

보건분야-연구자료

연구원2003-49-460

Occupational Safety & Health
Research Institute

2003 연구보고서

OSHR I

폐기능 예측식 개발

한국산업안전공단
산업안전보건연구원

폐기능 예측식 개발

2003년 8월

주관연구기관
제) 한국산업의학연구소

연구책임자 최 정 근
공동연구자 백 도 명

본 연구는 산업안전보건연구원의 이정오·이상재·고경선·서경범·신재훈·이유진·이용학·곽현석 연구원, 서울대 보건대학원 하태규 연구원이 연구에 참여하였으며, 대한결핵 및 호흡기학회와 공동으로 진행하였습니다.

산업안전보건연구원

제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 2003년도 귀 연구원의 연구사업계획에 따라 수행한 '폐기능
예측식 개발'의 최종 보고서로 제출합니다.

2003년 8월

연구기관 : 재) 한국산업의학연구소

연구책임자 : 최 정 근 (한국산업의학연구소 연구원, 의학박사,
보건학박사)

공동연구자 : 백 도 명 (서울대학교 보건대학원교수, 박사)

요 약 문

1. 과제명 : 폐기능 예측식 개발
2. 연구기간 : 2002년 8월 - 2003년 8월
3. 연구자 : 재) 한국산업의학연구소 최정근, 공동 연구자 서울대학교 보건대학원 교수 백도명
4. 연구목적 : 한국국민을 대상으로 폐기능 예측식 개발
5. 연구내용 : 전국민을 대상으로 대표성이 있는 연구대상자를 선정하였으며, 4,816명의 폐기능 검사를 실시하였고, 이중 정상인의 기준과 폐기능의 적합성과 재현성이 있는 1,842명에 대하여 폐기능 예측치 공식을 개발하였다.
6. 활용계획 :
7. 연구개요 : 전국민을 대상으로 통계청에서 우리나라의 국민을 대표할 수 있는 표본추출을 실시하고, 미국흉부학회에서 권고하는 기준을 만족하는 폐기능 검사기와 폐기능 검사 방법을 따랐다. 폐기능 검사과정과 결과의 선정에서 엄격한 정도관리와 질관리를 실시하여 4,816명에 대하여 폐기능검사를 실시하였다. 이중에서 적합성과 신뢰성이 없는 검사자는 876명으로 이를 제외하였다. 흉부방사선사진에서 미촬영자와 이상자 1,416명과 호흡기계 증상과 질환의 과거력과 현증이 있는 252명을 제외한 대상자는 1,842명이었다.

정상인의 선정기준은 폐기능에 영향을 미치는 호흡기 질환 및 증상이 없는 대상자로 천식과 만성기관지염, 폐기종, 만성 폐쇄성 폐질환, 폐질환에 의한 입원경력과 만성기침, 만성 가래등이 있는 252명을 제외하였다. 폐기능에 영향을 미치는 심폐이상 소견으로 흉부방사선 사진에서 심장이나 폐에 이상이 있는 1,416명을 제외하였다. 폐기능에 영향을 미치는 유해인자에 노출에서 흡연을 고려하였으며, 비흡연자와 5 갑-년 이하의 흡연자를 대상으로 분석하였다. 신체소견에서 이상이 없는 경우와 검사당일 건강상태에 이상이 없는 대상자를 정상인으로 선정하였다.

비흡연자만을 대상으로 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 일초율의 예측치 공식을 개발하였으며, 54세까지 흡연자가 비흡연자보다 폐기능이 좋으므로 비흡연자만으로 구한 폐기능 예측식은 정상 예측치를 과소 평가할 수 있으므로 최대 폐기능치를

나타내는 25-29세군의 4.67 갑-년과 55세 이후 흡연자가 비흡연자에 비하여 폐기능이 감소하는 점을 감안하여 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 대안으로 폐기능 예측식을 제시하였다.

1,842명중에서 비흡연자는 총 1,212명으로 남자가 206명, 여자 1,006명이었다. 폐기능 예측식은 적은 변수로 설명력이 높고, 남자와 여자에서 공통적인 변수를 사용하여 단순화하였다. 혼합효과모형을 적용하여 AIC 값이 가장 작은 설명변수를 선정하였으며, 일반선형회귀분석에 대입하여 폐기능 예측치 공식을 구하였다.

예측치 공식의 모델은 연령이 증가하면서 폐기능이 감소하는 연령효과와 신장과 체중 등의 체격효과를 혼합한 모델이 적정하였으며, 다양한 모델을 검토하여 폐기능 예측식을 개발하였다.

비흡연자를 대상으로 구한 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -4.843426956 - 0.000086333 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.052924736 \cdot \text{신장}(\text{cm}) + 0.010946792 \cdot \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -3.000591245 - 0.000127284 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.039508224 \cdot \text{신장}(\text{cm}) + 0.006892039 \cdot \text{체중}(\text{kg})$ 이었다. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FEV_1(\ell) = -3.413235840 - 0.000248429 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.045778653 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FEV_1(\ell) = -2.411402989 - 0.000191968 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.035580368 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었다. 일초율의 예측치 공식은 남자에서 $FEV_1P(\%) = 119.9003901 - 0.3901530 \cdot \text{연령}(\text{년}) - 0.1268150 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FEV_1P(\%) = 97.85665662 - 0.27995184 \cdot \text{연령}(\text{년}) - 0.01564442 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었다.

5 갑-년 이하의 흡연자와 비흡연자를 대상으로 구한 폐기능 예측식은 1,372명으로 남자 344명, 여자 1,028명이었다. 비흡연자만으로 구한 동일한 방법과 동일한 설명변수를 적용할 때 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -5.060128191 - 0.000121530 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.053867055 \cdot \text{신장}(\text{cm}) + 0.013022476 \cdot \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -3.015439079 - 0.000125466 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.039518698 \cdot \text{신장}(\text{cm}) + 0.007070253 \cdot \text{체중}(\text{kg})$ 이었다. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -3.762306573 - 0.000263220 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.047909269 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -2.430806509 - 0.000188477 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.035656266 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었다. 일초율의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = 116.1651779 - 0.3535372 \cdot \text{연령}(\text{년}) - 0.1184303 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = 97.59892809 - 0.27617324 \cdot \text{연령}(\text{년}) - 0.01524276 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었다.

비흡연자만으로 구한 예측치 공식과 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 구한 예측치 공식, 전통적인 연령과 신장으로 구한 예측치 공식간에 큰 차이는 없었다. 비흡연자만으로 구한 예측식과 5 갑-년의 흡연자가 포함된 예측치 공식을 다른 국내와 국외 예

측치 공식과 비교할 때 본 연구의 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식이 예측치를 높게 추정하였으나 10% 이내의 차이이었다. 현재 사용되고 있는 코카시안을 대상으로 구한 예측식보다 정상 예측치가 낮지 않았다. 그러나 일초율은 비슷하였다.

본 연구의 예측치 공식은 정상 범위의 하한치를 95 percentile과 95% 신뢰구간으로 나타낼 때 비흡연자인 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량 %는 83.5%, 82.0%, 여자는 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 %는 남자 82.3%, 82.0%, 여자는 80.4%, 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자 91.1%, 89.8%, 여자에서는 89.9%, 89.7%이었다. 5 갑-년을 포함한 예측치 공식은 정상 범위의 하한치가 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량 %는 82.3%, 81.4%, 여자는 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 %는 남자 83.5%, 83.1%, 여자는 80.5%, 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자 91.1%, 90.7%, 여자에서는 89.9%, 89.7%이었다.

8. 중심어 : 폐기능 예측치 공식, 노력성 폐활량 예측치 공식, 일초간 노력성 폐활량 예측치 공식, 일초율 예측치 공식

<제 목 차 례>

I. 서론	1
II. 문헌고찰	3
1. 폐기능 예측치 공식의 조건	3
2. 외국의 폐기능 예측식 사용 실태	5
3. 외국의 폐기능 예측식 개발 실태	8
4. 우리나라의 폐기능 예측식 사용 실태	15
5. 우리나라 국민을 대상으로 구한 폐기능 예측식	18
III. 연구방법	29
1. 연구대상자의 선정과 지역별 분포	31
2. 폐기능 검사 방법	32
3. 폐기능검사자의 선정과 교육	34
4. 정도관리와 질관리	34
5. 설문조사 및 설문내용	37
6. 흉부방사선 사진 촬영과 판독 기준	37
7. 적합성과 재현성 판단 기준	39
8. 정상인의 선정기준	40
9. 폐기능검사 실시자 수 및 지역적 분포	43
10. 폐기능 검사치의 선택	44
11. 분석대상자의 선정 과정	44
12. 통계적 분석과 폐기능 예측치 추정	47
IV. 연구결과	48
1. 분석대상자들의 역학적 특징	48
1) 연령과 신장, 체중의 분포	48
2) 지역 분포	49
3) 기타 특성	50
2. 분석대상자들의 폐기능 검사치	52
3. 폐기능 예측식의 추정	54
1) 비흡연자에서의 폐기능 예측식	54
(1) 노력성 폐활량의 예측식	54
(2) 일초간 노력성 폐활량의 예측식	57
(3) 일초율의 예측치 공식	60

