2} | Makosso Vheiyé Georges ¹ | Moussoki Jean Martin ² | Moussouami Simplicé Innocent ² | Mfoto Kapesa Jean ³ | Mabilia Babela Jean Robert ⁴ | and | Kayembe Ntumba Jean Marie ⁵ |

- ¹. Laboratoire des Biosciences du Sport | Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive | Université Marien NGOUABI | BP 69, Brazzaville | Congo |
- ². Laboratoire de Physiologie de l'Effort et de Biomécanique | Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive | Université Marien NGOUABI, BP 69, Brazzaville | Congo |
- ³. Département des Sciences de la Motricité Humaine | Faculté des Sciences | Université Pédagogique Nationale | Kinshasa | République Démocratique du Congo |
- ⁴. Service de Pédiatrie | Centre Hospitalier et Universitaire de Brazzaville | Brazzaville | Congo |
- ⁵. Service de Pneumologie | Département de Médecine Interne | Cliniques Universitaires de Kinshasa | Kinshasa | République Démocratique du Congo |

| Received | 11 May 2018 |

| Accepted | 31 May 2018 |

| Published 07 June 2018 |

Résumé

Introduction : L'exercice physique a des répercussions sur le profil respiratoire d'un enfant obèse. **Objectif :** analyser les effets de l'activité physique sur les paramètres respiratoires chez des garçons obèses. **Matériel et méthodes :** l'étude longitudinale a porté sur 34 enfants scolarisés de Brazzaville, Congo. Ils ont été soumis à un programme d'entraînement de durée 6 mois, basé sur la marche, la course en durée, le tennis de table et le football (nombre de séances: 3 par semaine; durée de la séance: 75 minutes). Un effort sous maximal sur tapis roulant a été réalisé avant et après le programme par chaque sujet. Les données respiratoires cliniques et fonctionnelles ont été enregistrées ainsi que la consommation maximale de l'oxygène (VO_{2peak}).

Résultats : il a été observé une augmentation de la ventilation minute et de la fréquence respiratoire, aussi bien que de l'augmentation du volume expiratoire et de la fraction de CO_2 , du débit inspiratoire et du VO_{2peak} . D'autre part, une diminution de temps inspiratoire et de la durée de la respiration a été notée. Les débits pulmonaires semblent prédictifs du VO_{2peak} . **Conclusion :** sur la base de ces résultats, la pratique des activités physiques adaptées apparaît comme un moyen sûr et approprié pour améliorer l'aptitude cardiorespiratoire et la santé des adolescents obèses.

Mots clés: Obèse, collégien, effort sous maximal, fonction pulmonaire, valeur spirométrique

Abstract

Introduction: Physical exercise influence on respiratory profile in obese child. **Objective:** analyze effects of physical activity on respiratory parameters in obese boys' school-children. **Methods:** A longitudinal study was conducted between 2 October 2016 and 21 April 2017 in Congo-Brazzaville. A 6 months training program based on walking, endurance course, table tennis and football was proposed (sessions: 3 per week; duration of session: 75 min). A submaximal effort on speedwell was performed before and after training by each subject. Clinical and functional respiratory data were recorded as well as the peak consumption of oxygen (VO_{2peak}). **Results:** An increase in minute ventilation and respiratory rate were observed in all as well as the increase in the expired volume and fraction of CO_2 , the inspiratory flow and the VO_{2peak} . On the other hand, a decrease in inspiratory time and in the total length of breathing was noted. The pulmonary flows seem to be predictive of VO_{2peak} . **Conclusion:** On the basis of the study, practice of these physical activities appears as safe and suitable means for improving cardiorespiratory capacities and health of obese adolescents.

Key words: Obese, schoolchild, submaximal effort, pulmonary function, spirometric value

1. INTRODUCTION

L'obésité, accumulation de réserves énergétiques excessives sous forme de triglycérides dans le tissu adipeux, répond en première instance aux lois de la thermodynamique. Elle constitue un problème de santé publique majeur des pays développés [1,2], mais aussi des pays en développement [3]. Les mauvaises habitudes de vie sont à l'origine de la progression de cette pathologie qui touche de nos jours les enfants et les adolescents. Dans la population infanto-juvénile, les déséquilibres diététiques et l'essor des jeux sédentaires (télévision, jeux vidéo, etc.) concourent à la

progression de l'inactivité [4, 5]; ce qui prédispose à l'obésité de l'adulte [6]. Cependant, l'enfant est caractérisé par une série d'évènements critiques : une expression du patrimoine génétique aux conséquences maximales, le développement du tissu adipeux, l'apprentissage du comportement, l'établissement des caractéristiques physiologiques et métaboliques individuelles. Les aptitudes physiologiques de l'enfant et l'adolescent à l'exercice découlent des aptitudes individuelles innées et de l'entraînement, acquises. Seule une pratique régulière de différentes activités, jeux dans l'enfance puis activités physiques, puis éventuellement sport, mènent au développement des potentialités individuelles.

