

## Relation entre composition corporelle et valeurs spirométriques dans la population adulte de Kinshasa de 20 à 70 ans

### Body composition and spirometric values in an adult population of Kinshasa, aged 20-70 years

Boniface Kamanga Muamba<sup>1</sup>, Jean-Marie Kayembe Ntumba<sup>2</sup>, Patrick Kayembe Kalambayi<sup>3</sup>, Constant Nkiama Ekiawa<sup>1</sup>, Louise Kikontwe Kalabo<sup>1</sup>, Marie Nkoy Lenga<sup>1</sup>, Alphonse Massamba<sup>4</sup>

#### Correspondance

Boniface Kamanga Muamba,  
Courriel : kamangamuamba@hotmail.com;  
Tél. : +243998175509 ; +243819999573

#### Summary

*Context.* Impact of individual anthropometric measures on spirometric values has been previously established. The relevance of body mass indices (BMI) is increasingly being considered, especially in the establishment of reference spirometric equations. *Objective.* To assess the influence of body composition on spirometric values in healthy adults. *Methods.* In a cross-sectional survey, spirometric and body composition data of participants were analyzed. Spirometry was performed using a SPIROBANK A23-OU and body indices measured with an OMRON brand impedance meter, type BF 511. Multivariate linear regression helped to determine association between studied parameters, stratified by sex and age groups. *Results.* A total of 7443 subjects (males, 56.9 %), median age of 37 years for men and 39 years for women were included. A negative correlation regardless of gender, was observed between spirometric values (FEV1, FVC, PEF<sup>o</sup> and body mass indices including: fat mass (Men vs Women:  $r = 0.009$ ,  $P < 0.001$  vs  $r = 0.003$ ,  $P = 0.148$ ), visceral fat, waist size and BMI. Differences were significantly linked to the proportion of fat mass and/or a BMI  $\geq 30$  Kg/m<sup>2</sup>. Lean mass, on the other hand, appeared to positively influence respiratory function in both genders ( $r = 0.003$ ;  $P = 0.218$  vs  $r = 0.018$ ,  $P < 0.0001$ ). *Conclusion.* The study emphasizes the relevance of integrating anthropometric and body composition data in the determination of spirometric reference values. Larger community based surveys are needed to validate the reference equations for further use.

**Keywords.** Body Composition, correlation, spirometric values, adult, Kinshasa

1 Médecine Physique et Réhabilitation, Faculté de Médecine, UNIKIN, RDC

2 Pneumologie, Cliniques Universitaires de Kinshasa

3. Ecole de Santé publique, UNIKIN, RDC

4. Université Marien Ngouabi, Congo-Brazzaville

Article information

Received date: 1 October 2018

Accepted date: 30 November 2018

#### Résumé

*Contexte.* Les données anthropométriques influencent les valeurs spirométriques d'un individu. La contribution des indices de masse corporelle est de plus en plus considérée, surtout dans l'établissement des équations de référence pour une population donnée. *Objectif.* Evaluer l'impact de la composition corporelle sur les valeurs spirométriques dans une population des sujets sains. *Méthodes.* L'enquête transversale a analysé les données spirométriques et les indices de la composition corporelle (IMC) de participants. Les valeurs spirométriques ont été mesurées à l'aide d'un spiromètre de marque SPIROBANK A23-OU, et les indices de masse corporelle, à l'aide d'un impédancimètre de marque OMRON, type BF 511. Les associations ont été recherchées entre paramètres étudiés stratifiés par sexe et en groupes d'âge, à l'aide d'une analyse multivariée par régression linéaire. *Résultats.* Au total, 7443 sujets (sexe masculin, 56,9%), d'âge médian de 37 ans chez les hommes et 39 ans chez les femmes ont été inclus. Une corrélation négative, indépendamment du sexe, a été observée entre les valeurs spirométriques (VEMS, CVF, DEP) et les indices de masse corporelle dont : la masse grasse (Hommes vs Femmes :  $r = 0,009$ ,  $P < 0,0001$  vs  $r = 0,003$ ,  $P = 0,148$ ), la graisse viscérale, le tour de taille et l'IMC. Cette dernière était plus marquée chez les sujets avec proportion plus importante de masse grasse et/ou un IMC  $\geq 30$  Kg par m<sup>2</sup>. La masse maigre quant à elle, semblait positivement influencer la fonction respiratoire et ce, indépendamment du sexe ( $r = 0,003$  ;  $P = 0,218$  vs  $r = 0,018$ ,  $P < 0,0001$ ). *Conclusion :* Cette étude renforce la pertinence d'intégrer les données anthropométriques et de la composition corporelle dans la détermination des valeurs spirométriques de référence. Des enquêtes multicentriques s'imposent, en vue de la validation des équations de référence.

**Mots clés:** Composition corporelle, corrélation, valeurs spirométriques, adulte, Kinshasa

Historique de l'article

Reçu le 1 octobre 2018

Accepté le 30 novembre 2018

## Introduction

L'obésité, traduite par l'augmentation de la masse grasse, de l'indice de masse corporelle (IMC), ou du périmètre abdominal, est un facteur de risque établi des maladies cardiovasculaires et métaboliques (1).

Son impact péjoratif sur la fonction respiratoire a été rapporté par de nombreux auteurs. Une revue systématique de 547 études consacrées à l'association entre le périmètre abdominal et la fonction respiratoire menée par Wehrmeister FC *et al* en 2012 (2) avait, comme dans d'autres enquêtes antérieures (3-4), évoqué une association inverse entre l'augmentation des indices de la composition corporelle (masse grasse, périmètre abdominal) et les valeurs spirométriques. Plusieurs travaux ont évoqué la supériorité de l'obésité abdominale sur l'indice de masse corporelle, dans la prédiction du déclin de la fonction respiratoire (2); justifiant ainsi l'intérêt d'inclure les indices de la masse corporelle dans les équations visant à déterminer les normes spirométriques dans une population donnée. En outre, l'IMC ne permet pas de discriminer de manière fidèle, la masse grasse et la masse maigre chez un individu, et sa valeur prédictive sur le déclin de la fonction respiratoire est inférieure à celle de la masse grasse totale et abdominale (2,5). L'influence de l'obésité abdominale sur la fonction respiratoire relèverait de la restriction induite par la contrainte mécanique du tissu adipeux sur la compliance thoracique et l'augmentation de la demande énergétique subséquente pour l'accomplissement du travail ventilatoire. La compression du diaphragme contribue également à cette restriction des volumes respiratoires (6-8). L'inflammation constituerait un autre mécanisme dans l'explication du déclin de la fonction respiratoire ; en effet, le tissu adipeux joue un rôle endocrinien de production des cytokines pro-inflammatoires par les adipokines (IL-6, CRP), contribuant ainsi au développement d'une inflammation systémique ; des taux élevés de CRP ont été décrits chez les sujets avec

