

체중 및 체질량지수 차이에 따른 폐 기능과의 연관성

김태영, 우정현, 이우현, 조선경, 전해진

차의과학대학교 분당차병원 가정의학과

Relationship between the Change in Body Weight or Body Mass Index and Pulmonary Function

Taeyoung Kim, Jeonghyun Woo, Woohyun Lee, Seonkyung Jo, Hyejin Chun

Department of Family Medicine, Bundang CHA Medical Center, CHA University, Seongnam, Korea

Background: Obesity and deterioration of pulmonary function are known to increase all-cause mortality and morbidity associated with chronic diseases. Obesity is a known risk factor for decreasing pulmonary function; however, studies on the effect of changes in body weight or body mass index (BMI) on pulmonary function are rare. This study aimed to investigate the relationship between the change in body weight or BMI and the pulmonary function test (PFT) in Koreans who underwent consecutive screening at a health promotion center.

Methods: We enrolled 5,032 patients who underwent consecutive screening health check-ups at a health promotion center in 2015 and 2017. The BMI was calculated as the body weight (kg) divided by the square of the height (m²) in 2015 and 2017. We analyzed the association between the change in body weight or BMI and PFT.

Results: In males, PFT and changes in body weight were associated with forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) but not with changes in BMI. In females, FEV₁/forced vital capacity and forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity (FEF_{25-75%}) were significantly associated with the changes in body weight and BMI. A correlation analysis between body weight and BMI showed a negative correlation with FEF_{25-75%} in males. In females, FEV₁/FVC and FEF_{25-75%} were negatively correlated.

Conclusions: We observed that the increase in body weight and BMI was significantly associated with pulmonary function. This finding suggests that careful monitoring of body weight and BMI may aid in maintaining proper pulmonary function, thereby, reducing mortality and morbidity.

Korean J Health Promot 2019;19(2):91-95

Keywords: Obesity, Pulmonary function tests, Body mass index, Body weight

서 론

비만은 단지 외형적인 문제나 생활의 불편함을 초래하는 증상뿐 아니라 심혈관 및 호흡기 계통에 다양한 영향을 주

는 것으로 알려져 있어 단순한 체중과 체지방의 증가가 아닌 질환으로 우리나라에서도 인지되고 있으며 비만의 예방 및 치료를 위한 많은 연구들이 이뤄지고 있다.¹⁾ 하지만 수 많은 체중조절 및 비만 예방을 위한 노력에도 불구하고 2017년 국민건강통계에 따르면 우리나라 19세 이상 성인에서 비만 유병률은 2016년 기준 남성 42.3%, 여성 26.4%로 2015년 남성 39.7%, 여성 25.9%에 비하여 상승된 것으로 확인된다. 비만은 고혈압, 이상지질혈증, 당뇨병과 같은 만성 질환뿐 아니라 호흡기계에도 많은 영향을 미쳐 저환기 장애, 폐색성 수면 무호흡증 및 천식 등과 같은 폐 기능 장애에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.²⁻⁵⁾ 비만에 의해 발생되는 흉강과 복강의 지방 축적으로 인해 호흡의 기계적

- Received: Jun. 11, 2019 ■ Revised: Jul. 9, 2019 ■ Accepted: Jul. 9, 2019
- Corresponding author : **Hyejin Chun, MD, PhD**
Department of Family Medicine, Bundang CHA Medical Center, CHA University, 59 Yatap-ro, Bundang-gu, Seongnam 13496, Korea
Tel: +82-31-780-5360, Fax: +82-31-780-5944
E-mail: hyejinchun@chamc.co.kr
- This study was supported by a research grant from Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ011253062018) of Rural Development Administration, Republic of Korea.