2) 5 갑-년 이하 흡연자를 포함한 폐기능 예측식	63
(1) 노력성 폐활량의 예측치 공식	67
(2) 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식	68
(3) 일초율의 예측치 공식	69
3) 비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자 포함, 전통적 예측식의 비교	70
4. 예측치 공식의 정상범위 추정	71
V. 본 폐기능 예측식의 타당성 및 적용성 검토	73
1. 다른 예측치 공식과 정상인 선정기준의 비교	73
2. 다른 예측치 공식과의 비교	75
3. 다른 예측치 공식과의 잔차 비교 분석	78
4. 본 예측치 공식의 적용 및 타당성 검토	83
VI. 결론	85
VII. 본 폐기능 예측식의 적용시 고려사항	87
참고문헌	88
부록 1. 폐기능 검사를 실시한 지역별 주소	92
부록 2. 설문조사지(보건사회연구원의 의식행태조사 일부 발췌)	97

〈표차례〉

표 1. 미국흉부학회(1991)에서 제시하는 정상인의 조건	4
표 2. 미국흉부학회(1991)의 폐기능 예측식의 선택 기준	5
표 3. 미국의 폐기능 예측식 사용 현황(Ghio, 1990)	6
표 4. 외국 학회 및 기관들이 권장하거나 사용하고 있는 폐기능 예측식	8
표 5. Morris 예측식 개발의 대상자수	9
표 6. Crapo 예측식을 구한 대상자수	10
표 7. Knudson 예측식을 구하기 위한 대상자수	12
표 8. European Coal and Steel Company의 폐기능 예측식을 구하기 위한 연구대상자 수	13
표 9. Hankinson의 폐기능 예측식을 구하기 위한 연구대상자수	14
표 10. 우리나라 인구를 대상으로 한 폐기능 예측식 개발	20
표 11. 1991, 1994 미국흉부학회 제시 기준에 따른 우리나라 예측식의 평가	27
표 12. 조사대상자의 지역별 분포	31
표 13. 조사대상자들의 연령별 분포	32
표 14. 폐기능 검사자의 교육	34
표 15. 폐기능검사 기록지(log sheet)의 내용	35
표 16. 폐기능검사의 만족도에 대한 기록 내용	36
표 17. 정도관리를 위한 폐기능검사자별 통보 내용	36
표 18. 단순흉부방사선 사진의 판독 분류	38
표 19. 적합성과 재현성의 판정 기준	39
표 20. 정상인의 선정기준	42
표 21. 폐기능검사 실시자들의 지역별 분포 및 실시율	43
표 22. 폐기능검사 실시자들의 연령별 분포	44
표 23. 단순 흉부방사선사진 판독 결과	44
표 24. 분석대상자들의 연령별 분포	48
표 25. 분석대상자들의 성별 신장과 체중, 분포(평균±표준오차)	49
표 26. 연구대상자와 분석대상자들의 지역별 분포	50
표 27. 분석대상자들의 일반적 특징	51
표 28. 분석대상자들의 폐기능 검사치(평균±표준오차)	53
표 29. 노력성 폐활량의 혼합효과 모델(mixed effect model)분석과 AIC 결과	56
표 30. 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용	56
표 31. 노력성 폐활량의 예측치 공식	57

표 32. 일초간 노력성 폐활량의 혼합모델(mixed effect model)분석과 AIC 결과	59
표 33. 일초간 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용	59
표 34. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식	60
표 35. 일초울의 혼합모델(mixed effect model)분석과 AIC 결과	61
표 36. 일초울 선정변수의 선형회귀분석에 적용	62
표 37. 일초울의 예측치 공식	62
표 38. 남자 분석대상자들의 연령과 흡연 및 흡연량	63
표 39. 여자 분석대상자들의 연령과 흡연 및 흡연량	64
표 40. 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용(5 갑-년 이하 흡연자 포함)	67
표 41. 노력성 폐활량의 예측치 공식(5 갑-년 이하 흡연자 포함)	68
표 42. 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용(5 갑-년 이하 흡연자 포함)	68
표 43. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식(5 갑-년 이하 흡연자 포함)	69
표 44. 일초울 선정변수의 선형회귀분석에 적용(5 갑-년 이하 흡연자 포함)	69
표 45. 일초울의 예측치 공식(5 갑-년 이하 흡연자 포함)	69
표 46. 비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자 포함, 전통적 예측치 공식의 비교	70
표 47. 비흡연 예측치 공식의 하한치(계속)	71
표 48. 비흡연자와 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함한 예측치 공식의 하한치	72
표 49. 각 예측식간의 정상인의 선정기준 비교(계속)	74
표 50. 다른 연구에서 남자의 노력성 폐활량 예측식	76
표 51. 다른 연구에서 남자의 일초간 노력성 폐활량 예측식	76
표 52. 다른 연구에서 남자의 일초울 예측식	77
표 53. 다른 연구에서 여자의 노력성 폐활량 예측식	77
표 54. 다른 연구에서 여자의 일초간 노력성 폐활량 예측식	77
표 55. 다른 연구에서 여자의 일초울 예측식	78
표 56. 노력성 폐활량의 예측식에 따른 잔차분석(비흡연자)	79
표 57. 일초간 노력성 폐활량의 예측식에 따른 잔차분석(비흡연자)	80
표 58. 일초울의 예측식에 따른 잔차분석(비흡연자)	82
표 59. 비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자의 예측식에 따른 잔차분석	83
표 60. 본 예측치 공식을 일반 인구에 적용한 타당도와 적용도	84

〈그림차례〉

그림 1	폐기능 예측식 개발 과정.	30
그림 2	폐기능검사 과정.	33
그림 3	연구대상자의 선정 과정.	46
그림 4	남자에서 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화 추이.	55
그림 5	여자에서 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화 추이.	55
그림 6	남자에서 일초간 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화.	58
그림 7	여자에서 일초간 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화.	58
그림 8	남자에서 일초율의 연령에 따른 변화.	60
그림 9	여자에서 일초율의 연령에 따른 변화.	61
그림 10	노력성 폐활량(남자)의 흡연여부에 따른 변화.	65
그림 11	노력성 폐활량(여자)의 흡연여부에 따른 변화.	65
그림 12	일초간 노력성 폐활량(남자)의 흡연여부에 따른 변화.	65
그림 13	일초간 노력성 폐활량(여자)의 흡연여부에 따른 변화.	66
그림 14	남자에서 5 갑-년 이하와 비흡연자의 분포.	66
그림 15	여자에서 5 갑-년 이하와 비흡연자의 분포.	67

I. 서론

폐기능 검사는 직업성 호흡기 질환뿐만 아니라 폐질환과 일반적 건강상태의 판정, 스포츠 의학 등에 폐기능을 알아보기 위한 기본적인 검사방법이다. 현재 앓고 있는 폐질환의 상태와 과거에 앓은 폐질환으로 인한 폐기능의 변화, 체력의 평가 등에서 그 결과를 판정할 때 폐기능 예측식은 중요한 판정 기준임에도 불구하고 우리나라 국민을 대상으로 한 타당한 폐기능 예측식이 없어 유용하게 사용되지 못하고 있다(최정근, 2000).

현재 폐기능 검사는 산업의학적으로 진폐증 등의 분진에 폭로되는 근로자들의 검진과 천식과 같은 화학물질 등에 노출되어 폐환기능이 감소할 수 있는 근로자들의 검진에 이용되고 있다. 일반 병원에서는 건강검진의 필수항목이며, 만성 폐쇄성 폐질환과 폐렴 등 질병의 위중도와 질병의 경과, 예후 판정, 일반적 수술 전의 적합성 판정, 수술 후의 호전여부 판정 등에 광범위하게 사용되고 있다(Brooks 등, 1982, Renzetti 등, 1986).

폐기능 검사의 중요성에도 불구하고 우리나라에서는 우리나라 국민을 대상으로 구한 타당한 폐기능 예측식이 없어서 외국 국민을 대상으로 개발된 다양한 폐기능 예측식을 사용하여 판정의 정확성과 신뢰성이 낮은 문제점이 있다. 일부 우리나라 국민을 대상으로 폐기능 예측식이 개발되었으나 대상자 선정에서 대표성의 문제와 측정방법의 문제가 있어 공통적으로 사용된 적은 없었다. 미국흉부학회(1991)에서는 인종과 연령, 성별, 신장, 생활환경의 특수성 등을 고려하여 폐기능 예측식을 선택하여 사용하여야 한다고 권고하고 있다.

우리나라의 인구집단을 상대로 폐기능 검사를 하고 이를 평가하고자 할 때 우리나라 인구 집단 중에서 정상인을 대상으로 구한 폐기능 예측식이 가장 바람직하며, 폐기능의 평가가 가장 정확할 것이다. 외국에서는 그 나라에 적합한 예측치 공식을 개발하여 목적에 따라 다양한 예측식(Kory 예측식, 1961; Morris 예측식, 1971; Crapo 예측식; Knudson 예측식, 1976; ECSC 예측식, 1983; Dockery 예측식, 1985; Glindmyer 예측식, 1995; Hankinson 예측식, 1999 등)을 사용하고 있으나 우리나라에서는 타당한 예측식 공식이 없고 또한 폐기능 검사기가 자체적으로 생산되지 못하므로 일본과 미국, 독일, 영국 등으로부터 수입하여 사용되고 있으며 이들의 기기에 사용하는 예측치 공식도 다양하므로 인하여 폐기능 판정에 오류가 있고, 일률적으로 비교한다는 것은 불가능하였다.

