

Équations de référence spirométriques des Algériens âgés de 19 à 73 ans

M. Bougrida¹, H. Ben Saad^{2,3}, M. Kheireddinne Bourahli¹, I. Bougmiza⁴, H. Mehdioui¹

Résumé

Introduction Il n'a pas été vérifié si l'emploi des équations de référence spirométriques européennes est adapté à la population algérienne.

Objectifs Établir des équations de référence à partir d'une population algérienne (i) et les comparer à celles Européennes (ii).

Méthodes Un questionnaire médical a été réalisé. Le genre, l'âge, la taille, le poids, la masse maigre (MM), le pourcentage de la masse grasse (% MG) et l'indice de masse corporelle (IMC) sont notées. Les variables spirométriques ont été mesurées en pléthysmographie corporelle totale, en suivant les recommandations internationales. Des régressions linéaires simples et multiples ont été réalisées. Le volume expiratoire maximal seconde (VEMS), la capacité vitale expiratoire forcée (CVF) et le rapport VEMS/capacité vitale lente (CV) mesurés sont comparés avec ceux prédits à partir des références européennes.

Résultats Deux cent soixante-treize sujets sains (120 femmes) sont inclus (âge : 42 ± 14 ans ; taille : $1,69 \pm 0,10$ m ; poids : 74 ± 13 kg ; MM : 59 ± 10 kg ; MG : 21 ± 6 % ; IMC : 26 ± 6 Kg.m⁻²). (i) Les équations de référence algériennes expliquent 17 % à 68 % de la variabilité des débits expiratoires et des volumes pulmonaires. (ii) Les valeurs de référence européennes sous-estiment significativement les valeurs calculées pour le VEMS, la CVF et le rapport VEMS/CV (respectivement de $0,38 \pm 0,45$ l, de $0,36 \pm 0,55$ l, et de $0,01 \pm 0,06$).

Conclusion Les équations calculées à partir de la population algérienne de cette étude enrichissent la banque des équations spirométriques disponibles.

Mots-clés : Équations de référence • Pléthysmographie • Algérie.

¹ Service de Physiologie et des explorations fonctionnelles, CHU Dr Benbadis, Constantine, Algérie.

² Service de physiologie et des explorations fonctionnelles, EPS Farhat Hached, Sousse, Tunisie.

³ Laboratoire de physiologie et des explorations fonctionnelles, Faculté de médecine de Sousse, Tunisie.

⁴ Département de médecine communautaire, Faculté de Médecine de Sousse, Sousse, Tunisie.

Correspondance : H. Ben Saad
Laboratoire de physiologie, Faculté de Médecine « Ibn Eljazzar » de Sousse, avenue Karoui Mohamed, Sousse 4000, Tunisie.

helmi.bensaad@rns.tn

Réception version princeps à la Revue : 18.08.2007.

1^{re} demande de réponse aux auteurs : 03.10.2007.

Réception de la réponse des auteurs : 21.10.2007.

2^e demande de réponse aux auteurs : 31.10.2007.

Réception de la réponse des auteurs : 16.11.2007.

Acceptation définitive : 22.11.2007.

Rev Mal Respir 2008 ; 25 : 577-90

Spirometric reference equations for Algerians aged 19 to 73 years

M. Bougrida, H. Ben Saad, M. Kheireddinne Bourahli,
I. Bougmiza, H. Mehdioui

Summary

Introduction The validity of using European reference equations in the interpretation of spirometry results in Algerian patients has not been assessed. Aims: (i) to establish Algerian spirometric reference equations and (ii) to compare them with European ones.

Methods A medical questionnaire was administered. Gender, age, height, weight, lean mass (LM), percentage of fat mass (%FM) and body mass index (BMI) were noted. Spirometric variables were measured using a body plethysmograph according to international guidelines. Simple and multiples linear regressions were performed. The measured forced expiratory volume (FEV₁), forced vital capacity (FVC) and the ratio between FEV₁ and slow vital capacity (FEV₁/SVC) were compared with those predicted from European reference equations.

Results 273 healthy subjects (120 women) were included (age: 42±14 years; height: 1.69±0.10 m; weight: 74±13 kg; LM: 59±10 kg; %FM: 21±6%; BMI: 26±6 Kg.m⁻²). (i) Algerian reference equations explained 17% to 68% of the variability of parameters tested. (ii) The European reference equations significantly underestimated the measured FEV₁, FVC and the FEV₁/SVC ratio (respectively, 0.38±0.45 L, 0.36±0.55 L, and 0.01±0.06).

Conclusion The use of Algerian spirometric reference equations should improve the accuracy of lung function interpretation in this population.

Key-words: Reference equations • Plethysmography • Algeria.

Introduction

Élément clé de prise en charge pneumologique, les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) orientent le diagnostic, offrent une évaluation du handicap et permettent un suivi évolutif des patients [1, 2]. Les résultats obtenus ne sont, de plus, interprétables que par rapport aux valeurs attendues « valeurs de référence » dans la même population [1, 2]. En effet, ces valeurs de référence sont non seulement la base de l'interprétation des variables ventilatoires (VV) [inférieure à la limite inférieure de la normale (LIN), normale, ou supérieure à la limite supérieure de la normale (LSN)], mais aussi un critère d'affirmation des déficits ventilatoires obstructif (DVO) et/ou restrictif (DVR), et du test de la réversibilité de l'obstruction bronchique [3, 4]. En l'absence de valeurs de référence propres à la population algérienne, la majorité des services de pneumologie et des EFR, utilisent celles Européennes [2, 5]. Cette utilisation est très discutable pour plusieurs raisons.

Abréviations

ATS	: American Thoracic Society
BPCO	: Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive
CI	: Capacité Inspiratoire
CPT	: Capacité Pulmonaire Totale
CV	: Capacité Vitale lente
CVF	: Capacité expiratoire Vitale Forcée
DEMM	: Débit Expiré Maximal Médian
DEP	: Débit Expiratoire de Pointe
DVO	: Déficit Ventilatoire Obstructif
DVR	: Déficit Ventilatoire Restrictif
EFR	: Exploration Fonctionnelle Respiratoire
ERS	: European Respiratory Society
ES	: Erreur Standard
ETR	: Ecart Type Résiduel
95 % IC	: Intervalle de Confiance à 95 %
IMC	: Indice de Masse Corporelle
LIN	: Limite Inférieure de la Normale
LSN	: Limite Supérieure de la Normale
MG	: Masse Grasse
MM	: Masse Maigre
NHANES III	: Third National Health and Nutrition Examination Survey
NS	: Niveau de Scolarisation
NSE	: Niveau Socio-économique
p	: Probabilité
r	: Coefficient de corrélation
r ²	: Coefficient de détermination
VEMS	: Volume Expiratoire maximum Seconde
VGT	: Volume Gazeux Thoracique
VR	: Volume Résiduel
VRE	: Volume de Réserve Expiratoire
VV	: Variable Ventilatoire

D'abord, au sujet de la sélection des valeurs de référence à utiliser par les services d'EFR [1, 6], les récentes recommandations spécifiques formulées par *l'American Thoracic Society* et *l'European Respiratory Society* (ATS/ERS) insistent sur un élément important : les populations de référence doivent appartenir aux mêmes tranches d'âge que les patients adressés au service, et posséder les mêmes caractéristiques anthropométriques, ethniques, socio-économiques et environnementales. Or, comme les valeurs de référence Européennes [2, 5] ont été établies par la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier sur des Européens âgés de 18 à 70 ans et de tailles allant de 1,55 à 1,95 m chez les hommes et de 1,45 à 1,80 m chez les femmes, leur utilisation dans la population algérienne, peut amener à des erreurs d'interprétation. Ensuite, les sociétés savantes telles que l'ATS et l'ERS [1] insistent sur l'obligation d'utiliser dans l'interprétation non plus une « valeur seuil » au-dessous de laquelle la VV sera considérée comme anormale, mais plutôt la méthode de la LIN (exemple du diagnostic du DVO porté par un rapport entre le volume expiratoire maximum seconde et la capacité vitale expiratoire lente (VEMS/CV) inférieur à la LIN de sa valeur de référence et non plus inférieur à 0,70 [1]). Comme, pour une VV donnée, la LIN est différente d'une ethnie à une autre, l'utilisation de celle établie sur la population Européenne [2, 5] amènera à de faux diagnostics. Enfin, la classification des degrés de gravité du DVO [1] ou du DVR [7] repose respectivement sur le VEMS et la capacité pulmonaire totale (CPT) exprimés en pourcentage de leurs valeurs de référence. Dans ce cas, l'utilisation des LIN établies par les références européennes [2, 5], conduira à des faux classements nosologiques responsables d'interprétations cliniques et de conduites thérapeutiques déréglées, par exemple dans le cas de la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) [8]. Dans cette perspective et selon les recommandations conjointes de l'ATS/ERS [1] qui encouragent l'établissement de valeurs de référence spirométriques propres à chaque pays, nous avons réalisé cette étude dont l'objectif est double :

- déterminer les équations de référence spirométriques propres à la population algérienne.
- comparer ces équations de référence avec celles Européennes [2, 5].

Matériel et méthodes

Type d'étude

Notre étude, de type transversale, a été étalée sur toute l'année 2005. Elle a été réalisée dans le service de Physiologie et des Explorations Fonctionnelles au sein du Centre Hospitalo-universitaire Dr Benbadis de Constantine en Algérie (altitude = 600 m). Il s'agit d'une étude simple, ne mettant pas en jeu l'intégrité des sujets et n'induisant aucun risque particulier. Tous les sujets, informés du but et du déroulement

de l'étude, ont signé un consentement éclairé. En cas de découverte d'un déficit ventilatoire méconnu, le sujet a été adressé à un spécialiste.

