

한국인의 정상 폐활량 예측치

¹서울대학교 보건대학원, ²산업안전보건연구원
최정근¹, 백도명¹, 이정오²

Normal Predictive Values of Spirometry in Korean Population

Jung Keun Choi¹, Domyung Paek¹, Jeoung Oh Lee²

¹School of Public Health, Seoul National University, ²Occupational Safety and Health Research Institute

Background : Spirometry should be compared with the normal predictive values obtained from the same population using the same procedures, because different ethnicity and different procedures are known to influence the spirometry results. This study was performed to obtain the normal predictive values of the Forced Vital Capacity(FVC), Forced Expiratory Volume in 1 Second(FEV₁), Forced Expiratory Volume in 6 Seconds(FEV₆), and FEV₁/FVC for a representative Korean population.

Methods : Based on the 2000 Population Census of the National Statistical Office of Korea, stratified random sampling was carried out to obtain representative samples of the Korean population. This study was performed as a part of the National Health and Nutrition Survey of Korea in 2001. The lung function was measured using the standardized methods and protocols recommended by the American Thoracic Society.

Among those 4,816 subjects who had performed spirometry performed, there was a total of 1,212 nonsmokers (206 males and 1,006 females) with no significant history of respiratory diseases and symptoms, with clear chest X-rays, and with no significant exposure to respiratory hazards subjects. Their residence and age distribution was representative of the whole nation. Mixed effect models were examined based on the Akaike's information criteria in statistical analysis, and those variables common to both genders were analyzed by regression analysis to obtain the final equations.

Results : The variables affecting the normal predicted values of the FVC and FEV₆ for males and females were age², height, and weight. The variables affecting the normal predicted values of the FEV₁ for males and females were age², and height. The variables affecting the normal predicted values of the FEV₁/FVC for male and female were age and height.

Conclusion : The predicted values of the FVC and FEV₁ was higher in this study than in other Korean or foreign studies, even though the difference was < 10%. When compared with those predicted values for Caucasian populations, the study results were actually comparable or higher, which might be due to the stricter criteria of the normal population and the systemic quality controls applied to the whole study procedures together with the rapid physical growth of the younger generations in Korea. (*Tuberc Respir Dis* 2005; 58:230-242)

Key words : Spirometry, Normal Predictive Values, FVC, FEV₁, FEV₆, FEV₁/FVC%

서 론

폐활량 검사는 일반 호흡기질환의 진단과 경과관찰, 폐와 관련된 수술 후 예후 관찰, 유해물질에 노출로 인한 폐의 영향 판정, 신체장애의 정도 판정 등 다양하게 활용되는 기본적인 검사방법이다. 폐활량 예

측식은 폐활량 검사의 결과를 판정하는 중요한 기준이다. 우리나라에서 폐활량 예측식은 중요한 판단 기준임에도 불구하고 적절한 폐기능 예측식이 없어 의사마다 코카시안 등 외국인을 대상으로 구한 다양한 예측식을 사용하고 있다. 따라서 통일적으로 사용할 수 있고, 우리나라 국민을 대표할 수 있는 폐기능 예측식 개발이 요구되었다^{1,2}.

외국에서는 그 나라 국민을 대상으로 구한 예측식을 목적에 따라 적절히 사용하고 있다. 미국흉부학회에서는 폐활량 예측식을 선택할 때 인종과 연령, 성별, 신장, 생활환경 등의 특수성을 고려해야 한다고 권고하고 있다³. 우리나라의 인구집단을 대상으로 폐활량

Address for correspondence : **Jung Keun Choi**
Kyongkido Bucheon City Woonmigu Sangdong 412-2 room 302
Phone : 032-328-5558 Fax : 032-328-0116
E-mail : koreamd@hotmail.com
Received : Oct. 11. 2004
Accepted : Nov. 29. 2004

검사를 하고 이를 평가하고자 할 때에도 우리나라의 정상인을 대상으로 구한 폐활량 예측식을 사용하는 것이 가장 바람직할 것이다.

그 동안 우리나라 국민을 대상으로 폐활량 예측식이 개발되었으나, 특정 집단을 대상으로 개발되는 등 대상자 선정에서 대표성의 문제와 검사방법이 국제적 기준에 적합하지 않거나, 검사기기의 정확성이 낮고, 검사결과에 대한 재현성이나 신뢰도가 보장되지 않는 경우 등이 지적되었다^{1,2}.

이에 본 연구는 전 국민을 대상으로 대표성 있는 대상자들을 선정하고, 미국흉부학회에서 제시한 폐활량 검사기와 폐활량 측정방법에 따라 실시하였다³⁻⁶. 엄격한 정도관리를 통하여 자료의 선정과 정상인의 선정기준을 국제적 기준에 맞게 설정하여 폐활량 예측식을 개발하고자 하였다.

대상 및 연구방법

본 연구는 우리나라의 전 국민을 대표할 수 있도록 전국적으로 대상자를 선정하였다. 정확성과 신뢰성 있는 결과를 얻기 위하여 폐활량 검사 실시자의 교육과 표준화된 검사 방법의 선정, 결과에 대한 정도관리, 국제적 기준에 맞는 폐기능 검사법과 검사기기를 선택하였다. 흉부방사선사진의 촬영과 흡연과 과거력 등 자세한 설문조사를 실시하였다.

연구대상자는 보건복지부가 주최하고 한국보건사회연구원이 주관하여 3년마다 실시하는 2001년 국민건강영양조사와 동일한 대상자로서, 통계청의 2000년 인구주택총조사가 기본 모수로 사용되었다. 통계청에 의뢰하여 각 시도의 섬지역을 제외한 전국을 조사대상지역으로 선정하였다. 7대 광역시와 6개를 2원 층화 추출방법을 사용하여 20개 층을 구성하였으며, 아파트지역과 비아파트지역으로 나누고, 지역적인 안배를 고려하여 각 층 내에서 행정구역에 따라 조사구를 정렬한 후 표본조사구를 계통추출하였다. 각 층의 조사구수에 비례하도록 표본을 비례배분하였다. 최종적으로 200개 조사구를 선정하였으며, 각 조사구에서 20여 가구가 선정될 수 있도록 계통추출법과 무작위추출법을 사용하여 연구대상자를 선택하였다. 조사 시기는

2001년 국민건강영양조사와 동일한 시기로서 2001년 11월부터 2002년 1월까지 시행하였다.

조사대상자 8,209명 중 폐활량 검사를 실시한 수는 4,816명으로 남자 2,120명, 여자 2,696명이었다. 폐활량 검사를 할 수 없었던 대상자들은 폐활량 검사에 참여하지 않았거나 불응하는 경우, 설명을 알아들을 수 없는 경우, 검사를 따라 할 수 없는 경우, 폐활량 검사 당일 감기와 유행성 독감, 급성기관지염, 폐렴 등 호흡기계 질환이 있거나 호흡기관련 기관지 확장제 등의 약제를 복용하고 있는 경우, 협심증과 심근경색 등의 심장질환이 있는 경우, 경부와 흉부수술을 받은 적이 있는 경우, 선천성 이상이 있거나 암과 근육질환이 있는 경우, 임신한 경우 등이었다.