기능에 변화가 발생하고 호흡 시에 소모되는 산소 소비가 증가한다는 견해가 있다.^{6,7)}

이와 같은 호흡 기능을 측정하는 방법으로 주로 폐 기능 검사(pulmonary function test, PFT)를 활용하고 있다. PFT에 영향을 줄 수 있는 인자로는 나이, 성별, 키, 인종, 비만 등이 제기되고 있다. 나이가 들수록 폐의 부피와 용량이 줄어드는 경향이 있으며 폐의 부피와 용량은 남성이 여성보다 일반적으로 큰 수치를 보인다.⁸⁾ 동일 연령대에서 키가 클수록 peak expiratory flow rate, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV₁), forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity (FEF_{25-75%})가 더 큰 경향을 보이고⁹⁾ 백인이 흑인에 비해 FVC와 FEV₁이 큰 경향이 있다.^{8,10-12)}

비만의 진단을 위해 일반적으로 체지방량과 분포를 측정하고 주로 computed tomography (CT), magnetic resonance image (MRI) 그리고 dual energy X-ray absorptiometry 등이 이용되나¹³⁾ 비용과 측정의 용이성 때문에 일반적으로 체질량지수(body mass index, BMI), 허리둘레, 생체전기저항 분석(bioelectrical impedance analysis)을 통한 체지방률이 비만 평가에 많이 이용되고 있다. 이 중 BMI는 신장에 대한 체중의 지표로 대단위 집단의 비만 정도를 간편하고 비교적 간단하게 평가할 수 있어 실제 비만 환자의 진료 및 연구들에서 다양하게 널리 이용되고 있다.^{1,14)}

비만과 폐 기능의 연관성에 대하여 현재까지 여러 연구가 진행되었으나 연구마다 관련 있는 PFT의 인자에 있어서 일치하는 결과를 보이고 있지 않고 있다. 더구나 단순히 비만도와와의 관련성이 아닌 비만도의 변화에 따른 폐 기능과의 연관성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 경기도 소재 분당차병원 건강검진센터에 2015년과

2017년 연속 내원하여 건강검진을 받은 성인 남녀를 대상으로 체중과 BMI 변화에 따른 PFT와의 연관성에 대해 알아보고자 한다.

방 법

1. 연구 대상

본 연구를 위하여 2015년과 2017년에 경기도 소재 분당차병원 건강검진센터에 내원하여 2년 연속 건강검진을 시행하여 신체계측 및 PFT를 시행한 6,118명을 대상으로 등록하였다. 총 6,118명에서 저선량 폐 CT 검사를 시행한 대상자 중에서 폐결핵, 기관지확장증, 무기폐 등 폐질환 혹은 폐질환 의심 소견이 확인된 대상자를 제외한 5,032명(남성 2,843명, 여성 2,189명)을 최종 대상으로 선정하여 분석을 시행하였다(Table 1).

2. 정의

BMI는 체중(kg)을 키의 제곱(m²)으로 나눈 값으로 정의되며 PFT에서 FVC와 FEV₁, FEF_{25-75%}를 사용하였고 이를 토대로 FEV₁/FVC를 구하였다. FVC는 최대 흡인한 후 내신 공기량, FEV₁은 최대 노력으로 1초간에 내신 공기량으로 FEV₁/FVC는 기도의 폐쇄성 유무를 파악할 수 있으며 FEF_{25-75%}는 FVC의 25-75%에 해당하는 공기의 흐름을 의미하며 세기관지의 기능을 보는 지표이다.¹⁵⁾

Table 1. The baseline characteristics and pulmonary function test variables of the study subjects

	Total (n=5,032)	Male (n=2,843)	Female (n=2,189)	P
Age, y	45.20±8.42	45.90±8.40	44.30±8.36	<0.01
Height, cm	167.96±8.98	173.39±6.58	160.89±6.38	<0.01
Weight, kg	67.66±13.19	75.46±10.59	57.52±8.51	<0.01
BMI, kg/m ²	23.82±3.36	25.06±2.98	22.22±3.14	<0.01
FVC	92.22±11.96	92.81±11.81	91.45±12.12	<0.01
FEV ₁	100.43±12.68	100.69±12.44	100.10±12.98	0.10
FEV ₁ /FVC	83.06±6.49	81.95±6.39	84.50±6.33	<0.01
FEF _{25-75%}	101.46±26.63	103.35±27.69	99.01±24.99	<0.01
ΔWt.	0.50±2.94	0.52±2.93	0.49±2.96	0.54
ΔBMI	0.11±1.07	0.10±1.00	0.14±1.15	0.33

Abbreviations: BMI, body mass index; FEF_{25-75%}, forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; FVC, forced vital capacity; ΔBMI, the difference in BMI of 2015 and 2017; ΔWt., the difference in body weight of 2015 and 2017. Values are presented as mean±standard deviation.