obésité abdominale avec risque accru d'événements cardiovasculaires (9-10). Cette inflammation systémique pourrait affecter le système respiratoire et favoriser l'obstruction bronchique comme dans les maladies chroniques des voies respiratoires (11). L'obésité est d'ailleurs reconnue comme une comorbidité aggravant le pronostic de l'asthme (12). L'influence des paramètres anthropométriques dont le sexe, l'âge, la taille, et dans une moindre mesure, le poids corporel, sur la fonction respiratoire est clairement établie à l'heure actuelle (13-14). Le volume expiratoire maximal à la première seconde (VEMS), la capacité vitale forcée (CVF), et le débit expiratoire de pointe (DEP), sont positivement corrélés à la taille et inversement au poids de l'individu ou à l'obésité mesurée par l'IMC (13-14).

L'impact de la composition corporelle sur les valeurs spirométriques fait l'objet d'une attention de plus en plus grandissante ces dernières années, notamment à cause de techniques d'explorations disponibles telles que la tomодensitométrie, l'impédancimétrie et l'ultra sonographie (15-16). L'effet de la masse grasse, de la masse maigre, de la graisse abdominale et du tissu adipeux sous-cutané sur la fonction respiratoire mérite d'être pris en compte dans la formulation des équations spirométriques de référence pour une population donnée.

Des études antérieures ont révélé l'influence de la composition corporelle, notamment la distribution de la masse grasse sur la fonction respiratoire. Oliveira PD *et al* (17) ont démontré une association inverse entre la graisse viscérale abdominale et le VEMS et la CVF indépendamment du sexe, mais pas de tendance précise pour le compartiment adipeux sous-cutané (2). Mohammed EI *et al* (18) ont montré dans une population d'Italiens adultes sains, une forte association entre les composants du poids corporel dont la masse corporelle sans les os, la composante minérale des os, et la masse grasse avec respectivement le VEMS la CVF et le DEP. Plus récemment encore, Inomata M *et al* (19) ont

rapporté une association très forte entre des éléments du syndrome métabolique (obésité abdominale, HDL- cholestérol, glycémie, HTA), des indices de la composition corporelle obtenus par impédancemétrie (masse grasse totale, masse maigre), avec la perturbation des volumes spirométriques chez les hommes plus que chez les femmes. Une enquête longitudinale couvrant une période de 7 ans a permis de montrer le rôle péjoratif sur le déclin de la fonction respiratoire de l'augmentation de la masse grasse, et l'effet opposé de l'augmentation de la masse maigre (muscles) chez des personnes âgées (20). L'effet bénéfique de la réduction de la masse grasse, suggéré par leur étude, a été rapporté également par une équipe coréenne (21), justifiant le bénéfice des mesures nutritionnelles et de réhabilitation physique sur les fonctions ventilatoires quel que soit l'âge des sujets.

La répartition de la masse grasse semble toutefois influencer différemment sur la fonction respiratoire. Son augmentation au niveau des parties supérieures du corps (membres supérieurs, thorax) aurait une influence plus marquée que celle de la graisse abdominale et dans les parties inférieures (22-23). Des mesures permettant la différenciation des compartiments affectés s'avèrent indispensables pour une analyse rationnelle des composants de la masse corporelle dans des études impliquant la composition corporelle et les risques de santé. L'âge et le sexe jouent également un rôle non négligeable sur les valeurs spirométriques comme illustré ailleurs (13-14, 24). Le tissu adipeux tendant à supplanter la masse musculaire avec le vieillissement et sa répercussion négative sur les volumes respiratoires a été décrite (25). La modicité des études abordant le lien entre paramètres anthropométriques, éléments de la composition corporelle et altération de la fonction respiratoire en Afrique Subsaharienne (ASS) et plus particulièrement en République Démocratique du Congo (RDC), justifie la présente enquête dont l'objectif était de déterminer l'impact des indices de la composition corporelle (masse

maigre, masse grasse, tour des hanches, tour de taille, périmètre abdominal, périmètre thoracique) sur les mesures spirométriques (VEMS, CVF, DEP) chez des adultes congolais sains.

## Méthodes

### Population d'étude

L'étude transversale a été conduite entre mars 2014 à octobre 2016 à Kinshasa, capitale de la RDC, a concerné les adultes sains, d'âge compris entre 20 et 70 ans. La population de cette ville était estimée à 5005648 habitants au moment de l'enquête dont 21,8% de sujets âgés de plus de 19 ans, selon le rapport de la Banque mondiale, 2015 (26). L'effectif finalement retenu en fonction des critères de sélection définis ci-dessous était de 7443 sujets dont 3208 femmes (43,1%). Il était constitué des Congolais de souche, apparemment en bonne santé, résidant à Kinshasa depuis au moins 6 mois, non-fumeurs et/ou ex-fumeurs (sevré depuis au moins 6 mois), indemnes de symptômes et pathologies respiratoires, de maladies cardiaques, sans anomalies de la cage thoracique ou de la colonne vertébrale. Le consentement à participer à l'étude était requis individuellement et oralement. Les sujets ont été répartis en 5 classes d'âge : 20-29 ans ; 30-39 ans ; 40-49 ans ; 50-59 ans ; 60-70 ans. Le tableau 1 rapporte les effectifs des sujets selon le sexe et la classe d'âge.

**Tableau 1. Répartition des sujets selon le sexe et la tranche d'âge**

Tranche d'âge (an)	Groupe entier (n=7443)	Hommes (n=4235)	Femmes (n=3208)
20-29	2334 (31,4%)	1392 (32,9%)	942 (29,4%)
30-39	1618 (21,7%)	918 (21,7%)	700 (21,8%)
40-49	1417 (19%)	748 (17,7%)	669 (20,9%)
50-59	1225 (16,5%)	654 (15,4%)	571 (17,8%)
60-70	849 (11,4%)	523 (12,3%)	326 (10,2%)

### *Procédure de sélection des sujets*

L'échantillon d'étude a été randomisé selon un sondage en grappes de 2 degrés, stratifié sur le sexe et la commune de résidence. Il a été constitué à partir de 16 communes sur les 24 que compte la ville de Kinshasa. Cette procédure a également tenu compte de l'accessibilité du milieu, de la situation géographique des zones habitées (nombre de rues, superficie). Pour chaque commune, l'ensemble des quartiers a été répertorié et chaque quartier a constitué une grappe. La sélection des grappes de l'échantillon, par commune, a été effectuée par tirage simple. Au total, 30 grappes ont été retenues pour l'étude et réparties proportionnellement à la taille de chaque commune. A l'aide de la carte de Kinshasa, les limites et les centres de chaque grappe sélectionnée ont été identifiés. Ces centres ont été retenus comme premiers sites d'expérimentation ; sur les lignes frontières de la grappe, les seconds sites étaient les points d'intersections de deux avenues principales.