폐활량검사기는 미국 SensorMedics사의 Vmax series SensorMedics 2130형인 Dry Rolling-seal spirometry를 이용하였다. 1995년 미국흉부학회에서 제안한 폐활량검사기의 정확도와 정밀도의 장비조건을 만족하는 기기이었으며, 폐활량 검사 방법은 미국흉부학회에서 제시하는 방법에³⁻⁶ 따라 자체적으로 기준을 세워 실시하였다. 검사자세는 의자에 앉아서 상체를 앞으로 약 15도 기울인 상태에서 실시하였고, 폐쇄순환법으로 코집계를 착용한 상태에서 검사하였다. 검사 횟수는 적어도 적합성이 있는 검사가 3번 이상 되도록 하였으며, 호기시간은 최소한 6초 이상 되도록 하였다. 폐활량 검사는 해당분야 유경험자로서 6일간의 이론교육과 실습을 실시하고, 최종적으로 시험을 거쳐 정확성과 신뢰성이 95% 이상이 되는 검사자가 실시하도록 하였다. 검사과정과 검사결과에 대하여 미국흉부학회에서 권장하는 방법으로³⁻⁶ 중앙에 정도관리 센터를 설치하여 조사기간 동안 매일 검사결과를 송부 받아 검사에 대한 정도관리와 질관리를 실시하였다. 지역별 검사장소에는 내과전문의가 참석하여 실제적인 검사진행을 감독하도록 하였다.

설문조사는 흡연과 급만성 호흡기계 질환, 순환기계질환, 암, 근골격계질환, 약물복용 여부 등에 대한 내용을 포함하였다. 단순흉부방사선 촬영을 실시하였으며, 이를 2명의 방사선과 전문의가 교차 판독하였다. 2명 사이에 이견이 있는 경우 3번째 전문의의 의견을 바탕으로 합의하여 판정하도록 하였다. 폐활량

검사 결과에 대한 적합성(acceptability)과 재현성(repeatability)의 판단 기준은 미국흉부학회에서 제시한 기준에 따랐다³⁶.

정상인의 선정 기준은 설문조사 및 검사 전 확인 질문을 통하여 폐활량에 영향을 미치는 호흡기 질환 및 증상이 없을 것, 흉부 방사선학적 검사에서 폐활량에 영향을 미치는 심폐 이상 소견이 없을 것, 흡연력 등 폐활량에 영향을 미칠 정도의 유해인자에 노출력이 없는 경우이었다.

호흡기계 질환과 증상은 의사의 진단에 의한 만성 기관지염, 폐쇄성 폐질환과 천식, 결핵, 폐기종, 폐질환과 설문조사를 통한 흉부질환으로 입원한 경력과 이와 관련한 약물 복용력이 있는 경우, 만성 기관지염은 일년에 3개월 이상 기침이나 가래가 지속된 기간이 2년 이상인 경우, 폐질환 관련 입원 치료한 경력이 있는 자와 천식 등의 약물 복용력이 있는 경우이었다. 검사당일 기침, 객담, 감기, 발열, 피로, 호흡곤란이 있는 경우와 기관지 확장제 등의 약제를 복용하고 있는 경우에 정상인에서 제외하였다(Table 1).

심폐 이상 소견은 흉부관련 질환으로 단순흉부방사선사진에서 흉부관련 질환과 심장관련 질환, 기타 압과 근육계 질환 등의 소견이 있는 경우이었다. 유해인자는 흡연과 직업적 유해인자에 노출될 수 있는 환경 및 물질 등을 포함하였다. 비흡연자는 흡연경력이 전

혀 없는 자와 평생 동안 100가피(5갑) 이하의 흡연으로 정의하였다. 기타 유해인자는 설문조사를 통하여 제외하였다.

폐활량 검사치 선택은 여러 번 시행한 검사에서 가장 큰 검사치를 선택하는 방법(best value selection method)을 이용하였다.

통계 분석은 SAS 8.4를 이용하여 폐활량 검사치와 변수들의 상관관계를 파악하여 분포의 특성과 예측치의 방향을 검토한 후 회귀분석을 실시하여 유의한 변수를 선정하였다. 다시 선정된 변수들을 조합하여 혼합효과모델(mixed effect model)에 적용하여 AIC(Akaike's information Criterion)를 구하였다. AIC 값이 가장 낮은 변수의 조합을 남자와 여자의 폐활량 예측식 모델로 선정하였다. 다시 단순하고 사용하기 편리한 폐활량 예측식을 유도하기 위하여 남자와 여자에서 공통적으로 포함된 변수들 중에서 변수의 수가 적으면서도 설명력이 높고, 잔차분석에서 크게 차이가 없는 변수를 선택하여 선형회귀분석 모델에 적용하여 최종적인 예측식을 유도하였다.

18-24세의 연령군이 25-29세의 연령군보다 폐활량 검사치가 약간 낮거나 높은 경우 모델의 설명력을 높이고 적합한 예측치를 유도하기 위하여 18-24세군을 25세군과 통합하여 분석하였다. 이러한 방법은 ECSC

Table 1. Criterion for normal subjects

1. Lifetime nonsmoker (total smoking of less than 5 pack)
2. No pulmonary diseases and symptoms affecting pulmonary function
 - 1) No MD diagnosis asthma, chronic bronchitis, emphysema and chronic obstructive diseases
 - 2) No history of chronic bronchitis
 - 3) No history of hospital admission for pulmonary or chest diseases
 - 4) No history of drug for asthma or asthmatic attack
 - 5) No persistent cough or phlegm over 3 months in the last year
 - 6) No moderate shortness of breath during whistling and/or wheezing
3. No abnormal signs and diseases of heart or chest affected pulmonary function
 - 1) No abnormal chest radiograph finding
 - 2) No heart diseases(angina, heart failure, myocardial infarction)
4. No exposure aversive factors affected pulmonary function
 - 1) No occupational exposure to high levels of dust, induced asthma, pulmonary fibrosis
5. No abnormal physical findings
 - 1) No congenital anomalies
 - 2) No history of chest or cervical area surgery
 - 3) No cancer or muscle diseases
6. No physical states affecting the pulmonary function in spirometric test
 - 1) No cough, phlegm, common cold, fever, fatigue, shortness of breath
 - 2) No intake drug such as a bronchodilator

(European Coal and Steel Community)와⁷ 아시아인에서 적절한 방법이라고 보고한 결과를 따랐다⁸.