Taille de l'échantillon

L'échantillon étudié est composé de sujets habitant la ville de Constantine et ses environs. Le nombre de sujets nécessaire à l'étude a été calculé selon la formule suivante [9] : $n = (Z^2 \cdot p \cdot q) / \Delta^2$. n : Nombre de sujets nécessaires. Z : Intervalle de confiance à 95 % (95 % IC) (Z = 1,96). p : Estimation de l'écart type du VEMS (= 0,67 d'après la littérature [5]). q = 1 - p = 0,33. Δ : Précision = 6 %. D'après cette formule la taille de l'échantillon est de 235 sujets.

Critères de non inclusion

Seuls ont été retenus, pour participer à l'étude, les sujets âgés de 18 ans et plus. Les critères de non inclusion étaient multiples : sportif de haut niveau ou confirmé, maladies cardiorespiratoires ou otorhinolaryngologiques, fumeur, atteinte rhumatismale, diabète, traitement connu pour pouvoir interférer avec un aspect ou un autre de la fonction pulmonaire, obésité classe II ou plus, et réalisation imparfaite des manœuvres respiratoires demandées.

Questionnaire médical et données anthropométriques

Les données cliniques ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire respiratoire inspiré de celui de l'ATS [10]. Le questionnaire (non validé) est composé de questions rédigées en langue française et transposées en langue arabe en cas de nécessité. Les questions sont essentiellement à réponses fermées et le plus souvent dichotomiques. Les sportifs de haut niveau ou confirmé sont identifiés, respectivement, par un volume d'entraînement supérieur à 15 et entre 5 et 15 heures/semaine. La dyspnée a été évaluée selon l'échelle publiée par Sadoul [11]. Le tabagisme a été évalué par une série de questions sur la consommation antérieure et actuelle de tabac.

Comme cela est recommandé par l'ATS/ERS [1], l'âge (année), la taille (m) et le poids (kg) ont été relevés, sans se fier aux valeurs déclarées par le sujet lui-même. La taille a été mesurée à l'aide d'une toise chez un sujet déchaussé, se tenant droit, avec la tête positionnée dans le plan horizontal de Frankfort [1]. L'indice de masse corporelle [IMC = poids sur le carré de la taille ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)] a été calculé. L'obésité a été définie selon l'IMC [12] : classe I ($30 \leq \text{IMC} < 34,9$), classe II ($35 \leq \text{IMC} < 39,9$), et classe III ($\text{IMC} \geq 40$). Le poids normal et le surpoids sont définis par un IMC, respectivement, entre 18,5 et 24,9 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, et entre 25 et 29,9 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$. La masse grasse (MG), exprimée en pourcentage a été déterminée à partir de la mesure des quatre plis cutanés (% MG)

(adipomètre de type Lange) [13]. La masse maigre (MM) était obtenue en soustrayant la MG de la masse totale du sujet.

Mesures spirométriques

Les VV ont été mesurées à l'aide d'un pléthysmographe (Body-box 5500, MediSoft, Belgique), calibré chaque matin. Le pneumotachographe, de type Lilly répondant aux critères de l'ATS/ERS [14], présente un espace mort de 0,1 l. Les volumes non mobilisables proviennent de la pléthysmographie, alors que la CV et les débits maximaux sont mesurés par débitmétrie. Les VV ont été mesurées, dans l'ordre suivant : Volume gazeux thoracique [VGT (l)], VV de la courbe débit/volume [capacité vitale expiratoire forcée (CVF, l), CV (l), VEMS (l), rapports VEMS/CV et VEMS/CVF (valeurs absolues), volume de réserve expiratoire (VRE, l), débit expiratoire de pointe [DEP (l.s⁻¹)], débit expiratoire maximal lorsque 75 % de la CVF reste à expirer [DEM_{75%} (l.s⁻¹)], débit expiratoire maximal lorsque 50 % de la CVF reste à expirer [DEM_{50%} (l.s⁻¹)], débit expiratoire maximal lorsque 25 % de la CVF reste à expirer [DEM_{25%} (l.s⁻¹)], débit expiré maximal médian [DEMM (l.s⁻¹)]. Les volumes pulmonaires suivants ont été calculés [6] : Volume résiduel [VR (l)] = VGT - VRE ; CPT (l) = CV + VR. La capacité inspiratoire (CI) a été calculée (CI = CPT - VR).

La pléthysmographie a été réalisée, après un repos de 10 à 15 minutes, en position assise, dos droit, avec un pince-nez. Les manœuvres à effectuer étaient expliquées et leurs démonstrations venaient appuyer ces explications. Les manœuvres inspiratoires et expiratoires étaient forcées, maximales, réalisées sans hésitation, et poursuivies jusqu'au VR. Les critères d'acceptabilité recommandés par l'ATS/ERS [6] sont respectés : les deux valeurs les plus élevées de la CVF et du VEMS obtenues lors des essais acceptables, concordent à moins de 5 % ou 0,1 l. La courbe débit-volume qui a la meilleure somme (CVF + VEMS) a été conservée [6].

Analyse statistique

La saisie des résultats a été réalisée en utilisant le logiciel Statistica (Statistica Kernel version 5,5 ; Stat Soft. France). L'étude de la distribution des variables est réalisée grâce au test de Kolmogorov-Smirnov. Quand la distribution est normale et les variances sont égales, les résultats sont exprimés par leurs moyennes ± écarts types. Sinon, les résultats sont exprimés par leurs médianes (1^{er}-3^e quartiles). La comparaison des données anthropométriques et spirométriques des hommes avec celles des femmes a été réalisée par le test t de Student. Le seuil de signification de 5 % est retenu.

Pour chaque variable, des modèles de régressions linéaires simples et multiples ont été développés. Pour les régressions linéaires simples, nous avons introduit, comme variables indépendantes, les facteurs suivants : âge, poids,

MM, % MG, taille et IMC. L'équation de régression linéaire simple est comme suit : VV dépendante = B × variable indépendante + constante. « B » est le coefficient de régression non standardisé. Seules les variables indépendantes statistiquement significatives, issues de ces modèles ont été incluses dans les modèles de régressions linéaires multiples incrémentielles ascendantes. Ces derniers étaient sous cette forme : VV dépendante = B₁ × variable indépendante₁ + B₂ × variable indépendante₂ + B_n × variable indépendante_n + constante. Les régressions sont analysées en fonction des coefficients de détermination (r²) ou de corrélation (r) et de l'erreur standard (ES).

Pour chaque VV, trois modèles d'équations de référence ont été développés pour l'échantillon total, pour les femmes et pour les hommes. Pour chaque VV, le modèle qui présente le plus grand r² et la plus basse ES est retenu comme équation de référence. La LIN et la LSN de chaque VV ont été calculées selon la méthode de l'95 % IC. Ce dernier a été calculé en utilisant l'écart type résiduel (ETR) (95 % IC = 1,64 × ETR) [2, 9]. Une VV mesurée inférieure à la LIN (5^e centile = valeur de référence - 1,64 ETR) ou supérieure à la LSN (95^e centile = valeur de référence + 1,64 ETR) sera considérée comme anormale [1, 2, 7].

Comparaison avec les équations de référence Européennes [2, 5]

Nous avons appliqué les équations de référence Européennes sur notre échantillon et nous avons cherché le nombre (%) des sujets « sains » qui seront classés comme ayant un DVO (VEMS/CV < LIN) et/ou un DVR (CPT < LIN).

Nous avons calculé la somme des valeurs résiduelles (c'est-à-dire, valeur mesurée - valeur prédite calculée à partir des équations de référence Algériennes et Européennes) du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CV [1, 15]. Ces trois VV mesurées ont été comparées, pour la même tranche d'âge, graphiquement et à l'aide du test t de student.

Pour les hommes, les équations de référence Européennes du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CV et leurs 95 % IC sont :

$$\text{VEMS (l)} = 4,30 \times \text{Taille (m)} - 0,029 \times \text{âge (année)} - 2,49 ; 95 \% ; \text{IC} = \pm 0,84 \text{ l}$$

$$\text{CVF (l)} = 5,76 \times \text{Taille (m)} - 0,026 \times \text{âge (année)} - 4,34 ; 95 \% ; \text{IC} = \pm 1,00 \text{ l}$$

$$\text{VEMS/CV (absolue)} = 10^{-2} \times [-0,18 \times \text{âge (année)} + 87,21] ; 95 \% \text{ IC} = \pm 0,12$$

Pour les femmes, les équations de référence Européennes du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CV et leurs 95 % IC sont :

$$\text{VEMS (l)} = 3,95 \times \text{Taille (m)} - 0,025 \times \text{âge (ans)} - 2,60 ; 95 \% ; \text{IC} = \pm 0,62 \text{ l}$$

$$\text{CVF (l)} = 4,43 \times \text{Taille (m)} - 0,026 \times \text{âge (ans)} - 2,89 ; 95 \% ; \text{IC} = \pm 0,71 \text{ l}$$

VEMS/CV (absolue) = $10^{-2} \times [-0,19 \times \text{âge (année)} + 89,10]$; 95 % IC = $\pm 0,11$

Pour tenir compte des différences ethniques, l'ERS [2, 5] a recommandé l'application d'un facteur d'ajustement aux valeurs de référence des Blancs Européens : chez les hommes, c'est 0,45 l pour le VEMS et 0,70 l pour la CVF ; chez les femmes, c'est 0,40 l pour le VEMS et 0,60 l pour la CVF. Comme précédemment, nous avons calculé la somme des valeurs résiduelles du VEMS et de la CVF corrigés [1, 15], et nous avons fait, pour la même tranche d'âge, des comparaisons graphiques et à l'aide du test t de student.