### *Mesures anthropométriques et composition corporelle*

Les sujets recrutés ont été d'abord soumis à la prise de mesures anthropométriques. La taille (T), le tour de taille (TT) ou le périmètre abdominal, le tour de hanche (TH) et le périmètre thoracique (PT) ont été mesurés selon les repères anatomiques respectivement à l'aide d'une toise SECA et d'un mètre ruban tailleur. Ces mesures ont été effectuées par l'investigateur principal et quatre enquêteurs formés pour cette recherche. Le sexe et l'âge ont été notés le jour du test. Par la suite, l'IMC a été calculé à partir de la relation poids/taille<sup>2</sup>, ainsi que le rapport TT/TH ou rapport abdomen/hanche (RAH). L'impédancimétrie, balance munie d'un moniteur de la composition corporelle de marque OMRON, type BF 511 sur batteries renouvelables, (fabriquant OMRON HEALTHCARE Co Ltd, Kyoto, Japon) avait permis de déterminer : le poids corporel (P) ; les taux (%) de masse grasse, de graisse viscérale et

de masse maigre. L'appréciation de la corpulence d'un individu en fonction de l'IMC a été faite selon 4 catégories : poids maigre ; poids normal ; surpoids ; obésité, conformément aux seuils retenus par l'OMS (28). Le sujet est défini maigre pour un IMC inférieur à 18 kg/m<sup>2</sup>, de corpulence normale pour un IMC compris entre 18 et 24,9 kg/m<sup>2</sup> ; le surpoids est défini comme un IMC compris entre 25,0 et 29,9kg/m<sup>2</sup>, l'obésité comme un IMC égal ou supérieur à 30 kg/m<sup>2</sup>. L'obésité androïde avec risque morbide augmenté a été retenue pour un sujet obèse ayant un TT dans l'intervalle de 94-102 cm chez les hommes, 80-88 cm chez les femmes. Par rapport au RAH, le risque morbide a été retenu pour une valeur supérieure ou égale à 0,85 chez la femme, 0,98 chez l'homme (27). Le niveau de graisses, déterminé selon les recommandations de McCarthy *et al* (29), a été réparti en 3 classes : normale ; élevé ; très élevé. La procédure de mesure de tous les paramètres anthropométriques a été répétée à 3 reprises pour construire un modèle type.

### *Mesures spirométriques*

Après les mesures anthropométriques, les sujets ont subi les tests spirométriques à l'aide d'un spiromètre de poche SPIROBANK A23-0U sur batteries renouvelables ; [constructeur : MIR via Magglolino, Rome - Italie]. Les mesures ont concerné : le VEMS, la CVF, le DEP ; les deux premiers paramètres ont permis de calculer le coefficient de Tiffeneau (VEMS/CVF). Le déroulement des épreuves spirométriques a obéi aux recommandations de l'American Thoracic Society (ATS). L'uniformité du test a été assurée en utilisant la même marque d'appareil pour tous les individus ; la validité de l'essai a été vérifiée selon les instructions du consensus de l'ATS en retenant le meilleur résultat de trois essais.

### *Variables étudiées*

Les paramètres de la composition corporelle ont été considérés comme variables indépendantes, chaque mesure de la fonction pulmonaire comme variable dépendante. Ainsi, le sexe, l'âge, la

taille, le poids corporel, l'IMC, le TT, le TH, le RAH, le PT, la masse grasse (Mgr), la graisse viscérale (Gr visc) et la masse maigre (Mas mgr) constituaient les variables indépendantes. Les variables dépendantes comprenaient la VEMS, la CVF, le DEP et le rapport VEMS/CVF.

### *Analyses statistiques*

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 du logiciel SPSS, version 23.0. Les variables catégorielles ont été présentées sous forme de fréquences absolues et de pourcentages ; pour les variables quantitatives, les données l'ont été sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type lorsque la distribution des valeurs était normale, dans le cas contraire, en termes de médiane. Pour la comparaison de plus de deux moyennes arithmétiques, l'analyse de variance (ANOVA) à une voie et 3,5 facteurs a été appliquée lorsque les distributions étaient normales ; dans le cas contraire, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé. Le test U de Mann-Whitney a établi la différence entre deux catégories. Par ailleurs, les tests de régression linéaire simple et multiple ont permis de vérifier la corrélation entre les composantes des paramètres spirométriques (VEMS, CVF, DEP) et les variables quantitatives dépendantes (IMC, TT, TH, RAH, PT, Masse maigre, Masse grasse, Graisse viscérale). Par la suite, des courbes de régression :  $VEMS = f(\text{masse maigre})$ ,  $CVF = f(\text{masse maigre})$ ,  $VEMS = f(\text{masse grasse})$ ,  $CVF = f(\text{masse grasse})$ , ont été tracées pour analyser l'évolution des deux

variables indépendantes en fonction de chacune des variables dépendantes. Et des équations prédictives du VEMS ont été établies pour les hommes et les femmes en relation avec l'âge et les paramètres anthropométriques et la composition corporelle (IMC, TT, TH, RAH, PT, Masse grasse, masse maigre, Graisse viscérale). Le test de Fisher a été appliqué pour valider les différents modèles de régression. Pour tous les tests,  $p < 0,05$  était le seuil de signification statistique. Tous les sujets avaient consenti par écrit avant l'enrollement. L'étude avait reçu la clairance du comité national d'éthique de la santé de la RDC sous le n° 001/CNES/SR/03.

### **Résultats**

#### *Données anthropométriques*

Les caractéristiques anthropométriques des sujets sont présentées dans le tableau 2. Une augmentation régulière et significative ( $p < 0,001$ ) des valeurs du TT, du RAH et du PT était observée de 20 à 70 ans, quel que soit le sexe : TT, +17,4% chez les femmes contre +14,6% chez les hommes ; RAH, +12,4% chez les femmes contre +8,8% chez les hommes ; PT, +7,4% chez les femmes contre +5,3% chez les hommes. Cette tendance à la hausse était également observée pour l'IMC des hommes, +10,9%. La croissance des valeurs était retrouvée constante entre 20 et 59 ans chez les femmes pour : le poids corporel, +10,6% ; l'IMC, +12,8% et le TH, +7,3%. Elle était observée entre 20 et 49 ans chez les hommes au niveau du poids, +7,4% et du TH, +5,8%.