3. 통계분석

모든 통계분석은 PASW statistics 18 (SPSS, Hong kong, China)을 이용하여 분석하였다. 2017년을 기준으로 2015년 체중 및 BMI의 변화를 구하였고 그중 변화가 없거나 증가한 군에 대하여 2년간의 PFT 변화와의 상관분석을 시행하였고 연령보정을 한 편상관계수(r)를 구하였다. 2017년을 기준으로 2015년 체중과 BMI의 변화량을 계산하였고 변화가 없거나 감소한 군을 (-)그룹으로, 반대로 증가한 군을 (+)그룹으로 구분하여 분석하였다. 각 그룹의 체중, BMI, 폐 기능의 평균과 표준편차를 성별을 나누어 구하였고 독립표본 t -test로 비교하였다. P values <0.05를 통계적 유의성이 있음으로 정의하여 PFT와의 유의성을 분석하였다.

결 과

대상자들의 평균 연령은 45.20±8.42세(남, 45.90±8.40세; 여, 44.30±8.36세)이고 평균 BMI는 23.82±3.36 kg/m² (남, 25.06±2.98; 여, 22.22±3.14)로 확인되었다. 대상자들은 2년 후 검사에서 체중은 0.50 kg (남, +0.52 kg; 여, +0.49 kg), BMI는 0.11 kg/m² (남, +0.10; 여, +0.14) 증가한 것으로 확인되

었다. 2년간 변화 없거나 증가한 체중과 폐 기능 변화의 상관관계는 여성에서 FEV₁/FVC ($r=-0.060$, $P=0.030$), FEF_{25-75%} ($r=-0.070$, $P=0.011$)가 음의 상관관계를 보였다 (Table 2). 변화 없거나 증가한 BMI와 폐 기능 변화의 상관관계에서도 여성에서 FEV₁/FVC ($r=-0.077$, $P=0.006$)와 FEF_{25-75%} ($r=-0.080$, $P=0.004$)가 음의 상관관계에 있었다 (Table 3). 체중 변화에 의한 두 그룹 간의 유의성은 남성에서는 체중이 증가한 그룹에서 FEV₁이 더 낮은 것으로 확인되었고 여성에서는 FEV₁/FVC, FEF_{25-75%}가 체중이 증가한 그룹에서 유의하게 낮은 것으로 확인되었다(Table 4). BMI 차이에 의한 두 그룹 간의 유의성은 남성에서는 PFT와의 유의성이 없었으나 여성에서는 체중과 마찬가지로 FEV₁/FVC와 FEF_{25-75%}가 체중이 증가한 그룹에서 낮은 것으로 확인되었다(Table 5).

고 찰

본 연구의 결과, 남성의 경우 체중 및 BMI가 증가하여도 PFT 변화와는 상관관계가 없음을 확인할 수 있었고 여성의 경우에는 FEV₁/FVC와 FEF_{25-75%}가 음의 상관관계에 있음을 확인할 수 있었다. 체중이 증가한 군과 감소한 군으로 나

Table 2. The partial correlation between difference in body weight and pulmonary function test

Δ Wt.	Male (n=1,718)		Female (n=1,320)	
	r	P	r	P
Δ FVC	-0.025	0.292	0.010	0.730
Δ FEV ₁	-0.024	0.317	-0.028	0.308
Δ FEV ₁ /FVC	0.014	0.553	-0.060	0.030
Δ FEF _{25-75%}	-0.008	0.748	-0.070	0.011

Abbreviations: FEF_{25-75%}, forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; FVC, forced vital capacity; r , partial correlation coefficient adjusted by age; Δ FEF_{25-75%}, the difference in FEF_{25-75%} of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FEV₁, the difference in FEV₁ of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FEV₁/FVC, the difference in FEV₁/FVC of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FVC, the difference in FVC of 2015 and 2017 that except negative value; Δ Wt., the difference in body weight of 2015 and 2017 that except negative value.

