

研究论文

成年人脂肪体重、去脂体重和肺通气功能的关系

冯 遼¹, 陈 莉¹, 祖淑玉¹, 韩少梅², 朱广瑾^{1,*}中国医学科学院基础医学研究所、北京协和医学院基础学院¹生理与病理生理学系; ²流行病学与统计学系, 北京 100005

摘要: 本文旨在研究分析成年人去脂体重(fat free mass, FFM)、脂肪体重(fat mass, FM)和肺通气功能的关系。随机抽取黑龙江省部分地区 19~81 岁健康成年人 1 307 人(男性 372 人, 女性 935 人), 测量身高、体重, 采用身体成分仪和肺功能仪分别检测 FFM、FM 和肺通气功能, 并采用 Pearson 相关分析、独立样本 *t* 检验和多元逐步回归等统计学方法分析 FFM、FM 和肺通气功能的关系。结果显示, 无论性别, 年龄均与脂肪体重指数(FM index, FMI)呈正相关($P<0.001$), 去脂体重指数(FFM index, FFMI)和用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、用力呼气一秒量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、最高呼气流量(peak expiratory flow, PEF)、用力呼出 25% 肺活量时呼气流量(forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity, FEF25%)均呈正相关($P<0.01$), FMI 和 FVC、FEV1、FEF75% 呈负相关($P<0.05$)。男性 FMI 和最大呼气中段流量(maximal mid-expiratory flow, MMEF)呈负相关($P<0.05$)。无论性别, FFMI 对于 FVC 作用大于 FMI, 而对于 FEV1, 男性 FMI 作用大于 FFMI, 女性则反之。无论性别, FFMI 升高, PEF 和 FEF25% 也升高, 而 FMI 对二者无作用。无论性别, FMI 升高, FEF75% 降低, 而 FFMI 对其无作用。FMI 升高, 男性 MMEF 降低, 女性无明显改变。本研究结果表明, FFM 和 FM 均是影响肺通气功能的独立因素, 反映骨骼肌力的 FFM 与肺通气功能呈正相关, FM 与肺通气功能呈负相关。FFM 和 FM 对肺通气功能作用大小存在差别。

关键词: 身体成分; 用力呼气流量; 用力肺活量**中图分类号:** R332

Fat mass and fat free mass on ventilatory function in adults

FENG Kui¹, CHEN Li¹, ZU Shu-Yu¹, HAN Shao-Mei², ZHU Guang-Jin^{1,*}¹Department of Physiology and Pathophysiology; ²Department of Epidemiology and Statistics, Institute of Basic Medical Sciences, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100005, China

Abstract: This study is designed to probe for the effects of fat mass (FM) and fat free mass (FFM) on ventilatory function in adults. 1 307 healthy adults (372 males and 935 females) were selected from some localities of Heilongjiang province through random sampling by means of questionnaire and physical examination and measured for height, weight, waist to hip ratio (WHR), FM, FFM and ventilatory function. The data were analyzed by means of Pearson correlation analysis, independent-samples *t* test and multi-factors regression analysis. Regardless of sex, an independent positive correlation was found ($P<0.001$) between age and fat mass index (FMI). Regardless of sex, fat free mass index (FFMI) was found to be positively associated with forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), peak expiratory flow (PEF) and forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity (FEF25%) ($P<0.01$), and FMI was significantly and negatively related to FVC, FEV1, FEF75% ($P<0.05$). In males FMI was significantly and negatively related to maximal mid-expiratory flow (MMEF) ($P<0.05$). Regardless of sex, the effect of FFMI on FVC was higher than that of FMI. For the males, the effect of FFMI on FVC was smaller than that of FMI, while the opposite was found in the females. Regardless of sex, FEF75% tended to decrease with increasing FMI, while FFMI was found to have no effects on FEF75%. MMEF tended to decrease with increasing FMI in the males, but no marked change was found in the females. The above results suggest that FM and FFM are independent factors influencing ventilatory function in adults. FM is negatively correlated with ventilatory function, but as a reflection of muscle mass, FFM is positively correlated with ventilatory function in adults. There is quantitative difference

Received 2009-11-13 Accepted 2010-01-19

This work was supported by Key Basic Research Program of Ministry of Science and Technology of China (No. FY110300).

*Corresponding author. Tel: +86-10-65296476; Fax: +86-10-65296476; E-mail: zhugj@pumc.edu.cn

between the effects of FFM and FM on ventilatory function.