Résultats

Données descriptives

Après application des critères de non inclusion (tableau I), sur les 623 volontaires, seulement 273 (44 %) sujets « sains » (dont 120 femmes) ont été retenus. Ce nombre représente 116 % de celui attendu pour l'échantillon.

La figure 1 présente la répartition de l'échantillon par genre et par tranches d'âge de 10 ans. Peu de sujets sont âgés de 67 ans et plus.

Le tableau II expose les caractéristiques anthropométriques de l'échantillon. Par rapport aux femmes, les hommes sont plus âgés, plus grands, et ont un poids et une MM plus grands ($p < 0,05$). Cependant, les femmes comparées aux

hommes, ont un % MG plus important ($p < 0,05$). Cent vingt-neuf (47 %) et 49 (18 %) sujets ont respectivement un surpoids et une obésité de classe I.

Le tableau III expose les caractéristiques des mesures spirométriques. Les VV des hommes sont significativement plus grandes que celles des femmes, à l'exception du VRE et des rapports VEMS/CVF, VEMS/CV et VR/CPT qui sont comparables.

Corrélations linéaires simples

Le tableau IV expose les coefficients de corrélation entre les VV et les variables indépendantes.

Tableau I.

Critères de non inclusion (n = 623).

Brève description	Nombre de non inclus
Fumeurs	223
Mancœuvres ventilatoires imparfaites	79
Antécédents respiratoires ou otorhinolaryngologique	31
Indice de masse corporelle > 35 kg.m ²	13
Traitement connu interférant sur le poumon	4

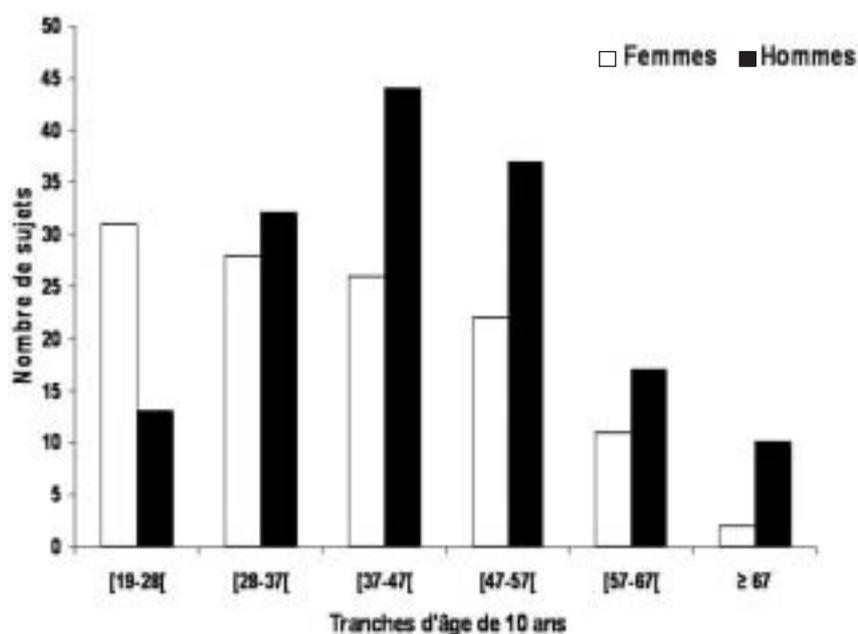


Fig. 1. Répartition des sujets par genre et par tranches d'âge de 10 ans (n = 273).

Tableau II.

Caractéristiques anthropométriques.

		Femmes (n = 120)		Hommes (n = 153)		Échantillon total (n = 273)
		Moyenne ± ET	Étendue	Moyenne ± ET	Étendue	Moyenne ± ET
Âge*	Année	38 ± 14	19-70	44 ± 13	19-73	42 ± 14
Taille*	m	1,63 ± 0,08	1,50-1,81	1,73 ± 0,09	1,51-1,92	1,69 ± 0,10
Poids*	kg	69 ± 12	45-99	78 ± 11	51-100	74 ± 13
MM*	kg	54 ± 9	36-75	63 ± 9	45-85	59 ± 10
% MG*	%	23 ± 6	9-35	20 ± 5	9-35	21 ± 6
IMC	kg.m ⁻²	26 ± 4	17-35	26 ± 3	18-35	26 ± 4

MM : Masse Maigre ; % MG : pourcentage de la Masse Grasse ; IMC : Indice de Masse Corporelle. ET : Ecart-Type. * p < 0,05 : hommes *vs* femmes.**Tableau III.**

Caractéristiques des mesures spirométriques.

		Femmes (n = 120)		Hommes (n = 153)		Échantillon total (n = 273)
		Moyenne ± ET	Étendue	Moyenne ± ET	Étendue	Moyenne ± ET
Données de la courbe débit/volume						
CVF*	l	3,80 ± 0,71	1,61-5,25	4,77 ± 0,76	2,97-6,29	4,35 ± 0,88
VEMS*	l	3,23 ± 0,61	1,39-4,49	4,09 ± 0,60	2,66-5,25	3,71 ± 0,74
DEP*	l.s ⁻¹	6,59 ± 1,49	2,85-9,98	8,83 ± 1,24	4,14-9,99	7,85 ± 1,76
DEMM*	l.s ⁻¹	4,18 ± 0,91	1,62-6,23	5,45 ± 1,12	2,88-7,95	4,89 ± 1,21
DEM _{75%} *	l.s ⁻¹	6,07 ± 1,38	2,51-9,90	8,22 ± 1,41	4,05-9,99	7,28 ± 1,76
DEM _{50%} *	l.s ⁻¹	4,64 ± 1,17	1,87-7,91	5,74 ± 1,32	3,00-9,26	5,25 ± 1,37
DEM _{25%} *	l.s ⁻¹	2,18 ± 0,65	0,73-3,78	2,40 ± 0,66	0,77-3,90	2,30 ± 0,66
Volumes pulmonaires						
CV*	l	3,93 ± 0,71	1,67-5,15	5,12 ± 0,75	3,32-6,86	4,59 ± 0,94
VR*	l	1,65 ± 0,28	0,80-2,16	2,07 ± 0,46	1,08-3,19	1,88 ± 0,44
VGT*	l	3,12 ± 0,48	2,21-6,10	3,63 ± 0,50	2,16-4,78	3,41 ± 0,55
CPT*	l	5,59 ± 0,78	2,47-7,04	7,34 ± 0,86	4,61-8,92	6,57 ± 1,20
VRE	l	1,47 ± 0,49	0,65-4,40	1,56 ± 0,66	0,55-3,15	1,52 ± 0,59
CI*	l	2,47 ± 0,70	0,25-3,86	3,70 ± 0,76	1,84-5,60	3,16 ± 0,96
Rapports						
VEMS/CVF	absolu	0,83 ± 0,06	0,69-0,98	0,81 ± 0,06	0,70-0,99	0,82 ± 0,06
VEMS/CV	absolu	0,82 ± 0,06	0,70-0,97	0,81 ± 0,06	0,66-0,98	0,81 ± 0,06
VR/CPT	absolu	30 ± 5	18-42	29 ± 8	10-74	30 ± 7

CVF : Capacité Vitale expiratoire Forcée ; VEMS : Volume Expiratoire Maximum Seconde ; DEP : Débit Expiratoire de Pointe ; DEMM : Débit Expiré Maximal Médian ; DEM_{75%} : Débit Expiratoire Maximal lorsque 75 % de la CVF reste à expirer ; DEM_{50%} : Débit Expiratoire Maximal lorsque 50 % de la CVF reste à expirer ; DEM_{25%} : Débit Expiratoire Maximal lorsque 25 % de la CVF reste à expirer ; CV : Capacité Vitale lente ; VGT : Volume Gazeux Thoracique ; VR : Volume Résiduel ; CPT : Capacité Pulmonaire Totale ; VRE : Volume de Réserve Expiratoire ; CI : Capacité Inspiratoire ; ET : Ecart-Type ; * p < 0,05 : hommes *vs* femmes.

Tableau IV.
Coefficient de corrélation (r) entre les variables ventilatoires et les variables indépendantes.