본 연구는 전국민을 대상으로 정확한 대표성 있는 대상자의 선정과 미국흉부학회(ATS; American Thoracic Society)에서 제시한 폐기능 검사기와 폐기능 측정방법에 따라 실시하고, 엄격한 정도관리를 통하여 자료의 선정과, 정상인의 선정기준을 국제적 기준에 맞게 설정하여 타당한 우리나라의 폐기능 예측식을 개발하고자 하였다. 또한 우리나라의 폐기능 예측식의 개발실태와 사용 및 문제점에서 검토하고, 외국의 폐기능 예측식 개발에 대한 고찰과 폐기능 예

II. 문헌고찰

1. 폐기능 예측치 공식의 조건

폐기능의 상태를 판정하고자 할 때 과거의 폐기능 측정값과 비교하는 경우가 가장 이상적이라고 할 수 있다. 그러나 과거에 폐기능을 측정한 경우가 많지 않기 때문에 인종과 성별, 연령, 신장 등이 비슷한 집단군의 정상인에서 구한 폐기능 예측식에 비교하여 판단하게 된다.

따라서 폐기능 예측식을 이용하여 폐기능 상태를 판정하고자 할 때 폐기능의 예측식이 판단하고자 하는 사람이 속한 인구특징을 대표할 수 있어야 한다. 인종과 성별, 연령, 신장 등의 특성이 같은 정상인에서 추정된 예측식을 사용하여야 좀더 정확하게 판단할 수 있다. 또한 정확한 판단을 위하여 평균값의 신뢰도와 분산이나 표준편차 등 산포도, 분포의 특성, 상한치와 하한치 등에 대하여 파악한 후에 적용하는 것이 정확하게 판단할 수 있다. 따라서 폐기능 예측식은 비교하고자 하는 집단을 대표할 수 있는 대상자의 지역범위 및 예측식을 구한 대상자 수, 인구집단의 선정과 정상인을 구별하는 기준, 폐기능의 측정방법과 기기, 정도관리 등이 엄격해야 한다.

이러한 자료를 통하여 성별, 연령과 신장을 독립변수로 한 선형회귀방정식이 가장 많이 사용되고 있다. 선형회귀방정식은 그 특성상 자료가 분포하는 양극단으로 갈수록 또한 각 군내에 충분한 개체가 속해있지 않은 경우에는 실제와는 잘 맞지 않게 되는 경우가 많아 연령구분을 하여 예측식이 사용되게 된다. 미국흉부학회(1991)는 비록 젊은 성인에서 정상값을 높게 예측하고 노령층에서 정상값을 낮게 예측할 가능성이 있다 하더라도, 선형회귀방정식이 성인에서는 적절하다고 하였다. Knudson(1983)은 연령의 양 극단에서 정상 예측값이 실제값과 차이가 나는 것을 보완하기 위한 방법의 하나는 몇 개의 연령군으로 나누어 다른 선형회귀방정식을 구하는 것이라고 언급하고 있다. 또한 선형회귀방정식이 아니라 비선형의 보다 복잡한 curvilinear model이나 exponential model을 가정한 방정식을 구할 수도 있으나 판정에 큰 영향이 없다면 단순한 공식을 선택하게 된다.

정상인의 선정기준은 폐기능 예측식에서는 중요한 조건이 되며, 이 조건에 따라 폐기능의 상태를 비교하여 정상과 이상, 또는 이상의 정도를 비교하여 판단하기 때문이다. 건강한 정상인이란 정의하기 힘들나 정의할 수밖에 없다. 정상인의 기준이 엄격할수록 폐기능의 상태를 정확하게 판단할 수 있기 때문이다. 미국흉부학회(1991)는 예측식의 연구대상이 되는 건강한 정상인의 조건을 호흡기에 대한 과거 병력과 현재의 증상에 관한 병력이다(표 1). 이러한 정상인의 조건은 비교하고자 하는 사람을 대표할 수 있는 인구집단에서 구해진 예측식이어야 하므로 그 인구집단 내에서 무작위 추출된 표본집단을 대상으로 하는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있다. 노령층에서 예측식은 "survivor effect" 또는 "cohort effect"가 영향을 미치게 되므로 정

상 예측치라고 하기에는 어려움이 있다. 하지만 적절한 또는 가능한 판단기준이 될 수 있는 예측식을 사용하게 된다(Knudson, 1976). 또한 단면적 연구(cross-sectional study)를 통해 구한 예측식보다는 동일인에서 장기적인 폐기능 검사자료를 통해 구한 코호트 예측식이 더욱 타당하나 실제 이러한 연구는 불가능한 경우가 많아 단면적 연구를 통하여 구한 예측식을 사용하게 된다. 단면적 연구의 예측식을 사용하면 코호트 연구의 예측식을 사용한 것보다 연령과 관련한 폐기능의 감소율을 2배 이상 더 크게 예측할 수도 있다고 한다(Glindmyer, 1982)

표 1. 미국흉부학회(1991)에서 제시하는 정상인의 조건

1. 폐기능에 영향을 미칠 수 있는 과거 또는 현재의 병력이 없을 것
기침, 객담, 천명음 등의 호흡기 증상이 없어야 할 것
천식, 기관지염, 폐기종, 결핵 등 의사에게 진단 받은 호흡기질환이 없어야 할 것
폐질환 또는 흉부질환으로 입원한 병력이 없어야 할 것
심장질환이 없어야 할 것
유해환경에 노출된 직업력이 없어야 할 것
흡연력이 없어야 할 것
2. 신체진찰 소견상 이상이 없어야 할 것
3. 흉부 방사선 촬영상 이상이 없어야 할 것

이러한 오류는 생존자 효과와 연령이 증가하면서 신장의 감소, 영양상태의 개선 등에 의한 영향으로 판단할 수 있다. 그러나 현재까지 발표된 대부분의 예측식은 단면적 연구에 의해 구해졌다. 미국흉부학회(1991)는 정상 폐활량 예측식은 단면적 연구에 기초해야 한다고 언급하고 있다.

현재까지 폐기능 예측식은 많이 개발되었으나 이 예측식들 사이에는 많은 차이가 있다. 이러한 이유는 대상자의 선정과 정상인의 선정기준, 폐기능 검사방법, 폐기능 검사기기, 측정 조건, 통계적 방법의 차이 등이다. 동일한 인구집단을 대상으로 개발된 예측식에 차이가 있기 때문에 예측식을 선택하는 기준에 대해 미국흉부학회(1991)는 다음과 같은 3가지 기준을 제시하고 있다. 측정방법상의 기준 (methodologic criteria)과 역학적 기준 (epidemiologic criteria), 통계학적 기준 (statistical criteria)이며, 이 조건은 폐기능 예측식을 구하고자 할 때 고려되어야 한다(표 2).

표 2. 미국흉부학회(1991)의 폐기능 예측식의 선택 기준

1. 측정방법상의 기준 (methodologic criteria)

예측식을 구할 때 사용한 폐활량 측정값은 미국흉부학회의 표준화된 지침에 맞는 폐활량검사기와 검사방법을 사용한 연구를 통해 얻어진 것이어야 할 것(검사기와 검사방법이 동일한 예측식을 사용할 것)

2. 역학적 기준 (epidemiologic criteria)

예측식을 구한 연구대상은 그 예측식을 적용할 집단과 연령, 신장, 성별, 인종이 같아야 할 것
대표성을 갖어야 하므로 일반인구집단에서 표본추출된 대상에서 구할 것
평생 흡연을 하지 않은 건강한 정상인에 대한 단면적 연구에 기초할 것

3. 통계학적 기준 (statistical criteria)

정상 폐활량 예측식은 독립변수로 신장과 연령을 포함해야 할 것
남성과 여성에서는 예측식을 따로 사용할 것
예측식에서는 정상의 하한값을 밝히거나 아니면 그것을 계산할 수 있는 정보를 적절한 통계학적 수단을 이용하여 밝혀야 할 것
65세 이하의 건강한 정상인을 대상으로 구한 예측식을 80세 환자에게 적용할 때와 같이 예측식을 구한 연구대상의 연령과 신장범위를 넘어서 이를 적용하는 경우에는 해석에 주의 할 것

2. 외국의 폐기능 예측식 사용 실태

외국의 여러나라들도 많은 예측식을 개발하여 사용하고 있으나 통일된 예측식을 사용하는 경우는 적다. 이유는 집단의 특성에 맞는 예측식을 선택하도록 하고, 미국흉부학회나 유럽호흡기학회 등에서는 예측식을 구하는 기준을 제시하여 예측식의 타당성을 제공하고 있다. 미국에서는 주로 Crapo 예측식(1981)이나 Knudson 예측식(1976, 1983) 그리고 유럽에서는 ECSC 예측식(1983)을 사용하고 있다. 또한 미국에서 최근에도 지속적으로 폐기능 예측식을 개발하고 있다. Dockery 예측식(1985)과 Glindmyer 예측식(1995), Hankinson 등(1999)의 예측식이 대표적이다. 이러한 이유는 신장과 체중의 변화 및 생활환경의 변화가 지속적 진행되기 때문에 지속적이고 주기적으로 개발하고 있다. 백인 성인을 대상으로 구한 정상 폐활량 예측식은 여러가지가 있는데 이 중에서 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 일초율에 대하여 일반적으로 사용하고 있는 예측식은 Kory 예측식(1961), Morris 예측식(1971), Crapo 예측식(1981), Knudson 예측식(1976, 1983), ECSC 예측식(1983), Hankinson 예측식(1999) 등이다.