**Tableau 2. Caractéristiques anthropométriques des sujets en fonction de la tranche d'âge**

	20-29 ans	30-39 ans	40-49 ans	50-59 ans	60-70 ans	P
Femmes	n=942	n=700	n=669	n=571	n=326	
Taille	1,63±0,07	1,62±0,07	1,62±0,06	1,60±0,06	1,59±0,06	< 0,001
Poids	59,3±10,4	66,2±11,1	67,3±10,2	66,3±10,1	64,0±11,4	< 0,001
IMC	22,4±3,6	25,1±3,5	25,7±3,4	25,7±3,3	25,3±3,7	< 0,001
TT	75,9±10,3	86,3±12,2	90,4±12,4	91,7±12,3	91,9±12,5	< 0,001
TH	96,2±9,5	101,9±10,8	104,2±9,8	103,8±9,8	102,5±11,2	< 0,001
RAH	0,78±0,08	0,85±0,1	0,87±0,07	0,88±0,08	0,89±0,07	< 0,001
PT	79,9±9,2	82,0±10,7	85,4±11,4	86,4±11,3	86,3±12,5	< 0,001
Hommes	n=1392	n=918	n=748	n=654	n=523	
Taille	1,73±0,07	1,71±0,07	1,71±0,07	1,70±0,07	1,67±0,07	< 0,001
Poids	63,7±9,0	65,7±11,3	68,8±11,9	68,3±11,9	67,1±11,4	< 0,001
IMC	21,3±2,4	22,5±3,2	23,5±3,5	23,6±3,4	23,9±3,2	< 0,001
TT	75,5±7,3	80,2±10,7	85,8±11,9	87,0±12,6	88,4±11,7	< 0,001
TH	90,7±7,1	93,1±8,8	96,3±9,5	96,1±9,7	96,2±8,6	< 0,001
RAH	0,83±0,07	0,86±0,06	0,89±0,07	0,90±0,08	0,91±0,07	< 0,001
PT	83,9±6,3	85,9±8,1	87,8±8,8	88,6±8,9	88,6±8,2	< 0,001

IMC : indice de masse corporelle ; TT : tour de taille ; TH : tour de hanche ; RAH : rapport abdomen hanche, TT/TH ; PT : périmètre thoracique

Les taux de masse maigre, masse grasse et de graisse viscérale des sujets étudiés sont consignés dans le tableau 3. La graisse viscérale augmentait significativement ( $p < 0,001$ ) avec l'âge dans les deux sexes ; et une baisse continue et significative de la masse maigre était notée de 20 à 70 ans. En ce qui concerne la masse grasse,

une augmentation régulière des taux a été relevée entre 20 et 59 ans chez les femmes : +19,7% ; chez les hommes, son évolution se caractérisait par trois phases : croissante de 20 à 49 ans (+27,9%), décroissante après 49 ans et croissante au-delà de 59 ans pour atteindre le taux moyen de 20,9%.

**Tableau 3. Valeurs moyennes des taux de la masse maigre, masse grasse et graisse viscérale selon la tranche d'âge et le sexe**

Variabes	20-29 ans	30-39 ans	40-49 ans	50-59 ans	60-70 ans	p
Femme	n=942	n=700	n=669	n=571	n=326	
Masse maigre (%)	28,9±4,2	27,1±3,9	26,6±4,7	26,3±4,1	26,3±3,7	< 0,001
Masse grasse (%)	30,6±9,2	36,6±8,7	37,9±9,2	38,1±8,4	37,0±9,2	< 0,001
Graisse viscérale (%)	3,9±2,0	6,1±2,3	7,4±2,6	8,3±2,9	8,9±3,5	< 0,001
Hommes	n=1392	n=918	n=748	n=654	n=523	
Masse maigre (%)	42,7±5,2	39,9±5,6	37,2±5,4	36,4±5,3	34,3±4,9	< 0,001
Masse grasse (%)	14,5±6,6	17,3±8,2	20,1±9,2	19,8±8,7	20,9±8,1	< 0,001
Graisse viscérale (%)	3,8±2,5	5,5±3,6	7,3±4,6	8,2±5,2	9,1±4,9	< 0,001

### Données spirométriques en fonction de la composition corporelle

Le tableau 4 indique les valeurs spirométriques des sujets selon la corpulence en conformité avec les lignes directrices de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

**Tableau 4. Valeurs spirométriques des sujets selon la corpulence**

	Maigre	Normale	Surpoids	P
Femmes	n=224	n=1388	n=1595	
VEMS	2,3±0,5	2,3±0,5	2,3±0,4	< 0,001
CVF	2,5±0,6	2,5±0,5	2,4±0,5	0,007
DEP	5,0±1,2	5,1±1,4	5,0±1,8	0,662
VEMS/CVF	95,3±7,1	94,6±6,5	93,9±5,9	0,003
Hommes	n=301	n=2941	n=1021	
VEMS	2,9±0,7	3,1±0,7	2,9±0,6	< 0,001
CVF	3,1±0,6	3,3±0,7	3,1±0,7	< 0,001
DEP	6,7±2,1	7,2±2,7	7,1±2,3	0,012
VEMS/CVF	94,7±7,4	94,1±6,6	93,1±6,5	< 0,001

VEMS : volume expiratoire maximum à la première seconde ; CVF : capacité vitale forcée ; DEP : débit expiratoire de pointe

L'examen du tableau 5 relatif aux relations du TT ou Périmètre abdominal avec les valeurs spirométriques médianes montrent que le VEMS, la CVF, le DEP et le rapport VEMS/CVF étaient diminués chez l'individu obèse par rapport au sujet de corpulence normale, quel que soit le sexe. Les écarts étaient respectivement de : VEMS, +7,9% chez les femmes et +8,9% chez les hommes ; CVF, +4,5% chez les femmes et +9,9% chez les hommes ; DEP, +1,2% chez les femmes et +4,8% chez les hommes ; VEMS/CVF, +4,6% chez les femmes et +3,6% chez les hommes.

