

EFFETS D'UN PROGRAMME DE 24 SEMAINES D'INTERVENTION COMBINANT LA GYMNASTIQUE AÉROBIQUE ET LES EXERCICES DE RÉSISTANCE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE ET LA FONCTION PULMONAIRE CHEZ LES ADOLESCENTS OBESES CONGOLAIS



EFFECTS OF A 24-WEEK INTERVENTION PROGRAM COMBINING AEROBIC GYMNASTICS AND RESISTANCE EXERCISES ON BODY COMPOSITION AND PULMONARY FUNCTION IN OBESE CONGOLESE ADOLESCENTS

| MOUSSOKI Jean Martin ^{1*} | MOULONGO Jean Georges André ¹ | BOUHIKA Eddy Janvier ² | KAMBOUROU Judicaël ³ | MAKOSSO Vheiyé Georges ¹ | MOUANDA KONDE Dorel ¹ | MASSAMBA Alphonse ^{*1} | et | MABIALA BABELA Jean Robert ⁴ |

1. Laboratoire des Biosciences du Sport | Institut Supérieur d'Education Physique et Sportive | Université Marien Ngouabi | Brazzaville | République du Congo |

2. Laboratoire de Nutrition et Diététique du Sport | Institut Supérieur d'Education Physique et Sportive | Université Marien Ngouabi | Brazzaville | République du Congo |

3. Service de Soins Intensifs Pédiatriques | Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville | Brazzaville | République du Congo / Faculté des Sciences de la Santé | Université Marien Ngouabi | Brazzaville | République du Congo |

4. Service de Pédiatrie Nourrissons | Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville | Brazzaville | République du Congo / Faculté des Sciences de la Santé | Université Marien Ngouabi | Brazzaville | République du Congo |

Received April 06, 2023 | Accepted April 19, 2023 | Published April 26, 2023 | ID Article | Martin-Ref10-4-16ajiras060423 |

RESUME

Contexte : Les améliorations de la composition corporelle et de la fonction pulmonaire induites par la pratique de l'activité physique chez les enfants obèses en Afrique noire sont peu documentées. L'objectif de la présente étude était de évaluer l'effet d'un programme de gymnastique aérobique combinée à des exercices en résistance sur la composition corporelle et les volumes pulmonaires chez les adolescents obèses. **Méthodes :** L'étude longitudinale a été réalisée en 24 semaines à Brazzaville auprès de 37 adolescents obèses âgés de 11 à 17 ans, répartis en 12 sujets obèses soumis à la pratique de la gymnastique aérobique plus des exercices de résistance, 10 à la pratique de la gymnastique aérobique uniquement et 15 soumis aux cours d'éducation physique dans le cadre scolaire. Deux types de mesures ont été effectuées : anthropométrie et composition corporelle (taille, poids, tour de taille, tour de hanche, plis cutanés sous-scapulaire et tricipital) et volumes pulmonaires mobilisables (VEMS, CVF). Elles ont été relevées au début, au milieu (3 mois) et à la fin des programmes d'intervention. **Résultats :** Il a été noté dans le premier groupe au terme des 24 semaines une diminution du poids (-12,6%) et du pourcentage de graisse (-38,5%), et une amélioration du profil spirométrique. **Conclusion :** En somme, les résultats de ce travail doivent inciter à revoir l'approche de la prise en charge de l'adolescent obèse. **Mots clés :** adolescent, obésité, composition corporelle, volume expiratoire maximum par seconde, capacité vitale forcée, gymnastique aérobique, entraînement en résistance.

ABSTRACT

Background: Improvements in body composition and lung function induced by physical activity practice in obese children in Black Africa are poorly documented. The objective of the present study was to evaluate the effect of an aerobics program combined with resistance exercise on body composition and lung volumes in obese adolescents. **Methods:** The longitudinal study was conducted over 24 weeks in Brazzaville with 37 obese adolescents aged 11 to 17 years, divided into 12 obese subjects subjected to aerobic gymnastics plus resistance exercises, 10 to aerobic gymnastics only, and 15 subjected to physical education classes in the school setting. Two types of measurements were performed: anthropometry and body composition (height, weight, waist circumference, hip circumference, subscapular and tricipital skin folds) and mobilizable lung volumes (FEV1, FVC). They were recorded at the beginning, middle (3 months) and end of the intervention programs. **Results:** At the end of the 24 weeks, we found in first group a decrease in weight (-12.6%) and fat percentage (-38.5%), and an improvement in the spirometric profile. **Conclusion:** In sum, the results of this work should encourage a review of the approach to the management of the obese adolescent. **Key words:** adolescent, obesity, body composition, forced expiratory volume per second, forced vital capacity, aerobics, resistance training.

1. INTRODUCTION

La prévalence de l'obésité chez les adolescents est en augmentation constante à travers le monde [1], avec une croissance de 47,1% entre 1980 et 2013 [2]. Dans les pays en développement, l'analyse des données épidémiologiques disponibles relève également une progression sensible et rapide de l'obésité [3, 4]. En Afrique noire subsaharienne, le phénomène n'a pas la même acuité ; mais, la prévalence de l'obésité révèle que les pays de la région ne sont plus à l'abri [5]. Au Congo-Brazzaville, l'étude de Mabilia Babela et al., (2004) [6] rapporte une augmentation de la prévalence de l'obésité entre 1963 et 2003, passant de 1,9% à 7,1% chez les enfants et adolescents scolarisés âgés de 7-16 ans. Huit ans plus tard, la même équipe rapporte une prévalence de 7,3% chez les élèves des collèges à Brazzaville [7]. Chez les adolescents, l'obésité et l'inactivité physique sont les deux principaux facteurs qui concourent à altérer la fonction respiratoire [8-10]. Plusieurs études ont montré que l'excès de poids et du pourcentage de graisse dans l'obésité

a un effet direct sur la fonction du système respiratoire en altérant les volumes pulmonaires, le calibre des voies respiratoires et la force des muscles respiratoires [11,12]. Le volume expiratoire maximum à la première seconde (VEMS) et la capacité vitale forcée (CVF) sont des grands indicateurs de la fonction pulmonaire, dont les valeurs diminuent avec l'obésité. De plus, l'obésité constitue un facteur de risque des complications respiratoires telles que le syndrome d'apnées obstructives du sommeil et le syndrome d'obésité-hypoventilation [13, 14]. L'association entre l'obésité et les complications respiratoires justifient la nécessité de développer les programmes d'intervention efficaces par l'activité physique de la fonction respiratoire pour diminuer la masse grasse et améliorer le profil spirométrique des enfants et adolescents. La plupart des programmes recensés dans la littérature sont basés sur l'entraînement à dominante aérobie [15-17]. Ceux-ci permettent d'améliorer notablement la capacité cardiorespiratoire. Cependant, depuis une décennie l'utilisation d'un entraînement en résistance est une approche de plus en plus adaptée surtout à partir de la mise au point de l'Académie Américaine de Pédiatrie sur son usage sans risque majeur chez les adolescents [18]. Nonobstant l'abondance de la documentation sur les thématiques dans les pays développés, les études africaines sont rares. De plus, les programmes d'intervention proposés ne sont pas facilement mis en œuvre dans les pays d'Afrique subsaharienne ou ne sont pas accessibles aux adolescents en raison de leur spécificité, de l'accessibilité à l'équipement requis pour les populations de niveau socioéconomique moyen ou défavorisé (par exemple, cycloergomètre et tapis roulant), lequel souvent nécessite une familiarisation et des instructions y relatives [19].