미국과 캐나다의 성인 호흡기질환에 관한 수련프로그램을 운영하는 139개 기관에서 어떤 예측식을 사용하는 지에 관해 설문조사를 한 Ghio(1990)의 결과는 표 3과 같다. 139개 기관은 노력성 폐활량(FVC), 일초간 노력성 폐활량(FEV₁), 일초율(FEV₁/FVC%) 모두 Morris 예측식을

가장 많이 사용하고 있었고, 그 다음이 Crapo 예측식, Knudson 예측식 등의 순서이었다.

표 3. 미국의 폐기능 예측식 사용 현황(Ghio, 1990)

	FVC or VC		FEV ₁		FEV ₁ /FVC	
	M	F	M	F	M	F
Morris (1971)	65	65	65	65	58	60
Crapo (1981)	27	27	27	27	29	29
Knudson (1983)	24	24	25	25		
Kory (1961)	7	7	8	8		
Cherniack (1972)	3	3	4	4		
Miller (1986)	2	2	2	2	2	2
Other studies	11	11	8	8	11	9

미국흉부학회(1991)에서는 특정한 예측식을 추천하지 않고 지리적 차이나 검사자의 특성인 인종, 성별, 신장, 연령, 주거환경 등을 고려하여 예측식을 사용하는 것이 더 합리적이라고 판단하고 있다. 1987년 미국흉부학회의 폐활량검사의 표준화 지침서에서는 내부적으로 일관성이 있는 동일한 연구에서 FVC와 FEV₁의 예측식을 선택해야 한다는 최소한의 원칙만 언급을 하였다. 1991년 미국흉부학회의 지침서에서는 폐기능 검사실을 이용하는 인구집단에서 20-40명의 정상인을 대상으로 폐활량검사를 시행하여 여러 예측식중 이 측정값들을 가장 잘 설명하는 예측식을 선택하도록 권장하고 있다. 만약 선택한 예측식의 정상 범위내에 모든 측정값들이 위치하면 그 예측식의 선택은 적절하다고 판단하는 것이다. 정상 범위내에 존재하지 않는다면 검사실내의 검사기기나 검사방법의 문제가 아니라면 예측식의 선택이 적절하지 않다는 것이다. 이는 현재까지 발표된 어느 하나의 예측식이 모든 지역, 모든 집단에 일률적으로 적용될 수는 없다는 것으로 풀이된다. 즉, 미국흉부학회는 가능하면 미국의 검사실에서는 미국의 인구집단을 대상으로 하여 구해진 예측식을, 그리고 유럽의 검사실에서는 유럽의 인구집단을 대상으로 하여 구해진 예측식을 사용하는 것이 좋으며, 이는 인구집단간의 폐활량의 차이에 대해서는 설명할 수 없는 부분이 아직도 많기 때문이다.

Clausen(1982) 등은 보다 자세히 설명하였는데 인구를 대표할 수 있는 10-20명의 정상인을 대상으로 폐활량검사를 시행하고 이를 해석한 후, 만약 정상이라고 가정한 이 10명중 3명 또는 20명중 6명 이상이 비정상으로 분류된다면, 검사시행과정상 오류가 있지 않다면 정상 추정값을

계산하는 예측식이 그 검사실에서 사용하기에는 적절하지 않다는 것을 의미한다. 1995년 미국 흉부학회에서 발표된 폐활량검사의 표준화 지침서에서도 이러한 조건을 반영하고 있다.

또한 같은 미국내에서도 특정한 예측식을 지정하여 환자/피검자의 폐활량의 해석에 그 식을 사용하도록 권장하거나 추천하는 곳도 있다. 1983년 American College of Chest Physicians(ACCP)는 Morris 예측식을 사용하는 것이 가장 좋다고 하였으며, 미국흉부학회가 1982년과 1986년에 발표한 호흡기질환으로 인한 장애 판정에 관한 지침서에서는 Crapo의 예측식을 해석에 사용하도록 하였다. 1984년 Intermountain Thoracic Society는 폐기능 검사 해석을 위한 정상값을 구할 때 Crapo의 예측식을 사용할 것을 권장하였다. Intermountain Thoracic Society에서 Crapo 예측식을 권장하는 이유를 다음과 같다.

첫째, 충분한 의학적 판단을 통해 폐기능에 영향을 미칠 수 있는 질병을 가지고 있을 가능성을 모두 배제하고 연구대상자들이 선택되었고 이러한 판단과정이 다른 연구에 비해 더 철저하기 때문이다.

둘째, 모든 연구대상자들은 종교적인 이유로 흡연을 하지 않았으며, 폐의 이상으로 인해 흡연을 하지 않는 사람들이 아니었기 때문이다.

셋째, 폐활량검사, 폐용적 검사, 폐확산능 검사가 모두 동일한 연구집단을 대상으로 하여 내부 일관성(internal consistency)이 유지되었기 때문이다. 물론 Crapo의 예측식은 백인(Caucasian North Americans of European ancestry)을 대상으로 한 것으로 다른 인종에 그대로 적용할 수는 없다고 하였다.

1988년 미국의사협회도 장애판정에 관한 지침서에서 Crapo 예측식을 사용하도록 하였다. 1978년 미국의 OSHA(Occupational Safety and Health Administration) Cotton Dust Standard에서는 Knudson 등이 1976년 발표한 예측식을 사용하도록 하였으며, Knudson 등은 1983년 예측식을 개정하여 다시 발표했지만, OSHA Cotton Dust Standard에서는 현재까지도 1976년 예측식을 사용하도록 하고 있다.

유럽에서는 1983년 발표된 ECSC 예측식을 모든 국가에서 정상 예측식으로 사용하고 있고, 유럽호흡기학회와 영국흉부학회도 이를 권장하고 있다(표 4).

표 4. 외국 학회 및 기관들이 권장하거나 사용하고 있는 폐기능 예측식

학회 및 기관명	발표년도	예측식
OSHA Cotton Dust	1978	Knudson, 1976
Federal Coal	1980	Knudson, 1976
NIOSH	1980	Knudson, 1976
ATS	1982	Crapo, 1981
ACCP	1983	Morris, 1971
ITS	1984	Crapo, 1981
AMA	1988	Crapo, 1981
ATS	1991	Select
ERS	1993	ECSC, 1983
BTS	1994	ECSC, 1983

OSHA : Occupational Safety and Health Administration U.S.A.

NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health

ATS : American Thoracic Society

ACCP : American Academy of Chest Physicians

ITS : International Thoracic Society

AMA : American Medical Association

ERS : Eropian Respiratory Society

BTS : British Thoracic Society

3. 외국의 폐기능 예측식 개발 실태

백인들을 대상으로 한 예측식 중 미국과 캐나다에서 가장 많이 사용되고 있고 우리나라에서도 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 예측식으로는 Morris 예측식(1971), Crapo 예측식(1981), Knudson 예측식(1976 & 1983) 등이며, 유럽에서는 ECSC 예측식(1983)이 가장 많이 사용되고 있다. 여러 가지 예측식 중에서 어떤 예측식을 선택할 지 판단하기 위해서 각각의 예측식이 구해진 내용을 잘 살펴보아야 한다. 연구방법상 표준화된 폐활량검사기와 검사방법을 사용하였는지, 연구대상의 특성 즉, 연령범위와 신장범위를 알아야 하며, 표본추출을 누구를 대상으로 어떻게 시행하였는지 또 통계학적 처리를 적절히 시행했는지 살펴보아야 한다.

Morris 예측식(1971)은 988명의 성인으로 남성 517명, 여성 471명이었으며, 20-84세 범위로 종교인을 대상으로 구하였다. 시골지역으로 mid-Willamette River Valley area of Oregon, south of Portland 이었으며, 해상수면으로부터 500 feet 이상의 고지였다. 정상인의 선정기준은 최소한 6개월 이내 비흡연자, 천식, 만성기관지염, 폐렴이 없던 자, 지속적 기침이나 최근 호흡기질환으로 치료받지 않은 자, 흉부 청진상 천명이 없는자, 흉부 부상이나 수술을 받지 않은자, 오염지역에서 근무하지 않은 자이었다. 검사방법으로 검사기기는 Stead-Wells spirometers 이었으며, 선 자세에서 각 검사는 최소한 2회 실시하였다(표 5).

표 5. Morris 예측식 개발의 대상자수

나이(년)	대상자수	
	남자	여자
20-24	102	53
25-29	67	73
30-34	77	53
35-39	68	54
40-44	52	47
45-49	42	42
50-54	41	44
55-59	26	27
60-64	16	25
65-69	11	16
70-74	9	19
75-79	2	10
80-84	4	8
Total	517	471

일초간 노력성 폐활량(FEV₁)의 계산을 위한 시작점은 Kory의 방법을 사용하였다. Morris 연구에서는 일초간 노력성 폐활량등을 계산하기 위해 시작점을 설정할 때 현재 미국흉부학회 등이 추천하고 있는 후외삽법을 사용하지 않고 Kory의 방법을 사용하였는데 Smith 등(1975)의 연구에 의하면 Kory의 방법을 사용하면 후외삽법을 사용하는 것보다 일초간 노력성 폐활량 값이 평균 179 mL 작다고 하였다.