Le lien entre le développement de l'obésité et l'activité physique en est un exemple pertinent. Une revue des données de la littérature fournies par les études longitudinales [7] suggère que l'augmentation de l'activité physique et la diminution des activités sédentaires confèrent une protection contre l'obésité. En Afrique noire subsaharienne, les données de Massamba et al., (2009) au Congo-Brazzaville vont dans le même sens [8]. Depuis, le nombre de publications sur l'obésité et l'activité physique n'a cessé d'augmenter, pour atteindre le niveau d'environ une publication par heure [9]. Malgré les quelques 120.000 articles écrits sur l'obésité et l'exercice physique depuis les conclusions de Newburgh en 1929 (1930), nos connaissances n'ont que peu évolué sur l'impact d'un exercice incrémental sur la fonction respiratoire [10]. Cependant, les relations entre obésité et maladies respiratoires sont connues depuis plusieurs années. En règle générale, les enfants et les adolescents obèses présentent des capacités physiques globales, et plus particulièrement une aptitude physique, plus faibles que celles de leurs homologues de poids normaux [11]. On observe classiquement une diminution de la compliance pulmonaire, une diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle et du volume de réserve respiratoire, une capacité pulmonaire totale préservée de même que la capacité vitale [7-12, 13]. Cependant, chez l'enfant obèse noir africain aucune donnée n'est disponible sur le profil cardiorespiratoire à l'exercice. Or, les valeurs spirométriques sont influencées par les données anthropométriques et sociodémographiques (notamment la race) et les données climatiques [14, 15]. Ceci justifie la présente étude dont le but est de déterminer les modifications induites par un programme d'activités physiques et sportives sur les valeurs ventriculaires dans une population d'enfants obèses du Congo, en vue d'une exploitation rationnelle en pathologie, en réhabilitation cardiorespiratoire et en médecine du sport.

2. MATERIEL ET METHODES

1. Sujets

L'étude, longitudinale, s'est déroulée à Brazzaville, capitale de la République du Congo, du 2 octobre 2016 au 21 avril 2017. Au total, 61 garçons obèses, scolarisés au cycle secondaire, ont été inclus dans l'étude à la demande écrite des parents. Leur âge était compris entre 12 et 15 ans (moyenne d'âge : $13,4 \pm 0,3$ ans). L'étude a été approuvée par le Comité National d'Ethique pour la Recherche en Sciences de la Santé (CNERSSA), organe de la Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technique du Congo. L'obésité a été appréciée à partir des Z-scores de l'indice de masse corporelle $[IMC = \text{poids}/(\text{taille})^2]$ selon le modèle de Rolland-Cachera et al., (1991) [16]. Un questionnaire évaluait le degré d'aptitude physique de l'enfant, un examen clinique et un électrocardiogramme excluaient les sujets porteurs de pathologies associées ou de complications cardiorespiratoires. Aucun cas d'asthme n'avait été diagnostiqué. Par ailleurs, les enfants ayant récemment participé à un protocole de remise en forme à l'effort (incluant régime alimentaire hypocalorique et protocole d'activité physique) n'ont pas été inclus dans l'étude. Les caractéristiques anthropométriques des sujets sont indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques anthropométriques des enfants obèses.

	Valeurs minimales	Moyennes	Valeurs maximales
Age (ans)	12	$13,4 \pm 0,3$	15
Poids (kg)	71	$77,6 \pm 4,5$	89
Taille (m)	1,54	$1,58 \pm 0,02$	1,71
IMC (kg/m²)	30	$30,1 \pm 1,2$	33,1
Z –score Poids/Taille	3,2	$3,6 \pm 0,1$	3,8
Masse grasse (kg)	25,7	$26,9 \pm 2,2$	30,5
Rapport PA/PH	0,84	$0,92 \pm 0,04$	0,92

IMC : indice de masse corporelle ; PA : périmètre abdominal ; PH : périmètre des hanches ; * : différence significative à $p < 0,05$.

Z-score : Poids/Taille.

2. Conditions expérimentales

Les enfants ont été soumis à un programme extrascolaire de conditionnement physique, basé sur les activités suivantes : tennis de table (activité sportive duelle d'opposition), marche longue et course endurée (activités athlétiques), football (activité collective duelle). Le programme proposé pour le tennis de table était celui de la Fédération Internationale de Tennis de Table (FITT), relatif aux apprenants de la tranche d'âge 11-14 ans [17]. Le volume global du programme était de 126 heures, à raison de 3 séances hebdomadaires et d'une heure 30 minutes par séance. Avant chaque séance, un entraînement à l'effort a été entrepris pour les élèves selon un protocole d'intervalle training parfaitement connu et standardisé [18]. Celui-ci comprenait un échauffement de 10 minutes suivi d'exercices de renforcement musculaire (durée : 15 minutes).