Au Congo, la gymnastique est inscrite dans les activités physiques retenues en éducation physique en milieu scolaire dans l'enseignement depuis 1970. Avec l'avènement de la gymnastique aérobique ces dernières années et eu égard à l'engouement de la population congolaise à la danse, une seule étude a été consacrée à l'usage de la gymnastique aérobique dans la prise en charge de la femme congolaise ménopausée obèse [20]. C'est pour combler ce gap que cette étude a été menée en vue de déterminer l'effet d'un programme d'intervention par la pratique de la gymnastique aérobique combinée à des exercices de résistance sur la composition corporelle et les volumes pulmonaires mobilisables (VEMS, CVF) chez les adolescents congolais obèses.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Participants

Une étude longitudinale a été menée du 15 septembre 2020 au 15 mars 2021 à Brazzaville, République du Congo. Au total, 37 élèves obèses issus des collèges d'enseignement général et technique, âgés de 11 à 17 ans ont pris part à l'expérimentation. Ils ont été recrutés sur la base des critères définis dans une étude ultérieure [21]. Les enfants ont d'abord passé une visite médicale d'inclusion auprès d'un médecin généraliste : entretien, exploration fonctionnelle respiratoire, tests ostéo-articulaires et morphologiques. A l'issue de cet examen, les critères d'inclusion à l'étude étaient : avoir un IMC supérieur aux valeurs du 97,5^e percentile de la courbe IOTF-30 selon le sexe et la tranche d'âge [22] ; avoir des valeurs du VEMS et de la CVF significativement inférieures ($p < 0,05$) aux valeurs prédites ; avoir des valeurs du VEMS et de la CVF supérieures respectivement à 90% et 80% des valeurs prédites. Les critères de non-inclusion étaient : être enceinte (grossesse de moins de 37 semaines d'aménorrhée, SA) pour les filles ; présenter des symptômes de pathologies respiratoires ; présenter une tuberculose pulmonaire ou être sous traitement antituberculeux ; avoir des antécédents de pathologies cardiorespiratoires, métaboliques, neurologiques (épilepsie), musculosquelettiques ; avoir eu une infection des voies respiratoires hautes ou basses il y a moins de 3 semaines ; présenter une maladie respiratoire majeure (anomalies congénitales, type destructif de la pneumonie,...) ; être asthmatique ou présenter un asthme récurrent (3 épisodes ou plus) ; avoir des antécédents de chirurgie thoracique ; présenter une maladie systémique censée influencer directement ou indirectement le système respiratoire ; être sous médication pour une pathologie respiratoire ; présenter toute pathologie pouvant donner lieu à une manœuvre expiratoire forcée ; présenter un traumatisme de la cheville, du genou, du poignet, du coude ou de l'épaule non consolidé ; une ou plusieurs pathologie(s) cardio-vasculaire(s) ; toute pathologie neurologique avec déficit séquellaire ; troubles des fonctions supérieures du tonus, de la sensibilité, de l'équilibre ; instabilité des articulations des membres inférieurs (genou à entorses ou blocages récidivants, etc.). Le critère d'exclusion était la présence d'hyperréactivité des voies respiratoires.

2.2. Protocole d'étude

Les 37 élèves obèses ont été répartis en trois groupes : groupe expérimental 1 (GE 1), 12 élèves soumis à un programme d'intervention par l'activité physique basée sur la pratique de la gymnastique aérobique combinée à un entraînement en résistance ; groupe expérimental 2 (GE 2), 10 élèves soumis uniquement à la gymnastique aérobique ; groupe contrôle (GC), 15 élèves obèses suivant régulièrement les cours classiques d'EPS organisés au sein de leurs établissements. Les enfants des groupes 1 et 2 ont suivi séparément le programme d'intervention de 24 semaines dans un gymnase moderne comportant une salle de gymnastique aérobique et un centre de fitness. Les programmes de gymnastique aérobique et d'entraînement en résistance ont été élaborés par un spécialiste des activités physiques adaptées (APA) et réhabilitation, titulaire également d'un brevet d'animateur en gymnastique aérobique. Ils ont été validés et retenus par le Comité d'Organisation de notre recherche. L'expérimentation s'est appuyée sur une observation longitudinale à trois temps de mesures effectuées sur une période de 24 semaines auprès d'adolescents obèses (Figure 1). Les premières mesures T0 ont été effectuées trois jours après la visite médicale d'inclusion et une semaine avant le début du programme d'intervention. Suite à ce temps T0, ont été réalisées des mesures à la fin de la 12^{ème} semaine (3 mois, T1), puis à la fin de la 24^e semaine donc au terme du programme d'intervention (6 mois, T2). Les variables

mesurées étaient associées à l'anthropométrie et la composition corporelle (taille, poids, tour de taille, tour de hanche, plis cutanés), aux volumes pulmonaires mobilisables (VEMS, CVF).

2.3. Programme d'intervention

Le programme de gymnastique aérobique, commun aux groupes expérimentaux GE1 et GE2, visait à développer la forme physique à travers la force dynamique et statique, la souplesse, la capacité aérobie, la puissance et la coordination. Son programme de base comptait 24 semaines dont 48 leçons pratiques de crossfit, d'acroport et d'aérogym. Il a été utilisé dans l'une des deux leçons hebdomadaires, c'est-à-dire qu'il a été mis en œuvre dans 24 leçons de manière alternative, à savoir : une leçon de crossfit, une leçon d'acroport et une leçon d'aérogym, etc., et ainsi de suite. Le programme d'aérogym a été réalisé sur un fond musical (davantage africain) et a duré 20 minutes ; il se composait de 20 à 22 exercices adaptés aux possibilités des élèves de cette tranche d'âge. La structuration des exercices était simple et ceux-ci étaient exécutés de manière continue afin que les élèves bougent tout le temps. Pour les exercices de crossfit, nous en avons proposé six. Les exercices, exécutés pendant 3 minutes avec une pause de 30 secondes entre chaque exercice, ont été répétés trois fois. Le programme de cross-fit a duré 20-25 minutes. Les exercices ont été sélectionnés de manière à ce qu'ils sollicitent tous les groupes musculaires. Les exercices d'acroport, quant à eux, ont été utilisés en vue de développer les capacités de travail en équipe des élèves. Ces structures ne sont pas nouvelles, mais elles sont totalement inutilisées par les spécialistes du domaine. Les exercices ont impliqué l'exécution et le maintien d'un certain nombre de postures acrobatiques.