Key words: body composition; forced expiratory flow rates; forced vital capacity

1990年代,我国通过大人群调查所建立的肺功能预计方程式表明,体重是影响肺通气功能因素之一^[1]。体重可分为脂肪体重(fat mass, FM)和去脂体重(fat free mass, FFM)。大量研究已表明身体成分直接和呼吸系统疾病有关,如FFM下降,慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary diseases, COPD)死亡率上升、肥胖者发生哮喘几率上升等^[2,3]。因此了解身体成分和非疾病人群肺功能的关系将有助于加深对这些疾病病理生理机制的认识。国外在成年大人群中开展的有关研究表明,身体成分对肺通气功能有明显影响:FM增加使肺通气功能下降,而FFM增加,肺通气功能增强。这些研究主要涉及身体成分和用力呼气一秒量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)的关系,但未研究和分析两种身体成分对FVC和FEV1作用大小,同时也未涉及身体成分同流速容量环等其它反映大小气道功能的肺通气指标,如最高呼气流量(peak expiratory flow, PEF)、用力呼出25%肺活量时呼气流量(forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity, FEF25%)、用力呼出50%肺活量时呼气流量(forced expiratory flow at 50% of forced vital capacity, FEF50%)、最大呼气中段流量(maximal mid-expiratory flow, MMEF)、用力呼出75%肺活量时呼气流速(forced expiratory flow at 75% of forced vital capacity, FEF75%)的关系^[4-6]。目前国内尚未有这方面的相关报道。本文应用所承担国家科技部基础性专项“人体生理常数数据库扩大人群调查”中的黑龙江省的人群数据资料,探讨分析成年人身体成分和肺通气功能的关系。

1 对象与方法

1.1 检测对象 以2008年7月至10月在黑龙江省进行的人体生理常数调查资料为基础,选取通过问卷调查、体检、肺功能检查18岁以上(不包括18岁)成年受试者1307人,其中男性372人,女性935人,年龄范围19~81岁。此调查工作经过中国医学科学院基础医学研究所伦理委员会批准,并取得了受试者书面知情同意。

1.2 检测方法

1.2.1 人群筛选调查 采用分层整群抽样方法,每省样本量为15000名。在黑龙江省按城乡分层,在城区和农村各选取2个点,对9岁以上(不包括9岁)人群进行检测。受试者首先填写调查问卷,内容主要包括人口学特征、健康状况(慢性病史等)、生活习惯(吸烟史、饮酒史、饮食情况等)等内容。随后进行体格检查,包括身高、体重、三围、心率、血压、心电图、心功能、血常规、血液生化等检查。

1.2.2 肺功能受试者入选标准 本项目抽样过程考虑了城乡、职业、男女及年龄的差别。入选标准为:(1)身体发育正常;(2)无心、肺、肝、肾等脏器的器质性疾病、无各类慢性疾病;(3)近期无感冒发烧等急性疾病;(4)血液检验指标正常。合格者进行肺功能检测。为减少混杂因素,去除有吸烟史者。

1.2.3 项目质控 为保证调查数据的可靠性和准确性,数据质控小组当天在现场对每天的调查问卷均进行数据审查(完整率98%),使用EpiData 3.0软件对调查表数据进行双录入和核对。所有通过仪器测量的数据均由仪器直接转出,数据准确性100%。

1.2.4 身体成分测定 受试者24h内未饮酒,禁食4h以上,无剧烈运动。采用美国Biodynamics公司310e型人体成分分析仪,直接测定参数为身体电阻。分析仪根据受试者性别、年龄、身高、体重等参数,计算出受试者FM、FFM。为排除身高影响,按以下公式计算脂肪体重指数(fat mass index, FMI)和去脂体重指数(fat free mass index, FFMI): $FMI = FM \text{ (kg)} / \text{身高的平方} \text{ (m}^2\text{)}$, $FFMI = FFM \text{ (kg)} / \text{身高的平方} \text{ (m}^2\text{)}$ 。

1.2.5 肺功能检查 应用德国Jaeger公司Scope Rotary便携式肺功能仪(型号为MasterScreen Rotary,软件版本为Lab5.10)进行肺通气功能检查。测定取坐位。测量指标包括FEV1、FVC、一秒率(FEV1/FVC)、PEF、FEF25%、FEF50%、MMEF、FEF75%。