연구 결과

1. 분석대상자들의 역학적 특징

폐활량검사를 실시한 4,816명 중 단순흉부방사선촬영을 하지 않은 대상자 337명, 단순흉부방사선사진에서 비정상자 1,079명, 폐기능 검사결과 적합성이 없는 검사자 551명, 재현성이 없는 검사자 755명, 의사로부

터 천식과 폐기종, 만성기관지염, 만성폐쇄성폐질환으로 진단 받은 검사자 121명, 만성기관지염과 폐질환, 흉부질환으로 입원한 경력, 천식과 천식 약물 복용력, 천식발작이 있는 검사자 131명이었으며, 이들을 제외한 연구대상자수는 1,842명이었다. 이 중에서 평생 5갑 이상 흡연자인 630명을 제외한 최종 분석대상자는 1,212명으로, 남자 206명, 여자 1,006명이었다. 지역별 분포를 볼 때 서울이 216명으로 가장 많았으며, 다음으로는 경기도가 176명이었다(Table 2). 연령별 분포는 남자에서 18-24세군이 가장 많아 50명이었으며, 여자에서는 35-39세군으로 172명이었다. 남자에서 분석

Table 2. Regional distribution of the subjects

	Male	Female	Total
강 원 도	3 (1.5)	20 (2.0)	23 (1.9)
경 기 도	26 (12.6)	150 (14.9)	176 (14.5)
경 상 도	24 (11.7)	74 (7.4)	98 (8.1)
광주광역시	16 (7.7)	72 (7.1)	88 (7.3)
대구광역시	9 (4.4)	39 (3.9)	48 (4.0)
대전광역시	16 (7.7)	46 (4.6)	62 (5.1)
부산광역시	31 (15.1)	108 (10.7)	139 (11.5)
서울특별시	20 (9.7)	196 (19.5)	216 (17.8)
울산광역시	3 (1.5)	11 (1.1)	14 (1.2)
인천광역시	5 (2.4)	44 (4.4)	49 (4.0)
전 라 도	25 (12.1)	103 (10.2)	128 (10.5)
제 주 도	2 (1.0)	28 (2.8)	30 (2.5)
충 청 도	26 (12.6)	115 (11.4)	141 (11.6)
합 계	206 (100.0)	1,006 (100.0)	1,212 (100.0)

Table 3. Number of subjects and the height, weight distribution according to age(N(%), Mean±(SD))

Age group	Number		Height				Weight			
	L	Male	Female	Male	Female		Male	Female		
18-24		50 (24.3)	96 (9.5)	172.5	1.03	159.5	0.54	66.8	1.75	55.2 0.93
25-29		20 (9.7)	113 (11.2)	172.1	1.28	159.8	0.51	68.5	2.28	54.7 0.76
30-34		26 (12.6)	151 (15.0)	172.6	1.29	158.3	0.41	70.9	1.81	56.4 0.69
35-39		27 (13.1)	172 (17.1)	170.9	1.15	157.6	0.41	71.7	1.74	56.9 0.60
40-44		23 (11.2)	158 (15.7)	167.6	1.40	157.3	0.39	70.3	2.22	58.6 0.64
45-49		20 (9.7)	109 (10.8)	167.0	1.35	156.7	0.46	66.0	1.72	59.5 0.74
50-54		10 (5.2)	77 (7.7)	165.9	1.00	156.1	0.57	65.6	2.13	59.8 0.84
55-59		15 (7.3)	61 (6.1)	167.2	1.55	154.4	0.63	68.8	2.39	59.5 1.23
60-64		11 (5.3)	44 (4.4)	162.6	2.11	153.4	0.75	65.8	2.84	57.3 0.98
65-69		3 (1.5)	17 (1.7)	159.3	3.47	153.2	1.18	62.8	3.35	55.4 1.41
70-		1 (0.5)	8 (0.8)	162.6	-	150.6	1.13	59.6	-	55.2 2.07
Total		193 (100.0)	1,006 (100.0)	169.7	6.91	157.4	5.24	68.4	9.84	57.3 8.24

대상자가 적은 군은 65-69세군이 3명, 70세 이상에서 1명이었으며, 여자에서 70세 이상이 8명이었다(Table 3).

남자의 신장 범위는 149.0 cm부터 188.0 cm이었으며, 평균 169.7 cm이었다. 18-24세군이 가장 컸으며, 나이가 증가할수록 감소하였다. 여자도 남자와 같은 경향을 보였으며, 평균은 157.4 cm로 141.5 cm부터 173.9 cm이었다. 체중은 남자에서 평균 68.4 kg이었으며, 47.0 kg부터 96.8 kg의 범위이었다. 35-39세군이 가장 체중이 많아 71.7 kg이었으며, 나이가 증가하면서 체중은 감소하였다. 여자들에서는 평균 57.3 kg이었으며, 38.5 kg부터 94.5 kg의 범위이었다. 남자와 달리 50세부터 54세까지가 가장 체중이 많아 59.5 kg이었다(Table 3).

노력성 폐활량은 남자와 여자에서 25-29세군이 가장 높아 각각 5.09 ℓ, 4.42 ℓ이었으며, 나이가 증가하면서 감소하였다(Table 4). 일초간 노력성 폐활량도 남자와 여자에서 동일한 경향을 보였다. 일초율은 18-24세군이 가장 높았으며, 나이가 증가하면서 감소하는 경향을 보였다.

2. 노력성 폐활량의 예측식 추정

노력성 폐활량은 남자와 여자 모두 25-29세군에서 가장 높았다. 18-24세군은 이보다 적어 18-24세군을 25세군과 통합하였다. 29세 이후는 연령이 증가하면

Table 4. FVC, FEV₁, FEV₁/FVC% according to age(Mean±SD)

	FVC(ℓ)				FEV ₁ (ℓ)				FEV ₁ /FVC%			
	Male		Female		Male		Female		Male		Female	
18-24	4.86	0.09	3.47	0.04	4.32	0.07	3.06	0.04	89.32	0.96	88.43	0.73
25-29	5.09	0.15	3.55	0.04	4.42	0.11	3.13	0.04	87.09	1.36	88.37	0.50
30-34	5.07	0.14	3.53	0.04	4.23	0.11	3.04	0.03	83.67	1.12	86.55	0.45
35-39	4.92	0.11	3.54	0.03	4.05	0.09	2.99	0.03	82.36	0.70	84.60	0.40
40-44	4.62	0.14	3.41	0.03	3.74	0.10	2.83	0.03	81.30	0.97	82.94	0.40
45-49	4.55	0.14	3.29	0.04	3.67	0.11	2.70	0.03	80.86	1.02	82.32	0.44
50-54	4.33	0.09	3.20	0.05	3.46	0.05	2.58	0.04	79.96	1.26	80.48	0.57
55-59	4.29	0.13	3.12	0.06	3.29	0.11	2.48	0.05	76.78	1.12	79.36	0.77
60-64	4.32	0.19	2.93	0.07	3.33	0.14	2.33	0.06	77.16	1.61	79.39	0.71
65-69	3.99	0.65	2.77	0.10	2.80	0.34	2.18	0.08	70.96	3.03	78.80	1.25
70-	3.66	-	2.76	0.12	2.49	-	2.07	0.11	68.05	-	74.81	1.97

Table 5. AIC(Akaike's information Criterion) of the variables of FVC, FEV₁, FEV₆ from regression analysis by the mixed effect model

Variables	AIC					
	FVC		FEV ₁		FEV ₆	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Age, height	308.4	934.8	215.0	644.4	254.0	852.1
Age ² , height	316.7	930.6	225.4	642.5	261.5	848.2
Age ³ , height	324.9	931.0	238.6	656.1	269.2	849.9
Age ² , height, weight	319.7	921.7	233.6	652.4	267.4	840.0
Age ² , height, weight, weight ²	328.0	927.2	242.2	666.6	278.2	846.0
Age ² , height, weight, height * weight	336.0	927.0	247.8	670.8	282.7	850.2
Age, height	350.7	959.3	254.1	690.3	279.8	878.6
Age ² , height	358.3	951.3	260.2	675.9	286.7	870.0
Age ³ , height	341.6	948.9	258.9	682.7	294.2	868.6
Age ² , height, weight	356.3	943.0	265.1	685.6	291.8	861.7

Age : Estimate to 25 age from 18-24 age group

서 일정한 방향으로 감소하는 경향을 보였다. 그래프 형태를 보았을 때 예측식의 추정치는 연령의 1차 함수보다 2승 또는 3승의 모델이 적절하였다. 노력성 폐활량과 독립변수들 간의 상관관계를 파악하기 위하여 회귀분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수들이었다.