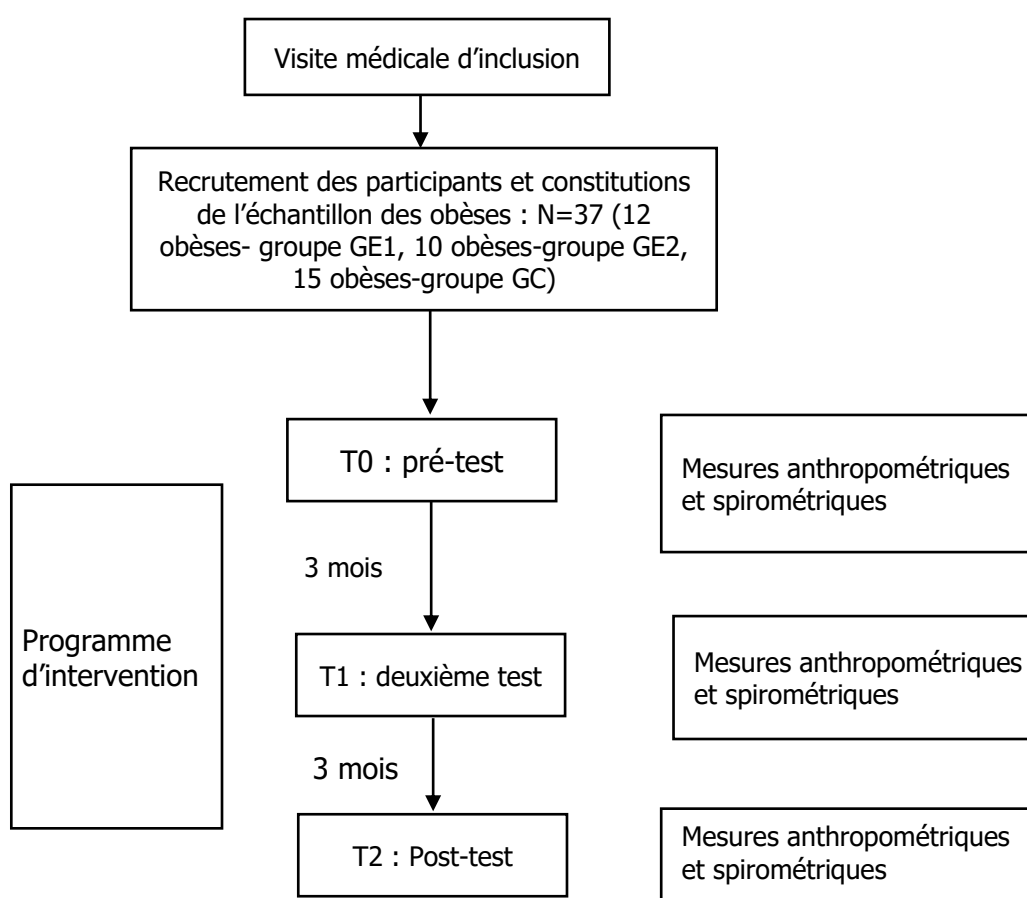


Figure 1 : Chronologie de l'expérimentation.

Les séances d'entraînement en résistance consistaient en des séances d'entraînement pour l'ensemble du corps comprenant une combinaison de différents exercices de poids corporel et de puissance utilisant une variété d'équipements. L'objectif était d'incorporer des exercices nécessitant un équipement minimal, notamment des bandes élastiques, des médecine-ball et des sacs lestés. Le programme consistait à varier les charges d'entraînement au cours de chaque semaine d'entraînement ainsi qu'à augmenter l'intensité pendant les semaines 1 à 8, 9 à 16 et 17 à 24 semaines. Ce type de programme s'est avéré efficace dans d'autres études pour améliorer la composition corporelle des garçons de poids normal [23] et des enfants en surpoids ou obèses [24]. La première partie de l'entraînement de 1 à 8 semaines consistait à effectuer des séries de 6 à 8 répétitions maximales (RM), 4 à 6 RM pendant les semaines 9 à 16, 3 à 5 RM pendant les semaines 17 à 24. Les exercices comprenaient les squats, le développé couché, les pompes et les redressements assis. La deuxième partie de l'entraînement comprenait des séances à volume élevé et à intensité modérée. Trois séries de squats, de levées des jambes droites, d'élévations frontales, des exercices d'extensions du triceps, des exercices en boucles pour le biceps et des élévations de talons, en utilisant des charges d'entraînement de 12 RM, 10 RM et 8 RM pendant les semaines 1 à 8, 9 à 16 et 17 à 24, respectivement. La troisième partie de

l'entraînement comprenait des séances d'entraînement d'intensité modérée à élevée, basées sur des exercices de puissance explosive.

L'âge des sujets a également déterminé le choix des valeurs seuils spécifiques des intensités des exercices mis en œuvre en s'appuyant sur les conclusions d'études comparatives [25, 26] qui ont montré que le meilleur choix de ces valeurs d'APMV chez l'adolescent obèse émanait des travaux d'Evenson [27]. Les différents seuils ou « Cut-Point Values » s'organisent de la façon suivante : intensité légère (40% FC_{max}) ; intensité modérée (50%-60% FC_{max}) ; intensité élevée (70%-80% FC_{max}) ; intensité très élevée (>80% FC_{max}).

2.4. Mesures

Anthropométrie et composition corporelle

Au début de l'étude, des mesures de la taille (T) à l'aide d'une toise murale (modèle 220 Seca, Hambourg, Allemagne, précision : 0,1 cm par défaut), du poids (P) à l'aide d'une balance électronique (HW200, A&D Mercury Pty Ltd, Thebarton, SA), du tour de taille (TT) à l'aide d'un mètre ruban, des épaisseurs des plis sous-scapulaire (SS) et tricipital (TRI) à l'aide d'une pince Harpenden (British Indicators Ltd, West Sussex, Royaume Uni), ont été effectuées. Les protocoles des mesures ont été ceux décrits dans le manuel Anthropometric Standardization Reference Manual [28] ; les enfants étaient vêtus légèrement. L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé à partir de la relation : $IMC (kg/m^2) = Poids (kg) / [taille (m)]^2$ [29]. La mesure des plis cutanés a été employée pour évaluer le pourcentage de graisse. Méthode simple et peu coûteuse, donc appropriée au contexte congolais, elle permet un niveau de prédiction du tissu adipeux variant entre 3 et 4%. Les épaisseurs des plis cutanés tricipital et sous-scapulaire ont été mesurés en se conformant aux recommandations de la Société Française de Médecine du Sport [30] à l'aide d'un adipomètre Harpenden (Holtain, Cross-well, Royaume Uni) à pression constante (calibre : 10g/mm²). Les valeurs obtenues ont permis de déterminer le pourcentage de graisse (PCTG) à l'aide des équations de Slaughter et al (1988) [31]. Le tour de taille (T) a été mesuré à l'aide d'un mètre ruban afin d'évaluer l'adiposité abdominale qui est associée aux facteurs de risque cardiorespiratoire. Les valeurs de référence du tour de taille chez l'enfant sont disponibles sur le lien : http://www.santé.gouv.fr/hm/pointsur/nutrition/valeurs_reference_tour_taille_enfants.pdf. Cependant, des facteurs de corrections développés par Patry-Parisien et al., (2012) [32] ont été appliqués aux valeurs de notre enquête afin de pouvoir les comparer à celles de l'Enquête Canadienne sur les Mesures de la Santé (ECMS) (<http://www.23.statcan.gc.ca/imdb/p2SVf.pl?Function=getSurvey&id=163352>). Le tour de hanches a été déterminé à l'aide d'un mètre ruban. L'indice WHtR (Waist to Height Ratio, ou Rapport périmètre abdominal/Taille), reconnu comme indicateur de l'obésité abdominale [33] a été calculé. Sa valeur seuil $\geq 0,5$ a été utilisée pour identifier les enfants avec WHtR élevé [33, 34].