	Femmes (n = 120)										Hommes (n = 153)										Échantillon total (n = 273)									
	Âge	Poids	MM	% MG	Taille	IMC	Âge	Poids	MM	% MG	Taille	IMC	Genre	Âge	Poids	MM	% MG	Taille	IMC	Genre	Âge	Poids	MM	% MG	Taille	IMC				
	Données de la courbe débit/volume																													
CVF	l	-0,68*	0,11	0,16	-0,06	0,53*	-0,19*	-0,55*	0,19*	0,25*	-0,07	0,49*	-0,15	0,55*	-0,37*	0,31*	0,41*	-0,17*	0,65*	-0,16*										
VEMS	l	-0,75*	0,06	0,11	-0,11	0,51*	-0,22*	-0,59*	0,17*	0,22*	-0,04	0,47*	-0,09	0,57*	-0,40*	0,29*	0,40*	-0,18*	0,61*	-0,16*										
DEP	l.s ⁻¹	-0,36*	0,11	0,11	0,09	0,40*	-0,10	-0,20*	0,22*	0,15*	0,14	0,23	0,09	0,63*	-0,07	0,34*	0,42*	-0,06	0,51*	-0,02										
DEMM	l.s ⁻¹	-0,58*	0,02	-0,002	0,03	0,34*	-0,17	-0,48*	0,19*	0,23*	0,01	0,27*	0,001	0,52*	-0,31*	0,28*	0,35*	-0,09	0,49*	-0,08										
DEM ₇₅ %	l.s ⁻¹	-0,39*	0,06	0,04	0,09	0,29*	-0,10	-0,24*	0,21*	0,23*	0,06	0,19*	0,10	0,61*	-0,10	0,32*	0,39*	-0,07	0,48*	-0,008										
DEM ₅₀ %	l.s ⁻¹	-0,40*	-0,05*	-0,04	-0,09	0,28	-0,21*	-0,45*	0,18*	0,24*	0,002	0,32*	-0,05	0,40*	-0,29*	0,21*	0,29*	-0,12*	0,45*	-0,12*										
DEM ₂₅ %	l.s ⁻¹	-0,59*	-0,23*	-0,23*	-0,17	0,17	-0,34*	-0,42*	0,08	0,25	-0,09	0,33*	-0,18*	0,16*	-0,44*	0,001	0,29*	-0,15	0,31	-0,26*										
Volumes pulmonaires																														
CV	l	-0,68*	0,12	0,17	-0,06	0,55*	-0,19*	-0,41*	0,23*	0,27*	0,03	0,47*	-0,09	0,63*	-0,26*	0,35*	0,45*	-0,14*	0,67*	-0,13*										
VR	l	0,29*	0,39*	0,40*	0,24*	0,14	-0,32*	0,33*	0,15	0,02	0,18*	0,04	0,14	0,47*	-0,37*	0,34*	0,33*	0,06	0,31*	0,15*										
VGT	l	-0,17	0,06	0,08	-0,10	0,36*	-0,14	-0,26*	0,05	0,09	0,05	0,36*	0,23*	0,46*	-0,09	0,20*	0,28*	-0,15*	0,52*	0,18*										
CPT	l	-0,51*	0,23*	0,29*	0,04	0,56*	-0,08	-0,19	0,31*	0,30*	0,11	0,55*	-0,04	0,72*	-0,05	0,43*	0,52*	-0,10	0,71*	-0,07										
VRE	l	-0,32*	-0,16	-0,15	-0,23*	0,26*	-0,32*	-0,43*	-0,06	0,05	-0,16*	0,25*	-0,28*	0,08	-0,36*	-0,07	0,01	-0,19*	0,25	-0,28*										
CI	l	-0,45*	0,22*	0,27*	0,11	0,38*	0,01	-0,04	0,31*	0,28*	0,15	0,38*	0,11	0,64*	-0,02	0,42*	0,49*	-0,03	0,59*	0,02										
Rapports																														
VEMS/CVF	absolu	-0,20*	-0,14	-0,19*	-0,12	-0,10	-0,09	-0,23*	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,12	-0,23*	-0,11	-0,14*	-0,04	-0,10	-0,05										
VEMS/CV	absolu	-0,20*	-0,11	-0,17	-0,17	-0,03	-0,10	-0,29*	-0,08	-0,06	-0,11	0,21*	0,05	-0,14*	-0,27*	-0,13*	-0,14*	-0,10	-0,18*	-0,02										
VR/CPT	absolu	0,67*	0,18	0,19	0,19*	-0,32*	0,36*	0,45*	0,06	-0,05	0,18*	-0,19*	0,22*	-0,03	0,49*	0,08	-0,004	0,18*	-0,21*	0,26*										

Genre : 0. Femme. 1. Homme. Pour le reste des abréviations (tableaux II et III); * p < 0,05.

Modèles d'équations de référence spirométriques

Le *tableau V* expose, pour chaque VV, trois modèles d'équations de référence spirométriques (Femmes, hommes et échantillon total). Pour toutes les VV, à l'exception du VRE et des rapports VEMS/CVF et VR/CPT, nous avons retenu comme équations de référence celles établies sur l'échantillon total. Pour le VRE, les rapports VEMS/CVF et VR/CPT, les équations de référence retenues sont celles établies séparément sur les hommes et les femmes.

Comparaisons CV vs CVF, VEMS/CV vs VEMS/CVF

La CV mesurée est plus grande que la CVF mesurée ($4,59 \pm 0,94$ l *vs* $4,35 \pm 0,88$ l ; $p < 0,05$). Par contre, les rapports VEMS/CV et VEMS/CVF mesurés ne sont pas statistiquement différents ($0,81 \pm 0,06$ *vs* $0,82 \pm 0,06$; $p = 0,09$).

Quand nous appliquons les équations de référence locales (*tableau V*), la CV prédite est plus grande que la CVF prédite ($4,60 \pm 0,76$ l *vs* $4,34 \pm 0,71$ l ; $p < 0,05$). De même, les rapports VEMS/CV et VEMS/CVF prédits sont statistiquement différents ($0,81 \pm 0,02$ *vs* $0,82 \pm 0,01$; $p < 0,05$).

Discussion

Le principal résultat de ce travail est que les VV des Algériens recrutés pour notre étude ne peuvent pas être prédites à partir des valeurs de référence Européennes. En effet, ces dernières sous-estiment significativement le VEMS, la CVF et le rapport VEMS/CV mesurés [respectivement de $0,38 \pm 0,45$ l, de $0,36 \pm 0,55$ l et de $1,02 \pm 6,11$].

Discussion méthodologique

La variabilité des résultats, portant sur les valeurs de référence spirométriques, peut être expliquée par le type d'étude épidémiologique : effets cohorte et de période rencontrée dans l'étude longitudinale [16] et effet de la sélection dans l'étude transversale [17]. Celle-ci est plus facile et moins coûteuse à réaliser car elle est évidemment beaucoup plus brève, tout en fournissant plusieurs informations utiles [16]. Rares sont les publications portant sur des études longitudinales et qui couvrent des tranches d'âge allant de l'enfance à la vieillesse [16, 18, 19].

Idéalement, les valeurs de référence doivent être calculées au moyen d'équations dérivées de mesures effectuées au sein d'un échantillon représentatif de la population générale [1]. Cependant, des équations dérivées d'études conduites sur de grands groupes de volontaires (comme dans cette étude-ci) peuvent également être utilisées, à condition que les critères de sélection des participants et de répartition de leurs caractéristiques anthropométriques soient adéquats [1].

Cependant, il peut y avoir des différences à l'intérieur de l'échantillon constitué, par exemple entre des populations citadines et rurales (plus ou moins sédentaires), entre des sujets ayant des niveaux socio-économiques (NSE) et/ou de scolarisation (NS) différents [20, 21]. Dans notre étude, afin de minimiser le biais de volontariat et de sélection [22], tous les sujets qui pensent être « sains » ont été interrogés par un questionnaire afin de détecter un éventuel critère de non inclusion.

Nous pensons que la taille de l'échantillon ($n = 273$) est satisfaisante pour établir des équations de référence spirométriques. En effet, l'ATS et l'ERS [1] recommandent un nombre de sujets relativement importants ($n = 100$) pour éliminer toute différence significative entre les équations de référence publiées et les valeurs mesurées dans la population locale [23].

L'espérance de vie en bonne santé à la naissance des Algériens (année 2002) est de 60 ans pour les hommes et de 62 ans pour les femmes [24]. Ceci explique le faible pourcentage (11 %) des sujets sains âgés de plus de 60 ans, inclus dans notre étude. Cependant, comme il faut éviter d'extrapoler l'utilisation d'une équation de référence au-delà des limites de l'âge de la population à partir de laquelle elle a été établie [15], et devant le faible pourcentage de sujets âgés de 60 ans et plus, une étude ciblant les équations de référence spirométriques propres aux âgés est envisagée.

Les critères de non inclusion ont été respectés (*tableau I*). Quoique les critères de définition des sujets « sains » aient fait l'objet de recommandations qui ont été publiées par l'ATS et l'ERS [2, 7], la définition exacte du groupe « sain » reste difficile à établir. D'après ces deux sociétés savantes [2, 7], pour être inclus dans ce groupe, le sujet doit être non-fumeur et indemne de toute pathologie ou symptomatologie respiratoire. Donc, les fumeurs et les sujets ayant des pathologies respiratoires ou otorhinolaryngologiques ont été écartés. Certains traitements interfèrent avec un aspect ou un autre de la fonction pulmonaire. Nous avons donc exclu les sujets traités par un bêtabloquant [25] ou par une hormonothérapie substitutive [26]. Nous avons exclu seulement les sujets avec une obésité classes II ou III, car l'altération fonctionnelle respiratoire, sans aucune pathologie pulmonaire avérée, n'intervient qu'à partir de ces classes [27]. L'échantillon étudié peut être représentatif de la population locale, puisque 17 % des adultes Algériens sont obèses [24], et ce pourcentage n'est que de 18 % dans notre étude. L'état psychologique est un déterminant des VV [28], mais aucun sujet n'avait de trouble psychologique compte tenu des réponses enregistrées lors du questionnaire. La variation diurne des VV [29] a été prise en compte dans notre étude, puisque nous avons effectué toutes les mesures entre 9 heures et 15 heures. La réalisation de la pléthysmographie impose une coopération et des efforts du sujet examiné. Comme cela est recommandé par l'ATS/ERS [6, 14], les sujets incapables

Tableau V.

Modèles d'équations de référence spirométriques.