변수를 조합하여 혼합효과모형을 적용할 때 AIC 값은 남자에서 보정한 연령과 신장을 포함한 모델의 값이 가장 작았으며, 여자에서는 보정한 연령의 2승, 신장, 체중을 포함한 모델이 가장 작았다. 결과적으로 노력성 폐활량의 변화를 설명하는 모델은 연령의 증가에 따라 폐활량이 감소하는 연령효과(aging effect)와 신장과 체중 등이 커짐에 따라 폐활량이 증가하는 체격효과(body-physical effect)를 복합적으로 나타내는 모델이 적합하였다(Table 5).

혼합효과모델에서 선정된 모델에 포함된 변수들을 단순선형회귀분석에 적용하여 남자와 여자에서 공통된 변수이면서, 적은 변수로 설명력이 높고, 모델을 구한 대상자수가 많은 연령의 2승과 신장, 체중 변수 모델을 선정하였다(Table 6).

노력성 폐활량의 예측식은 남자에서 $-4.8434 - 0.00008633 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.05292 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.01095 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서 $-3.0006 - 0.0001273 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.03951 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.006892 \times \text{체중}(\text{kg})$ 으로 추정되었다.

3. 일초간 노력성 폐활량의 예측식 추정

일초간 노력성 폐활량은 노력성 폐활량과 마찬가지로 남자와 여자에서 25-29세군이 가장 높았다. 18-24

세군을 25세군과 합쳐서 25세로 적용하였다. 29세 이후는 연령이 증가하면서 일정한 방향으로 감소하는 경향을 보였다. 그래프의 형태로 보아 예측식의 추정치는 연령의 1차 함수보다 2승 또는 3승의 모델이 적절한 모양이었다.

일초간 노력성 폐활량과 독립변수들 간에 회귀분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수들이었다.

변수를 조합하여 혼합모형에 적용할 때 AIC의 값은 남자에서 보정한 연령과 신장을 포함한 모델의 값이, 여자에서 보정한 연령의 2승, 신장 변수가 포함된 모델의 값이 가장 작았다(Table 5). 노력성 폐활량과 동일하게 연령의 증가에 따라 폐활량이 감소하는 연령효과와 신장과 체중 등에 따라 폐활량이 변화하는 체격효과를 복합적으로 나타내는 모델이 적합하였다.

혼합효과 모델에서 선정된 변수들을 단순선형회귀분석에 적용하여 예측식을 선정할 때 남자와 여자에서 공통된 변수이고, 간단하면서도 적은 변수로 설명력이 높고, 모델을 구한 대상자수가 많은 예측식은 연령의 2승과 신장 변수를 포함하는 모델이었다(Table 7).

일초간 노력성 폐활량의 예측식은 남자에서 $-3.4132 - 0.0002484 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.04578 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서 $-2.4114 - 0.0001920 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.03558 \times \text{신장}(\text{cm})$ 으로 추정되었다.

4. 6초간 노력성 폐활량의 예측식 추정

6초간 노력성 폐활량은 남자와 여자에서 30-34세군이 가장 높았으며, 35세 이상에서는 남자와 여자가 일정한 방향으로 감소하였다. 남자에서 25-29세군과

Table 6. The selected variables of the FVC from the lower AIC and American Thoracic Society applied to linear regression analysis

	Models	r^2
Male	$-4.8434 - 0.00008633 \times A^2 + 0.05292 \times H^{\dagger} + 0.01095 \times W^{\ddagger}$	0.4478
	$-5.5616 - 0.00006973 \times A^2 + 0.06140 \times H$	0.4299
	$-5.5626 - 0.00542118 \times A + 0.06197 \times H$	0.4280
Female	$-3.0006 - 0.0001273 \times A^2 + 0.03951 \times H + 0.006892 \times W$	0.3726
	$-3.1945 - 0.00011356 \times A^2 + 0.04310 \times H$	0.3598
	$-3.1341 - 0.00905634 \times A + 0.04377 \times H$	0.3512

*Age(year), † Height(cm), ‡ Weight(kg)

18-24세군은 이보다 낮았다. 여자에서는 25-29세군과 18-24세군이 비슷하였다. 그래프의 형태로 보아 예측식은 연령의 1차 함수보다 2승 또는 3승의 함수가 타당하였다.

폐기능 검사치와 독립변수들 간의 상관관계를 파악하기 위하여 회귀분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수들이었다. 변수를 조합하여 혼합효과모형을 적용할 때 AIC는 값은 남자에서 보정한 연령과 신장을 포함한 모델의 값이 가장 작았으며, 여자에서는 연령의 2승, 신장, 체중을 포함한 모델의 값이 가장 작았다(Table 5).

남자와 여자에서 공통된 변수이면서, 간단하고 가장 적은 변수로 가장 높은 설명력을 갖고, 많은 대상자들에서 적용된 모델은 연령의 2승과 신장, 체중변수를 포함한 모델을 단순선형회귀분석에 적용하였다(Table 8).

6초간 노력성 폐활량의 예측식 추정은 남자에서 $-4.4244 - 0.0001367 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.05156 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.008246 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서 $-3.1433 - 0.0001442 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.04018 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.007077 * \text{체중}(\text{kg})$ 이

었다.

5. 일초율의 예측식 추정

남자와 여자에서 18-24세군이 가장 높았으며, 25-29세군 이후 일정한 방향으로 감소하였다. 남자와 여자에서 60-64세군이 55-59세군에 비하여 약간 높았다. 여자에서는 18-24세군과 25-29세군의 차이가 크지 않았다. 그래프의 형태로 볼 때 여자에서 1차 함수의 모양을 나타내었으나 남자에서는 판단하기 어려웠다.

폐활량 검사치와 독립변수들 간의 상관관계를 파악하기 위하여 회귀분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수들이었다. 변수를 조합하여 혼합모형을 적용할 때 AIC 값은 남자에서 보정한 연령과 체중, 여자에서는 연령과 신장의 값을 포함한 모델의 값이 가장 작았다.