Avant la première séance et après la dernière séance, des mesures de la taille, du poids et des plis cutanés (tricipital et sous-scapulaire) ont été effectuées. Le pourcentage de graisse chez l'enfant a été déterminé à l'aide des équations prédictives de (19) à partir des plis cutanés. La masse maigre a été estimée à l'aide de la formule :

$$\text{LBM (kg)} = P - (P \times \text{pourcentage de graisse}/100) \quad (1)$$

A l'issue de ce processus, tous les enfants ont effectué le test sous-maximal et progressif de marche sur tapis roulant (modèle Super2500 Gymrol, Saint-Etienne, France) jusqu'à épuisement. Le protocole de l'épreuve était le protocole HALO, du groupe de Recherche Health Active Living and Obesity [20]. Cette épreuve était couplée à une chaîne d'analyseur des gaz de type Ergocard Schiller®. Le test était composé de paliers consécutifs de 4 minutes réalisés à vitesse constante de 7,5 km/h (marche rapide, mais confortable pour les enfants obèses) afin de s'assurer que l'équilibre de la VO_2 et de la fréquence cardiaque (FC) est atteint. Préalablement à l'effort, les enfants disposaient de quelques minutes avant le test pour se familiariser avec le tapis roulant et pour s'adapter à l'embout buccal et aux autres procédures qui se déroulent avant le test. Après un échauffement de 4 minutes, l'inclinaison du tapis est augmentée de 3% à chaque palier. Le test se termine lorsque l'enfant atteint : (1) atteint 85% de sa FC maximale estimée ; (2) a accompli 20 minutes d'exercices ; (3) indique qu'il ne peut plus continuer. Le $\text{VO}_{2\text{peak}}$ est alors prédit en extrapolant la relation linéaire FC - VO_2 à la FC max prédite par l'âge. Le point de fatigue correspond au auquel (avec tous les encouragements des expérimentateurs) ne peut plus soutenir la marche. Une pléthysmographie (Body box 5500, Medisoft, Belgique) permettant de mesurer les volumes non mobilisables (capacité pulmonaire totale, CPT ; réserve ventilatoire, RV) a été également réalisée pour chaque enfant, conformément aux recommandations de l'American Thoracic Society (ATS) et de l'European Respiratory Society (ERS) [21]. Ces mesures ont été suivies de celles de la capacité vitale forcée (CVF), de la capacité inspiratoire (CI), du volume expiratoire maximum seconde (VEMS) et au débit expiratoire de pointe (DEP) à l'aide d'un spiromètre portable (Spiro BT 100, Medical Electronic Construction, Bruxelles, Belgique) après éducation de l'enfant. Après 4 à 6 volumes d'expiration successifs stables, l'enfant était invité à inspirer jusqu'à capacité pulmonaire totale, puis respirer normalement. Les mesures étaient répétées pour obtenir une variabilité de 5% maximum sur deux mesures consécutives, et la plus grande valeur était celle enregistrée [22]. Les valeurs spirométriques de référence étaient celles de Dickman (1971) [23], pour la CVF, le VEMS, et le DEM_{25-75} ; et de Zapletal (1969) [24], pour le $V_{\text{max}50}$. Deux paramètres ont été retenus pour apprécier l'aptitude physique de chaque enfant : la $\text{VO}_{2\text{peak}}$ et le seuil ventilatoire (SV). Toutes les épreuves se sont déroulées au Centre Médico-Sportif, sis au Complexe Sportif Alphonse Massamba-Débat.

3. Variables

La réponse ventilatoire à la pratique combinée du tennis de table, de la marche longue et la course en durée, du football a été appréciée à partir des mesures de boucles débit-volume, du $\text{VO}_{2\text{peak}}$ et du seuil ventilatoire. Il s'agissait de : CVF, VEMS, $V_{\text{max}50}$, DME_{25-75} , VEMS/CVF, $\text{DEM}_{25-75}/\text{CVF}$, $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (absolu, rapporté à la masse corporelle et à la masse maigre), SV (en l/min, ml/min, ml/kg/min et %), V_E seuil, FE_{CO_2} seuil, V_{CO_2} au seuil, f au seuil, durée totale du cycle respiratoire (T_{tot}) au seuil, le temps inspiratoire (Ti) au seuil, débit inspiratoire moyen V_i/T_i au seuil.

4. Analyse statistique

Effectuée sur le logiciel SAS/STAT®, l'analyse statistique a fait appel au calcul des moyennes arithmétiques, des écarts-types et des pourcentages ; quelquefois, les valeurs maximales et minimales ont été rapportées. Les tests statistiques utilisés pour apprécier l'effet du programme de conditionnement physique sur les variables étudiées étaient le test t de Student (méthode des couples ou non), le test de comparaison de deux pourcentages et la régression multiple ascendante pas à pas. Celle-ci a été pratiquée en considérant le $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (l/min) comme variable à expliquer et les débits pulmonaires comme variables explicatives. Le seuil de signification statistique de tous les tests a été fixé à 5%.