Mesures spirométriques

Un spiromètre portable de marque SPIROBANK G, sur batteries renouvelables [constructeur : Medical International Research (MIR) via Maggolino, Rome - Italie], a été utilisé pour déterminer le VEMS et la CVF. La précision des mesures était de $\pm 3\%$ ou 50 mL. Les mesures ont été considérées en fonction des valeurs normales prédites, produites simultanément par l'appareil. Trois essais de mesures ont été réalisés et la validité de l'essai a été vérifiée selon les instructions du consensus de l'ATS en retenant le meilleur résultat de trois essais. La répétition de la manœuvre a été jugée acceptable lorsque : 1) la différence entre la valeur la plus élevée de la CVF et la prochaine valeur supérieure était inférieure ou égale à 0,150L ; 2) celle du VEMS $\leq 0,150$ L [35]. Ainsi, les tests étaient invalidés en cas de : inspiration incomplète ; expiration partielle précoce avant la connexion avec la pièce buccale ; fuite d'air entre les lèvres et l'embout ; tension des lèvres ou fermeture dentaire ; expiration non maximale et incomplète ; toux, inspiration précoce ; non-collaboration du sujet.

2.5. Analyse statistique

La saisie des données a été effectuée avec le logiciel Epi-data, version 3.0. La base des données constituée a été nettoyée sur une page Excel (logiciel GLI-2012) et analysée sur la base des logiciels SPSS, version 23.0 et PASW Statistic 18.0. Les variables ont été présentées sous forme de moyenne $\pm$ écart-type. L'analyse des différences entre deux groupes a fait recours au test-t de Student. Les différences des moyennes entre les trois groupes ont été déterminées à partir d'une analyse de variance (ANOVA). En cas de signification statistique des différences perçues entre les groupes, le test post hoc de Bonferroni a servi pour situer le niveau. Afin de déterminer les corrélations possibles entre quelques variables anthropométriques et les volumes ventilatoires, les coefficients de corrélation de Spearman et de Pearson ont été calculés. Le seuil de signification des tests a été fixé à 5%.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques anthropométriques et hémodynamiques des sujets au départ des programmes d'intervention

Les caractéristiques anthropométriques et hémodynamiques des sujets des 3 groupes sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques anthropométriques et hémodynamiques des sujets.

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	P
Age (ans)	14,5±1,8	14,3±1,6	14,7±1,3	0,89
Sexe-n (%)				
Garçons	9(75)	6(60)	10(66,7)	0,85
Filles	3(25)	4(40)	5(33,3)	NS
Poids (kg)	88,6±7,9	85,4±5,1	86,4±5,1	0,43
Taille (cm)	1,65±0,08	1,66±0,10	1,68±0,02	0,66
IMC (kg/m²)	32,6±1,3	31,1±2,5	30,64±0,02	0,64
Z-score IMC	3,8±0,2	3,5±0,1	3,4±0,2	NS
FC₀ (bpm)	87,4±2,2	88,5±1,8	86,7±3,3	0,79
PAD (mmHg)	124±3	122±4	125±3	0,63
PAS (mmHg)	86±3	88±4	87±5	0,85

FC₀ : fréquence cardiaque de repos ; FC_{max} : fréquence cardiaque maximale ; PAD : pression artérielle diastolique ; PAS : pression artérielle systolique ; GE : groupe expérimental ; GC : groupe contrôle.

Tous les sujets ont participé sans interruption à toutes les séances des différents programmes d'intervention, et toutes les mesures prévues (anthropométrie, spirométrie) ont été effectuées avant, à mi-parcours (3 mois) et à la fin du programme sur l'ensemble des sujets.

3.2. Composition corporelle

L'évolution de la masse corporelle tout au long du programme est indiquée par le tableau 2.

Tableau 2 : Variations de la masse corporelle (en kg) tout au long du programme dans les 3 groupes

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	Effet groupe/temps	P GE1 vs GC	GE1 vs GE2	GE2 vs GC
Début	88,6±2,9	85,7±2,2	86,4±3,1	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
A 3 mois							
Moy±ET	88,1±2,3	84,6±2,2	86,9±2,6	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05
Ecart relatif	-1,7±0,5	-1,1±0,3	+0,5±0,4	<0,01	0,05	0,19	0,67
Δ_i (%)	-2,4	-1,2	+0,8				
Fin							
Moy±ET	78,7±3,1	81,5±2,7	87,7±2,5	<0,05	<0,01	>0,05	<0,05
Ecart relatif	-9,9±1,3	-4,2±0,2	+1,3±0,4	<0,05	<0,01	<0,05	>0,05
Δ_i (%)	-12,6	-5,1	+1,5				

Moy., moyenne ; ET, écart-type ; Δ_i, écart par rapport à la valeur notée au début du programme ; Δ_f, écart par rapport à la valeur notée à la fin du programme ; GE, groupe expérimental ; GC, groupe contrôle

Au terme des programmes d'intervention (à 6 mois), il a été noté une diminution significative de la masse corporelle dans le groupe GE1 (Δ= -5,5%) comparativement au groupe GE2 (écart absolu de 4,9±1,3 vs 1,8±0,2 ; p<0,05) et au groupe contrôle (4,9±1,3 vs 1,3±0,4 ; p<0,01).

Le tableau 3 rapporte les variations du pourcentage de graisse tout au long du programme dans les 3 groupes.

Tableau 3 : Variations du pourcentage de graisse tout au long du programme dans les 3 groupes.

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	Effet groupe/temps	P GE1 vs GC	GE1 vs GE2	GE2 vs GC
Début	31,3±1,3	30,7±0,8	34,2±1,2	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
A 3 mois							
Moy±ET	30,9±0,9	30,4±1,3	35,0±0,8	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Ecart relatif	-0,4±0,5	-0,3±0,2	0,2±0,1	--	--	--	--
Δ_i (%)	-1,3	-1,0	+0,6				
Fin							
Moy±ET	24,6±0,5	27,4±0,7	29,7±1,9	<0,001	<0,01	<0,01	<0,05
Ecart relatif	-8,7±0,6	-3,3±0,4	+0,3±0,6			<0,001	
Δ_i (%)	-38,5	-12,0	+1,0				

Moy., moyenne ; ET, écart-type ; Δ_i, écart par rapport à la valeur notée au début du programme ; GE, groupe expérimental ; GC, groupe contrôle

Le pourcentage de graisse avait plus diminué dans le groupe GE1 ($\Delta = -27,2\%$) comparativement au groupe GE2 ($\Delta = -12\%$). Parmi les adolescents du groupe GE1, la baisse était davantage retrouvée chez les filles par rapport aux garçons : $-30,5\%$ vs $-23,9\%$. Le constat était similaire dans le groupe GE2 : $-14,3\%$ vs $-9,7\%$. La baisse était plus prononcée chez les filles prépubères du GE1 : $-34,3\%$ contre $-26,7\%$ pour les plus âgées, observation également retrouvée dans le groupe GE2 ($-17,5\%$ vs $-12,1\%$).

L'évolution de la masse maigre (musculaire) tout au long du programme d'intervention dans les 3 groupes d'adolescents obèses est rapportée dans le tableau 4.

Tableau 4 : Variations de la masse maigre (en kg) avant, à 3 mois et 6 mois du programme dans les 3 groupes

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	Effet groupe/temps	P GE1 vs GC	GE1 vs GE2	GE2 vs GC
Début	50,5±2,1	49,4±1,8	46,4±2,3	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
A 3 mois							
Moy±ET	51,7±1,5	50,7±1,2	46,4±2,3	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Ecart relatif	1,2±0,4	1,3±0,6	--	--	--	>0,05	--
Δ_i (%)	+2,4	+2,6	--				
Fin							
Moy±ET	60,9±1,3	55,3±0,6	46,3±0,8	<0,001	<0,001	<0,02	<0,05
Ecart relatif	10,4±0,2	5,9±0,5	0,1±0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05
Δ_i (%)	+20,6	+12	-0,2				

Moy., moyenne ; ET, écart-type ; Δ_i , écart par rapport à la valeur notée au début du programme ; GE, groupe expérimental ; GC, groupe contrôle.