1.2.6 肺功能检查质控 测试人员固定、仪器固定、方法固定。肺功能仪每天使用前做室温、湿

度、海拔、气压校正,并用3 000 mL标准容积定标筒标准化。测试前,操作者对受试者培训并示范;要求流量容量曲线无异常,时间容量曲线示呼气相出现平台。受试者须连续3次或多次测试,直到合格为止,取最佳值。

1.3 统计学处理 计量资料数据以 mean±SD 表示。使用 SPSS15.0 进行统计分析。组间比较采用独立样本 *t* 检验。使用 Pearson 相关分析观察年龄和 FFMI 和 FMI 的关系以及 FFMI、FMI 和肺通气功能指标的关系。通过多元逐步回归判断身体成分指标对肺通气功能作用大小。

2 结果

2.1 调查人群的人口学特征、身体成分和肺通气功能一般情况

表1为调查人群的人口学特征、身体成分和肺通气功能一般情况。从表1中可见不同性别间年龄差异无统计学意义,男性身高高于女性身高($P < 0.001$)。受试人群男性 FFMI 大于女性,而男性 FMI 小于女性($P < 0.001$)。男性腰臀比(WHR)高于女性($P < 0.001$)。男性一秒率(FEV1/FVC)小于女性($P < 0.001$),其它肺通气功能指标男性都大于女性($P < 0.001$)。

2.2 年龄与 FFMI、FMI 相关性分析

由于 FFMI 与 FMI 存在正相关关系(男性 $r = 0.281$, $P < 0.001$, 女性 $r = 0.447$, $P < 0.001$),因此在观察年龄与二者关系时,通过偏相关分析分别将二者作为混杂因素加以控制(例如在观察年龄和 FFMI 关系时,把 FMI 作为混杂因素加以控制),结果显示,无论性别,受试者年龄与 FMI 呈显著正相关(男性 $r = 0.393$, $P < 0.001$, 女性 $r = 0.456$, $P < 0.001$),年龄和 FFMI 的关系存在性别差异:男性年龄和 FFMI 呈负相关($r = -0.109$, $P < 0.05$),而女性年龄和 FFMI 不相关。

2.3 FFMI、FMI 与肺通气功能各指标相关性分析

年龄、身高对肺功能有明确作用,而 FFMI、FMI 对肺通气功能也可能有影响,在观察二者与肺通气功能关系时,通过偏相关分析将年龄、身高和 FFMI、FMI 二者之一加以控制。结果显示,无论性别,受试者 FFMI 和 FVC、FEV1、PEF、FEF25% 均呈正相关($P < 0.01$),与 FEV1/FVC、FEF50%、FEF75%、MMEF 不相关(表2)。无论性别,受试者 FMI 和 FVC、FEV1、FEF75% 呈负相关($P < 0.05$),

表1. 受试人群的人口学特征、身体成分和肺通气功能一般情况
Table 1. Anthropometric, body composition and respiratory parameters of the studied participants

	Male (<i>n</i> = 372)	Female (<i>n</i> = 935)
Age (years)	40.68±14.02	41.31±13.35
Height (m)	1.71±0.07 [#]	1.60±0.06
WHR	0.88±0.06 [#]	0.82±0.06
FFMI (kg/m ²)	21.59±2.33 [#]	18.14±1.80
FMI (kg/m ²)	2.81±1.82 [#]	4.71±1.81
FVC (L)	4.50±0.82 [#]	3.24±0.55
FEV1 (L)	3.92±0.76 [#]	2.91±0.52
FEV1/FVC (%)	87.26±6.43 [#]	89.66±5.84
PEF (L/S)	10.19±2.08 [#]	7.08±1.20
FEF25% (L/S)	8.72±2.10 [#]	6.39±1.18
FEF50% (L/S)	5.17±1.60 [#]	4.18±1.12
FEF75% (L/S)	2.03±0.96 [#]	1.73±0.73
MMEF (L/S)	4.27±1.46 [#]	3.47±1.91

WHR: waist to hip ratio; FMI: fat mass index; FFMI: fat free mass index; FVC: forced vital capacity; FEV1: forced expiratory volume in one second; PEF: peak expiratory flow; FEF25%: forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity; FEF50%: forced expiratory flow at 50% of forced vital capacity; MMEF: maximal mid-expiratory flow; FEF75%: forced expiratory flow at 75% of forced vital capacity. [#] $P < 0.001$ vs Female.