Table 3. The partial correlation between difference in body mass index and pulmonary function test

Δ BMI	Male (n=1,653)		Female (n=1,293)	
	r	P	r	P
Δ FVC	0.015	0.548	0.022	0.429
Δ FEV ₁	0.015	0.532	-0.024	0.394
Δ FEV ₁ /FVC	0.009	0.701	-0.077	0.006
Δ FEF _{25-75%}	0.000	0.990	-0.080	0.004

Abbreviations: BMI, body mass index; FEF_{25-75%}, forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; FVC, forced vital capacity; r , partial correlation coefficient adjusted by age; Δ BMI, the difference in BMI of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FEF_{25-75%}, the difference in FEF_{25-75%} of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FEV₁, the difference in FEV₁ of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FEV₁/FVC, the difference in FEV₁/FVC of 2015 and 2017 that except negative value; Δ FVC, the difference in FVC of 2015 and 2017 that except negative value.

Table 4. Association between difference in body weight and pulmonary function test

Δ Wt.	Male			Female		
	(-) group (n=1,156)	(+) group (n=1,687)	P	(-) group (n=883)	(+) group (n=1,306)	P
Age, y	46.35±8.66	45.59±8.21	0.017	44.94±8.87	43.86±7.97	0.003
FVC	93.21±11.64	92.53±11.92	0.130	90.95±12.16	91.78±12.08	0.116
FEV ₁	101.40±12.51	100.20±12.36	0.011	100.18±13.12	100.04±12.90	0.805
FEV ₁ /FVC	82.04±6.56	81.89±6.27	0.529	84.89±6.62	84.23±6.11	0.016
FEF _{25-75%}	104.40±28.14	102.63±27.36	0.095	100.49±25.21	98.01±24.80	0.023

Abbreviations: (-) group, the negative value of difference in body weight of 2015 and 2017; (+) group, the positive value of difference in body weight of 2015 and 2017; FEF_{25-75%}, forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; FVC, forced vital capacity; Δ Wt., the difference in body weight of 2015 and 2017. Values are presented as mean±standard deviation.

Table 5. Association between difference in body mass index and pulmonary function test

Δ BMI	Male			Female		
	(-) group (n=1,308)	(+) group (n=1,535)	P	(-) group (n=979)	(+) group (n=1,210)	P
Age, y	46.38±8.65	45.50±8.17	0.005	44.83±8.68	43.86±8.07	0.007
FVC	93.01±11.46	92.64±12.10	0.399	90.97±12.25	91.83±12.00	0.097
FEV ₁	101.15±12.29	100.29±12.55	0.066	100.04±13.20	100.14±12.80	0.870
FEV ₁ /FVC	82.01±6.52	81.91±6.27	0.679	84.80±6.56	84.25±6.13	0.045
FEF _{25-75%}	104.19±28.14	102.63±27.29	0.136	100.23±25.21	98.02±24.78	0.040

Abbreviations: (-) group, the negative value of difference in BMI of 2015 and 2017; (+) group, the positive value of difference BMI of 2015 and 2017; BMI, body mass index; FEF_{25-75%}, forced expiratory flow between 25-75% of vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; FVC, forced vital capacity; Δ BMI, the difference in BMI of 2015 and 2017. Values are presented as mean±standard deviation.

누어 비교한 결과에서도 여성은 FEV₁/FVC와 FEF_{25-75%}가 유의한 차이를 보였다. 이는 여성의 경우 체중 및 BMI의 변화가 폐 기능의 폐쇄성에 영향을 줄 수 있는 것으로 이해될 수 있다.

본 연구는 비만군과 정상군으로 나누어 진행하지 않았고 CT나 MRI를 통한 체지방량의 분포를 고려하여 진행하지 않았기 때문에 골격근의 증가로 인한 체중 및 BMI 증가 여부를 확인하지 못한 제한점이 존재한다. 저선량 폐 CT 검사로 확인된 폐질환 환자들은 제외한 정상인 대상자들에서 비만도의 변화에 따른 PFT의 지표들에 대한 연관성을 분석한 장점이 있으나 폐 기능에 영향을 미칠 수 있는 흡연 및 운동 정도가 확인되지 않아 분석에 이용하지 못한 단점이 있다. 본 연구에서 남성의 경우 폐 기능과의 연관성에서 의미 있는 결과를 보이지 못하였는데 저선량 폐 CT를 통하여 기저 폐질환을 가진 군이 제외되었음에도 흡연 등의 폐 기능에 영향을 미칠 수 있는 요소들이 고려되지 못하였고 남성이 여성에 비해 흡연율이 일반적으로 높아 결과에 영향을 미쳤을 것이라 생각된다.