Le tableau 5 indique l'évolution du rapport tour de taille/taille à 3 mois et 6 mois du programme d'intervention dans les 3 groupes.

Tableau 5 : Variations du rapport tour de taille/taille tout au long du programme dans les 3 groupes

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	Effet groupe/temps	P GE1 vs GC	GE1 vs GE2	GE2 vs GC
Début	0,58±0,06	0,57±0,05	0,57±0,06	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
A 3 mois							
Moy±ET	0,56±0,04	0,57±0,03	0,57±0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Ecart relatif	-0,02±0,03	--	--	--	--	--	--
Δ_i (%)	-3,4	--	--	--	--	--	--
Fin							
Moy±ET	0,52±0,04	0,56±0,02	0,57±0,04	<0,05	<0,02	<0,02	>0,05
Ecart relatif	-0,06±0,02	-0,01±0,03	--	--	<0,02	<0,05	--
Δ_i (%)	-10,3	-1,7	--				

Moy., moyenne ; ET, écart-type ; Δ_i , écart par rapport à la valeur notée au début du programme ; GE, groupe expérimental ; GC, groupe contrôle

La baisse du rapport tour de taille/taille était au 6^e mois de $-10,3\%$ dans le groupe GE1 contre $-1,7\%$ dans le groupe GE2.

3.4. Volumes pulmonaires mobilisables

L'évolution du VEMS et de la CVF tout au long du programme d'intervention chez les adolescents obèses des trois groupes est indiquée dans les tableaux 6 et 7.

Tableau 6 : Variations du VEMS (en L) tout au long du programme dans les 3 groupes

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	Effet groupe/temps	P GE1 vs GC	GE1 vs GE2	GE2 vs GC
Début	2,48±0,31	2,51±0,27	2,47±0,35	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
A 3 mois							
Moy±ET	2,57±0,24	2,56±0,15	2,47±0,12	<0,05	>0,02	>0,05	<0,05
Ecart relatif	0,11±0,06	0,05±0,03	--	--	--	<0,05	--
Δ_i (%)	+3,6	+2,0	--				
Fin							
Moy±ET	2,63±0,21	2,60±0,12	2,47±0,26	<0,05	<0,02	>0,05	<0,05
Ecart relatif	0,15±0,07	0,09±0,04	--				
Δ_i (%)	+6,0	+3,6	--				

Moy., moyenne ; ET, écart-type ; Δ_i , écart par rapport à la valeur notée au début du programme ; GE, groupe expérimental ; GC, groupe contrôle

Tableau 7 : Variations de la CVF (en L) tout au long du programme dans les 3 groupes.

	GE1 (n=12)	GE2 (n=10)	GC (n=15)	Effet groupe/temps	P		
					GE1 vs GC	GE1 vs GE2	GE2 vs GC
Début	2,61±0,32	2,69±0,28	2,68±0,21	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
A 3 mois							
Moy±ET	2,89±0,24	2,76±0,15	2,69±0,27	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05
Ecart relatif	0,09±0,06	0,09±0,03	0,01±0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Δi (%)	+3,3	+2,6	+0,4				
Fin							
Moy±ET	2,88±0,23	2,84±0,18	2,69±24	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ecart relatif	0,17±0,05	0,15±0,07	0,01±0,03	<0,02	<0,02	<0,05	>0,05
Δi (%)	+7,3	+5,6	+0,4				

Moy., moyenne ; **ET**, écart-type ; **Δi**, écart par rapport à la valeur notée au début du programme ; **GE**, groupe expérimental ; **GC**, groupe contrôle

Au terme du programme d'intervention, le VEMS et la CVF ont connu une amélioration, traduite par des hausses significatives des valeurs respectivement de 6% et 7,3% dans le groupe GE1, 3,6% et 5,6% dans le groupe GE2 ; l'écart de valeurs moyennes entre les deux groupes était cependant non significatif.

3.5. Corrélations entre les changements relatifs aux paramètres de la composition corporelle et les changements des volumes ventilatoires chez les sujets obèses des deux groupes expérimentaux

Le tableau 8 rapporte les coefficients de corrélation en les changements relatifs au poids corporel, à la masse musculaire, au pourcentage de graisse, au rapport WHtR et les changements des volumes pulmonaires suite aux deux protocoles d'intervention chez les enfants obèses.

Tableau 8 : Coefficients de la corrélation entre les changements relatifs dans la masse musculaire, le pourcentage de graisse, le rapport WHtR et les changements des volumes ventilatoires suite aux deux protocoles d'intervention chez les enfants obèses.

	Changements relatifs		
	Masse musculaire	PCTG	WHtR
GE1			
VEMS	+0,27	-0,23	-0,21
CVF	+0,18	-0,19	-0,34
GE2			
VEMS	+0,14	-0,11	-0,12
CVF	+0,11	-0,09	-0,10

VEMS, volume expiratoire maximum par seconde ; **CVF**, capacité vitale forcée ; **PCTG**, pourcentage de graisse ; **WHtR**, rapport tour de taille/taille ; **SS**, pli cutané sous-scapulaire ; **TRI**, pli cutané tricipital ; **GE**, groupe expérimental.

Il a été observé une association négative entre les changements dans le pourcentage de graisse, le ratio tour de taille/taille et les améliorations des volumes pulmonaires, alors que la relation entre l'augmentation de la masse musculaire et les volumes pulmonaires était positive.

4. DISCUSSION

L'étude visait à évaluer et analyser l'impact potentiel d'un programme d'intervention par la pratique de la gymnastique aérobique combinée à des exercices de résistance sur la composition corporelle et le profil des volumes ventilatoires auprès des adolescents obèses auparavant sédentaires. Nos résultats montrent premièrement que l'administration du programme d'intervention chez les adolescents obèses âgés de 11 à 17 ans a permis de mettre en évidence son efficacité dans l'amélioration de la composition corporelle. En effet, nos résultats montrent que le programme d'intervention Gymnastique aérobique + Entraînement en résistance, sur une durée de 24 semaines (2 jours par semaine) et sans régime diététique des sujets, a induit une diminution significative de la masse corporelle ($\Delta = -12,6\%$; $p < 0,05$), de la somme des deux plis cutanés SS et TRI ($\Delta = -28\%$; $p < 0,05$), du rapport SS/TRI ($\Delta = -11,5\%$; $p < 0,001$), du pourcentage de graisse ($\Delta = -38,5\%$; $p < 0,001$) et du tour de taille ($\Delta = -11,7\%$; $p < 0,005$), en comparaison aux adolescents obèses soumis uniquement à la pratique de l'EPS. La masse maigre, quant à elle, a augmenté significativement dans le groupe GE1 à la fin du programme d'intervention ($\Delta = +20,6\%$; $p < 0,001$). Nos observations anthropométriques sont cohérentes avec celles d'autres auteurs qui ont utilisé la technique DEXA pour déterminer la composition corporelle [36-38]. Après 6 mois d'intervention, l'IMC du groupe GE1 a diminué significativement en termes d'écart absolu ($\Delta = -5,8\%$; $p < 0,05$) comparativement au groupe GE2 ($\Delta = -2\%$), en raison d'une réduction significative de la masse corporelle ($-12,6\%$ vs $-5,1\%$) pour une taille inchangée ; celle-ci pourrait s'expliquer sans doute par l'accroissement de la masse maigre, affectant négativement l'IMC.