일초율의 변화를 설명하는 모델에서도 연령의 증가에 따라 폐활량이 감소하는 연령효과와 신장과 체중 등에 따라 폐활량이 변화하는 체격효과를 복합적으로 나타내는 모델이 적합하였다. 남자에서는 연령과 체

Table 7. The selected variables of the FEV₁ from the lower AIC and American Thoracic Society applied to linear regression analysis

	Model	r ²
Male	$-3.4132 - 0.0002484 * A^2 + 0.04578 * H^{\dagger}$	0.5897
	$-3.1461 - 0.0002546 * A^2 + 0.04262 * H + 0.004072 * W^{\ddagger}$	0.5926
	$-3.0055 - 0.0217147 * A + 0.04593 * H$	0.5930
Female	$-2.4114 - 0.0001920 * A^2 + 0.03558 * H$	0.4683
	$-2.3656 - 0.0001952 * A^2 + 0.03473 * H + 0.001629 * W$	0.4691
	$-2.1183 - 0.0165358 * A + 0.03582 * H$	0.4624

*Age(year), [†]Height(cm), [‡]Weight(kg)

Table 8. The selected variables of FEV₆ from lower AIC and American Thoracic Society to linear regression analysis

	Model	r ²
Male	$-4.4244 - 0.0001367 * A^{2*} + 0.05156 * H^{\dagger} + 0.008246 * W^{\ddagger}$	0.4805
	$-5.0405 - 0.0001277 * A^2 + 0.05847 * H$	0.4706
	$-4.9848 - 0.0104019 * A + 0.05928 * H$	0.4655
Female	$-3.1433 - 0.0001442 * A^2 + 0.04018 * H + 0.007077 * w$	0.3928
	$-3.3579 - 0.0001309 * A^2 + 0.04398 * H$	0.3798
	$-3.2630 - 0.0107326 * A + 0.04468 * H$	0.3709

*Age(year), [†]Height(cm), [‡]Weight(kg)

중 모델이, 여자에서는 연령과 신장 모델이 적합하였다(Table 9).

혼합효과 모델에서 선정된 변수들을 단순선형회귀 분석에 적용할 때 남자와 여자에서 연령과 체중으로 유도된 모델이 다른 모델에 비하여 설명력이 가장 좋았다. 남자와 여자에게 공통된 변수가 포함되고, 간단하면서도 적은 변수로 설명력이 높고, 모델을 구한 대상자수가 많은 예측식은 연령과 신장 변수를 포함하는 모델이었다(Table 10).

일초율의 예측식은 남자에서 $119.9004 - 0.3902 \times \text{연령(년)} - 0.1268 \times \text{신장(cm)}$ 이었으며, 여자에서 $97.8567 - 0.2800 \times \text{연령(년)} - 0.01564 \times \text{신장(cm)}$ 으로 추정되었다.

고 찰

폐활량 예측식은 연구자마다 변수와 상수, 설명력

등에서 다소 차이가 있다. 이러한 이유는 대상자의 선정과 최종적인 정상범위의 판단기준, 폐활량 검사방법, 폐활량 검사기기, 측정 조건, 통계적 방법 등의 차이 때문이다. 동일한 인구집단을 대상으로 개발된 예측식들 간에도 연구자마다 차이가 있기 때문에 예측식을 선택하는 기준에 대해 미국흉부학회는 측정방법상의 기준과 역학적 기준, 통계학적 기준을 제시하고 있으며, 이 조건들은 폐활량 예측식을 구하고자 할 때 고려되어야 한다고 하였다³.

본 연구에서는 이러한 조건들을 충족하기 위하여 측정방법에 있어 표준화된 동일한 검사기기와 동일한 측정방법을 사용하였다. 조사에 사용된 폐활량검사는 미국흉부학회의 지침에 맞는 기기이었다. 한편 역학적 기준에 있어 전체 인구집단에 대한 대표성을 갖기 위하여 2000년 인구주택총조사를 기본으로 한 전국을 대상으로 통계청에 의뢰하여 조사대상을 선정하

Table 9. The AIC(Akaike's information Criterion) of the variables of FEV₁/FVC% from regression analysis using the mixed effect model

Variables	AIC	
	Male	Female
Age, height	1180.1	6120.0
Age ² , height	1197.8	6151.8
Age ³ , height	1217.2	6190.8
Age ² , height, weight	1196.8	6124.1
Age ² , height, weight, weight ²	1206.3	6121.5
Age ² , height, weight, height * weight	1202.4	6115.2
Age, weight	1122.0	6121.9
Age	1185.6	6121.7
Age, height	1276.6	6263.5
Age ² , height	1292.4	6286.4
Age ³ , height	1313.2	6322.3
Age, weight	1275.9	6240.8

Table 10. The selected variables of the FEV₁/FVC% from the lower AIC applied to linear regression analysis

Model		r ²
Male	$119.9004 - 0.3902 \times A^* - 0.1268 \times H^{\dagger}$	0.4301
	$97.2818 - 0.3611 \times A$	0.4189
	$104.6884 - 0.3641 \times A - 0.10693 \times W^{\ddagger}$	0.4396
Female	$97.8567 - 0.2800 \times A - 0.01564 \times H$	0.2573
	$95.3280 - 0.2781 \times A$	0.2583
	$100.9014 - 0.2662 \times A - 0.1057 \times W$	0.2771

*Age(year), [†]Height(cm), [‡]Weight(kg)

도록 하였다. 또한 평생 비흡연자를 대상으로 엄격한 기준을 적용하여 건강한 정상인에 대한 단면적 연구를 하였다.

정상인의 선정 기준은 Crapo 등과⁹ Knudson 등^{10,11}, ECSC⁷, Hankinson 등의 예측식¹² 선정 기준, 그리고 국내에서 발표된 선정기준과 비교하여도 본 연구에서 엄격하게 적용되었다고 판단된다. 그러나 Morris 등의 연구¹³에서 제외한 유해한 직업적 노출 대상자를 배제하지는 못하였다. 현실적인 직업 노출 조사의 어려움과 함께 이미 질환이 발생하여 폐환기능이 감소되었다면 증세, 질병, 그리고 방사선학적 소견의 판단 기준에 걸려서 제외되었을 것이라고 판단하였기 때문이다.

조사대상자 8,209명중에서 폐활량 검사를 실시한 대상자는 4,816명으로 58.7%이었으나 지역적 분포나 연령별 분포에서 전국적인 대표성을 가질 수 있었다. 최종 분석대상자는 정상인이면서 비흡연자인 1,212명으로 남자 206명, 여자 1,006명이었다. 이는 Morris 등과¹³, Crapo 등⁹, Knudson 등^{10,11}, ECSC의 예측식에서⁷ 분석에 포함된 대상자보다 많았다. 비흡연자에 평생 동안 5갑 이하의 흡연자를 포함하였다. 5갑 이하의 흡연자와 비흡연자의 폐활량에 차이가 없었으며, Crapo 등의 조사에서도⁹ 평생 5갑 이하의 흡연자는 폐활량이 감소하지 않는다하여 포함하였다. 남자에서 65-69세군이 3명, 70세 이상이 1명이었고, 여자에서 70세 이상이 8명으로 고연령군에 대한 본 연구의 예측식을 적용할 때 오류가 있을 수 있었다.