**Tableau 5. Valeurs spirométriques des sujets selon le tour de taille et le sexe**

Tour de taille	Paramètre spirométrique			
	VEMS (l)	CVF (l)	DEF (l/s)	VEMS/ CVF(%)
<b>Masculin</b>				
Normal (TT ≤ 94 cm)	3,04	3,22	7,01	83
Surpoids (TT: 94-102 cm)	2,84	3,11	6,82	80
Seuil d'obésité (>102 cm)	2,77	2,90	6,49	80
<b>Féminin</b>				
Normal (TT < 80 cm)	2,29	2,42	4,83	86
Surpoids (TT : 80-88 cm)	2,24	2,43	4,73	83
Seuil d'obésité (> 88 cm)	2,13	2,31	4,77	82

VEMS : volume expiratoire maximum à la première seconde ; CVF : capacité vitale forcée ; DEP : débit expiratoire de pointe

Par ailleurs, les données spirométriques médianes des sujets, selon que le risque morbide associé au surpoids ou à l'obésité est présent ou non, sont présentées dans le tableau 6. Il en ressort que les valeurs faibles du VEMS, CVF, DEP et du rapport VEMS/CVF étaient notées chez les sujets présentant un risque morbide quel que soit le sexe. Par rapport aux sujets sans risques, les écarts étaient respectivement de : VEMS, +9,1% chez les femmes et +10% chez les hommes ; CVF, +6,5% chez les femmes et +8,1% chez les hommes ; DEP, +1,2% chez les femmes et +4,8% chez les hommes ; VEMS/CVF, +3,5% chez les femmes et + 3,6% chez les hommes.

**Tableau 6. Valeurs spirométriques des sujets selon le risque morbide et le sexe**

Tour de taille	Paramètre spirométrique			
	VEMS (l)	CVF (l)	DEF (l/s)	VEMS/ CVF(%)
<b>Masculin</b>				
Pas de risque	3,19	3,35	7,11	84
Risque	2,87	3,08	6,60	81
<b>Féminin</b>				
Pas de risque	2,31	2,45	4,88	85
Risque	2,10	2,29	4,67	82

VEMS : volume expiratoire maximum à la première seconde ; CVF : capacité vitale forcée ; DEP : débit expiratoire de pointe ; RAH : rapport abdomen/hanche

Le tableau 7 rapporte les coefficients de corrélation r entre le VEMS et l'âge d'une part, les variables anthropométriques d'autre part selon le modèle de régression multivariée.

**Tableau 7. Coefficients du modèle VEMS selon l'âge, le sexe et les variables anthropométriques**

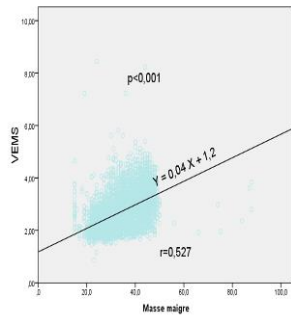
Variable	Sexe			
	Masculin		Féminin	
	Coefficien t	P	Coefficien t	P
Constant	-1,458	,005	,494	,057
e				
Age	-,023	,000	-,013	,000
IMC	,023	,001	,010	,035
TT	-,030	,000	-,008	,003
TH	,033	,000	,014	,000
RAH	2,126	,000	,904	,000
PT	,031	,000	,003	,000
Masse maigre	,003	,218	,018	,000
Masse grasse	-,009	,000	-,003	,148
Graisse viscérale	-,036	,000	-,011	,013

IMC : indice de masse corporelle ; TT : tour de taille ; TH : tour de hanche ; RAH : rapport abdomen/hanche ; PT : périmètre thoracique

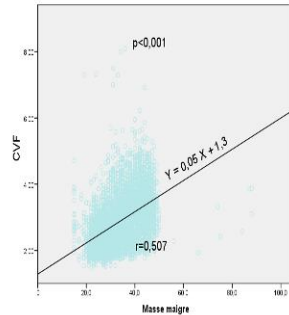
L'examen des valeurs de r montre que les déterminants du VEMS chez les hommes étaient l'âge, l'IMC, le TT, le TH, le RAH, le PT, la masse grasse et la graisse viscérale ; cependant que l'âge, le TT, la masse grasse et la graisse viscérale avaient un impact négatif sur le VEMS. En ce qui concerne les femmes, les déterminants étaient l'âge, le TT, le TH, le RAH, le PT, la masse maigre et la graisse viscérale ; alors que l'âge, le TT et la graisse viscérale exerçaient également un effet négatif sur le VEMS.

Les figures 1 et 2 illustrent les droites de régression du VEMS et de la CVF en fonction de la masse maigre. Leur examen met en évidence une augmentation des valeurs du VEMS et de la CVF en relation avec les taux de la masse maigre (corrélation positive et significative). Les deux droites, VEMS=f (masse maigre) et CVF=f (masse maigre), sont quasi parallèles.





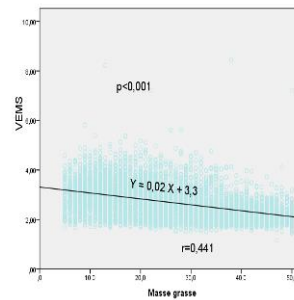
**Figure 1 :** Corrélation VEMS- Masse maigre



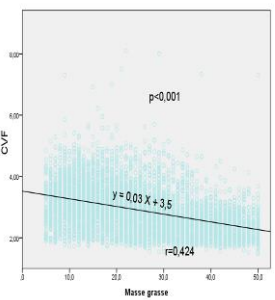
**Figure 2 :** Corrélation CVF-Masse maigre

Quant à l'évolution du VEMS et de la CVF en fonction de la masse grasse (figures 3 et 4), elle est traduite par une décroissance des valeurs du VEMS et de la CVF lorsque le taux de masse

grasse augmente, décroissance quasi similaire entre les deux variables spirométriques.



**Figure 1 :** Corrélation VEMS- Masse grasse



**Figure 2 :** Corrélation CVF-Masse grasse

L'application du modèle de régression multivariée a permis d'établir deux équations de prédiction du VEMS en fonction des variables anthropométriques, spécifiques à chaque sexe dans la population congolaise étudiée.