3. RESULTATS

Le tableau 2 rapporte les valeurs spirométriques des obèses étudiés avant le programme de conditionnement physique

Tableau 2 : Données spirométriques des sujets.

	Moyenne ± ET	% de la valeur théorique
CVF (l)	2,45 ± 0,17	97,73 ± 4,74
VEMS (l)	1,80 ± 0,32	85,28 ± 20,81
VEMS / CVF	74,12 ± 9,65	-----
$V_{\text{max}50}$ (l/s)	1,84 ± 0,27	54,28 ± 19,22
DME_{25-75} (l/s)	1,61 ± 0,13	55,18 ± 23,54
$\text{DME}_{25-75} / \text{CVF}$	66,32 ± 25,68	-----

CVF : capacité vitale forcée ; **VEMS** : volume expiratoire maximum pendant la première seconde ; **$V_{\text{max}50}$** : débit à 50% de la capacité vitale ; **DME_{25-75}** : débit maximum expiratoire 25 – 75.

Les enfants étudiés se caractérisaient par des valeurs spirométriques fortement amputées, surtout en ce qui concerne les débits sur les petites voies aériennes. A la fin du programme de conditionnement physique, les valeurs du VO_{2peak} rapporté au poids corporel et à la masse maigre se révélaient statistiquement supérieures à celles notées au début du programme (tableau 3). *A contrario*, la valeur de SV exprimée en terme de pourcentage du VO_{2peak} notée en fin du programme était statistiquement inférieure ($65,15 \pm 11,02\%$ versus $56,97 \pm 7,38\%$; $p < 0,05$), avec des fréquences cardiaques statistiquement comparables. Par ailleurs, il a été observé une légère augmentation de la RV en fin du programme, même si la variation n'était pas statistiquement significative.

Tableau 3 : Valeurs respiratoires lors de l'épreuve d'effort.

	Avant programme (n = 61)	Après programme (n = 61)	P
VO_{2peak} (ml/kg/min)	37,26 ± 3,95	45,22 ± 6,55	< 0,01
VO_{2peak} (ml/kgLBM/min)	43,01 ± 4,22	50,69 ± 7,26	< 0,01
VO_{2peak} (l/min)	1,46 ± 0,36	1,76 ± 0,42	NS
SV (l/min)	0,96 ± 0,18	0,98 ± 0,13	NS
SV (ml/kg/min)	24,96 ± 4,49	25,78 ± 4,98	NS
SV (%)	65,15 ± 11,02	56,97 ± 7,38	< 0,05
RV	22,82 ± 15,90	31,54 ± 14,10	NS

SV: seuil ventilatoire ; RV: réserve ventilatoire

Les données des tableaux 4 et 5 qui se rapportent aux échanges gazeux en fonction du régime ventilatoire mettent en évidence : (1) une augmentation significative ($p < 0,02$) de la V_E , de la VCO_2 ($p < 0,05$) et de la fréquence respiratoire à VO_{2peak} ($p < 0,01$) ; (2) une diminution sensible de la FE_{CO_2} au seuil ($p < 0,01$) et à VO_{2peak} ($p < 0,01$), et celle de la VCO_2 au seuil ($p < 0,01$).

Tableau 4 : Variations des échanges gazeux au seuil et à VO_{2peak} .

	Avant programme (n = 61)	Après programme (n = 61)	P
V_E BTPS au seuil	26,370 ± 8,151	28,625 ± 6,10	NS
V_E BTPS à VO_{2peak}	49,324 ± 12,041	62,563 ± 7,352	< 0,02
FE_{CO_2} au seuil	0,034 ± 0,009	0,022 ± 0,007	< 0,01
FE_{CO_2} à VO_{2peak}	0,034 ± 0,005	0,021 ± 0,005	< 0,01
VCO_2 STPD au seuil	0,821 ± 0,040	0,195 ± 0,104	< 0,01
VCO_2 STPD à VO_{2peak}	1,512 ± 0,560	1,903 ± 0,628	< 0,05

V_E : ventilation minute ; FE_{CO_2} : fraction expirée de CO_2 ; VCO_2 : production de CO_2

Tableau 5 : Variations du régime ventilatoire au seuil et VO_{2peak} .

	Avant programme (n = 61)	Après programme (n = 61)	P
f au seuil (c/min)	32,51 ± 0,11	36,84 ± 0,32	NS
f à VO_{2peak} (c/min)	40,34 ± 0,22	52,56 ± 0,13	< 0,01
T_{tot} au seuil (s)	1,82 ± 0,75	1,60 ± 0,42	NS
T_{tot} à VO_{2peak} (s)	1,70 ± 0,33	1,12 ± 0,09	< 0,01
T_i au seuil (s)	0,84 ± 0,25	0,62 ± 0,14	< 0,05
T_i à VO_{2peak} (s)	0,75 ± 0,13	0,54 ± 0,08	< 0,01
V_i / T_i au seuil (l/s)	0,92 ± 0,04	1,10 ± 0,02	NS
V_i / T_i à VO_{2peak} (l/s)	1,57 ± 0,12	2,23 ± 0,56	< 0,02

f: fréquence respiratoire ; T_{tot} , durée totale du cycle respiratoire ; T_i : temps inspiratoire ; V_i / T_i : débit moyen inspiratoire.