18-24세군이 25-29세군보다 폐활량 검사치가 낮거나 비슷한 경우에 모델의 설명력을 높이고 가장 적합한 예측치를 유도하기 위하여 18-24세군을 25세군과 통합하여 분석하였는데 이는 유럽호흡기학회에서 구한 예측식의 방법이며⁷, 아시아인에서 적절한 방법이라고 보고한 결과를 이용하였다⁸.

우리나라에서 주로 사용되고 있는 외국의 예측식인 Morris 등¹³, Crapo 등⁹, Knudson 등^{10,11}, Kory 등¹⁴, ECSC의⁷ 예측식과 우리나라에서 1980년도 이후 조사된 김 등¹⁵, 주 등¹⁶, 조 등¹⁷, 백 등의¹⁸ 예측식은 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량 예측식을 연령과 신장 변수로 설명하고 있으나, 본 연구에서는 노력성 폐

활량의 예측식으로 연령의 2승과 신장, 체중 변수를 포함하였다. 체중이 설명력이 큰 변수는 아니었으나, 체중이 전체 모델에 포함된 이유로는 최근에 젊은 사람들에서 급격히 증가하는 체격 변화를 반영하는 것으로 판단되었다. 여자의 노력성 폐활량에서 조 등은¹⁷ 연령과 신장, 체중의 변수로 예측식을 구성하여 본 연구와 동일하였다. Hankinson 등의¹² 연구에서는 연령과 연령의 2승, 신장으로 본 연구와 다소 차이가 있었다. 본 연구에서 일초간 노력성 폐활량의 예측식은 연령의 2승과 신장을 포함하여, 다른 연구와 포함된 변수에서는 동일하나 그 형태에 차이가 있었다. 또한 6초간 노력성 폐활량의 예측식은 연령의 2승과 신장, 체중 변수로 설명하고 있으나 Hankinson 등의¹² 연구에서는 연령과 연령의 2승, 신장으로 본 연구와 다소 차이가 있었다.

일초율의 예측식은 대부분의 다른 연구와 동일하게 연령과 신장 변수로 설명되었다. 일부 예측식과 차이가 있어 남자에서 Knudson 등^{10,11}과 ECSC는⁷ 연령만으로, 조 등은¹⁷ 연령과 체중 변수로 설명하고 있다. 여자에서는 ECSC는⁷ 연령만므로, 조 등은¹⁷ 연령과 체중으로 설명하고 있어 본 연구와 차이가 있었다.

본 연구에서 개발된 예측식의 정상범위를 구하기 위하여 개발된 예측식 공식을 분석대상자 개개인에 적용하여 예측치 대비 검사치를 구하고, 그의 평균으로부터 표준오차의 1.645배에 해당하는 95% 신뢰구간의 하한치와 95 percentile의 하한치를 구하였다. 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량%는 95 percentile이 83.5%이었으며, 95% 신뢰구간은 82.0%이었다. 여자는 각각 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량%는 95 percentile이 남자 82.3%, 여자 80.4%이었다. 95% 신뢰구간은 남자에서 82.0%, 여자 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자에서 95 percentile이 91.1%, 여자 89.9%이었다. 95% 신뢰구간은 남자 89.8%, 여자 89.7%이었다(Table 11).

다른 예측식들과 잔차를 분석하였을 때 남자에서 노력성 폐활량 예측식 대비 %는 모두 음의 관계를 갖고 있어 본 예측식이 가장 높게 예측치를 추정하고 있었다. 그러나 주 등의¹⁶ 예측식을 제외하고 그 차이는 10% 이내이었다. 여자도 모두 음의 관계를 나타내었

으며, Morris 등의¹³ 예측식과는 -2.47%, 김 등의¹⁵ 예측식과는 -2.55%를 나타내었다. 그러나 ECSC와⁷ 조 등의¹⁷ 예측식을 제외하고 10% 이내의 차이였다. 이는 여자의 노력성 폐활량 예측식이 남자와 동일하게 다른 예측식보다 예측치를 높게 추정한다는 것을 의미하였다(Table 12).

노력성 폐활량 예측식을 적용한 적용치와 실측치의 차이에 대한 잔차분석에서 남자에서 Morris 등¹³ Crapo 등의⁹ 예측식이 양의 관계를 나타낸 반면 다른 모든 예측식과는 음의 관계를 갖고 있었다. 여자는 모두 음의 관계를 나타내었다. 또한 이 잔차를 회귀분석 하였을 때 연령은 남자와 여자에서 음의 관계로 유의 하였으며, 이는 연령이 증가할수록 본 연구의 예측식 보다 차이가 커질 수 있다는 것을 의미하였다. 신장은 남자에서 대부분의 예측식과 유의하지 않았으나 Knudson 등의^{10,11} 예측식이 유의한 양의 관계를 나타내었다. 여자는 Crapo 등의⁹ 예측식만 유의한 양의 관

계를 나타내었으며, 다른 예측식은 유의하지 않았다.

그동안 발표된 예측식들은 일반적으로 같은 연령과 같은 신장일 경우 백인들의 노력성 폐활량이 흑인들에 비하여 크며, 아시아인들의 노력성 폐활량은 백인과 흑인들의 중간이라고 보고하였다. 1991년 미국흉부학회에서는 백인과 흑인의 차이가 약 12%라고 보고하여 본 연구에서도 백인보다 약 6% 작을 것이라고 예측하였으나 결과는 백인보다 오히려 높았다. 이는 최근 우리나라 젊은 연령층에서 신장과 체중 증가가 현격하여 서구의 체격과 비슷해졌다는 점과 본 연구의 정상범위 선정기준이 다른 연구보다 엄격하고 적합성과 재현성의 기준이 엄격하게 선정된 결과로 해석할 수 있었다. 그러나 대부분의 예측식과는 10% 이내의 차이를 보이고 있었다.

남자와 여자에서 일초간 노력성 폐활량에 대한 잔차분석도 노력성 폐활량과 비슷하였다. 김 등의¹⁵ 예측식만이 본 예측식보다 예측치가 높아 양의 관계를

Table 11. Lower limits of the percent age predicted values

	%PFVC		%PFEV ₁		%PFEV ₁ %	
	95percentile	95% C.I	95percentile	95% C.I	95percentile	95% C.I
Male	83.5	82.0	82.3	82.0	91.1	89.8
Female	81.6	81.6	80.4	80.7	89.9	89.7

%PFVC : $100 * (FVC / \text{predicted FVC})$

%PFEV₁ : $100 * (FEV_1 / \text{predicted FEV}_1)$

%PFEV₁% : $100 * (FEV_1\% / \text{predicted FEV}_1\%)$

95% C.I : $\text{Mean} - 1.645 * SD$

Table 12. Analysis of the residues from the FVC prediction

	Male				Female			
	Resi*	Resi [†]	regression [‡]		Resi*	Resi [†]	regression [‡]	
	M [#] (%)	M [#] (%)	Age(α)	Height(β)	M [#] (%)	M [#] (%)	Age(α)	Height(β)
Morris ¹³	-1.32	0.68	S(-)	NS	-2.47	-0.94	S(-)	NS
Crapo ⁹	-0.91	1.01	S(-)	NS	-3.78	-2.28	S(-)	S(+)
Knudson ¹¹	-8.32	-6.10	S(-)	S(+)	-8.27	-6.88	S(-)	NS
ECSC ⁷	-7.19	-5.18	S(-)	NS	-10.69	-9.24	S(-)	NS
주 등 ¹⁵	-2.21	-0.16	S(-)	NS	-2.55	-1.10	S(-)	NS
김 등 ¹⁶	-13.97	-12.62	NS	NS	-	-	-	-
조 등 ¹⁷	-4.24	-2.72	S(-)	NS	-14.77	-13.51	S(-)	NS
백 등 ¹⁸	-8.30	-6.53	S(-)	NS	-	-	-	-