Equations de prédiction du VEMS pour la population d'étude (tableau 7)

HOMME:

$$\text{VEMS} = -0,023\text{Age} + 0,023\text{IMC} - 0,030\text{TT} + 0,033\text{TH} + 2,126\text{RAH} + 0,031\text{PT} - 0,009\text{Mgr} - 0,036\text{Grvic} - 1,458$$

FEMME:

$$\text{VEMS} = -0,013\text{Age} - 0,008\text{TT} + 0,014\text{TH} + 0,904\text{RAH} + 0,003\text{PT} + 0,018\text{MMgr} - 0,011\text{Grvisc} - 1,458$$

## Discussion

Cette enquête visant à évaluer l'impact de la composition corporelle déterminée par bio impédance sur la fonction respiratoire montre essentiellement : une augmentation de indices de la composition corporelle (Tour de taille, tour des hanches, rapport tour de taille/tour des hanches et périmètre thoracique avec l'âge dans les deux sexes). Les hommes avaient des valeurs spirométriques (VEMS, CVF, VEMS/CVF, DEP) supérieures à celles des femmes et ces valeurs diminuent avec l'âge dans les deux sexes ( $p < 0,05$ ). L'étude révèle également une augmentation de la masse grasse et diminution de la masse maigre en fonction du vieillissement. Une relation inverse est observée entre l'augmentation du périmètre abdominal et les valeurs du VEMS, de la CVF et du DEP. Le déclin de la fonction respiratoire est corrélé au risque morbide établi en fonction de l'IMC et de

tour de taille. L'augmentation de la masse maigre influe positivement sur le VEMS, la CVF, et le DEP ; contrairement à celle de la masse grasse qui procure un effet inverse. L'impédancimétrie utilisée dans cette étude pour l'analyse des indices de la composition corporelle, est une méthode validée ailleurs, comme alternative à la tomodynamométrie (TDM) qui en est le Gold-standard (19). Son accessibilité et sa simplicité d'utilisation ainsi que son innocuité en justifient l'usage (15-16). Le coût élevé de la TDM la rend peu accessible en milieu peu nanti ; elle porte un risque non négligeable d'irradiation, la rendant peu propice dans les études ou enquêtes communautaires. L'observation rapportée d'une augmentation des indices de la composition corporelle étudiés avec l'âge, hormis la masse maigre, et les différences entre sexes ont été déjà décrites. En effet, Choi *et al* (24) ont montré des différences entre genre dans leur enquête déterminant la relation entre

syndrome métabolique et la fonction respiratoire. La morphologie différente des poumons et de leur taille, le calibre des voies respiratoires, et la surface de diffusion en sont des explications plausibles; de même que l'action des œstrogènes et de la progestérone sur la ventilation et les autres fonctions respiratoires évoquée par certains auteurs (30). L'augmentation du périmètre abdominal permet de définir le phénotype androïde de l'obésité et celle du tour des hanches, le type gynoïde. Le volume total de la graisse abdominale est généralement plus faible chez la femme comparée à l'homme et le profil de distribution de la graisse est également différent (31).

La masse grasse augmentait avec l'âge dans les deux sexes et l'évolution de la masse maigre était inverse. Dans ce travail, 50% d'hommes avaient plus de 16 % de masse grasse versus 50 % des femmes avec plus de 37 % de masse grasse, confirmant les différences morphologiques évoquées ci-dessus.

La graisse totale avec ses divers compartiment, notamment la graisse viscérale et le tissu adipeux sous cutané contribuent à la restriction des volumes respiratoires, par la contrainte mécanique exercée sur le thorax et qui en limite la compliance lors de la respiration (4, 6, 8, 17). L'obésité sévère s'accompagne d'une demande métabolique accrue et entraîne un travail ventilatoire exigeant une énergie plus grande (6). Salome *et al* ont décrit l'effet néfaste du périmètre abdominal accru sur le diaphragme qui participe au phénomène de la respiration (4). Certains auteurs ont évoqué le rôle endocrinien du tissu adipeux avec ses adipokines qui produisent des médiateurs pro-inflammatoires (IL-6, CRP) (11-12, 32). L'inflammation systémique décrite dans l'obésité pourrait affecter les voies respiratoires et favoriser l'obstruction bronchique. Shaaban R *et al* (33) ont rapporté une association positive entre le taux sérique de la CRP et le déclin du VEMS dans une enquête longitudinale communautaire. L'intérêt d'étudier le retentissement de l'obésité sur la santé communautaire est illustré par des

nombreux travaux, notamment sur la morbidité cardiovasculaire. L'impact sur la santé respiratoire est de plus en plus rapporté notamment par Canoy *et al* (3), qui ont évoqué le lien avec les pathologies respiratoires chroniques et le retentissement sur la qualité de la vie. Une étude récente a rapporté l'évidence d'une association entre asthme, bronchite aiguë et obésité ; tandis que la BPCO était plus fréquente chez des sujets de faible poids et ayant une faible masse maigre (34).

S'agissant de l'IMC, celui-ci était normal pour 57,7 % d'hommes contre 34,9% chez les femmes. Le surpoids était observé chez 49,7% des femmes contre seulement 24,4 % d'hommes. Stratifié en fonction du risque morbide apprécié par l'IMC, cette étude a montré un déclin des volumes respiratoires plus élevé chez les sujets avec obésité sévère. Une enquête coréenne avait aussi retrouvé un lien significatif entre la fonction respiratoire altérée et les facteurs de risque métabolique chez les adultes (35).

La masse maigre dans la présente étude, était positivement corrélée à l'augmentation du VEMS, de la CVF, et du DEP. Ces données sont en concordance avec celles d'autres auteurs. En effet, la masse maigre, représentée notamment par les muscles, exerce une action de renforcement des muscles respiratoires, comme décrit par Santana *et al* sur un groupe des sujets âgés (36). Rossi *et al* (20), à travers une étude longitudinale sur 7 ans, ont montré qu'avec l'âge, la masse musculaire développée au dépens de la graisse, exercerait une action bénéfique sur la compliance du thorax durant la respiration. Cette influence positive a été rapportée également par Babb TG *et al*, qui ont recherché l'influence de la composition corporelle sur le VEMS en comparant des sujets obèses versus maigres (37).

Le TT est un marqueur clinique fiable pour représenter la masse grasse abdominale ; son association au syndrome métabolique explique son implication comme facteur de risque de nombreuses affections chroniques. Inomata *et al* (19), ont démontré une association entre

l'augmentation de la taille abdominale associée à celle de la graisse abdominale appréciée par impédancimétrie, le syndrome métabolique, et le déclin de la fonction respiratoire. Ces auteurs ont trouvé cette association uniquement chez les hommes, contrairement à notre enquête qui la retrouve dans les deux sexes. Leur observation suggère la prépondérance de la graisse viscérale abdominale sur le tissu adipeux sous-cutané, dans le retentissement sur les volumes respiratoires ; mais aussi la répartition différente de la graisse abdominale entre hommes et femmes. Varella *et al* ont présenté l'adiposité abdominale comme un prédicteur précoce de l'altération de la fonction respiratoire dans une étude de cohorte féminine italienne (38). Ils ont trouvé dans ce groupe, une relation inverse entre le périmètre abdominal augmenté et la CVF, avec en conséquence, l'augmentation du rapport VEMS/CVF.