Une diminution nette du temps inspiratoire au seuil ($p < 0,05$) et à VO_{2peak} ($p < 0,01$) a été également notée, ainsi qu'une baisse de T_{tot} significative à VO_{2peak} . L'accroissement des valeurs de V_i / T_i était très remarquable à VO_{2peak} ($p < 0,02$).

Enfin, l'analyse par régression multiple ascendante a montré que les débits pulmonaires enregistrés en fin du programme de conditionnement physique, étaient hautement prédictifs de la VO_{2peak} (tableau 6), avec par ordre croissant d'importance : la CVF, le DME_{25-75} / CVF et le V_{max50} (sur l'ensemble des 3 variables, $r = 0,85$; $p < 0,001$).

Tableau 6 : Résultats de la régression multiple pas à pas sur le VO_{2peak}

Variables		r	r ²	P
Avant programme				
- Pas n°1	CVF	0,82	0,67	0,001
- Pas n°2	DME_{25-75} / CVF	0,87	0,75	0,001
- Pas n°3	V_{max50}	0,91	0,82	0,001
Après programme				
- Pas n°1	CVF	0,81	0,66	0,001
- Pas n°2	DME_{25-75} / CVF	0,83	0,70	0,01
- Pas n°3	V_{max50}	0,85	0,73	0,01

L'équation de régression était : $VO_{2peak} \text{ (l/min)} = 0,734 \text{ CVF} + 0,001 \text{ (DME}_{25-75} \text{ /CVF)} - 0,359 \text{ V}_{max50} - 0,365$. En revanche, au début du programme la valeur du coefficient de corrélation (sur les 3 variables) était égale à 0,87 ($p < 0,001$).

4. DISCUSSION

Dans cette série d'enfants obèses, nous confirmons en fin de programme de conditionnement physique une augmentation du VO_{2peak} . Les seuls écarts significatifs retrouvés l'ont été respectivement au niveau du VO_{2peak} normalisé par le poids corporel ($p < 0,01$) et du VO_{2peak} rapporté à la masse maigre ($p < 0,01$) : +17,6% et +15,1%. Nos observations rejoignent les données de la littérature. Par exemple, Ben Ounis et al., (2001) ont noté chez des jeunes obèses de 12 à 16 ans une amélioration du VO_{2peak} absolu [25]. Ces sujets ont été soumis pendant deux mois, à raison de 4 jours par semaine (90 min/j), à un programme de courses, sauts, football. La hausse du VO_{2peak} était de +18,6% ($p < 0,01$) ($1,92 \pm 0,12$ l/min avant le programme versus $2,36 \pm 0,18$ l/min après), contrairement à notre étude pour le VO_{2peak} absolu. Les valeurs supérieures du VO_{2peak} et l'amélioration de l'aptitude cardiorespiratoire retrouvées dans cette étude peuvent être attribuées au volume hebdomadaire plus important de travail et à la nature des activités sélectionnées. Des études antérieures ont permis d'établir l'augmentation du travail ventilatoire et de l'hyperinflation thoracique pour une charge d'exercice, accentuant la contrainte ventilatoire et la compliance thoracique chez les enfants obèses sédentaires, suggérant un rôle bénéfique potentiel de l'activité physique [26, 27]. Nous pouvons donc postuler que l'augmentation du VO_{2peak} observée dans cette étude pourrait être en rapport avec les pratiques physiques et sportives retenues. Ainsi, les valeurs supérieures enregistrées en fin de la période d'entraînement pourraient être attribuées à l'accroissement du volume d'éjection systolique et/ou de la différence artéro-veineuse en oxygène, paramètres non étudiés dans cette étude mais rapportés par d'autres auteurs [28, 29]. Par exemple, la pratique du football est associée à la réalisation de nombreux sprints, de courses à allure modérée à rapide en vue de récupérer le ballon à l'adversaire. Lors des séances de tennis de table, nos sujets ont effectué des échanges de balle en coup droit et revers, en jouant en ligne ou en diagonale, en attaque ou en défensive. L'exécution de ces déplacements dans les deux activités sportives concourt à diminuer la fréquence cardiaque au seuil (tableau 3), à augmenter le débit cardiaque et le volume d'éjection systolique, probablement en rapport avec la diminution de V_T .