En ce qui concerne le pourcentage de graisse qui dérive des plis cutanés, les valeurs ont connu une baisse significative dans les deux groupes GE1 et GE2, témoignant ainsi d'une réduction de l'adiposité ; cependant, cette réduction est plus nette chez les adolescents obèses du groupe GE1 ($-38,5\%$ versus -12%). Même si la baisse retrouvée ne permet pas

de distinguer l'effet de la croissance et/ou de la maturation pubertaire en raison de la faiblesse de la taille des deux groupes, ce dernier résultat est en concordance avec les observations d'autres études qui ont montré qu'une activité aérobie combinée à un entraînement en résistance réduisait significativement la graisse sous-cutanée [39]. Par ailleurs, nos résultats ont mis en évidence à la fin des programmes d'intervention une diminution du pourcentage de graisse, qui était plus prononcée chez les filles obèses des deux groupes expérimentaux comparativement aux garçons obèses : 42,3% vs 34,7% dans le groupe GE1, 14,3% vs 9,7% dans le groupe GE2. Par conséquent, le programme d'intervention dans les deux groupes a eu plus d'impact sur le dépôt de graisse périphérique que celui de la graisse abdominale si l'on se réfère au taux de réduction du tour de taille (-5,3% dans le groupe GE1, -1,8% dans le groupe GE2). A ce propos, il a été suggéré que chez les femmes, la graisse stockée au niveau des hanches est plus difficile à mobiliser que la graisse tronculaire (sauf pendant la grossesse et l'allaitement), celle-ci étant réservée à des fins de reproduction [40]. Peut-être que ce n'est pas vrai chez les jeunes filles.

La baisse du pourcentage de graisse dans le groupe GE1 est à n'en point douter le résultat d'une augmentation de la masse maigre notée dans ce travail (+20,6%), accompagnée de la réduction notable de la masse corporelle (-12,6%). Nos observations sont cohérentes avec celles d'autres auteurs ayant utilisé des activités voisines. Par exemple, l'étude de Davis et al., (2009) [41] portant sur 52 adolescents obèses âgés de 11 à 16 ans soumis à la pratique de la course en durée combinée à des exercices de résistance en salle pendant 17 semaines (3 jours par semaine, 1h 30 par séance), a induit une baisse de 16,1% du pourcentage de graisse (38,5% dans notre série). Il a été également montré que l'entraînement aérobie peut induire une diminution du pourcentage de graisse par libération de l'hormone de croissance (fortement lipolytique) [42]. Cette dernière, en agissant sur la lipase hormono-sensible (HSL), réduit la taille du tissu adipeux à des intensités élevées pour des exercices à dominante aérobie. En effet, l'aptitude physique, à partir d'un seuil minimal d'intensité compris entre 35% et 45% de la puissance maximale chez le sujet obèse [43,44], favorise l'oxydation et l'utilisation des acides gras par le muscle. La réduction du pourcentage de graisse est alors à n'en point douter en lien avec l'augmentation de l'oxydation des graisses, notamment l'oxydation accrue des acides gras non dérivés du plasma suite à l'entraînement, peut-être à partir des réserves intramusculaires de triacylglycérol [45]. L'hormone de croissance (ou Growth hormone, GH) est un polypeptide anabolisant sécrété par l'hypophyse antérieure de façon pulsatile. On sait que l'obésité est associée à une réduction de la sécrétion de la GH, laquelle augmente progressivement pendant l'enfance, atteignant un pic à la puberté, puis diminue à l'âge adulte. Cette chute progressive de la sécrétion de la GH est associée aux changements somatiques qui se produisent dans le cadre du processus de vieillissement. Ces changements comprennent une perte de la masse maigre, une diminution de la force musculaire et une augmentation de la masse grasse. En dehors du sommeil, l'exercice est le stimulus physiologique le plus puissant de la sécrétion de la GH [46]. La GH augmente dans les quelques minutes qui suivent le début d'un exercice à dominante aérobie ou de résistance et reste élevée jusqu'à 30 minutes pendant la récupération [47]. La réponse maximale de la GH est atteinte à 70% de la consommation maximale d'oxygène. L'ampleur de cette augmentation dépend d'un certain nombre de variables, notamment l'hypoxie, la variation de la température corporelle et la disponibilité des substrats énergétiques. Enfin, l'exercice aérobie est également un stimulus provocateur de la libération de la GH chez les individus non obèses. L'ampleur de la réponse est influencée par le type d'exercice, l'intensité, la durée, l'exercice aérobie ou anaérobie, et l'entraînement chronique intense [48].

Deuxièmement, nous avons examiné l'effet de 24 semaines de gymnastique aérobie combinée à un entraînement en résistance (2 jours par semaine) sur les valeurs de la CVF et du VEMS chez des adolescents obèses. Les principaux résultats mettent en évidence dans le groupe GE1 une augmentation significative ($p < 0,05$) du VEMS (+6,0%) et de la CVF (+7,3%) par rapport aux valeurs notées avant le programme d'intervention ; des améliorations non significatives de la CVF et du VEMS dans le groupe contrôle à la 24^e semaine. L'augmentation observée des volumes pulmonaires mobilisables est, à n'en point douter, en lien avec l'amélioration de la fonction pulmonaire et la réduction de l'adiposité corporelle. En effet, comme nous l'avons souligné plus haut l'obésité altère la fonction respiratoire. Elle modifie la relation entre les poumons, la paroi thoracique et le diaphragme, diminue les volumes pulmonaires et augmente la résistance des voies respiratoires [11]. Certaines études ont rapporté une association positive entre l'activité physique, la condition physique et la capacité pulmonaire [49]. Des études transversales ont également montré qu'une activité physique régulière et une bonne condition physique étaient liées à une meilleure fonction pulmonaire [50,51]. Holmen et al., (2002) [52], quant à eux, ont constaté une diminution de la capacité pulmonaire (CVF et VEMS) indépendante de l'âge et de la taille chez les fumeurs ayant des niveaux d'exercice physique faibles. De plus, dans une étude prospective, de très jeunes nageuses de compétition présentaient une augmentation de la capacité vitale et de la capacité pulmonaire totale après une année d'entraînement [49], ce qui laisse penser que les volumes pulmonaires plus importants retrouvés chez les nageurs peuvent être dus à l'impact de l'entraînement sur la croissance pulmonaire. Les mécanismes par lesquels l'inactivité physique pourrait influencer la CVF et le VEMS ne sont pas clairs. La relation entre la force musculaire avec la CVF et le VEMS n'est pas bien établie [53]. Cependant, Simões et al., (2010) [54] ont montré que la force des muscles respiratoires était significativement faible chez les personnes ayant un mode de vie sédentaire.

Les résultats de notre étude sont également en accord avec les résultats de l'étude de Farrell et al., (1981) [55], qui ont trouvé que la CVF et le VEMS augmentaient après 8 semaines d'entraînement aérobie chez les adultes. Ces auteurs ont attribué leurs observations à l'amélioration de la contractilité des muscles expiratoires suite à l'entraînement d'endurance. Le mécanisme exact de l'amélioration de la CVF dans leur étude est inconnu, mais la fonction des muscles respiratoires, la réduction de la masse grasse et la perte de poids jouent peut-être un rôle dans cette amélioration.