Les effets délétères du syndrome métabolique ont été largement décrits ; notamment dans les affections cardiovasculaires. Des données de plus en plus nombreuses suggèrent les effets délétères de ce dernier dans d'autres affections chroniques, telles que les maladies respiratoires avec retentissement sur la qualité de la vie (3). La présente étude n'a pas inclus les données sanguines du syndrome métabolique telles que la glycémie et le taux de cholestérol. Toutefois, le TT ou périmètre abdominal ne permet pas de discriminer le secteur viscéral et sous-cutané du tissu adipeux, quoique montrant une bonne corrélation avec la graisse abdominale (5). La répartition de la masse grasse entre secteur viscéral et sous-cutané mais aussi entre parties supérieures et inférieures exerce différemment l'influence sur les volumes respiratoires. La graisse des parties supérieures affecte plus que celle des zones inférieures, le déclin de la fonction respiratoire comme rapporté antérieurement (7,12, 22).

La présente étude a montré aussi un lien inverse entre le RAH et volumes respiratoires réduits, en accord avec l'étude de Wehrmeister *et al* (2), qui a retrouvé cette tendance, indépendamment de

l'IMC. Inomata *et al* (19) ont évoqué le rôle délétère du syndrome métabolique et surtout de l'obésité centrale sur le déclin de la fonction respiratoire ; observation également décrite par Leone N *et al* en 2009 (39). La prévalence de l'obésité étant différente entre pays développés et ceux en voie de développement, il importe de réaliser des études locales, surtout dans le but d'établir des référentiels d'interprétation de divers tests cliniques.

L'intégration des indices de la composition corporelle dans l'analyse de la fonction respiratoire dans notre étude, est soutenue par une revue systématique et méta-analyse de 10 enquêtes publiée en 2012 et qui n'avait inclus qu'une seule étude dans un pays en voie de développement (40).

Des études antérieures dans notre milieu ont permis d'établir les différences en fonction de l'âge et du sexe sur les mesures spirométriques (13). L'intégration des indices de la composition corporelle et des données anthropométriques en analyse multivariée dans le présent travail, a permis l'élaboration des équations pouvant faciliter le calcul des valeurs spirométriques dans notre milieu.

Les résultats de cette étude doivent tenir compte de certaines limites. La première relève du fait que la fonction respiratoire n'a pas intégré les mesures des volumes statiques dont la capacité pulmonaire totale et le volume de réserve expiratoire comme déploré ailleurs (19). La seconde limite concerne les indices de la composition corporelle n'ayant pas considéré les analyses biochimiques telles que la glycémie et la cholestérolémie. Enfin, la masse grasse non compartimentalisée n'a pas permis d'évaluer l'impact réel de la graisse viscérale versus le compartiment sous-cutané.

Toutefois, ces limites n'effacent pas la puissance des observations liées notamment à l'inclusion d'un grand nombre des sujets, dans une enquête en communauté. Les mesures spirométriques et celles des indices corporelles ont respecté des protocoles standardisés.

## Conclusion

La présente étude a établi la pertinence de l'intégration des mesures anthropométriques et des indices de la composition corporelle dans la détermination de leur impact sur la fonction respiratoire. Les équations qui en dérivent méritent validation dans des études étendues sur plusieurs provinces du pays, en vue de leur recommandation à l'échelle nationale.

## Conflit d'intérêt

Les auteurs avouent n'avoir aucun conflit d'intérêt en rapport avec l'article

## Contributions des auteurs

BKM, JKM ont conçu, interprété les résultats, rédigé et corrigé le manuscrit

CNE, LKK, MNL et AM ont collecté les données et rédigé l'article

PKK a analysé et interprété les données

Tous les auteurs ont approuvé la version finale et révisée de l'article

## Références

1. Kelly T, Yang W, Chen CS, Reynolds K, He J. *Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. Int J Obes (Lond)* 2008 ; **32** : 1431-1437. Doi : 10.1038/ijo . 2008.102.
2. Wehrmeister FC, Menezes AMB, Muniz LC, Martinez-Mesa LC, Domingues MR and Horta BL. *Waist circumference and pulmonary function : a systematic review and meta-analysis. Syst Rev* 2012; **5**: 55. Doi : 10.1186 //2046-4053- 1-55
3. Canoy D, Luben R, Welch A, Bingham S, Wareham N, Day N, Khaw KT. *Abdominal obesity and respiratory function in men and women in the EPIC – Norfolk Study, United Kingdom. Am J Epidemiol.* 2004; **159**: 1140-1149.
4. Salome CM, King GG, Berend N. *Physiology of obesity and effects on lung function. J Appl Physiol.* 2010 ; **108** : 206-211. Doi : 10. 1152//ja
5. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. *The clinical importance of visceral adiposity : a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. Br. J Radiol.* 2012 ; 85 (1009) :1-10
6. Piper AJ, Grunstein RR. *Bigbreathing. J Appl Physiol.* 2010 ; **108** : 199 – 205.
7. Littleton SW. *Impact of obesity on respiratory function. Respirology* 2012; **17**(1):43-49.
8. Juber AS. *Respiratory complications of obesity. Int J Clin Pract* 2004 ; **58** : 573-580
9. Weisberg SP, McCann D, Desai M, Rosenbaum M, Leibel RL, Ferrante AW Jr. *et al. Obesity is associated with macrophage accumulation in adipose tissue. J Clin Invest.* 2003 ; **112** : 1796 – 808.
10. Yudikin JS, Stehouwer CDA, Emeis JJ, Coppack SW. *C-reactive protein in healthy subjects associations with obesity, insulin resistance and endothelial dysfunction: a potential role for cytokines originating from adipose tissue? Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1999; **19**: 972-978.
11. Lessard A, Almeras N, Turcotte H, Tremblay A, Despres J, Boulet LP. *Adiposity and pulmonary function: relationship with body fat distribution and systemic inflammation. Clin Invest Med* 2011; **34** (2): E64-70.
12. Scott HA, Gibson PG, Garg ML, Wood LG *et al. Relationship between body composition, inflammation and lung function in over weight and obese asthma. Respir Res.* 2011; **13**:10.
13. Kamanga MB, Kayembe JM, Lusamba L, Nkoy M. *Valeurs spirométriques de référence chez les sujets âgés de 18 à 70 ans à Kinshasa / RDC. Ann. Afr. Méd.* 2013 ; **6** (3) 1415-142.
14. Ratomaharo J, Linares O, Collingridge D, Andriamihaja R, Hegewald M, Jensen R *et al. Spirometric reference values for Malagasy adults aged 18-73 years. Eur Respir J.* 2015; **45** (4):1046-1054. doi: 10.1183/09031936.00114914.
15. Ryo M, Maeda K, Onda T, Katashima M, Okumiya A, Nishida M *et al.* A new simple method for the measurement of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance. *Diabetes Care* 2005 ; **28** : 451-453.
16. Browning LM, Mugridge O, Dixon AK, Wood LG, Wood LG *et al. Measuring abdominal adipose tissue : comparison of simpler methods with MRI. Obes Facts* 2011 ; **4** : 9-15
17. Oliveira PD, Wehrmeister FC, Perez-Padilla R, Gonçalves H, Assunção MCF, Horta BL *et al Menezes AMB. Relationship between Body Composition and Pulmonary Function in Early Adult Life: A Cross-Sectional Analysis Nested in Two Birth Cohort Studies. PLoS One* 2016; **11** (9): e0163428. Doi: 10. 1371/ journal. Pone. 0163428.
18. Mohammed EI, Maiolo C, Iacopino L, Pepe M, Daniele L, De Lorenzo A. *The impact of body-weight components on forced spirometry in healthy italians. Lung* 2002 ; **18** (3) : 149-159.