		Équations de référence	r ²	ES	1,64x ETR	p
Données de la courbe débit/volume						
CVF (l)	F	-0,0300 x A + 3,4792 x T - 0,7167	0,59	0,96	0,75	< 0,05
	H	-0,0269 x A + 3,4144 x T + 0,0458	0,44	1,01	0,93	< 0,05
	F/H	3,4378 x T - 0,0284 x A + 0,7804 x G - 0,7121	0,65	0,68	0,85	< 0,05
VEMS (l)	F	-0,0296 x A + 2,7043 x T - 0,0419	0,67	0,75	0,59	< 0,05
	H	-0,0242 x A + 1,9103 x T + 1,8453	0,42	0,81	0,74	< 0,05
	F/H	2,2099 x T - 0,0268 x A + 0,7860 x G + 0,6544	0,68	0,54	0,67	< 0,05
DEP (l.s ⁻¹)	F	6,3512 x T - 0,0304 x A - 2,5833	0,23	2,79	2,16	< 0,05
	H	0,0299 x MM - 0,0159 x A + 7,6455	0,08	0,86	1,97	< 0,05
	F/H	1,7806 x G + 4,3217 x T - 0,4437	0,44	1,59	2,16	< 0,05
DEMM (l.s ⁻¹)	F	-0,0350 x A + 2,3902 x T + 1,6280	0,37	1,52	1,18	< 0,05
	H	-0,0374 x A + 2,2602 x T + 3,1847	0,25	1,73	1,59	< 0,05
	F/H	1,2433 x G - 0,0363 x A + 2,3106 x T + 1,8066	0,49	1,13	1,43	< 0,05
DEM _{75%} (l.s ⁻¹)	F	-0,0346 x A + 3,6470 x T + 1,4615	0,19	2,64	2,05	< 0,05
	H	-0,0251 x A + 0,0243 x P + 7,4361	0,10	0,84	2,20	< 0,05
	F/H	1,7336 x G + 3,9219 x T - 0,3094	0,40	1,65	2,23	< 0,05
DEM _{50%} (l.s ⁻¹)	F	-0,0346 x A + 5,9611	0,16	0,29	1,77	< 0,05
	H	-0,0397 x A + 3,5354 x T + 1,3653	0,25	2,04	1,87	< 0,05
	F/H	3,2543 x T - 0,0354 x A + 0,9695 x G + 0,6924	0,35	1,45	1,82	< 0,05
DEM _{25%} (l.s ⁻¹)	F	-0,0280 x A + 3,2548	0,35	0,14	0,87	< 0,05
	H	-0,0183 x A + 1,8961 x T - 0,0791	0,23	1,03	0,95	< 0,05
	F/H	-0,0214 x A + 0,2285 x G - 0,0428 x IMC + 0,0108 x MM + 3,5490	0,29	0,26	0,92	< 0,05
Volumes pulmonaires						
CV (l)	F	-0,0305 x A + 3,7035 x T - 0,9359	0,61	0,94	0,74	< 0,05
	H	3,4446 x T - 0,0179 x A - 0,0611	0,31	1,10	1,02	< 0,05
	F/H	3,5379 x T + 0,9572 x G - 0,0237 x A - 0,9231	0,65	0,73	0,92	< 0,05
VR (l)	F	0,0115 x MM + 0,0045 x A + 0,8589	0,21	0,15	0,41	< 0,05
	H	0,0118 x A + 1,5468	0,11	0,12	0,71	< 0,05
	F/H	0,3099 x G + 0,0087 x A + 0,0066 x P + 0,8607	0,33	0,14	0,59	< 0,05
VGT (l)	F	2,2431 x T - 0,5312	0,13	0,87	0,72	< 0,05
	H	1,7876 x T - 0,0278 x IMC - 0,0066 x A + 1,5457	0,20	0,88	0,75	< 0,05
	F/H	2,0544 x T + 0,2885 x G - 0,0177 x IMC + 0,2415	0,33	0,62	0,74	< 0,05
CPT (l)	F	3,3654 x T - 0,0264 x A + 0,0204 x MM + 0,0276	0,49	1,26	0,92	< 0,05
	H	5,5154 x T - 2,2267	0,30	1,18	1,18	< 0,05
	F/H	1,1531 x G + 5,5780 x T - 3,4883	0,66	0,83	1,13	< 0,05
VRE (l)	F	-0,0075 x A - 0,0241 x IMC + 1,0852 x T + 0,6250	0,17	1,02	0,74	< 0,05
	H	-0,0190 x A - 0,0438 x IMC - 1,0668 x T + 1,6924	0,26	1,11	0,93	< 0,05
	F/H	-0,0136 x A - 0,0343 x IMC + 2,9821	0,17	0,24	0,89	< 0,05
CI (l)	F	-0,0208 x A + 2,6793 x T + 0,0257 x % MG - 1,6776	0,34	1,27	0,93	< 0,05
	H	2,6224 x T + 0,0101 x P - 1,6326	0,16	1,19	1,15	< 0,05
	F/H	0,8590 x G + 2,8718 x T + 0,0080 x P - 2,7591	0,50	0,84	1,12	< 0,05
Rapports						
VEMS/CVF (absolu)	F	10⁻² x (-0,0938 x A + 86,3261)	0,04	1,67	0,10	< 0,05
	H	10⁻² x (-0,1028 x A + 85,8237)	0,04	1,67	0,09	< 0,05
	F/H	10⁻² x (-0,1056 x A + 86,3136)	0,04	1,16	0,09	< 0,05
VEMS/CV (absolu)	F	10 ⁻² x (-0,0895 x A + 85,8308)	0,04	1,68	0,10	< 0,05
	H	10 ⁻² x (-0,1653 x A - 20,6742 x T + 123,8192)	0,16	9,99	0,09	< 0,05
	F/H	10⁻² x (-0,1297 x A - 13,5255 x T + 109,6447)	0,11	6,38	0,09	< 0,05
VR/CPT (absolu)	F	10⁻² x (0,2374 x A - 10,0922 x T + 37,1753)	0,47	7,86	0,06	< 0,05
	H	10⁻² x (0,2671 x A + 0,4042 x IMC + 7,0701)	0,23	4,84	0,12	< 0,05
	F/H	10⁻² x (0,2288 x A - 10,6202 x T + 0,2500 x IMC + 31,4556)	0,29	7,15	0,09	< 0,05

Pour les abréviations des variables ventilatoires, voir *tableau III* ; F : Femmes (n = 120) ; H : Hommes (n = 153) ; Genre : (0. Femme.1. Homme) ; A : Âge (Année) ; P : Poids (kg) ; MM : Masse Maigre (kg) ; T : Taille (m) ; IMC : Indice de Masse Corporelle (kg.m⁻²) ; % MG : Pourcentage de la Masse Grasse ; r² : Coefficient de détermination ; p : Probabilité ; ES : Erreur Standard ; ETR : Ecart Type Résiduel. Pour obtenir les valeurs correspondantes à la limite inférieure de la normale (LIN) ou à la limite supérieure de la normale (LSN), respectivement, soustraire ou ajouter au résultat le chiffre de l'avant dernière colonne. Les modèles en gras sont les équations de référence retenues.

d'exécuter correctement les manœuvres respiratoires demandées, après 8 essais, ne sont pas inclus dans l'étude.

Les recommandations spécifiques formulées au sujet de la sélection des valeurs de référence qui doivent être utilisées par les laboratoires d'EFR [1, 6] insistent sur le fait que les appareils et les protocoles utilisés dans le service doivent correspondre à ceux qui ont été utilisés dans la population de référence. Ce point a été respecté, puisque l'appareil et le protocole utilisés répondent aux critères de l'ATS/ERS [6, 14].

Tenant compte des recommandations de l'ATS/ERS [1], les valeurs de référence obtenues dans cette étude sont issues de modèles statistiques biologiquement valides prenant en compte les variations de la fonction respiratoire en fonction de l'âge, et des autres données anthropométriques. De surcroît, toutes les VV mesurées ont été évaluées par rapport au même jeu d'équations de référence ; et nous avons défini explicitement les limites inférieures (LIN) et supérieures (LSN) de la gamme normale. Comme toutes les VV obéissent à une distribution normale, la LIN a été considérée comme égal à la limite du 95 % IC [1, 7]. Par ailleurs, nous avons également envisagé, dans les mêmes termes, la question de la LSN lorsque la VV considérée peut être pathologique si elle est trop élevée (cas du VR, du VGT, de la CPT et du rapport VR/CPT). L'utilisation de la LIN et de la LSN [1, 7, 30] est une méthode appropriée pour la spirométrie, depuis que la question clinique posée est de savoir si la VV mesurée est statistiquement diminuée ou augmentée.

Certains facteurs connus pour influencer les VV n'ont pas été évalués : Envergure chez les sujets âgés, parité, tabagisme passif, consommation de vitamines antioxydant, pollution, exposition professionnelle, hyperréactivité bronchique, NS, NSE ou niveau d'activité physique [17, 20, 21, 31-38]. Il est possible que ces facteurs puissent améliorer la compréhension de la variance des VV.

Variables indépendantes incluses dans les équations de référence spirométriques

De manière générale, les résultats spirométriques d'un patient donné s'interprètent en les comparant aux valeurs de référence de sujets sains ayant les mêmes caractéristiques anthropologiques que le patient testé et appartenant au même groupe ethnique. Ces valeurs de référence dépendent le plus souvent des données anthropométriques. Dans notre étude, et par ordre décroissant, les facteurs indépendants suivants sont relevés dans les équations de référence (*tableau V*) : taille (16 VV), genre et âge (14 VV), IMC (5 VV), poids (2 VV) et MM (1 VV). L'influence de ces différents facteurs sur la variabilité de la VV est différente d'une variable à une autre. À titre d'exemple, pour la CVF, elle est de 30 % pour le genre, 20 % pour la taille, 10 % pour le groupe ethnique, 8 % pour l'âge, 3 % pour les facteurs techniques, 2 % pour le poids et les 30 % restants s'expliquent par le tabagisme, les antécédents respiratoires, etc. [39].