일초율과 연령은 음의 선형적 상관관계를 보였으나, 신장은 유의한 선형적 관계를 보이지 않았다. 선형회귀방정식에 신장을 독립변수로 추가하였을 때 여성에서는 상관계수(r^2)와 standard error of estimate(SEE)에 영향을 미치지 않았으나 남성에서는 상관계수가 조금 증가하고 SEE가 조금 감소하였다. 이 연구의 제한점은 고 연령층의 검사수가 작았으며, 1991년과 1994년 미국흉부학회가 제시한 기준에 정확히 일치하지는 않았으나 대체적으로 기준과 일치하였다.

1981년 Crapo 등이 개발한 예측식은 251명의 성인으로 남성 125명, 여성 126명이었으며, 15-91세이었다. 단, 85세 이상은 남성에서만 2명이었다. 지역은 도시지역(Salt Lake City, Utah)으로 고도가 1400 m 이었다. 선정기준은 비흡연자로 0.5 갑-년 이하이고 최근 최소한 6개월 이내 비흡연자, 폐, 심장, 흉벽의 질환 증상이 없는 자, 흉부방사선사진 소견에서 정상자, 심장, 폐, 흉벽의 임상진단에서 정상 소견자이다. 검사방법으로는 water-seal metal bell

spirometer (Collins 13.5 L)를 이용하여 앉은 자세에서 1979년 미국흉부학회 지침에 따라 폐기능 검사기와 폐기능 검사 방법을 사용하였다. 3회의 적합성 있는 측정값이 얻어질 때까지 검사를 시행하였고, 시작점의 계산에 후외삽법을 사용하였다. 예측식을 구하기 위한 대상자수는 표 6과 같다. 미국흉부학회 지침과의 차이점은 해석을 위한 측정값의 선택에 best value method 대신 best test curve method를 사용하였다.

Crapo 등의 연구와 Morris 등의 연구는 남성의 노력성 폐활량, 여성의 노력성 폐활량, 그리고 여성의 일초간 노력성 폐활량 측정값은 매우 비슷한 결과를 보인다. Morris 연구에서는 일초간 노력성 폐활량 측정에 후외삽법을 사용하지 않았기 때문에 각 측정값에 179 mL를 더하여 비교하였다. Morris 연구는 해발고도가 낮은 농촌지역에서 시행되었으며, Crapo 연구는 해발고도가 높은 도시지역에서 시행되었고 연구시기는 10년 이상의 차이를 보이고 있으나 비슷한 측정결과를 보였다(표 6).

표 6. Crapo 예측식을 구한 대상자수

Age (yr)	Men	Women
15-24	17	18
25-34	18	18
35-44	19	19
45-54	19	18
55-64	18	19
65-74	17	17
75-84	15	17
85-91	2	
Total	125	126

1990년 Crapo의 예측식은 유타와 캘리포니아에 거주하는 건강한 비흡연자들로 이루어진 히스페닉계 미국인 259명(남자 116명, 여자 143명)에 대한 노력성 폐활량, 일초간 노력성 폐활량, 일초출, 노력성 호기중간유량의 측정이 이루어졌다. 독립변수로 키, 연령 그리고 체중과 종속변수로 폐기능 검사지표를 이용하여 20세 이상의 여자와 25세 이상의 남자에 대한 선형회귀공식이 만들어졌다. 체중은 오직 여성에서 일초간 노력성 폐활량에 대하여만 유의하였다. 연구에서 얻어진 자료는 이전연구에서 얻어진 북미인디언계와 중부유럽인종의 배경이 되는 Salt Lake시 백인들의 측정자료와 비교하였는데, 연령과 키에 따른 차이는 발견하지 못했다. 단지 Salt Lake의 백인그룹과 히스페닉계, 북미인디언계에 있어서 남성의 노력성 폐활량과 일초간 노력

성 폐활량에 있어 intercepts(bias)정도의 차이가 발견되었다. 이러한 적은 오차(bias)는 기술적 또는 표본의 수, 적은 인종적 차이로서 설명될 수 있다. Salt Lake시에서의 연구에서 다른점은 작을지라도, 인종-특이적 공식을 이용할 수 있는 곳에서 사용될 수 있다고 추천하였다.

많은 예측식들은 일련의 폐기능 검사에서 얻어진 최고값에 기초를 두어왔다. 보고된 예측값들 간의 일부 차이점은 이러한 편견으로 설명될 수 있다. 이것은 몇몇 보고에서만 한정된다. 좋은 예측식은 일반적으로 폐기능검사를 통하여 발전되어왔으며 모든 경우에 있어 예측식에서 평가된 표준오차가 크다는 것을 알아야한다고 보고하고 있다.

1976년 Knudson의 예측식은 7세 이상 3115명을 검사하여 제외기준에 따라 6세 이상의 746명의 건강한 정상인을 선별하였고(남성 291명, 여성 455명), 성인은 25세 이상의 남성 128명과 20세 이상의 여성 321명이 포함되었다. 도시지역(Tucson, Arizona)으로 고도는 730 m 이었다. 제외기준으로 규칙적 흡연자, 호흡기 증상과 질환이 있는 자, 심장이상이 있는 자, 어릴 때 호흡기 질환의 소견이 있는 자를 제외하였다. 폐기능검사기는 pneumotachygraph이었고, 앉은 자세에서 최소한 5회의 적합한 검사결과가 나올 때까지 시행하였다. 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량은 이중 가장 큰 2개의 측정값의 평균을 선택하였다. 이것은 당시 미국 국립보건연구원(NIH, National Institute for Health) 산하의 National Heart Lung Institute의 지침으로 현재 미국흉부학회가 권장하는 best value method는 아니다. V_{max50} , V_{max75} 등의 지표는 composite maximal expiratory flow-volume curve의 outer envelope에서 구하여 envelop method를 사용하였으며 현재 미국흉부학회가 권장하는 best test curve method가 아니었다.

노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량은 남성에서는 27세까지, 여성에서는 20세까지 연령이 증가함에 따라 증가하고 그 이후 연령이 증가함에 따라 감소한다. 따라서 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량은 남성에서는 25세를 기준으로, 여성에서는 20세를 기준으로 구분하여 선형회귀방정식을 따로 구하였다. 이와 달리 일초율은 연령이 증가함에 따라 계속 감소하므로 전 연령에 대해 하나의 선형회귀방정식을 구하였다. 정상의 하한값 설정을 위하여 "normal 95th percentile"을 사용하였다. "normal 95th percentile"은 'percent of predicted above which values from 95% of the normal population fell'이다. 또한 1976년 발표한 논문에서는 정상범위를 정의할 때 95th percentile과 1.64 SD를 사용하는 것이 큰 차이가 나지 않는다고 하였다.

1983년 Knudson 식은 Epidemiology Standardization Project (Ferris, 1978)와 미국흉부학회의 Snowbird report (American Thoracic Society, 1979)가 발표됨에 따라 이 권장사항에 맞추어 연구자들은 Tucson epidemiologic study of obstructive lung disease에서 구한 자료를 재분석하였다. 697명의 건강한 정상인 (남성 322명, 여성 375명)으로 이중 성인은 25-84세의 남성 86명과 20-87세의 여성 204명이 포함되었다. 제외기준은 규칙적 흡연과 천식, 만성기관지염, 폐기종, 기관지확장증과 어릴 때 호흡기 질환, 심각한 흉부질환, 흉부수술, 만성 기침, 최근의 천명, 숨참, 고혈압과 심장질환, 의사에 의해 진단된 비강의 질환 등이었다. 미국흉부학회의 기준

에 맞추어 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 선택에 best value method를 사용하였고 또한 V_{max50} , V_{max75} 등의 선택에 best test curve method를 사용하였다(표 7).

표 7. Knudson 예측식을 구하기 위한 대상자수

	나이(년)	대상자수	소계
남자			
FVC, FEV ₁	6 - 12	105	
	12 - 25	131	
	25 - 40	39	
	40 - 85	47	322
FEV ₁ /FVC%	6 - 25	229	
	25 - 85	86	315
여자			
FVC	6 - 11	75	
	11 - 20	96	
	20 - 40	85	
	40 - 70	91	
	40 - 88	119	375
FEV ₁ /FVC%	6 - 20	169	
	20 - 88	204	373

성장과 발달과정에서는 연령이 증가함에 따라 폐활량이 증가하다가, 그 이후에는 연령이 증가함에 따라 폐활량은 감소한다. 따라서 폐기능의 변화를 phase of growth, phase of maturation and development, phase of decline의 3개의 시기로 구분할 수 있다. 이러한 시기에 맞추어 남성과 여성을 3개의 연령군으로 나누어 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량에 대하여 각각 선형회귀방정식을 구하였다. 남성은 6-12세, 12-25세, 25세 이상의 세 군으로, 여성은 6-11세, 11-20세, 20세 이상의 세 군으로 구분하였다. 남성은 70세 이상의 인원이 매우 적었으나, 여성은 70세 이상이 28명이어서, 20세 이상의 여성군은 다시 20-70세, 70세 이상의 두 군으로 나누어 선형회귀방정식을 따로 구하였다. 일초율은 남성은 6-25세와 25-84세로, 여성은 6-20세와 20-87세의 두 군으로 구분하였다. 성인여성에서의 결과를 보면 연령이 증가함에 따라 폐활량이 감소하는 속도가 70세 이상의 노령층에서는 가속화되는 것으로 보인다. 따라서 이는 전체 성인여성을 대상으로 구한 예측식이 고령층에서는 정확하지 않을 수 있다는 것을 시

사하였다.