L'exercice répété peut entraîner une hypertrophie des muscles respiratoires, et il est évident que les indices respiratoires sont liés en partie à la puissance des muscles respiratoires. Enfin, nous avons constaté une perte de poids significative et une réduction du pourcentage de graisse après 24 semaines de pratique de gymnastique aérobique + entraînement en résistance dans le groupe GE1. Il existe donc une relation significative entre ces baisses et les améliorations de la CVF et du VEMS.

5. CONCLUSION

Nos résultats montrent l'efficacité d'un programme d'intervention combinant la pratique de la gymnastique aérobique et des exercices de résistance dans la réduction du poids corporel et l'amélioration du profil ventilatoire chez les adolescents obèses, en comparaison avec un programme d'entraînement qui se concentre uniquement sur l'aérobique. Ces résultats devraient encourager les parents à encourager leurs enfants à pratiquer régulièrement une activité physique pour prévenir les complications respiratoires associées à l'obésité.

Contribution des auteurs : Massamba A a conçu l'étude, élaboré le protocole expérimental, analysé les données, préparé les figures et tableaux et a revu le manuscrit. Moussoki JM a réalisé l'expérimentation, analysé les données et a rédigé la première version du manuscrit. Moulongo JGA a réalisé l'expérimentation et analysé les données. Bouhika EJ a réalisé l'expérimentation, analysé les données et a revu le manuscrit. Makosso Vheiyé G a élaboré le protocole expérimental et analysé les données. Mabilia Babela JR a élaboré le protocole expérimental, analysé les données et a revu le manuscrit. Tous les auteurs ont donné leur assentiment sur la dernière version du manuscrit.

Conflit d'intérêt : Aucun conflit d'intérêt entre les auteurs relatifs à cet article.

6. Références

1. Ziauddeen, N., Roderick, P. J., Macklon, N. S., & Alwan, N. A. Predicting childhood overweight and obesity using maternal and early life risk factors: a systematic review. *Obesity Reviews*. 2018 ; 19(3): 302–312. <https://doi.org/10.1111/obr.12640>
2. Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C. Global, regional, and national prevalence of overweight analysis and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014 ; 384(9945): 766–81.
3. Bishwalata. R., Singh, A.B., Singh, A.J., Devi, L.U., Bikramjit Singh, R.K. Overweight and obesity among schoolchildren in Manipur, India. *National Medical Journal of India*. 2010 ; 23(5) : 263–266.
4. Li, Y., Schouten, E.G., Hu, X., Cui, Z., Luan, D., Ma, G. Obesity prevalence and time trend among youngsters in China, 1982–2002. *Asia Pacific J Clin Nutr*. 2018 ; 17(1): 131–137.
5. WHO (2018). Atlas of African health statistics 2018 universal health coverage and the sustainable development goals on the WHO African region. Brazzaville: WHO.
6. Mabilia-Babela, J.R., Massamba, A., Mbemba, F., Senga, P. Etat nutritionnel de l'enfant et de l'adolescent à Brazzaville : 40 ans après (1963–2003). *Arch Pédiatr*. 2004; 11: 1249–1257.
7. Mabilia Babela, J.R., Sabaye Alima, J., Monabeka, H.G., Mbika Cardorelle, A., Nkoua, J.L., Moyen, G. Profil épidémiologique et clinique de l'obésité de l'enfant à Brazzaville (Congo). *Cah Nutr Diet*. 2011 ; 46, 259–262.
8. Alghadir, A.H., Aly, F.A. (2012). Effect of obesity on pulmonary functions among Saudi children. *Biomed Res India*, 23(4), 605–8.
9. Davidson, W.J., Mackenzie-Rife, K.A., Witmans, M.B., Montgomery, M.D., Ball, G.D., Egbogah, S., Eves, N.D. Obesity negatively impacts lung function in children and adolescents. *Pediatr Pulmonol*. 2014; 49(10): 1003–10.
10. Peters, U., Dixon, A.E. The effect of obesity on lung function. *Expert Rev Respir Med*. 2018; 12(9): 755–767. Doi : 10.1080/17476348. 2018. 1506331.
11. Inselma, L.S., Milanese, A., Deurloo, A. Effect of obesity on pulmonary function in children. *Pediatr Pulmonol*. 1993; 16(2): 130–137. <https://doi.org/10.1002/ppul.1950160209>
12. Paralikar, S.J., Kathrotia, R.G., Pathak, N.R., Jani, M.B. Assessment of pulmonary functions in obese adolescent boys. *Lung India*. 2012; 29(3), 236–40.
13. Handy, S., Cao, J., Mokhtarian, P., Handy, S., Cao, X.Y., Mokhtarian, P.L. Self-selection in the relationship between the built environment and walking-Empirical evidence from northern California. *J Am Plann Assoc*. 2006; 72(1), 55–74. Doi: 10.1080/01944360608976724.
14. Mandal, S., & Hart, N. Respiratory complications of obesity. *Clin Med*. 2012; 12(1): 75–78. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.12-1-75>
15. Dobbins, M., Husson, H., Decorby, K., La Rocca, R.L. School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013.
16. Vanhelst, J., Fardy, P.S., Mikulovic, J., Marchand, F., Bui-Xuan, G., Theunynck, D., Béghin, L. Changes in obesity, cardiorespiratory fitness and habitual physical activity following a one-year intervention program in obese youth: a pilot study. *J Sports Phys Fitness*. 2011; 51, 1–2.
17. Whitlock, E.P., O' Conner, E.A., Williams, S.B., Beil, T.L., Lutz, K.W. Effectiveness of weight management interventions in children: a targeted systematic review for the USPSTF. *Pediatrics*. 2010; 125 (2), e 396–e418.
18. McCambridge, T. M., & Stricker, P. R. American Academy of Pediatrics Council on Sports Medicine and Fitness. Strength training by children and adolescents. *Pediatrics*. 2008; 121(4): 835–840. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-3790>
19. Treuth, M.S., Catellier, D.J., Schmitz, K.H., Pate, R.R., Elder, J.P., McMurray, R.G., Webber, L. Weekend and Weekday Patterns of Physical Activity in Overweight and Normal-weight Adolescent Girls. *Obesity*. 2007; 15(7): 1782–1788.
20. Mabassa, D.S., Massamba, E.L.S., Itoua Okemba, J., Moulongo, J.G.A., Mabilia Babela, J.R., Makosso Vheiyé, G., Massamba, A. (2018). Energy expenditure during daily physical activities in congolese middle schoolchildren. *Am J Innov Res Appl Sci*, 6(5), 97–108.
21. Moussoki, J.M., Kambourou, J., Moulongo, J.G.A., Makosso-Vheiyé, G., Massamba, A., Babela, J.T.M. Profil lipidique associé à l'obésité chez les adolescents à Brazzaville, Congo. *Ann Afr Med*. 2023 ; 16(2): e5046–e5057. <https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v16i2.4>
22. Rolland-Cachera, M.F., Cole, T.J., Seme, M., Tichet, J., Rossignol, C., Charraud, C. Body Mass Index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr*. 1991; 45: 13–21.
23. Volek, J.S., Gomez, A.L., Scheett, T.P., Sharman, M.J., French, D.N., Rubin, M.R., Ratamess, N.A., McGuigan, M.R., Kraemer, W.J. Increasing fluid milk favorably affects bone mineral density responses to resistance training in adolescent boys. *J Am Diet Assoc*. 2003; 103 : 1353–1356.
24. Mc Guigan, M.R., Tatasciore, M., Newton, R.U., Pettigraw, S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res*. 2013; 23(1): 80–5.
25. Kim, Y., Beets, M.W., Welk, G.J. Everything you wanted to know about selecting the "right" intensity cut-points of exercises for youth, but : A systematic review. *J Sci Med Sports*. 2012; 15(4): 311–321.
26. Trost, S.G., Loprinzi, P.D., Moore, R., Pfeiffer, K.A. Comparison of accelerometer cut-points for predicting activity intensity in youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43(7): 1360–1368.