表2. 去脂体重指数和成人肺通气功能各指标偏相关分析(控制年龄、身高、脂肪体重指数)

Table 2. Partial correlations coefficients of FFMI with ventilation indexes while controlling the effects of age, height and FMI

	Male		Female	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
FVC (L)	0.167	0.001	0.153	0.000
FEV1 (L)	0.142	0.006	0.132	0.000
FEV1/FVC (%)	-0.032	0.538	-0.050	0.127
PEF (L/S)	0.192	0.000	0.128	0.000
FEF25% (L/S)	0.193	0.000	0.132	0.000
FEF50% (L/S)	0.075	0.150	0.060	0.068
FEF75% (L/S)	-0.074	0.155	-0.044	0.181
MMEF (L/S)	0.044	0.401	0.041	0.212

FVC: forced vital capacity; FEV1: forced expiratory volume in one second; PEF: peak expiratory flow; FEF25%: forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity; FEF50%: forced expiratory flow at 50% of forced vital capacity; MMEF: maximal mid-expiratory flow; FEF75%: forced expiratory flow at 75% of forced vital capacity; *r*: partial correlations coefficient. When the *P* value is less than 0.05, the two indexes are significantly correlated.

与FEV1/FVC、PEF、FEF25%、FEF50%不相关(表3)。男性FMI和MMEF呈负相关($P<0.05$), 女性FMI和MMEF不相关。

2.4 肺通气指标影响因素多元回归分析

以与身体成分指标相关的肺通气各指标为应变量, 年龄、身高、FFMI、FMI为自变量分性别进行多元逐步回归, 结果显示, 无论性别, 受试者肺通气各指标与身高呈正相关, 而与年龄呈负相关。无论性别, 受试者FFMI升高时FVC、FEV1升高, 而FMI升高时二者降低。从标准化回归系数(β)可以判断对于FVC, 无论性别, 受试者FFMI作用大于FMI, 而对于FEV1, 男性FMI作用大于FFMI, 女性则反之。无论性别, 受试者FFMI升高时, PEF和FEF25%皆升高, 而FMI对二者无作用。无论性别, 受试者FMI升高, FEF75%降低, 而FFMI对其无作用。FMI升高, 男性MMEF降低, 女性无明显改变(表4、表5)。

从回归方程(表6)可以判断, FFMI每升高1 kg/m², FVC男性升高47 mL, 女性升高43 mL, FEV1男性升高35 mL, 女性升高33 mL。FMI每升高

表3. 脂肪体重指数和成人肺通气功能各指标偏相关分析(控制年龄、身高、脂肪体重指数)

Table 3. Partial correlation coefficients of FMI with ventilation indexes while controlling the effects of age, height and FFMI

	Male		Female	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
FVC (L)	-0.128	0.014	-0.081	0.014
FEV1 (L)	-0.170	0.001	-0.093	0.005
FEV1/FVC (%)	-0.078	0.136	-0.035	0.284
PEF (L/S)	-0.090	0.086	0.043	0.189
FEF25% (L/S)	-0.066	0.203	0.021	0.519
FEF50% (L/S)	-0.067	0.202	-0.008	0.803
FEF75% (L/S)	-0.152	0.003	-0.089	0.006
MMEF (L/S)	-0.115	0.027	-0.047	0.148

FVC: forced vital capacity; FEV1: forced expiratory volume in one second; PEF: peak expiratory flow; FEF25%: forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity; FEF50%: forced expiratory flow at 50% of forced vital capacity; MMEF: maximal mid-expiratory flow; FEF75%: forced expiratory flow at 75% of forced vital capacity; *r*: partial correlations coefficient. When the *P* value is less than 0.05, the two indexes are significantly correlated.

表4. 男性受试者FVC、FEV1、PEF、FEF25%、FEF75%、MMEF预计方程式中年龄、身高、FFMI、FMI标准化回归系数

Table 4. Standardized regression coefficients (β) for age, height, FFMI and FMI in models predicting FVC, FEV1, PEF, FEF25%, FEF75% and MMEF of male subjects

	Age (year)		Height (cm)		FFMI (kg/m ²)		FMI (kg/m ²)	
	β	<i>P</i>	β	<i>P</i>	β	<i>P</i>	β	<i>P</i>
FVC (L)	-0.293	0.000	0.495	0.000	0.133	0.000	-0.111	0.014
FEV1 (L)	-0.415	0.000	0.402	0.000	0.109	0.006	-0.144	0.001
PEF (L/S)	-0.185	0.000	0.275	0.000	0.161	0.001	-	-
FEF25% (L/S)	-0.181	0.001	0.149	0.004	0.176	0.000	-	-
FEF75% (L/S)	-0.553	0.000	0.114	0.007	-	-	-0.157	0.000
MMEF (L/S)	-0.450	0.000	0.122	0.009	-	-	-0.099	0.040