En l'absence de gaz du et de mesure invasive du débit cardiaque, nous pouvons admettre que la réserve ventilatoire et l'atteinte du VO_{2peak} chez tous les enfants à des FC supérieures à celles avant l'entraînement suggère le rôle des facteurs ventilatoires comme décrit chez des enfants sains non obèses [30]. L'amélioration des paramètres à l'entraînement pourrait également relever d'une meilleure équilibration du rapport ventilation/perfusion (V/Q). En effet, l'exercice musculaire associé à la pratique des activités retenues, par l'hyperventilation qu'il produit, tend alors à homogénéiser la distribution non seulement de la ventilation, mais également la perfusion pulmonaire. Cette dernière est influencée par le débit cardiaque qui augmente à l'effort en situation normale. Cottin et al., (2006) ont montré ce même phénomène chez des enfants en surpoids [31]. Toutefois, l'étude de la ventilation et de la perfusion qui nécessite un équipement spécial de médecine nucléaire n'a pas été possible dans notre contexte.

Nos valeurs spirométriques sont inférieures à celles enregistrées dans une étude antérieure de type cas-témoins chez 52 garçons non obèses congolais [32]: $2,41 \pm 0,13$ l pour le VEMS, $3,9 \pm 0,11$ l pour la CVF et $3,12 \pm 0,07$ l/s pour le DEP. Un facteur explicatif pour ces écarts peut relever les observations de Young et al., (2011) [33]. Selon ces auteurs, l'IMC a un impact sur les volumes pulmonaires et le DEP, mais également à une forte corrélation avec le pourcentage de graisse. Même si nous n'avons pas objectivé ces faits par la présente étude, on peut néanmoins suggérer qu'il existe chez nos sujets une déficience importante des fonctions pulmonaires, comme l'ont confirmé Park et al. (2012) chez les obèses adultes. Nos faibles valeurs du VEMS de la CVF et du DEP indique à n'en point douté une anomalie pulmonaire restrictive, imputable à la limitation mécanique de l'expansion thoracique [34]. En effet, l'accumulation de graisse comme on peut le retrouver chez le sujet obèse, pourrait interférer avec le mouvement de la paroi thoracique et la descente du diaphragme. Cela peut refléter les changements intrinsèques dans le poumon [35]. Cette réduction des valeurs peut aussi s'expliquer par le fait que le tissu adipeux viscéral influence les concentrations circulantes de cytokine, telles que l'interleukine-6 et le TNF- α . Une baisse du niveau de l'adiponectine augmente ainsi les niveaux d'inflammation systémique, ce qui à son tour affecte négativement la fonction pulmonaire à travers la réduction du calibre des voies respiratoires. De nos jours, la cause exacte de cette limitation chez les sujets obèses est inconnue ; cependant, un mécanisme possible pourrait être le remodelage des voies aériennes par les adipokines pro-inflammatoires et et/ou par l'ouverture et la fermeture continue des petites voies aériennes tout le long du cycle respiratoire (34). Dans une étude en cours, l'impact du pourcentage de graisse et d'autres paramètres de la composition corporelle sur les volumes pulmonaires est examiné après mesure de la graisse viscérale par impédancemétrie et tomographie par densité afin d'objectiver ces hypothèses.

Concernant le seuil ventilatoire, nos résultats se rapprochent des valeurs rapportées antérieurement chez des enfants sains non obèses d'âge comparable. Cooper et Weiler-Ravell (2001) ont rapporté chez des garçons d'âge moyen 14,3 ans un SV de $54,3 \pm 9,1\%$ [36]. La baisse du SV en fonction de l'âge, retrouvée dans notre étude (57,85% à 11 ans

versus 56,09% à 13 ans, a été également mise en évidence chez des enfants français sains non obèses par Prioux et al., (2001). Les modifications liées à l'âge sont attribuées aux variations des caractéristiques anthropométriques (notamment l'augmentation de la masse maigre avec l'âge) et à l'entraînement [37].

S'agissant de l'adaptation ventilatoire en fin de programme de conditionnement physique, nous avons relevé une augmentation significative du V_E ($p < 0,02$), du VCO_2 ($p < 0,05$), de la fréquence respiratoire ($p < 0,01$) et de V_T/T_i à VO_{2peak} ($p < 0,02$). En revanche, une diminution significative a été pour T_{tot} et T_i à VO_{2peak} ($p < 0,01$), ainsi que pour T_i au seuil ($p < 0,05$). L'augmentation du VCO_2 à VO_{2peak} a été également décrite par Gibson et al (38) chez de jeunes anglais avec surpoids au cours d'un exercice sous-maximal. Nos sujets étant majoritairement en état d'obésité modérée, nous pouvons postuler qu'ils ont conservé leurs capacités d'augmenter suffisamment leur ventilation pour éliminer le surplus de CO_2 généré par le travail musculaire. L'augmentation de la quantité de CO_2 éliminée après exercice est traduite par la variation de FE_{CO_2} illustrée dans le tableau 4.

Enfin, nos résultats de l'analyse par la régression multiple qui ont suggéré un lien entre le degré de limitation ventilatoire et la valeur du VO_{2peak} sont en accord avec les données de Breithaup et al., (2012) [20]. Ces auteurs ont montré que la réponse cardiorespiratoire à l'exercice est influencée par l'état primitif des voies aériennes. En somme, la pratique des activités physiques et sportives programmées a permis une amélioration de la fonction respiratoire, notamment l'ouverture des petites voies aériennes.