*Residue(%) = $100 * ((\text{predicted FVC} - \text{predicted FVC}) / \text{predicted FVC})$, [†]Residue(%) = $100 * ((\text{predicted FVC} - \text{observed FVC}) / \text{observed FVC})$, [‡]Residual regression model : $\text{predicted FVC} - \text{observed FVC} = \alpha * \text{height} + \beta * \text{age} + \gamma$, [#]Mean, NS : $p > 0.1$, S(+) : $P < 0.1$ with positive slope, S(-) : $P < 0.1$ with negative slope

나타내었으나 다른 예측식보다는 본 예측치가 높게 추정하였다. 백 등의¹⁸ 예측식이 -13.31%로 가장 차이가 많았으며, 이를 제외하고는 10% 이내의 차이이었다(Table 13). 남자에서 본 연구의 실측치와 다른 연구자들의 예측치를 비교할 때 Crapo 등과⁹ 김 등의¹⁵ 예측치를 제외하고는 모두 음의 관계를 나타내고 있어 본 예측식의 예측치가 높다는 것을 알 수 있었다. 백 등의¹⁸ 예측식과 -11.65%의 차이를 제외하고, 모든 예측식과는 10% 이내의 차이를 보이고 있었다. 연령에 대한 차이를 회귀분석하였을 때 노력성 폐활량과 비슷하게 음의 유의한 관계를 나타내어 연령이 증가할수록 본 연구의 예측식보다 차이가 커질 수 있다는 것을 의미하였다. 주 등의¹⁶ 예측식과는 유의하지 않았다. 신장은 대부분 유의하지 않았으며, Knudson

등과^{10,11} 김 등의¹⁵ 예측식과는 양의 유의한 관계를 나타내었다.

여자는 김 등의¹⁵ 예측식이 본 예측식보다 예측치를 높게 추정하였으나 다른 예측식들은 낮게 추정하였다. Morris 등의¹³ 예측식과 -10.16%의 차이를 보이고 있으나 다른 예측식들과의 차이는 10% 이내이었다. 본 연구 대상자의 실측치에 다른 예측치를 적용한 차이도 국내의 김 등과¹⁵ 조 등의¹⁷ 예측식은 양의 관계를, 백인을 대상으로 구한 예측식과는 음의 관계를 나타내었다. 연령에 대한 회귀분석에서 다른 예측식과는 모두 유의한 음의 관계를 나타내고 있어 연령이 증가할수록 본 연구의 예측식과 비교하여 정상 예측치가 낮을 수 있음을 나타내었다. 신장에서는 ECSC의 예측식과⁷ 유의한 음의 관계를 나타내었으나 다른 예

Table 13. Analysis of the residues from the FEV₁ prediction

	Male				Female			
	Resi*	Resi [†]	regression [‡]		Resi*	Resi [†]	regression [‡]	
	M [#] (%)	M [#] (%)	Age(α)	Height(β)	M [#] (%)	M [#] (%)	Age(α)	Height(β)
Morris ¹³	-7.57	-5.81	S(-)	NS	-10.16	-8.54	S(-)	NS
Crapo ⁹	-1.05	0.73	S(-)	NS	-2.77	-1.04	S(-)	NS
Knudson ¹¹	-8.38	-6.32	S(-)	S(+)	-7.47	-5.88	S(-)	NS
ECSC ⁷	-6.63	-4.88	S(-)	NS	-8.81	-7.17	S(-)	S(+)
주 등 ¹⁵	0.70	2.58	S(-)	S(+)	1.08	2.80	S(-)	NS
김 등 ¹⁶	-9.98	-8.44	NS	NS	-	-	-	-
조 등 ¹⁷	-2.09	-0.57	S(-)	NS	-0.20	1.52	S(-)	NS
백 등 ¹⁸	-13.31	-11.65	S(-)	NS	-	-	-	-

*Residue(%) = 100 * ((predicted FEV₁ - predicted FEV₁) / predicted FEV₁), [†]Residual regression model : predicted FEV₁ - observed FEV₁ = α * height + β * age + γ, [#]Mean, NS : p>0.1, S(+): P<0.1 with positive slope, S(-): P<0.1 with negative slope

Table 14. Analysis of the residues from the FEV₁/FVC% prediction

	Male				Female			
	Resi*	Resi [†]	regression [‡]		Resi*	Resi [†]	regression [‡]	
	M [#] (%)	M [#] (%)	Age(α)	Height(β)	M [#] (%)	M [#] (%)	Age(α)	Height(β)
Crapo ⁹	-0.390	-0.165	S(+)	NS	0.734	1.238	NS	S(-)
Knudson ¹¹	-0.390	-6.318	S(+)	S(+)	1.051	1.531	S(+)	S(-)
ECSC ⁷	-3.270	-2.907	S(+)	S(+)	-3.076	-2.606	S(+)	NS
주 등 ¹⁵	2.847	3.161	S(+)	NS	3.375	3.959	S(+)	S(-)
조 등 ¹⁷	1.307	1.952	S(+)	NS	13.376	13.930	S(-)	S(-)
백 등 ¹⁸	7.717	8.123	S(+)	NS	-	-	-	-

*Residue(%) = 100 * ((predicted FEV₁/FVC% - predicted FEV₁/FVC%) / predicted FEV₁/FVC%), [†]Residual regression model : predicted FEV₁/FVC% - observed FEV₁/FVC% = α * height + β * age + γ, [#]Mean, NS : p>0.1, S(+): P<0.1 with positive slope, S(-): P<0.1 with negative slope

측식과는 유의한 관계가 없어 신장에 따른 변화는 없다고 판단되었다.

일초율에 대한 예측식의 잔차분석은 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 예측식과 달리 남자에서 외국의 예측식보다 예측치를 높게 추정하는 반면, 국내의 예측식보다 낮게 추정하였다. 여자는 ECSC의 예측식보다⁷ 높게 추정하였으나 다른 예측식보다는 낮게 추정하였다. 그러나 모두 10% 이내의 차이이었다(Table 14). 본 연구의 실측치와 다른 연구자들의 예측식을 비교할 때도 외국의 예측식은 예측치를 낮게 추정한 반면 국내의 연구는 모두 높게 추정하였다. 그러나 그 차이는 10% 이내의 범위이었다. 남자에서 다른 예측식을 실측치에 적용한 차이를 회귀분석할 때 연령은 모두 양의 유의한 관계를 나타내고 있어 연령이 증가할 경우 본 예측식과 양의 방향으로 차이가 날수 있었다. 신장에 대한 회귀분석에서 Knudson 등과^{10,11} ECSC의 예측식을⁷ 제외하고 모두 차이가 유의하지 않았다.