Alors que, dans la littérature, les effets du genre, de l'âge, de la taille, du poids et de l'IMC sur les VV sont très bien documentés [7, 20, 39-45], celui de la MM reste peu analysé et controversé. Mohamed et coll. [46], en évaluant l'impact de la MM sur les données spirométriques de 118 Italiens (60 femmes) âgés de 27 ± 2 ans, non-fumeurs et non obèses, n'ont pas trouvé de corrélation entre les VV de la courbe débit-volume et la MM. Par contre, Wannamethee et coll. [47], dans une population de 2 744 hommes âgés de 60-79 ans, ont montré que la MM est corrélée positivement au VEMS et à la CVF. Dans notre étude, le $DEM_{25\%}$ diminue ($p < 0,05$) quand la MM diminue (*tableau V*) suggérant une tendance obstructive distale chez les malades respiratoires chroniques dénutris [48].

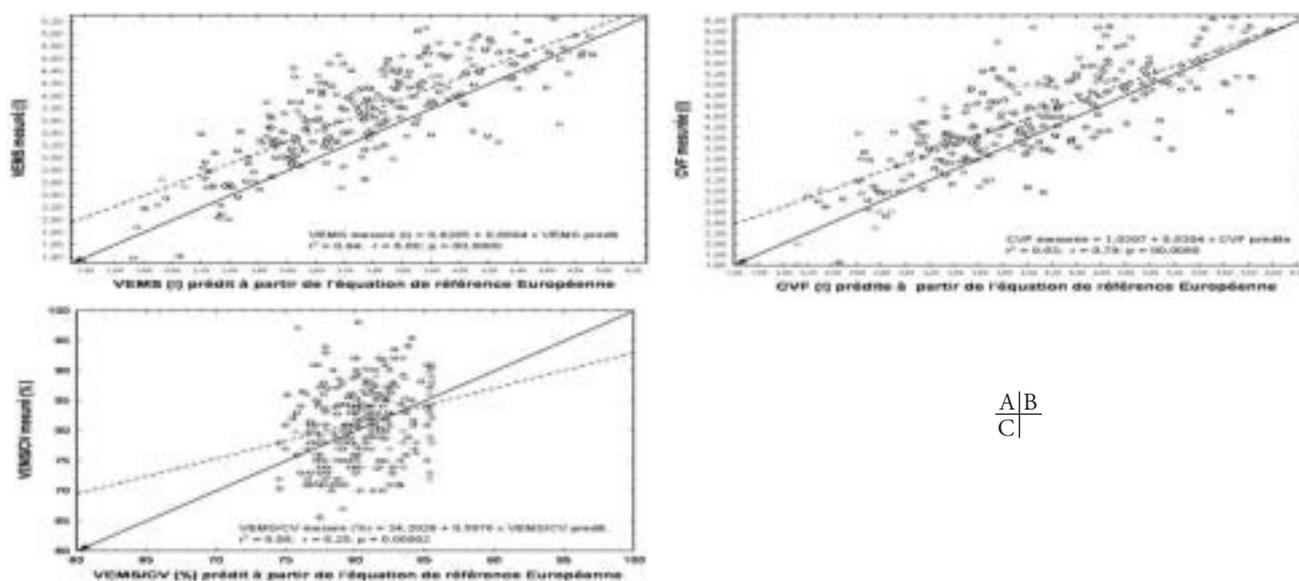
Comparaisons CV vs CVF, VEMS/CV vs VEMS/CVF

Un autre résultat intéressant de cette étude est que la CV lente est plus grande que la CVF mesurée ($4,59 \pm 0,94$ l vs $4,35 \pm 0,88$ l ; $p < 0,05$), et que leurs équations de référence sont aussi différentes (*tableau V*). D'ailleurs, les valeurs de référence des rapports VEMS/CV et VEMS/CVF calculées sur la population de cette étude sont statistiquement différents ($0,81 \pm 0,02$ vs $0,82 \pm 0,01$; $p < 0,05$). Ce point, signalé depuis 1986 par Paoletti et coll. [49], a une conséquence clinique importante : la CV fournit un dénominateur plus élevé et plus approprié pour le calcul du rapport VEMS/CV [14].

La différence entre la CV et la CVF a plusieurs intérêts pratiques. D'abord, elle explique une partie de la divergence des prévalences de la BPCO [3]. Ceci est expliqué par le choix comme critère diagnostique de la BPCO, non pas du rapport VEMS/CVF (ATS/ERS [50]) mais celui du VEMS/CV (Société de Pneumologie de Langue Française [51]). En effet, sur les 121 sujets tabagiques adressés pour une étude pléthysmographique, 48 % et 56 % ($p < 0,05$) ont, respectivement, des rapports VEMS/CVF et VEMS/CV inférieurs à la LIN [3]. Ensuite, il est connu qu'une différence entre la CV et la CVF ($\Delta CV = CV - CVF$) dépassant un certain seuil porte le diagnostic d'un piégeage gazeux, signe indirect d'une obstruction bronchique [2]. Dans notre étude la ΔCV a une moyenne \pm écart-type (95 % IC) de $0,25 \pm 0,37$ l ($0,21-0,29$). Donc nous recommandons de porter le diagnostic d'un piégeage gazeux par une ΔCV supérieure non pas à 0,20 l comme cela est recommandé [2], mais supérieure à 0,25 l.

Comparaison avec les valeurs de référence Européennes [2, 5]

La *figure 2* montre la comparaison, pour la même tranche d'âge, du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CV avec celles des valeurs de référence Européennes. Ces dernières



$$\frac{A|B}{C}$$

Fig. 2. Comparaison, pour la même tranche d'âge, de trois variables ventilatoires mesurées avec celles des valeurs de référence Européennes [2, 5] (n = 270). A) Volume expiratoire maximum seconde (VEMS). B) Capacité vitale expiratoire forcée (CVF). C) Rapport VEMS/capacité vitale lente (CV). (-----) : ligne de régression linéaire. La ligne d'identité est montrée. n = nombre de sujets ayant la même tranche d'âge dans les deux études.

sous estiment le VEMS, la CVF et le rapport VEMS/CV mesurés. En effet, les moyennes \pm écart type du VEMS (fig. 2A), de la CVF (fig. 2B), et du rapport VEMS/CV (fig. 2C) sont significativement inférieures de $0,38 \pm 0,45$ l, de $0,36 \pm 0,55$ l et de $0,01 \pm 0,06$, respectivement. Ce résultat rejoint ceux d'autres auteurs [52, 53]. Aggarwal et coll. [52] ont étudié l'application des équations de référence Européennes dans l'interprétation du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CVF de 14 733 Indiens. Parmi les 6 814 sujets ayant une spirométrie normale selon les références Indiennes, 53 %, 40 %, 14 % et 10 % des sujets sont classés comme ayant une spirométrie anormale (DVO et/ou DVR), respectivement, selon les références du *third National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES III) [44], de Crapo [41], de Knudson [40] et Européennes [2, 5]. Ils ont conclu que l'application de valeurs de référence « extérieures » prête à une interprétation erronée des données spirométriques dans une proportion non négligeable de sujets. Le même problème se pose au sein même de la communauté Européenne [54]. En effet, l'application des références spirométriques Européennes [2, 5] sur les débits expiratoires de 2 482 personnes Croates saines et non fumeuses montre que les Croates ont une CVF (92 ± 14 % pour les hommes et 86 ± 12 % pour les femmes) et un VEMS (94 ± 15 % pour les hommes et 95 ± 13 % pour les femmes) plus petits, mais un $DEM_{50\%}$ (108 ± 30 % pour les hommes et 103 ± 23 % pour les femmes) et un $DEM_{25\%}$ (117 ± 41 % pour les hommes et 118 ± 34 % pour les femmes) plus grands. Les auteurs ont conclu

que les références Européennes [2, 5] ne sont pas applicables sur la population Croate [54].

Selon l'ATS/ERS [1], en l'absence d'équations de référence spirométriques spécifiques à la population locale, il est possible d'utiliser un coefficient d'ajustement pour le groupe ethnique correspondant. Dans cette étude, cette utilisation aggrave les différences (fig. 3). En effet, les moyennes \pm écart type du VEMS (fig. 3A) et de la CVF (fig. 3B) sont significativement inférieures de $0,80 \pm 0,45$ l et de $1,01 \pm 0,56$ l, respectivement. D'ailleurs, il est connu que le recours à un coefficient d'ajustement n'est pas aussi performant que l'utilisation d'équations spécifiques [44]. L'exemple typique de biais qui peut être introduit par ces coefficients d'ajustement est celui des populations noires : surévaluation de la CPT, du VEMS et de la CVF d'environ 12 % et une surévaluation du VGT et du VR d'environ 7 % [9]. Il importe de souligner qu'on ne doit pas appliquer de tels coefficients d'ajustement aux rapports VEMS/CVF ou VEMS/CV.