5. CONCLUSION

Cette étude, tout en contrôlant les biais liés aux limites évoquées, a montré les bénéfices d'un programme de conditionnement physique de 6 mois chez l'enfant obèse, en améliorant sa fonction ventilatoire ; sa fréquence cardiaque au seuil ventilatoire diminue et sa capacité aérobie augmente. Notre travail atteste une fois de plus que la pratique régulière d'activités physiques favorise le développement du capital santé de l'enfant obèse. Les données respiratoires sont donc importantes à considérer lors de la prise en charge globale des enfants obèses, et il est important à cet égard de connaître les effets des activités programmées sur l'aptitude cardiorespiratoire. Un tel projet nécessite toutefois le recours à des professionnels diversifiés, spécifiquement formés pour le suivi transdisciplinaire de l'enfant obèse.

Déclaration d'intérêt :

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêt en relation avec cet article.

Remerciements :

Cette étude a été financée par le Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC) de la Fondation pour le Développement de la Recherche en Afrique. Nous remercions également l'ensemble des parents d'enfants qui ont participé à cette étude.

6. RÉFÉRENCES

- 1- Ebbeling C.B., Pawling D.B., Ludwig D.S. Childhood Obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet*.2002; 360: 473-82
- 2- Livingstone B. Epidemiology of childhood obesity in Europe. *Eur J Pediatr*. 2000; 159(Suppl 1): S14-34
- 3- Cole T.J., Bellizzi M.C., Flegal K.M., Dietz W.H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320: 1240-3
- 4- Simon C., Wagner A., Di Vita C. et al. Intervention center on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS) : Concept and 6-months results. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004; 28(Suppl 3): S96 – S103
- 5- Plata C., Perrin A.E., Oujaa M., et al. Diet and physical activity profiles in French preadolescents. *Br J Nutr*. 2006; 96: 501-7
- 6- Eriksson J., Forsen T., Tuomilehto J., Osmond C., Barker D. Size at birth, childhood growth and obesity in adult life. *Int J Obes Relat Disord*. 2001; 25: 735-40
- 7- Franssen F.M., O'Donnell D.E., Goossens G.H., Blaak E.E., Schols A.M. Obesity and the lung: 5. Obesity and COPD. *Thorax*. 2008; 63: 1110-7
- 8- Massamba A., Kayembe J.M., Mabilia B.J.R., Moussouami I., Makosso-Vheiyé G., N'Fan i Yind Mushid S. Influence de l'activité sportive sur la composition corporelle, le métabolisme énergétique et l'aptitude physique du jeune obèse congolais. *Ann Afr Med*.2009 ; 3(1): 326-6
- 9- Mahler P.B., Batelaan C., Zwald A., Jeannot E., Wyler C.A. L'excès pondéral et l'obésité chez l'enfant; beaucoup de questions, quelques réponses. Expériences d'un programme transdisciplinaire basé dans les écoles genevoises. *Paediatrica*.2009; 20(3): 62-64
- 10- Newburgh L.H., et Johnston M.W. The nature of obesity. *J Clin Invest*.1930; 8: 197 – 213
- 11- Mota J., Flores L., Ribeiro J.C., Santos M.P. Relationship of a single measure of cardiorespiratory fitness and obesity in young schoolchildren. *Am J Hum Biol*. 2006; 18: 335 – 41
- 12- Zerah F., Harf A., Perlemuter L., Lorino H., Lorino A.M.A., Atlan G. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest*. 1993; 103: 1470-6
- 13- Ray C.S., Sue D.Y., Bray G., Hassen J.E., Wasserman K. Effects of obesity on respiratory function. *Am Rev Respir Dis*. 1983; 128: 501-6
- 14- Braun L. Spirometry, measurement, and race in the nineteenth century. *J Hist Med Allied Sci*. 2005; 60(2): 135-69
- 15- Harik-Khan R.L., Fleg J.L., Muller D.C., Wise R.A. The effect of anthropometric and socio-economic factors on the racial difference in lung function. *Am J Respir Crit Care Med*.2006; 156(2): 185-9
- 16- Rolland – Cachera M.F., Cole T.J., Sempe M., Truchet J., Rossignol C., Charraud A. Body mass index variations: Centiles from birth to 87 yearth. *Eur J Clin Nutr*. 1991; 45: 13-21
- 17- Fédération International de Tennis de Table (FITT). Manuel d'entraînement au tennis de table pour les débutants. Saarbrücken, Autriche : Benmark, 2016 ; 224p
- 18- Bennezidine-Boussaidi L., et Cazorla G. Aspects biologiques des interactions de l'exercice et de la récupération. *Science & Sports*.2008; 23: 6-15