Knudson 등은 노력성 폐활량이 큰 사람은 첫 1초동안 불어낼 수 있는 공기의 양이 노력성 폐활량에 대해 상대적으로 적을 것이기 때문에 일초율 값이 노력성 폐활량 자체의 영향을 받는다고 하였다. 따라서 일초량 예측식을 두가지 구하였는데, 하나는 신장과 연령만을 독립변수로 하여 구했고, 다른 하나는 노력성 폐활량 값도 독립변수로 사용하였습니다. 남성과 여성의 모든 연령군에서 노력성 폐활량값을 포함시킨 경우에 r^2 값이 증가하였다. Knudson 등은 정상 의 하한값 설정을 위하여 역시 "normal 95th percentile"을 사용하였다. 폐활량 측정값의 변이 (variability)에 대한 연령의 영향을 좀더 살펴보기 위하여, 성인 연령군을 다시 40세 미만과 40세 이상으로 나누어 normal 95th percentile을 구하였다. 단, 일초율은 남성은 6-25세와 25-84세로, 여성은 6-20세와 20-87세의 두군으로 구분하였다.

ECSC(European Coal and Steel Company)에서 개발한 예측식은 18-70세의 성인을 대상으로 구한 선형회귀방정식이다. 유럽호흡기학회는 18-25세의 연령기간동안에는 환기기능의 변화가 거의 없다는 것이 여러 단면연구에서 밝혀져, 18-25세 사이의 연령에서는 연령변화에 따른 폐활량의 변화가 매우 적으므로 25세를 대표값으로 사용하도록 하였다(표 8). 연구대상군의 신장범위는 남성이 1.55-1.95 m, 여성이 1.45-1.80 m이다. ECSC 예측식은 유럽 전역에서 사용되고 있으며, 유럽호흡기학회와 영국흉부학회도 폐활량 측정값의 해석을 위해서는 ECSC 예측식을 통한 예측값과 비교하도록 하였다. 하지만 최근 유럽에서는 과거에 개발된 ECSC 예측식이 현재 건강한 유럽인들의 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량을 실제보다 낮게 예측한다는 연구결과들이 발표되기도 하였다(Roca 1998; Castellsaue 1998).

표 8. European Coal and Steel Company의 폐기능 예측식을 구하기 위한 연구대상자 수

Age (yr)	Men	Women
15-24	27	32
25-34	38	42
35-44	54	59
45-54	52	58
55-64	57	59
65-74	34	47
75-84	35	43
85-91	22	32
Total	319	372

Hankinson 등(1999)의 예측식은 The third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III)에서 증상이 없고 장기간 비흡연자인 8세에서 80세까지의 백인 (caucasian), 아프리카계, 멕시코계 미국인 7,429명에 대하여 폐기능검사 참고치에 대한 조사를 실시했다. 1987년 미국흉부학회에서 제시한 검사방법으로 수행하였고, 검사 데이터에 대한 질적 평가는 지속적으로 유지관리 되어졌다. 백인그룹은 전체 연령을 통해 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 평균값이 아프리카계, 멕시코계 미국인보다 높은 결과를 보였다. 그러나, 백인과 멕시코계 미국인 그룹에서는 키를 고려해보면 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량이 비슷한 값을 나타냈으며, 아프리카계에서는 이들 그룹에 비해서 낮은 결과를 보였다. 이러한 차이들은 부분적으로 신체조건에 의해서 기인한다고 볼 수 있다. 같은 연령에서 멕시코계 그룹은 백인그룹에 비해 키가 작고, 아프리카계 그룹은 평균적으로 체격이 작은 것을 볼 수 있다. 백인에 비해서 다리의 비율이 작다. 예측치로서 연령과 키를 이용하여 piecewise polynominal model을 이용하여 참고치와 정상의 최저한계치가 산출되었다. 이렇게 3개 인종/종족의 넓은 연령층에서 산출된 참고치는 진단과 연구목적에 유용하게 사용될 것으로 판단하고 있다.

같은 백인 성인을 대상으로 하였음에도 불구하고 이상에서 살펴본 여러 예측식을 사용해 구한 정상 예측값은 서로 일치하지 않고 차이를 보인다. 예측식의 선택에 따른 이러한 차이는 특정한 환자/피검자의 측정값을 예측값에 대한 %로 표시하여 그것을 해석하고자 할 때도 마찬가지로 나타난다(표 9).

표 9. Hankinson의 폐기능 예측식을 구하기 위한 연구대상자수

Age (yr)	백인		아프리카계 미국인		멕시코계 미국인	
	남자	여자	남자	여자	남자	여자
14-20	154	172	254	316	224	270
21-35	192	260	251	382	306	444
36-50	124	239	109	219	111	225
51-65	70	192	35	100	57	117
66-80	90	236	27	71	32	86

4. 우리나라의 폐기능 예측식 사용 실태

폐기능 예측식을 어떤 공식을 사용하느냐에 따라 폐기능검사치가 달라지고 이에 따라 폐기능 장애의 판정이 달라질 수 있다. 이는 폐기능 예측식의 선택이 호흡기 장애의 판정에 중요한 요인임을 나타내고 있다.

최정근 등(2000)에 따르면 8개 진폐정밀건강진단기관과 31개 대학병원을 포함한 대형병원의 폐기능 예측식 사용에 대한 조사에서 진폐정밀건강진단 8개 기관 중에서 폐기능 예측식을 모르고 사용하는 기관이 3개기관(37.5%)이며, 나머지 5개 기관도 1948년 Baldwin이 개발한 예측식을 사용하는 곳이 4개 기관(50%)에 이르고 있다고 보고하였다. 폐기능 예측식의 수정이 가능한 검사기가 6대, 불가능한 경우가 7대 이었다. 즉 폐기능 예측식을 개발하여도 53.8%에서 적용이 불가능하였다. 대형병원의 임상 각과에서 사용하는 폐기능 예측식은 주로 Morris 예측식(1971)을 사용하고 있으나 Crapo(1981)의 식과 Knudson(1976)의 식도 사용되고 있었다. 기타의 예측식은 주로 일본에서 생산된 폐기능검사기로 일본인을 대상으로 개발된 예측식과 미국의 예측식을 혼용하여 사용하고 있다고 보고하였다. 그러나 대부분의 선진국에서는 그 나라 국민을 대상으로 개발된 예측식을 사용하고 있다.

Ghio(1990)에 따르면 미국과 캐나다의 성인 호흡기질환에 관한 수련프로그램을 운영하는 139개 기관에서 예측식 사용에 대한 설문조사에서 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 일초율 모두 Morris 예측식을 가장 많이 사용하고 있었고, 그 다음이 Crapo 예측식, Knudson 예측식 등의 순서였다. 우리나라의 대학병원이나 임상과에서 주로 사용하고 있는 Morris 예측식의 선택을 권장한 곳은 1983년 미국의 ACCP(American Academy of Chest Physicians) 밖에 없는 실정이다. Morris 예측식의 가장 큰 문제점은 검사방법이 현재 미국흉부학회의 폐활량 표준화 지침과 다르다. 가장 대표적인 것이 일초간 노력성 폐활량을 계산하는 방법으로 Morris 등은 zero point의 설정에 1961년 Kory 등이 사용했던 방법을 사용했는데 이후 연구를 보면 이것은 현재 ATS에서 권장하는 후외삽법(back extrapolation method)를 사용해서 일초간 노력성 폐활량 예측값이나 일초율($FEV_1/FVC\%$) 예측값을 계산하면 다른 예측식을 사용해서 계산했을 때보다 정상 예측값이 낮게 나오게 된다. 우리나라 성인의 정상 폐활량을 예측하는데 Morris 예측식보다 Crapo나 Knudson 또는 ECSC의 예측식을 선택하는 것이 더 나은 것인가를 생각하면 이것도 현재까지는 크게 근거가 없는 실정이므로 우리나라의 예측식은 독자적으로 구해져야 하는 이유가 여기에 있다. 이러한 이유 때문에 우리나라 인구를 대상으로 구한 예측식에 제한점이 있었기 때문에 백인을 대상으로 구한 예측식을 보정하거나 가감없이 사용되고 있으며, 과연 우리나라 인구에 적용할 때 어느정도의 정확성이 있는지 연구된바가 없다. 일부 연구에서 단순한 폐기능 검사치의 차이만 제시하고 있을 뿐이다. 여러 가지 제한점으로 인

해서 우리나라 성인을 대상으로 한 예측식이 아직 까지 받아들여지지 못하고, 백인을 대상으로 한 예측식을 사용할 수밖에 없다면 우리나라 사람에게 적용할 때 어느 정도의 차이가 발생할 것인지 또 차이가 있다면 어느 정도의 보정을 하는 것이 적절한가에 대해서도 아직까지 잘 알려져 있지 않았다.