여자도 다른 예측식에 비하여 본 예측식에서 예측치를 낮게 추정하였다. 조 등의¹⁷ 예측치를 제외하고 차이는 10% 이내이었다. 다른 예측식과 실측치의 차이를 분석할 때 ECSC의 예측식만⁷ 음의 차이를 나타내고 있었으나 그 외의 예측식은 양의 차이를 나타내었다. 조 등의¹⁷ 예측식을 제외한 다른 예측식과는 10% 이내의 범위이었다. 잔차에 대한 회귀분석에서 연령은 Knudson 등과^{10,11} ECSC의 예측식⁷, 김 등의 예측식과¹⁵ 양의 유의한 관계를 나타내었다. 조 등의 예측식과는¹⁷ 음의 유의한 관계를 나타내었으나 Crapo 등의 예측식은⁹ 유의하지 않았다. 신장에 있어 ECSC의 예측식과는⁷ 유의하지 않았으며, 다른 예측식과는 음의 유의한 관계를 나타내었다.

요 약

연구배경 :

우리나라 국민을 대상으로 실시한 폐활량검사의 판정과 해석은 우리나라 국민을 대상으로 구한 폐활량 예측식이 사용되어야 한다. 그 동안 외국인을 대상으로 구한 폐활량 예측치가 사용되어 오류가 있었다. 본

연구에서는 전 국민을 대상으로 대표성 있고 신뢰할 수 있는 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 6초간 노력성 폐활량, 일초율에 대한 정상 예측식을 개발하고자 하였다.

연구방법 :

전 국민을 대상으로 층화표본 추출법을 사용하여 조사대상을 선정하였으며, 폐활량검사와 검사방법, 검사과정, 결과의 선택을 미국흉부학회에서 권고하는 기준에 따라 체계적인 정도관리와 질관리를 실시하였다.

폐활량 검사를 실시한 대상자 4,816명 중에서 비흡연자이면서 폐활량에 영향을 미칠 수 있는 호흡기 질환 및 증상이 없고, 흉부방사선학적 검사에서 심폐 이상 소견이 없으면서, 폐활량에 영향을 미치는 유해인자에 노출력이 없는 대상자는 1,212명으로 남자 206명, 여자 1,006명이었다. 이들은 지역과 연령별로 우리나라 국민을 대표할 수 있었다. 통계분석에서 혼합효과모형을 적용하여 AIC 값이 가장 작은 모델로서 남자와 여자에 공통적으로 포함된 변수들을 일반선형회귀분석에 적용하여 폐활량 예측식을 구하였다.

결 과 :

노력성 폐활량의 예측식은 남자 $-4.8434 - 0.00008633 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.05292 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.01095 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자 $-3.0006 - 0.0001273 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.03951 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.006892 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었다.

일초간 노력성 폐활량의 예측식은 남자 $-3.4132 - 0.0002484 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.04578 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자 $-2.4114 - 0.0001920 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.03558 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었다.

6초간 노력성 폐활량의 예측식은 남자 $-4.4244 - 0.0001367 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.05156 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.008246 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자 $-3.1433 - 0.0001442 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.04018 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.007077 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었다.

일초율의 예측식은 남자 $119.9004 - 0.3902 \times \text{연령}(\text{년}) - 0.1268 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자 $97.8567 - 0.2800 \times \text{연령}(\text{년}) - 0.01564 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었다.

결 론 :

본 예측식은 미국흉부학회에서 제시하고 있는 연령과 신장 변수에 체중이 포함되어 차이가 있었다. 이러

한 이유는 연령효과와 젊은 연령에서 신장과 체중이 급격하게 변화하는 체격효과가 복합적으로 작용하기 때문이라고 해석된다.

본 예측식과 다른 국내 및 국외 예측식을 비교할 때 본 예측식이 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 일초율의 예측치를 높게 추정하였으나 대부분 그 차이가 10% 이내로 비슷하였다. 코카시안인 백인을 대상으로 구한 외국의 예측식보다 본 연구의 정상 예측치가 낮지 않았다. 이러한 이유로는 우리나라 젊은 사람들의 체격조건의 변화와 함께 엄격한 정상인의 선정기준, 검사방법과 검사결과의 정도관리 및 질관리에 기인하는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 산업안전보건연구원의 용역으로 진행되었습니다. 산업안전보건연구원에서는 폐활량예측식을 구하기 위하여, 대한결핵및호흡기학회는 만성폐쇄성호흡기질환의 유병율을 구하기 위하여 공동으로 폐활량검사를 실시하였습니다.

본 연구에 참여한 산업안전보건연구원의 연구자들은 이정오 · 이상재 · 고경선 · 서경범 · 신재훈 · 이유진 · 이용학 · 광현석 연구원, 서울대 보건대학원 하태규 연구원이 참여하였으며, 이 분들에게 감사를 드리며, 대한결핵및호흡기학회의 COPD 연구진과 연구에 참여한 내과선생님들에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Choi JK, Son MA, Kim HK, Paek D, Choi BS. Lung function test for workers and its quality control program. *Korean J Occup Environ Med* 1994;6:187-200.
2. Choi JK. Study of normal predictive reference for healthy Korean adults. Occupational Safety and Health Research Institute. 2000, 2001, 2002.
3. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:1202-18.
4. American Thoracic Society. Snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:831-8.
5. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1987 update. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1285-98.
6. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1994 update. *Am Rev Respir Crit Care Dis* 1995;152:1107-36.
7. European Coal and Steel Community. Standardized lung function testing: report working party. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983;19(Suppl 5):1-95.
8. Zheng J, Zhong N. Normative values of pulmonary function testing in Chinese adults. *Chin Med J* 2002;115:50-4.
9. 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.
10. Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, Burrows B. The maximal expiratory flow-volume curve: normal standards, variability and effects of age. *Am Rev Respir Dis* 1976;113:587-600.
11. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-34.
12. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:179-87.
13. Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Respir Dis* 1971;103:57-67.
14. Kory RC, Callahan R, Boren HG, Syner JC. The Veterans Administration-Army cooperative study of pulmonary function: I. clinical spirometry in normal men. *Am J Med* 1961;30:243-58.
15. Kim JM, Jeong ET, Jeong WJ, Park JO, Choi IS, Park KO. Study on the normal predicted standard of spirometry health nonsmoking Korean adults. *Tuberc Respir Dis* 1984;31:1-9.
16. Joo JC, Song SH, Yoo ST, Kim HW. The effect of aging on the pulmonary function of the healthy adults. *Korean J Anesthesiol* 1990;23:1021-6.
17. Cho WK, Kim EO, Myung SJ, Kwak SM, Koh YS, Kim WS, et al. Prediction formulas of pulmonary function parameters derived from forced expiratory spirogram for healthy nonsmoking and smoking adults and effect of smoking on pulmonary function parameters. *Tuberc Respir Dis* 1994;41:521-30.
18. Paek D, Choi JK, Choi BS, Chung KC. Normal predictive values of FVC and FEV₁ for healthy Korean male workers. *Korean J Occup Environ Med* 1994;6:175-86.