27. Evenson, K.R., Catellier, D.G., Gill, K., Ondrak, K.S., Mc Murray, R.G. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *J Sports Sci.* 2008; 26(14): 1557-1565.
28. Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell, R. (1991). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL: Abridges.
29. Forbes, J.B. (1986). Body composition in adolescents. In Falkner F, Tanner JM, eds. *Human growth: a comprehensive treatise*. 2nd ed., vol 2. *Postnatal Growth and Neurobiology*. New York: Plenum Press, p.119-45.
30. Bigard, A.X., et le groupe d'étude « normes biologiques et activité physique » de la Société Française de Médecine du Sport. Détermination de l'aptitude médicale à la pratique du sport. *Science & Sports*. 1992 ; 7(1): 59-69. Doi : 10.1016/S0765-1597(05)08144-3.
31. Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.A., Horswill, C.A., Skillman, R.J., Van Loan, M.D., Bembem, D.A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988; 60: 709-23.
32. Patry-Parisien, J., Shields, M., Bryan, S. Comparaison de la circonférence de la taille mesurée selon le protocole de l'Organisation Mondiale de la Santé et des National Institutes of Health. *Rapports sur la Santé*. 2012; 23: 3-11.
33. Maffei, C., Banzato, C., Talamini, G. Obesity study group of the Italian Society of Pediatric Endocrinology and Diabetology. Waist to-height ratio, a useful index to identify high metabolic risk in overweight children. *J Pediatr.* 2008; 152: 207-213.
34. Mc Carthy, H.D., Ashwell, M. A study of central fatness using waist-to-height ratios in UK children and adolescents over two decades support the simple message- "Keep your waist circumference to less than half your height". *Int J Obes.* 2006; 30: 988-992.
35. Miller, M.R., Crafor, R., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., et al. ATS/ERS Task Force. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J.* 2005; 26(1): 153-151.
36. Li, A.M., Chan, D., Wong, E., Yin, J., Nelson, E.A., Fok, T.F. The effects of obesity on pulmonary function. *Arch Dis Child.* 2003; 88: 361-3.
37. Sgro, M., Mc Guigan, M.R., Pettigrew, S., Newton, R.U. The effect of duration of resistance training interventions in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(4): 1263-70.
38. Goran, M., Fields, D.A., Hunter, G.R., Herd, S.L., Weinsier, R.L. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes.* 2000; 24: 841-848.
39. Lazaar, N., Aucouturier, J., Ratel, S., Rance, M., Meyer, M., Duché, P. Effect of physical activity intervention on body composition in young children: influence of body mass index status and gender. *Acta Paediatrica.* 2007 ; 96: 1315-1320.
40. Björntorp, P. Visceral obesity: a "Civilization Syndrome". *Obes Res.* 1993; 1: 206-222.
41. Davies, C.T., Young, K. Effects of external loading on short term power output in children and young male adults. *Eur J Appl Physiol.* 1984; 52: 351-354.
42. Wideman, L., Weltman, J.Y., Hartman, M.L., Veldhuis, J.D., Weltman, A. Growth hormone release during acute and chronic aerobic and resistance exercise: recent findings. *Sports Med.* 2002; 32(15): 987-1004.
43. Brandou, F., Dumortier, M., Garandeau, P., Mercier, J., Brun, J.F. Effects of two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise in obese adolescents. *Diabetes Metab.* 2003 ; 9: 20-7.
44. Perez-Martin, R., Valdivia, G., Muino, A., Lopez, M.V., Márquez, M.N., Montes de Oca, M., et al. Spirometric reference values in 5 large latin american cities for subjects aged 40 years or over. *Arch Broncho-Pneumo.* 2006 ; 42(7): 317-25.
45. Horowitz, J.F., Klein, S. Lipid metabolism during endurance exercise. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72: 558-63.
46. Savine, R., Sonksen, P.H. Is the somatopause an indication for growth hormone replacement? *J Endocrinol.* 1999; 22: 142-9.
47. Zaccaria, M., Varnier, M., Piazza, P., Noventa, D., Ermolao, A. Blunted growth hormone response to maximal exercise in middle-aged versus young subjects and no effect of endurance training. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999; 84: 2303-7.
48. Pritzlaff, C.J., Wideman, L., Blumer, J., Jensen, M., Abbott, R.D., Gaesser, G.A., Veldhuis, J.D., Weltman, A. Catecholamine release, growth hormone secretion, and energy expenditure during exercise vs. recovery in men. *J Appl Physiol.* 2000; 89: 937-46.
49. Courteix, D., Obert, P., Lecoq, A.M., Guenon, P., Koch, G. Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistance and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997; 76(3): 264-9.
50. Rochester, D.F., Enson, Y. Current concepts in the pathogenesis of the obesity-hypoventilation syndrome. Mechanical and circulatory factors. *Am J Med.* 1974; 57(3): 402-20.
51. Thomas, P.S., Cowen, E.R., Hulands, G., Milledge, J.S. Respiratory function in the morbidly obese before and after weight loss. *Thorax.* 1989; 44(5): 382-6.
52. Holmen, T.L., Barrett-Connor, E., Clausen, J., Holmen, J., Björner, L. Physical exercise, sports, and lung function in smoking versus nonsmoking adolescents. *Eur Respir J.* 2002; 19(1): 8-15.
53. Gonzalez-Barcala, F.J., Takkouche, B., Valdes, L., Leis, R., Alvarez-Calderon, P., Cabanas, R., et al. Body composition and respiratory function in healthy non-obese children. *Pediatr Int.* 2007; 49(5): 553-7.
54. Simões, R.P., Deus, A.P., Auad, M.A., Dionísio, J., Mazzonetto, M., Borghi-Silva, A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central São Paulo State. *Rev Bras Fisioter.* 2010; 14(1): 60-7.
55. Farrell, P.A. Maximal expiratory flow-volume relationships before and after eight weeks of endurance training. *J Sport Med Phys Fitness.* 1981; 21(2): 145-9.



Cite This Article: MOUSSOKI Jean Martin, MOULONGO Jean Georges André, BOUHIKA Eddy Janvier, KAMBOUROU Judicaël, MAKOSSO Vheiyé Georges, MOUANDA KONDE Dorel, MASSAMBA Alphonse, et MABIALA BABELA Jean Robert. EFFETS D'UN PROGRAMME DE 24 SEMAINES D'INTERVENTION COMBINANT LA GYMNASTIQUE AÉROBIQUE ET LES EXERCICES DE RÉSISTANCE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE ET LA FONCTION PULMONAIRE CHEZ LES ADOLESCENTS OBESES CONGOLAIS. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 16(4): 216-225.

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/>