19. Inomata M, Kawagishi Y, Taka Chiro, Kambara K, Okazawa S, Fukushima Y *et al.* *Visceral adipose tissue level, as estimated by the bioimpedance analysis method, is associated with impaired lung function.* *J Diabetes Invest.* Doi : 10.1111/j. 2040-1124. 2011. 00189.x.
20. Rossi A, fantin F, Di Francesco V, Guariento S, Giuliano K, Fontana G *et al.* *Body composition and pulmonary function in the elderly : a 7-year longitudinal study.* *Int J Obes* 2008 ; **32**(9) : 1423-1430.
21. Eun Yung Choe, Hae Yeon Kang, Young Lee, Seung Ho Choi, Hee Joung Kim, Joo Sung Kim. *The longitudinal association between changes in abdominal visceral obesity in Korean non-smokers.*  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193516>
22. Collins LC, Hoberty PD, Walker JF, Fletcher EC, Peiris AN. *The effect of body fat distribution on pulmonary function tests.* *Chest* 1995; **107** (5): 1298- 1302.
23. Jubber AS. *Respiratory complications of obesity.* *Int J Clin Pract* 2004 ; **58** : 573- 580
24. Choi JH, Park S, Shin YH, Kim MY, Lee YJ. *Sex differences in the relationship between matabolic syndrom and pulmonary function in the 2007 Korean National Health and Nutrition Examination Survey.* *Endocr J* 2011 ; **58** : 459-465.
25. Rossi AP, Watson NI, Newman AB *et al.* *Effects of body composition and adipose tissue distribution on respiratory function in elderly men and women : the health, aging, and body composition study.* *J Gerontol A BiolSci Med Sci* 2011, **66** : 801-808.
26. Université de Sherbrook; *la population de Kinshasa*; lettres et sciences humaines; école de politique appliquée; étude 1, 2, 3 de la banque mondiale 2015.
27. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Bautista L, Franzosi MG *et al* : « *Obesity and the risk of myocardial infarction in 27 000 participants from 52 countries : a case-control study.* » *Lancet* 2005 ; 366 : 1640-1649.
28. Douketis JD, Francesco Sava MD, Sara Bernard MSC, François M ; *Body Weight Classification.* *CMAJ* 2005; 172:1274-1275.
29. MC Carthy HD et de Gallagher, *obesity; American journal of clinical nutrition of obesity*, vol. 30, 2006.
30. Harms CA. *Does gender affect pulmonary function and exercise capacity?* *Respir Physiol Neurobiol.* 2006 ; **28** :124-131.
31. Demerath EW, Shumei SS, Rogers N, Miryoung L, Derek R, Audrey C. *et al.* *Anatomical patterning of visceral adipose tissue: race, sex, and age variation.* *Obesity* 2007; **15**: 2984-2993.
32. Pou KM, Massaro TM, Hoffmann U, Vasani RS, Maurovich-Horvat P, Larson M *et al.* *Visceral and subcutaneous adipose tissue volumes are cross-sectionally related to markers of inflammation and oxidative stress: Framingham Heart Study.* *Circulation* 2007; **116**:1234-1241.
33. Shaaban R, Kony S, Driss F, Leynaert B, Soussan D, Pin I, *et al.* *change c-reactive protein levels and fev1 decline : a longitudinal population-based study.* *Respir Med* 2006; **100**: 2112-2120
34. Trompeter G, Grigsby MR, Miele CH, Wise RA, Gilman RH, Miranda JJ *et al* ; *Patterns of Body Composition Relating to Chronic Respiratory Diseases Among Adults in Four Resource-Poor Settings in Peru.* *Lung* 2018 ; **196** :277-284.
35. Paek YJ, Jung KS, Hwang YI, Lee KS, Lee DR, Lee JU. *Association between low pulmonary function and metaboloic risk factors in Korean adults: The Korean National Health and Nutrion Survey.* *Metab Clin Exp.* 2010 ; **59** : 1300-1306
36. Santana H, Zoico E, Turcato E, Tosoni P, Bissoli L, Olivieri M *et al.* *Relation between body composition, fat distribution and lung function in elderly men.* *AM J Clin Nutr* 2001; **73** : 827-831
37. Babb TG, Wyrick BL, Delorey DS, Chase PJ, Feng MY *et al.* *Fat distribution and end expiratory lung volume in lean and obese men and women.* *Chest* 2008; **134**:704-711.
38. Vatrella A, Calabrese C, Mattiello A, Panico C, Costigliola A, Chiodini P *et al*; *Abdominal adiposity is an early marker of pulmonary function impairment : Findings from a Mediterranean Italian female cohort.* *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 206 ; **26** (7) : 643-648.
39. Leone N, Courbon D, Thomas F, Bean K, Jegou B, Leynaert B *et al* ; *Lung function impairment and metabolic syndrome : the critical role of abdominal obesity.* *Am J Respir Crit Care Med.* 2009 ; **179** : 509-516.