Selon les valeurs de référence établies dans notre étude (tableau V) et celles Européenne [2, 5], une personne tabagique (homme, 60 ans, 1,65 m) aura un rapport VEMS/CV prédit, respectivement, de 0,80 (LIN = 0,70) et de 0,76 (LIN = 0,65). Si le rapport VEMS/CV mesuré de ce sujet est égal à 0,68, il sera considéré comme indemne de DVO selon les références européennes [2, 5] et porteur d'un DVO, selon les références locales. Selon les valeurs de référence établies dans notre étude (tableau V) et celles Européenne [2, 5], un homme (60 ans, 1,65 m) présentant un syndrome interstitiel

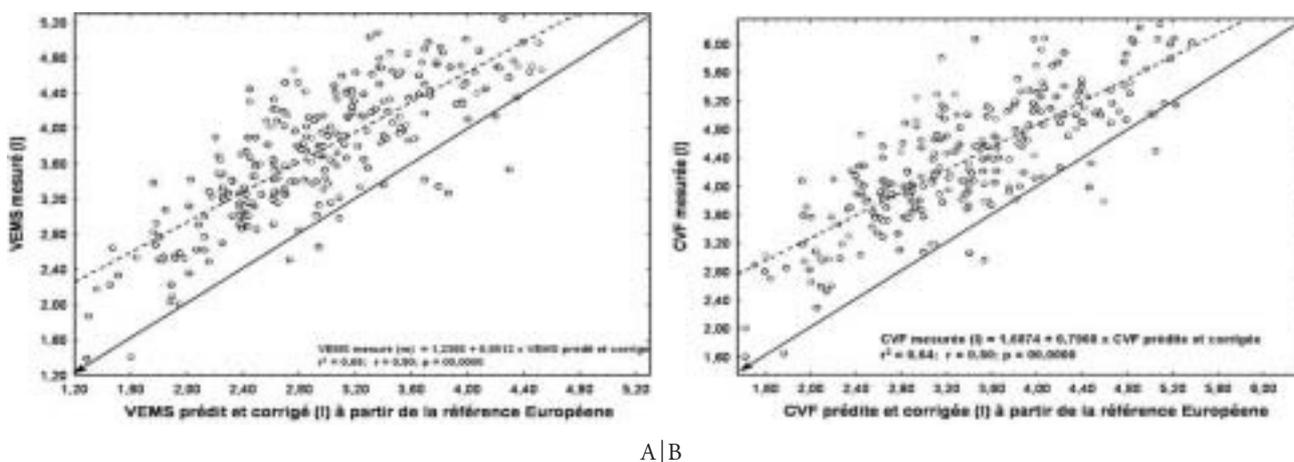


Fig. 3.

Comparaison, pour la même tranche d'âge, de deux variables ventilatoires mesurées avec celles des valeurs de référence Européennes [2, 5] (n = 270). A) Volume expiratoire maximum seconde (VEMS). B) Capacité vitale expiratoire forcée (CVF). (-----) : ligne de régression linéaire. La ligne d'identité est montrée. n = nombre de sujets ayant la même tranche d'âge dans les deux études.

radiologique, aura une CPT prédite, respectivement, de 6,87 l (LIN = 5,74 l) et de 6,10 l (LIN = 4,95 l). Si la CPT mesurée de ce sujet est égale à 5,20 l, il sera considéré comme indemne de DVR selon les références Européennes [2, 5] et porteur d'un DVR selon celles locales. Dans ces deux cas cliniques, l'application des références Européennes retarde le diagnostic et la prise en charge thérapeutique. Selon les références Européennes [2, 5], respectivement, 10 (4 %) et 14 (5 %) sujets « sains » de la présente étude seront classés comme ayant un DVO et un DVR.

Pourquoi les valeurs de référence spirométriques algériennes sont-elles différentes de celles Européennes [2, 5] ? Les références Européennes [2, 5] sont tirées d'études portant sur des sujets non-fumeurs et sans antécédents de pathologies interférant avec leur fonction respiratoire ; de plus ces études étaient conduites avec des matériels et selon des méthodes compatibles avec les références actuelles. Pour le DEP, le VR, la CRF et la CPT, la situation n'est pas acceptable : en effet, les fumeurs et les ex-fumeurs n'ont pas été systématiquement exclus des études publiées. Ces équations s'appliquent aux hommes et femmes d'origine Européenne ; âgés de 18 à 70 ans ; lorsque le sujet a entre 18 et 25 ans, l'âge sera pris égal à 25 ans dans les différentes équations. Les équations sont valables pour des tailles allant de 1,55 à 1,95 m chez les hommes et de 1,45 à 1,80 m chez les femmes. Alors, en plus des autres facteurs cités auparavant en rapport avec les aspects méthodologiques, nutritionnels, environnementaux et de la pratique sportive ; l'explication des différences, est, en partie, à rattacher aux différences caractéristiques anthropométriques (tableau II). Le volume relatif des poumons par rapport à la taille du sujet varie avec l'âge, mais également avec le groupe ethnique [2, 55, 56]. La variabilité tient pour partie aux différences ethniques concernant le rapport entre la longueur du tronc et la taille, les dif-

férences concernant la MG libre, les dimensions thoraciques, et la pression que les muscles respiratoires sont capables de produire [7, 44, 57-65], alors que des différences ethniques concernant la dimension des alvéoles ou des voies aériennes sont moins vraisemblables [66, 67].

En conclusion, les valeurs de référence spirométriques obtenues dans ce travail sont très utiles pour l'optimisation de l'interprétation des EFR afin de mieux détecter et classer les maladies pulmonaires. Les valeurs de référence d'une personne doivent d'abord être calculées en fonction du morphotype qui résulte de ses ascendances, et secondairement en fonction d'autres influences (mode de vie, exposition à des facteurs d'amélioration ou de détérioration des déterminants fonctionnels respiratoires). Ces équations viennent enrichir la banque mondiale des valeurs de référence spirométriques dans laquelle le médecin pourrait choisir en fonction de l'ethnie de son patient. L'exemple réel est celui des Algériens vivant en France, qui sont environ deux millions.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les professeurs Christian Prefaut, Abdelhamid Aberkane, Anne Charloux et Zouhair Tabka pour leurs aides dans la présente étude.

Références

- 1 Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Van der Grinten CPM, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pedersen OF, Wanger J : Série du groupe de travail ATS/ERS : « Standardisation des explorations fonctionnelles respiratoires » : Stratégies d'interprétation des explorations fonctionnelles respiratoires. *Rev Mal Respir* 2006 ; 23 : 17579-104.

- 2 Seconde édition française des recommandations européennes pour les explorations fonctionnelles respiratoires. *Rev Mal Respir* 2001 ; 18 : 6S13-52.
- 3 Ben Saad H, Ben Attia Saafi R, Rouatbi S, Ben Mdella S, Garrouche A, Zbidi A, Hayot M, Tabka Z : Quelle définition faut-il choisir pour le déficit ventilatoire obstructif ? *Rev Mal Respir* 2007 ; 24 : 323-30.
- 4 Ben Saad H, Ben Attia Saafi R, Rouatbi S, Ben Mdella S, Garrouche A, Hadj Mtir A, Harrabi I, Tabka Z, Zbidi A : Quelle définition faut-il choisir pour la réversibilité de l'obstruction bronchique ? *Rev Mal Respir* 2007 ; 24 : 1107-15.
- 5 Quanjer PhH (ed.). Standardized lung function testing. *Bull Europ Physiopathol Respir* 1983 ; 19 (suppl 5) : 1-95.
- 6 Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Crapo R, Enright P, Van der Grinten CPM, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson D, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pellegrino R, Viegi G : Série du groupe de travail ATS/ERS : « Standardisation des explorations fonctionnelles respiratoires » : Standardisation de la mesure des volumes pulmonaires. *Rev Mal Respir* 2006 ; 23 : 17S47-S60.
- 7 Becklake M, Crapo R, Buist S, Burrows B, Clausen J : Lung function testing : selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis* 1991 ; 144 : 1202-18.
- 8 Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, Barnes PJ, Buist SA, Calverley P, Fukuchi Y, Jenkins C, Rodriguez-Roisin R, van Weel C, Zielinski J : Global Strategy for the diagnosis, management, and prevention of COPD – 2006 Update. *Am J Respir Crit Care Med* 2007 May 16 ; [Epub ahead of print].
- 9 Jencek M, Cleroux R : Epidémiologie : Principes techniques. Applications. *Edisem inc., Maloigne Paris*, 1982, 430p.
- 10 Ferris BG : Epidemiology standardization project II : recommended respiratory disease questionnaires for use with adults and children in epidemiological research. American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis* 1978 ; 118 : 1-120.
- 11 Sadoul P, Polu JM : Invalidité respiratoire et son évaluation. *Encycl Med Chir* : Paris 1992. Poumon 6000 R10.6.
- 12 World Health Organization. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 2000, 894 : I-xii, 1-253.
- 13 Durnin JV, Womersley J : Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974 ; 32 : 77-97.
- 14 Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, Van der Grinten CPM, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J : Série du groupe de travail ATS/ERS : « Standardisation des explorations fonctionnelles respiratoires » : Standardisation de la spirométrie. *Rev Mal Respir* 2006 ; 23 : 17S23-17S45.
- 15 Stocks J, Quanjer PH : Reference values for residual volume, functional residual capacity and total lung capacity. *Eur Respir J* 1995 ; 8 : 492-506.
- 16 Ware JH, Dockery DW, Louis TA, Xu XP, Ferris BG Jr, Speizer FE : Longitudinal and cross – sectional estimates of pulmonary function decline in never – smoking adults. *Am J Epidemiol* 1990 ; 132 : 685-700.
- 17 Guénard H, Rouatbi S : Physiological aspects of the decline of pulmonary function with age. *Rev Mal Respir* 2004 ; 21 : 8S13-24.
- 18 Sherrill DL, Lebowitz MD, Knudson RJ, Burrows B : Longitudinal methods for describing the relationship between pulmonary function, respiratory symptoms and smoking in elderly subjects : the Tucson study. *Eur Respir J* 1993 ; 6 : 342-8.
- 19 Burrows B, Lebowitz MD, Camilli AE, Knudson RJ : Longitudinal changes in forced expiratory volume in one second in adults. Methodologic considerations and findings in healthy nonsmokers. *Am Rev Respir Dis* 1986 ; 133 : 974-80.
- 20 Ben Saad H, Tiffha M, Harrabi I, Tabka Z, Guenard H, Hayot M, Zbidi A : Facteurs influençant les variables ventilatoires des Tunisiennes âgées de 45 ans et plus. *Rev Mal Respir* 2006 ; 23 : 324-38.
- 21 Lebowitz MD : The relationship of socio – environmental factors to the prevalence of obstructive lung diseases and other chronic conditions. *J Chronic Dis* 1977 ; 30 : 599-611.
- 22 Ganguli M, Lytle ME, Reynolds MD, Dodge HH : Random versus volunteer selection for community – based study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1998 ; 53 : 39-46.
- 23 Jensen RL, Crapo RO, Flint AK, Howell HM : Problems in selecting representative reference values for spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 ; 165 : A200.
- 24 WWW. Who.int. (Visité le 17.08.2007).
- 25 Griffith KA, Sherrill DL, Siegel EM, Manolio TA, Bonekat HW, Enright PL : Predictors of lung function in the elderly : the cardiovascular health study. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 163 : 61-8.
- 26 Carlson CL, Cushman M, Enright PL, Cauley JA, Newman AB : Hormone replacement therapy is associated with higher FEV₁ in elderly women. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 163 : 423-8.
- 27 Dore MF, Orvoen-Frija E : Respiratory function in the obese subject. *Rev Pneumol* 2002 ; 58 : 73-81.
- 28 Sherman CB, Kern D, Richardson ER, Hubert M, Fogel BS : Cognitive function and spirometry performance in the elderly. *Am Rev Respir Dis* 1993 ; 148 : 123-6.
- 29 Borsboom GJ, Van Pelt W, Van Houwelingen HC, Van Vianen BG, Schouten JP, Quanjer PH : Diurnal variation in lung function in subgroups from two Dutch populations : Consequences for longitudinal analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 ; 159 : 1163-71.
- 30 Aggarwal AN, Gupta D, Behera D, Jindal SK : Comparison of fixed percentage method and lower confidence limits for defining limits of normality for interpretation of spirometry. *Respir Care* 2006 ; 51 : 737-43.
- 31 Parker JM, Dillard TA, Phillips YY : Arm span – height relationships in patients referred for spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 1996 ; 154 : 533-6.
- 32 Schunemann HJ, Grant BJ, Freudenheim JL, Muti P, Browne RW, Drake JA, Klocke RA, Trevisan M : The relation of serum levels of antioxidant vitamins C and E, retinol and carotenoids with pulmonary function in the general population. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 163 : 1246-55.
- 33 Wang ML, Petsonk EL, Beeckman LA, Wagner GR : Clinically important FEV₁ declines among coal miners : an exploration of previously unrecognized determinants. *Occup Environ Med* 1999 ; 12 : 837-44.
- 34 Tracy M, Villar A, Dow L, Coggon D, Lampe FC, Holgate ST : The influence of increased bronchial responsiveness, atopy and serum IgE on decline in FEV₁ : A longitudinal study in the elderly. *Am J Respir Crit Care Med* 1995 ; 151 : 656-62.
- 35 Frette C, Barrett-Connor E, Clausen JL : Effect of active and passive smoking on ventilatory function in elderly men and women. *Am J Epidemiol* 1996, 143 : 757-65.
- 36 Lawlor DA, Ebrahim S, Davey Smith G : Association between self – reported childhood socioeconomic position and adult lung function :