FMI: fat mass index; FFMI: fat free mass index; FVC: forced vital capacity; FEV1: forced expiratory volume in one second; PEF: peak expiratory flow; FEF25%: forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity; MMEF: maximal mid-expiratory flow; FEF75%: forced expiratory flow at 75% of forced vital capacity; β is the standardized coefficient. All models given in the table are statistically significant ($P=0.000$).

1 kg/m², FVC男性降低50 mL, 女性降低25 mL, FEV1男性降低60 mL, 女性降低26 mL。

3 讨论

本工作探讨了中国东北成年人FFM、FM和肺通气功能关系。同国外有关工作比较, 本工作不仅观察了身体成分指标和FVC、FEV1的关系, 还分析

探讨了身体成分指标和PEF、FEF25%、FEF50%、FEF75%、MMEF的关系, 并进一步研究了FMI和FFMI对肺通气指标作用大小。本研究显示FFMI、FMI与FVC、FEV1的关系同国外相关研究工作结果一致^[4-6], 而且FFMI与其它相关肺通气指标呈正相关, FMI则与其它相关肺通气指标呈负相关, 其趋势与FFMI、FMI与FVC、FEV1的关系一致。同

表 5. 女性受试者 FVC、FEV1、PEF、FEF25%、FEF75% 预计方程式中年龄、身高、FFMI、FMI 标准化回归系数

Table 5. Standardized regression coefficients (β) for age, height, FFMI and FMI in models predicting FVC, FEV1, PEF, FEF25% and FEF75% of female subjects

	Age (year)		Height (cm)		FFMI (kg/m ²)		FMI (kg/m ²)	
	β	<i>P</i>	β	<i>P</i>	β	<i>P</i>	β	<i>P</i>
FVC (L)	-0.200	0.000	0.432	0.000	0.140	0.000	-0.082	0.014
FEV1 (L)	-0.431	0.000	0.361	0.000	0.114	0.006	-0.090	0.005
PEF (L/S)	-0.125	0.000	0.330	0.000	0.152	0.000	-	-
FEF25% (L/S)	-0.153	0.001	0.230	0.000	0.151	0.000	-	-
FEF75% (L/S)	-0.549	0.000	-	-	-	-	-0.108	0.000

FMI: fat mass index; FFMI: fat free mass index; FVC: forced vital capacity; FEV1: forced expiratory volume in one second; PEF: peak expiratory flow; FEF25%: forced expiratory flow at 25% of forced vital capacity; FEF75%: Forced expiratory flow at 75% of forced vital capacity; β is the standardized coefficient. All models given in the table are statistically significant ($P=0.000$).

表 6. 包含身体成分指标的 FVC、FEV1 直线回归方程

Table 6. Linear regression equations for FVC and FEV1 including terms of body composition

	Gender	Equation	R ²
FVC (L)	Male	$-6.141+0.061 \times \text{height}-0.017 \times \text{age}+0.047 \times \text{FFMI}-0.050 \times \text{FMI}$	0.439
	Female	$-3.526+0.041 \times \text{height}-0.012 \times \text{age}+0.043 \times \text{FFMI}-0.025 \times \text{FMI}$	0.348
FEV1 (L)	Male	$-3.579+0.046 \times \text{height}-0.022 \times \text{age}+0.035 \times \text{FFMI}-0.060 \times \text{FMI}$	0.479
	Female	$-2.065+0.033 \times \text{height}-0.017 \times \text{age}+0.033 \times \text{FFMI}-0.026 \times \text{FMI}$	0.411

FMI: fat mass index; FFMI: fat free mass index; FVC: forced vital capacity; FEV1: forced expiratory volume in one second. All models given in the table are statistically significant ($P=0.000$).