Lee¹⁶⁾의 흡연이 폐 기능에 미치는 영향에 대한 연구에서 50대 이하의 여성에서 흡연에 따른 FEV₁ 변화가 크지 않은

결과를 보여주었는데 비흡연자의 경우 FEV₁의 감소가 -9~-8 mL/year이고 흡연자의 경우 -10 mL/year로 큰 차이가 나지 않은 결과를 보였다. 본 연구의 여성의 평균 연령은 44.3세로 흡연율이 높지 않은 여성에서 해당 연령의 흡연 유무는 기존 연구의 결과에 미루어 보아 본 연구에 큰 영향을 주지 않았을 것으로 보인다.¹⁶⁾

De Souza 등¹⁷⁾이 고도 비만인을 대상으로 한 연구에서 FVC 및 FEV₁은 정상 체중군보다 낮고 BMI가 1 kg/m² 증가할 때 FVC는 91 mL, FEV₁은 20 mL 감소한다고 보고하였다. Bottai 등¹⁸⁾은 BMI와 허리둘레를 포함하여 진행한 연구에서 BMI와 허리둘레 등이 감소한 대상자가 폐 기능이 향상되었고 체지방이 증가한 대상자는 폐 기능이 감소하였으며 고도 비만에서 체중감량 후 폐 기능이 호전되었다고 보고하였다. 앞서 언급한 본 연구의 제한점들에도 불구하고 한국인을 대상으로 시행한 본 연구에서도 De Souza 등¹⁷⁾ 및 Bottai 등¹⁸⁾이 수행하였던 선행연구들과 유사한 결과가 여성에서 도출된 것에 의의가 있다고 생각된다.

Sahebajami와 Gartiskde¹⁹⁾, Hubinstein 등²⁰⁾은 복강내 지방 침착은 주로 소기관지에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 FEF_{25-75%}의 변화가 여성에게서 체중 및 BMI

가 증가할 때 음의 상관관계에 있음을 확인할 수 있었고 이는 세기관지에 영향을 미치는 것임을 확인할 수 있다.

본 연구는 분당차병원 건강검진센터에 내원하여 2회 연속 건강검진을 받은 단일기관 연구이지만 장기간 추적 관찰을 지속한다면 더 많은 자료를 축적하여 지속적인 연구가 가능하다는 장점이 있다. 비만군 및 정상군을 포함한 이 연구에서 체중 및 BMI의 증가가 폐 기능에 영향을 준다는 것을 보였으며, 지속적인 식이요법이나 운동 등을 통하여 비만도의 호전이 확인된 수검자 중에서 폐 기능의 향상을 가져올 수 있을 것인지, 폐 기능 저하와 관련 있는 질환의 유병률 감소 및 사망률 감소에도 영향을 미칠 것인지, 향후 후속연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경: 비만과 폐 기능의 저하는 만성 질환 이환율과 사망률 증가와 관련 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 국내에서 체중이나 체질량지수(BMI)의 변화가 폐 기능에 미치는 영향에 대한 연구는 없어 본 연구는 건강증진센터에서 연속적인 검진을 받은 한국인 수검자를 대상으로 체중이나 BMI 변화가 폐 기능 검사(PFT)의 인자들에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

방법: 2015년과 2017년에 일개 건강증진센터에서 건강검진을 연속적으로 받은 사람 중 신체계측과 PFT를 모두 시행한 5,032명을 대상으로 체중과 BMI의 변화와 PFT와 연관성을 상관분석 및 *t*-검정을 통하여 분석하였다.