- findings from the British women's heart study. *Thorax* 2004 ; 59 : 199-203.
- 37 Hagberg JM, Yerg JE 2nd, Seals DR : Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *J Appl Physiol* 1988 ; 65 : 101-5.
- 38 Ostrowski S, Barud W : Factors influencing lung function : are the predicted values for spirometry reliable enough ? *J Physiol Pharmacol* 2006 ; 57 suppl 4 : 263-71.
- 39 Becklake MR : Concepts of normality applied to the measurement of lung function. *Am J Med* 1986 ; 80 : 1158-64.
- 40 Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B : Changes in the normal expiratory flow - volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983 ; 127 : 725-34.
- 41 Crapo RO, Morris AH, Gardner RM : Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981 ; 123 : 659-64.
- 42 Woolcock AJ, Colman MH, Blackburn CR : Factors affecting normal values for ventilatory lung function. *Am Rev Respir J Dis* 1972 ; 106 : 692-709.
- 43 Ben Saad H, Rouatbi S, Raoudha S, Tabka Z, Laouani Kechrid C, Hassen G, Guénard H : Capacité vitale et débits maximaux expiratoires dans une population nord-africaine âgée de plus de 60 ans. *Rev Mal Respir* 2003 ; 20 : 521-30.
- 44 Hankinson J, Odencrantz JR, Fedan KB : Spirometric references values from a sample of the general US population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 ; 159 : 179-87.
- 45 Martin RR, Ghezzi H : Valeurs de référence spirométriques québécoises. *Rev Mal Respir* 1998 ; 15 : 781-8.
- 46 Mohamed EI, Maiolo C, Iacopino L, Pepe M, Di Daniele N, De Lorenzo A : The impact of body-weight components on forced spirometry in healthy italians. *Lung* 2002 ; 180 : 149-59.
- 47 Wannamethee SG, Shaper AG, Whincup PH. Body fat distribution, body composition, and respiratory function in elderly men. *Am J Clin Nutr* 2005 ; 82 : 996-1003.
- 48 Thomas DR : Dietary prescription for chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Geriatr Med* 2002 ; 18 : 835-9, viii.
- 49 Paoletti P, Pistelli G, Fazzi P, Viegi G, Di Pede F, Giuliano G, Prediletto R, Carrozzi L, Polato R, Saetta M : Reference values for vital capacity and flow-volume curves from a general population study. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1986 ; 22 : 451-9.
- 50 Celli BR, MacNee W, ATS/ERS task force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD : A summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J* 2004 ; 23 : 932-46.
- 51 Actualisations des recommandations de la SPLF pour la prise en charge de la BPCO. Points essentiels. *Rev Mal Respir* 2003 ; 20 : 294-9.
- 52 Aggarwal AN, Gupta D, Behera D, Jindal SK : Applicability of commonly used Caucasian prediction equations for spirometry interpretation in India. *Indian J Med Res* 2005 ; 122 : 153-64.
- 53 Shaffer BA, Samet JM, Coultas DB, Stidley CA : Prediction of lung function in Hispanics using local ethnic-specific and external non-ethnic-specific prediction equations. *Am Rev Respir Dis* 1993 ; 147 : 1349-53.
- 54 Mustajbegovic J, Kern J, Schachter EN, Zuskin E, Pavicic F, Teufel N : Ventilatory functions in Croatian population in comparison with European reference values. *Croat Med J* 2003 ; 44 : 614-7.
- 55 Lapp NL, Amandus HE, Hall R, Morgan WK : Lung volumes and flow rates in black and white subjects. *Thorax* 1974 ; 29 : 185-8.
- 56 Lanese RR, Keller MD, Foley MF, Underwood EH : Differences in pulmonary function tests among whites, blacks, and American Indians in a textile company. *J Occup Med* 1978 ; 20 : 39-44.
- 57 Oscherwitz M, Edlavitch SA, Baker TR, Jarboe T : Differences in pulmonary functions in various racial groups. *Am J Epidemiol* 1972 ; 96 : 319-27.
- 58 Schoenberg JB, Beck GJ, Bouhuys A : Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. *Respir Physiol* 1978 ; 33 : 367-93.
- 59 Bibi H, Goldsmith JR, Vardi H : Racial or ethnic variation in spirometric lung function norms. Recommendations based on study of Ethiopian Jews. *Chest* 1988 ; 93 : 1026-30.
- 60 Schwartz JD, Katz SA, Fegley RW, Tockman MS : Sex and race differences in the development of lung function. *Am Rev Respir Dis* 1988 ; 138 : 1415-21.
- 61 Mathur N, Rastogi SK, Gupta BN, Husain T : A global comparison of predicting equations on spirometry in the male population. *Int J Epidemiol* 1990 ; 19 : 331-8.
- 62 Yang TS, Peat J, Keena V, Donnelly P, Unger W, Woolcock A : A review of the racial differences in the lung function of normal Caucasian, Chinese and Indian subjects. *Eur Respir J* 1991 ; 4 : 872-80.
- 63 Crapo RO, Jensen RL, Oyunchimeg M, Tsh T, DuWayne Schmidt C : Differences in spirometry reference values : a statistical comparison of a Mongolian and a Caucasian study. *Eur Respir J* 1999 ; 13 : 606-9.
- 64 Ip MS, Karlberg EM, Karlberg JP, Luk KD, Leong JC : Lung function reference values in Chinese children and adolescents in Hong Kong. I. Spirometric values and comparison with other populations. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 162 : 424-9.
- 65 Korotzer B, Ong S, Hansen JE : Ethnic differences in pulmonary function in healthy nonsmoking Asian-Americans and European-Americans. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 161 : 1101-8.
- 66 Yang TS, Peat J, Keena V, Donnelly P, Unger W, Woolcock A : A review of the racial differences in the lung function of normal Caucasian, Chinese and Indian subjects. *Eur Respir J* 1991 ; 4 : 872-80.
- 67 Donnelly PM, Yang TS, Peat JK, Woolcock AJ : What factors explain racial differences in lung volumes ? *Eur Respir J* 1991 ; 4 : 829-38.