- 19- Heymsfield S.B., Baumgartner R.N., Ross R., Allison D.B., Wang Z.M. Evaluation of total and regional body composition. In: *Hand book of Obesity*, ed. GA Bray, C Bouchard. WPT James, chap 3, pp 41-77 New York: Marcel Dekker, 1998
- 20- Breithaupt P.G., Colley R.C., Adamo K.B. Using the oxygen uptake efficiency slope as an indicator of respiratory fitness in obese pediatric population. *Pediatric Exerc Sci.* 2012; 24: 357-68
- 21- American Thoracic Society. Standardisation of spirometric values. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995; 152:1107-36
- 22- Owens S. et Gutin B. Exercise testing of the child with obesity. *Pediatr Cardiol.* 1999; 20: 79-83
- 23- Dickman M.L. Spirometric standard for normal children and adolescents (aged 5 to 18 years). *Am Rev Respir Dis.* 1971; 104: 680-87
- 24- Zapletal A. Maximum expiratory flow-volume curves and airways conductance in children and adolescents. *J Appl Physiol.* 1969; 26: 308-15
- 25- Ben Ounis O., Elloumi M., Zouhal H., Lac G., Tabba Z., Amri M. Effects of an individualized physical training program on resting cortisol and growth hormone levels and fat oxidation during exercise in obese children. *Annales d'Endocrinologie.* 2001; 72: 34-41
- 26- Castro-Pinero J., Padilla-Moledo C., Ortega F.B., Moliner-Urdiales D., Keating X., Ruitz J.R. Cardiorespiratory fitness and fatness are associated with health complaints and health risk behaviors in youth. *J Phys Act Health.* 2011; 9: 642-9
- 27- Lazzar S., Boirie E., Bitar A., Petit I., Meyer M., Vermorel M. Relationship between percentage of VO₂max and type of physical activity in obese and non-obese adolescents. *J Sports Med Fitness.* 2005; 121: 32-5
- 28- Dupuis J.M., Vivant J.F., Daudet G., Bouvet A., Clément M., Dazord A., et al. [Personal sports training in the management of obese boys aged 12 to 16 years]. *Arch Pediatr.* 2000; 7: 1185-93
- 29- Chlif M., Kenchkerian D., Feki Y., Vaidie A., Choquet D., Ahmaidi S. Inspiratory muscle activity during incremental exercise in obese man. *Int J Obese (Lond).* 2007; 31: 1456-63
- 30- Reybrouck T., Welmans M., Stijns H., Knops J., Van der Hauvert L. Ventilatory threshold in healthy children: age and sex differences. *Eur J Appl Physiol.* 1985; 54: 278-84
- 31- Cottin F., Lepetre P.M., Lopes P., Papelier Y., Medigue C., Billat V. Assessment of ventilator thresholds from heart rate in well-trained subjects during cycling. *Int J Sports Med.* 2006; 27: 959-67
- 32- Massamba A., Mabilia Babela J.R., Mfoto K.J., Pela Lola C., Tau A.M., MakossoVheiyé G., et al. Influence de la pratique du tennis de table sur les adaptations respiratoires et hémodynamiques chez les asthmatiques congolais. *Ann Afr Med.* 2010; 3(4): 549-559
- 33- Young Sik P., Hyuk T.K., Jae-Joom Y., et al. Impact of visceral adiposity measured by abdominal computed tomography on pulmonary function. *J Korean Med Sci.* 2011; 26(6): 771 - 77
- 34- Park J.E., Chung J.H., Lee K.H., Shin K.C. The effect of body composition on pulmonary function. *Tuberc Respir Dis.* (Seoul). 2012; 72: 433 - 40
- 35- Harik-Khan R.L., Wise R.A., Fleg J.L. The effect of gender on the body fat relationship between body fat distribution and lung function. *J Clin Epidemiol.* 2001; 54(4): 399-406
- 36- Cooper D.M., et Weiler-Ravell D. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *Lancet.* 2001 ; 357: 2042-43
- 37- Prioux J., Ayoub J., Matecki S., Mercier J., Ramonatxo M. Evolution du seuil ventilatoire pendant la croissance. Relations avec les caractéristiques anthropométriques. Etude multi longitudinale (définition des valeurs de références). *Science & Sports.* 2001; 16: 137-45
- 38- Breithaupt P.G., Adamo K.B., Colley R.C. The Halo submaximal treadmill protocol to measure cardiorespiratory fitness in obese children and youth: a proof of principle study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012; 37: 308-4

Citer cet article : Massamba Alphonse, Moulongo Jean Georges André, Makosso Vheiyé Georges, Moussoki Jean Martin, Moussouami Simplicie Innocent, Mfoto Kapesa Jean, Mabilia Babela Jean Robert and Kayembe Ntumba Jean Marie. PROFIL RESPIRATOIRE DE L'ENFANT CONGOLAIS OBESE AU COURS D'UN PROGRAMME DE CONDITIONNEMENT PHYSIQUE. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.* 2018; 6(6): 243-249.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>