결과: 체중과 BMI 변화에 따른 PFT 인자들과의 관련성에 있어서 남성에서는 유의미한 차이를 확인할 수 없었고 다만 체중이 증가한 그룹에서 FEV₁이 체중이 감소한 그룹에 비해 더 낮은 것으로 확인되었다. 여성에서는 체중과 BMI가 증가한 그룹에서 FEV₁/FVC와 FEF_{25-75%}가 체중이 감소한 그룹에 비해 더 낮았고, 체중과 BMI 변화에 따른 PFT 인자들과의 관련성에서 FEV₁/FVC와 FEF_{25-75%}가 음의 상관관계를 보여 비만도의 증가에 따라 FEV₁/FVC와 FEF_{25-75%}가 낮아지는 것과 관련이 있을 수 있음을 확인하였다.

결론: 본 연구에서는 비만도의 변화에 따라 PFT의 인자들의 변화가 있을 수 있음을 확인하였고 비만의 적절한 관리가 폐 기능에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 가능성을 확인한 것에 의의가 있다. 향후 대규모 다기관 연구를 통해 지속적인 비만의 관리가 폐 기능 및 폐질환에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

중심 단어: 비만, 폐 기능 검사, 체질량지수, 체중

REFERENCES

1. Chung SK. Effects of obesity on pulmonary function in adult women. *J Korean Public Health Nurs* 2014;28(1):22-31.
2. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol* (1985) 2010;108(1):206-11.
3. Bates DV. *Respiratory Function in Disease*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1989. p. 235-50.
4. Gibson GJ. Obesity, respiratory function and breathlessness. *Thorax* 2000;55 Suppl 1:S41-4.
5. Strobel RJ, Rosen RC. Obesity and weight loss in obstructive sleep apnea: a critical review. *Sleep* 1996;19(2):104-15.
6. Choi KS, Han JH, Hwang SK, Kang BS. The effect of body fat rate on pulmonary function and oxygen uptake in adult obesity men. *Korean J Sports Med* 1998;16(16):71-9.
7. Melo LC, Silva MA, Calles AC. Obesity and lung function: a systematic review. *Einstein (Sao Paulo)* 2014;12(1):120-5.
8. Al Ghobain M. The effect of obesity on spirometry tests among healthy non-smoking adults. *BMC Pulm Med* 2012;12:10.
9. Eigen H, Bieler H, Grant D, Christoph K, Terrill D, Heilman DK, et al. Spirometric pulmonary function in healthy preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(3 Pt 1):619-23.
10. Mukhopadhyay S, Macleod KA, Ong TJ, Ogston SA. "Ethnic" variation in childhood lung function may relate to preventable nutritional deficiency. *Acta Paediatr* 2001;90(11):1299-303.
11. Rossiter CE, Weill H. Ethnic differences in lung function: evidence for proportional differences. *Int J Epidemiol* 1974;3(1):55-61.
12. Hnizdo E, Churchyard G, Dowdeswell R. Lung function prediction equations derived from healthy South African gold miners. *Occup Environ Med* 2000;57(10):698-705.
13. De Lorenzo A, Andreoli A, Candeloro N. Within-subject variability in body composition using dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin Physiol* 1997;17(4):383-8.
14. Kim SR, Choi US, Choi JH, Koh HJ. Association of body fat and body mass index with pulmonary function in women in their forties. *J Korean Acad Fam Med* 2003;24(9):827-32.
15. Bassiri AG, Girgis RE, Doyle RL, Theodore J. Detection of small airway dysfunction using specific airway conductance. *Chest* 1997;111(6):1533-5.
16. Lee KH. The effect of smoking on lung function. *Tuberc Respir Dis* 2007;63(4):323-30.
17. De Souza SAF, Faintuch J, Greve JW, Cecconello I. Role of body mass index in pulmonary function of morbidly obese subjects. *Chest* 2007;132(4):613C.
18. Bottai M, Pistelli F, Di Pede F, Carrozzi L, Baldacci S, Matteelli G, et al. Longitudinal changes of body mass index, spirometry and diffusion in a general population. *Eur Respir J* 2002;20(3):665-73.
19. Sahebajami H, Gartskde PS. Pulmonary function in obese subjects with a normal FEV₁/FVC ratio. *Chest* 1996;110(6):1425-9.
20. Hubinstein I, Zanel N, Dubarry L. Airway limitation in morbidly obese, nonsmoking men. *Ann Intern Med* 1990;112(11):828-32.