时我们还发现 FFMI、FMI 对相关肺通气指标的作用大小存在差异。后两项结果目前未见文献报道。

由于吸烟导致呼吸功能降低^[8,9], 所以我们去除了吸烟人群, 这也是本研究中男性受试者相对较少的原因。

身体成分可分为脂肪成分和非脂肪成分, FFM 的主要成分为蛋白质和骨矿盐, 而骨骼肌是机体蛋白质成分的主要来源。研究表明 FFM 是反映骨骼肌力量大小的良好指标^[4,7,11]。

本工作采用生物电阻抗法测定身体成分, 该方法准确性已经得到肯定, 它具有操作简便、成本低廉、无创安全等优点, 尤其适用于大规模人群检测^[7]。

在观察的 8 个肺通气指标中, 大气道阻塞时 PEF 和 FEF25% 会显著下降, 小气道功能障碍时 FEF50%、MMEF、FEF75% 会降低。FVC、FEV1 和 FEV1/FVC 则是全面反映肺通气功能的指标^[10]。结果显示 FFMI 与 PEF 和 FEF25% 呈正相关, 而与 FEF50%、MMEF、FEF75% 不相关。这主要是因为 PEF 和 FEF25% 处于流速容量环高肺容量阶段, 这一阶段呼气流速和用力程度密切相关, 与此相反, FEF50%、

MMEF、FEF75% 处于流速容量环低肺容量阶段, 这一阶段呼气流速和用力程度关系不大^[10], 而 FFM 是反映骨骼肌力量大小的良好指标^[4,11]。与 FFMI 作用不同, 无论性别, FMI 与 FEF75% 呈负相关, 而与 PEF、FEF25% 不相关。男性 FMI 与 MMEF 呈负相关。FMI 与这些指标的关系可能与小气道较之大气道更易受到内脏脂肪包裹、束缚有关。另外聚集在胸腹部的脂肪组织会使肺的顺应性下降, 因小气道壁比大、中气道管壁薄同时又缺乏软骨的支撑, 故小气道也更易受到影响^[12]。De Lorenzo 等人在 30 名肥胖者中开展的研究显示, 肥胖者通过饮食控制(低热量地中海饮食), 体重显著下降, FFM 未见明显下降, 而 FM 显著下降, 同时 FEF50%、MMEF 明显上升, 而 PEF 无显著改变^[13]。肺通气功能随身体成分改变的趋势与本工作一致。

从相关和回归分析可以看出, FFMI 和 FVC、FEV1 呈正相关, 而 FMI 则反之, 这与国外研究一致^[4-6]。在此基础上我们进一步考察了身体成分对 FVC 和 FEV1 作用大小。对于 FVC, 无论性别, FFMI 作用大于 FMI, 这可能是因为检测人群为各

- 14 Regitz-Zagrosek V, Lehmkühl E, Weickert MO. Gender differences in the metabolic syndrome and their role for cardiovascular disease. *Clin Res Cardiol* 2006; 95(3): 136-147.
- 15 Ischaki E, Papatheodorou G, Gaki E, Papa I, Koulouris N, Loukides S. Body mass and fat-free mass indices in COPD: relation with variables expressing disease severity. *Chest* 2007; 132(1): 164-69.
- 16 Wang JX (王金祥), Xu ZY, Zhang SM. Impacts of mild and moderate obesity on pulmonary in non-smoking adults. *Chin J Respir Crit Care Med* (中国呼吸与危重监护杂志) 2005; (4): 218-220 (Chinese, English abstract).
- 17 Lange P, Nyboe J, Jensen G, Schnohr P, Appleyard M. Ventilatory function impairment and risk of cardiovascular death and of fatal or non-fatal myocardial infarction. *Eur Respir J* 1991; 4(9): 1080-1087.
- 18 Lee HM, Chung SJ, Lopez VA, Wong ND. Association of FVC and total mortality in US adults with metabolic syndrome and diabetes. *Chest* 2009; 136(1): 171-176.
- 19 Simeón CP, Armadans L, Fonollosa V, Solans R, Selva A, Villar M, Lima J, Vaqué J, Vilardell M. Mortality and prognostic factors in Spanish patients with systemic sclerosis. *Rheumatology (Oxford)* 2003; 42(1): 71-75.
- 20 Sin DD, Wu L, Man SF. The relationship between reduced lung function and cardiovascular mortality: a population-based study and a systematic review of the literature. *Chest* 2005; 127(6): 1952-1959.
- 21 Young RP, Hopkins R, Eaton TE. Forced expiratory volume in one second: not just a lung function test but a marker of premature death from all causes. *Eur Respir J* 2007; 30(4): 616-622.
- 22 Zhu GJ (朱广瑾). *Chinese Physiology Constant and Psychological State*. Beijing: Peking union medical college press, 2006, 85-107 (Chinese).