최정근과 백도명(1995)에 의하면 남성 광산근로자 110명에 대하여 직접 폐기능검사를 시행하고 우리나라에서 사용하고 있는 다양한 예측식 공식을 사용하여 폐기능 장애의 변화를 조사하였을 때 제한성 폐기능 장애가 백도명 등의 공식을 이용한 경우 9명(8.2%)이었으나 다른 예측치 공식에 따라서는 3명(2.7%)로 부터 7명(6.4%)까지의 변화를 보였다. 한국인에서 구한 다른 저자들의 폐기능 예측식과 비교하였을 때 9명의 제한성 폐기능 장애가 6명에서 정상으로 판정되었으며, 코카시안을 대상으로 개발된 Baldwin과 Berglund공식과 Knudson공식을 적용할 때 5명이 정상으로 판정되었다. 또한 백도명 등(1994)의 공식이 노력성 폐활량의 정상 예측치 값이 가장 높았으며, 다른 예측식들은 228 ml로 부터 568 ml까지 낮았다. 일초량은 백도명등의 예측식이 가장 낮아 다른 예측치들이 31 ml로 부터 182 ml까지 높았다.

최정근 등(1994)은 광산 근로자 118명을 대상으로 폐기능 예측식에 따라 판정의 변화를 볼 때 Baldwin 등과 Berglund 등의 공식을 적용시 예측치 대비 노력성 폐활량 퍼센트(Percent Predicted FVC)가 102.89%이었고 1초량 퍼센트(Percent Predicted FEV₁)는 93.09%로, Knudson 등의 공식을 적용한 경우 103.80%, 93.85%와 많은 차이를 보이지는 않았으나, 예측치 대비 노력성 폐활량과 1초량의 퍼센트가 더 높게 나타났다.

최정근(2000)은 1989년 1월 1일부터 1998년 12월 31일까지 10년 동안 2차 진폐정밀건강진단을 받은 진폐증 자 20,909건, 9,505명으로 예측치에 따른 폐환기능의 평가가 달라지는 것을 살펴해보았는데 백도명 등의 예측식을 기준으로 본 연구대상에 적용한 결과 각 예측식별로 차이가 다양하였다. 노력성 폐활량에 대하여 예측식별로 차이를 살펴보면 Knudson 예측식이 가장 차이가 많아 253.5 ml 적었으며, 그 다음으로는 Baldwin 예측식으로 212.2 ml 적었다. 이러한 예측식을 사용하는 경우 비정상인 정상으로 판정될 가능성이 높다. Crapo의 예측식은 306.0 ml가 많았으며, 조원경 등의 예측식은 233.1 ml가 많아 정상인 비정상인으로 구분될 가능성이 있다. ECSC와는 가장 차이가 작았다. 외국의 예측식을 사용하는 경우 노력성 폐활량의 예측치는 과소 또는 과대 평가될 수 있으며 범위는 559.5 ml에 달하고 있었다. 한국에서 개발된 예측식과 비교하면 조원경의 노력성 폐활량 예측치가 233.1 ml 많았으며, 김현욱 등의 예측식은 120.1 ml 적었다. 따라서 한국내에서 개발된 예측식에 따라 415.9 ml 범위의 차이가 있어 서양의 예측식과 큰 차이는 보이지 않았다. 따라서 예측식의 선택에 따라 차이가 많다는 것을 알 수 있었다. 백도명 등의 예측식을 기준으로 일초간 노력성 폐활량의 차이가 모두 많았다. Crapo의 예측식을 적용할 때 511.9 ml, 김재민 등의 예측식과는 478.7 ml, 조원경 등의 예측식과 473.3 ml, ECSC 예측식과는 232.9 ml의 차이를 보이고 있었다. Knudson과 Baldwin의 예측식은 다

소 차이가 적었다. 일초율을 이용하여 폐기능장애를 판정하는 경우 백도명 등의 예측식은 비정상을 정상으로 판정하거나 다른 예측식들에서는 정상을 비정상으로 판단할 가능성이 있었으나 참값은 알 수 없었다고 보고하였다. 실측한 노력성 폐활량과 각 예측식에 의한 노력성 폐활량 예측식의 비를 볼 때 Knudson의 예측식이 가장 높은 비를 나타낸 반면 Baldwin 예측식도 93.1%를 나타내었다. 가장 낮은 비는 Crapo의 예측식으로 81.5%이었으며, 다음은 Morris의 예측식으로 82.7%이었다. 따라서 81.5%부터 95.3%까지 다양한 비를 나타내고 있었다. 이는 예측식마다 다양한 결과를 제시하고 있음을 보여준다고 보고하였다.

또한 실측한 일초간 노력성 폐활량과 각 예측식에 의한 일초간 노력성 폐활량 예측식의 비를 볼 때 백도명 등의 예측식이 가장 높은 88.6%의 비를 나타낸 반면 Knudson 예측식도 87.2%를 나타내었다. 가장 낮은 비는 노력성 폐활량과 마찬가지로 Crapo의 예측식으로 74.8%이었으며, 다음은 조원경 등의 예측식으로 75.6%이었다. 따라서 74.8%부터 88.6%까지 다양한 비를 나타내고 있었다. 이 또한 예측식마다 다양한 결과를 제시하고 있음을 보여준다고 보고하였다. 폐기능 장애의 변화를 볼 때 1996년 David 등과 Duane가 제시한 폐기능 장애의 구분에 따라 폐기능 장애를 구분할 때 정상의 범위는 무려 53.1%로부터 74.7%까지 있어 범위의 차이가 21.6%이었다. 정상으로 판단된 53.1%는 Crapo에 의한 예측식을 적용하였을 때이며, 74.7%는 Knudson의 예측식을 적용하였을 때이었다. Crapo와 Knudson의 예측식중 어느것을 적용하느냐에 따라 2,046명(총 연구대상자 9,505명의 21.5%)의 연구대상자가 이상으로 분류되기도 하고 정상군으로 구분되기도 한다. 이들의 비를 보면 53.1%(Crapo) - 56.3%(조원경등) - 58.3%(김재민등) - 59.1%(Morris) - 67.4%(ECSC) - 69.6%(김현욱) - 72.6%(Baldwin) - 74.7%(Knudson)로 비교적 고르게 분포되고 있으나 폐기능판정에서 정상의 비는 차이가 많았다고 보고하였다.

폐쇄성 폐기능장애는 노력성 폐활량의 예측치가 높거나 일초간 노력성 폐활량의 예측치가 작은 경우에 많은 비율을 차지하며, Morris의 예측식을 적용하였을 때 2.6%로 폐쇄성 폐기능 장애가 가장 적었으나 김재민등의 예측식을 적용하였을 때 6.5%로 가장 많았다. 9,505명중 371명(3.9%)이 어느 예측식을 적용하느냐에 따라 폐쇄성 폐기능 장애로 판정되거나 다른 정상 또는 제한성, 혼합성으로 분류되고 있었다. 폐쇄성 폐기능 장애의 비는 2.6%(Morris) - 3.2%(백도명등) - 5.2%(Crapo) - 5.6%(조원경등) - 6.0%(ECSC) - 6.2%(Baldwin과 김현욱등) - 6.5%(김재민등)로 다양하게 변화하고 있었다.

제한성 장애는 예측식에서 노력성 폐활량의 예측치가 높게 책정되거나 일초간 노력성 폐활량의 예측치가 높게 책정되는 경우 발생한다. Knudson의 예측식을 적용하였을 때 5.3%가 제한성 폐기능 장애를 나타낸 반면 Morris의 예측식을 적용할 때 무려 17.8%의 비를 차지하고 있었다. %의 범위는 12.5%에 달하고 있었다. 9,505명중 1,181명(12.4%)이 예측식에 따라 제한성 폐기능 장애에 해당될 수도 있으며, 정상이나 폐쇄성 또는 혼합성 장애로 변화될 수 있었다.

제한성 폐기능 장애의 비는 5.3%(Knudson) - 6.4%(Baldwin) - 6.9%(김현옥등) - 8.2%(ECSC) - 9.7%(김재민등) - 11.3%(조원경등) - 12.0%(백도명등) - 13.1%(Crapo) - 17.8%(Morris)로 다양하게 변화하였다.

혼합성 폐기능 장애는 예측식에서 노력성 폐활량이나 일초간 노력성 폐활량의 예측치가 높게 책정된 경우 발생할 수 있다. Knudson의 예측식을 적용하였을 때 13.4%로 가장 낮은 비율을 차지하고 있으나 Crapo의 예측식을 적용하였을 때 28.6%로 가장 높은 비율을 차지하고 있었다. 전체 연구대상 9,505명중 1,438명(15.1%)가 예측식의 선택에 의하여 혼합성도 될 수 있으며, 다른 정상이나 폐쇄성, 제한성으로도 변화될 수 있음을 의미한다. 13.4%(Knudson) - 14.8%(Baldwin) - 15.9%(백도명등) - 17.2%(김현옥등) - 18.4%(ECSC) - 20.5%(Morris) - 25.5%(김재민등) - 26.7%(조원경 등) - 28.6%(Crapo)의 분포를 보이고 있었다.

일반적으로 Crapo와 Morris의 식은 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 정상예측치가 높게 선정되었거나 우리나라의 신체적, 폐생리적 차이가 심한 것을 의미할 수 있다. 반면에 같은 백인을 대상으로 구해진 예측식 중에서 ECSC나 Baldwin, 백도명, 김현옥 등이 개발한 예측식은 다소 차이가 있으나 일정 범위안에서 차이를 보이는 것으로 판단된다.

5. 우리나라 국민을 대상으로 구한 폐기능 예측식

이미 우리나라에서 폐기능 예측식은 여러가지 예측식이 개발되었다. 20세 이상의 우리나라 성인을 대상으로 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC)과 일초간 노력성 폐활량(forced expiratory volume in one second, FEV₁), 일초율(FEV₁/FVC%) 등의 정상 폐활량 예측식을 구한 이승한(1962)과 임백인(1965), 정주웅(1967), 고재철과 이광목(1977), 이병수 등(1980), 조동규와 박희명(1980), 방찬호와 정치경(1983), 김재민 등(1984), 김현옥 등(1990), 백도명 등(1994), 조원경과 김은옥 등(1994), 정애란 등(1996), 김원영 등(1998), 고원중(1998)이 있었다. 또한 최대호기유속(PEF), 노력성 호기 중간유량(FEF_{25-75%}, FEF_{25%}, FEF_{75%})등의 유량의 예측식을 구한 예측식도 몇 건이 있었다(표 10). 그러나 백도명과 최정근 등이 개발한 예측식을 제외하고는 거의 사용되지 않고 있다. 이러한 이유는 예측치 공식을 구한 집단군의 대표성 부족과 폐기능 검사방법의 차이, 폐기능 검사기기의 정확성 등에 문제가 있었기 때문이다.

이승한(1962)의 예측식인 '각종산소농도환경에 있어서의 규폐환자의 환기기능에 관한 연구'와 '규폐환자의 시한폐활량에 관한 연구'는 20-54세의 건강한 남성 광산근로자 58명을 건강대조군으로 하여 폐용적을 측정하였다. 건강근로자는 국영탄광에서 주로 갱내작업에 종사하는 광부로서 무작위 추출하였고, 흉부X-선검사를 실시하여 검사에서 이상소견이 없는 사람들을 선정하였다. 폐기능검사의 측정방법과 검사기기는 밝히지 않았다.

이승한 연구의 제한점으로는 규폐환자에 한하여 적용될 수 있으며, 대상자수가 적고, 연령별로 예측식이 제시되지 않았으며, 검사방법이 명시되지 않았고 1994년 미국흉부학회에서 제시하는 방법과 차이가 있을 수 있다. 또한 1962년 개발하였으므로 현재의 신체적 상황과 호흡기 질환의 양상이 달라 질 수 있어 현재 사용하는데 무리가 있다고 판단된다.

임백인(1965)이 연구한 '한국인의 폐활량 및 최대환기량에 관한 연구 : 특히 정상치 예측수식에 대하여'는 연구대상이 7-60세까지의 건강한 남성 5,306명과 여성 4,823명을 대상으로 하였다. 우리나라 최초의 성인남녀 전 연령군에 대한 계통적인 연구이며, 일반건강진단을 위한 대상자였다. 연구대상자에서 정상자의 선택기준은 검진 및 X-선간접촬영에 의하여 흉곽질환이 없다고 판단된 사람이라고 언급하였으나 대상선정의 구체적인 기준을 밝히지 않았다. 검사방법으로는 선 자세에서 Collins 형 폐활량계 사용하여 3회 이상 실시하여 얻은 값 중 최고치를 선택하였다.

결론에서 "구미 성인에게 적용되는 Baldwin 수식은 한국 남자의 최대환기량을 예측하는 데에만 적용될 수 있으며 그 외는 적용되지 않는다. 그러나 일본 성인에게 적용되는 각종 예측수식은 저자의 수식과 매우 유사하였으며 따라서 Baldwin 수식보다는 한국인에 대한 적용도가 높다"고 언급하고 있다.

임백인 연구의 제한점으로는 대상자 선택방법에서 일반건강진단 대상자를 선택하였으므로 선택편견이 있을 수 있고, 예측식을 개발하기 위한 정상자의 선정기준이 모호하다. 또한 폐기능 측정방법이 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 다르며, 예측식에 대한 적합성 검증이 미흡하였다. 또한 1965년 개발한 예측식이므로 현재의 신체적 상황과 호흡기 질환의 양상이 달라 질 수 있어 현재 그대로 적용할 수 없는 제한점이 있다.

정주용(1967)이 연구한 '건강성인남자의 연령증가에 따르는 폐기능변화에 대하여'는 연구대상으로 21-45세의 해외에 파견될 노동자 선발에 응모한 사람 중 신체검사에 합격한 건강한 노무자 남성 50명을 대상으로 하였으며, Godart 회사제품인 Expirograph에 의하여 선 자세에서 2회이상 측정하여 가장 큰 측정치를 선택하였다. 결론에서 "Baldwin 수식과 이승한 수식과 비슷하지만 Baldwin의 것보다는 그 절대치가 크며, 이승한의 것보다는 청소년에서는 같지만 노인층에서는 값이 적다."고 하였다.

표 10. 우리나라 국민을 대상으로 구한 폐기능 예측식

저자	년도	논문제목	출처
이승환	1962	규폐환자의 시한폐활량에 관한 연구 각종산소 농도환경에 있어서의 규폐환자의 환기기능에 관한 연구	중앙의학 1962;2(4):379-386 서울의대잡지 1962;3:167-187
임백인	1965	한국인의 폐활량 및 최대환기량에 대한 연구	대한내과학회지 1965;8(3):17-31
정주용	1967	건강성인남자의 연령증가에 따르는 폐기능 변화에 대하여	가톨릭대학의학부 논문집 1967;12:41-48
고재철 등	1977	건강한 성인남자의 폐활량 예측치	가톨릭대학의학부 논문집 1977;30(3):357-363
조동규 등	1980	환기역학검사의 추정 정상치에 관한 연구	대한의학협회지 1980;23 (8) :715-720
이병수 등	1980	비흡연 성인 폐활량의 추정정상치	대한내과학회잡지 1980;23:284-289
방찬호 등	1983	건강한 성인 남자의 시한폐활량의 예측정상치	가톨릭대학의학부 논문집 1983;36(1):309-18
김재민 등	1984	노력성 호기곡선에 의한 폐기능검사의 추정정상치에 관한 연구	결핵 및 호흡기질환 1984;31:1-9
백도명 등	1994	건강한 한국 남성 근로자의 폐활량 예측치	대한산업의학회지 1994;6(2):175-186
조원경 등	1994	비흡연 및 흡연 성년 한국인에서의 노력성호기 곡선을 이용한 폐활량측정법 검사지표들의 추정상치 및 이에 대한 흡연의 효과	결핵 및 호흡기질환 1994;41:521-530
정애란 등	1996	중년 남성에서 폐활량 검사 지표에 대한 연령, 신장, 체중과 흡연량의 관련성	가정의학회지 1996;17:1430-1440

정주용이 개발한 예측식의 제한점으로는 연구대상이 적고, 연령이 제한되었고, 대상자선택 기준에서 정상자의 선택편견이 있을 수 있다. 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않으며, 분석방법도 미흡하고 모델의 접합성에 대한 검증도 부족하였다. 또한 1965년 개발한 예측식이므로 현재의 신체적 상황과 호흡기 질환의 양상이 달라 질 수 있어 현재 그대로 적용할 수 없으며, 연령층을 확대할 때 발생하는 외삽의 제한점이 있다.

고재철과 이광목(1977)이 연구한 '건강한 성인남자의 폐활량 예측식'은 20-54세의 건강한 성인남성 247명이 대상이며, 흉부 X-선검사 및 기타 소견에 이상을 보이지 않았던 사람들이라고

만 하고 대상선정의 구체적인 기준을 밝히지 않았다. 폐기능 측정방법으로는 일본 Chest사 제품의 Flow-volume curve recorder를 이용하여 선 상태에서 2회이상 검사를 하여 큰 값을 선택하였다.

고재철과 이광목이 개발한 예측식의 제한점으로는 연구대상이 적고, 연구 대상자 선정에서 선택편견이 있을 수 있으며, 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않는다. 비록 다중회귀분석을 시행하였으나 분석방법도 미흡하고 모델의 적합성에 대한 검증도 부족하였다. 우리나라에서 1971년 Morris가 개발한 예측식을 사용하고 있으므로 1977년 개발한 폐기능 예측식을 사용할 수도 있으나 연구대상자가 적고 폐기능 측정방법이 현재와 다르므로 직접 사용하기에는 어려움이 있다.

이병수와 김중구, 권영주, 정태훈, 이장백, 박희명(1980)이 연구한 '비흡연 성인 폐활량의 추정 정상치'는 water-sealed spirometry와 water-less spirometry를 구별하여 구하고 비교하였다. water-sealed spirometry는 20-66세까지의 건강한 비흡연 성인 남성 104명과 여성 201명을 대상으로 그리고 water-less spirometry는 20-70세까지의 건강한 비흡연 성인 남성 128명, 여성 175명을 대상으로 하여 각 연령별로 약 5명씩을 선정하였으나 대상선정의 구체적인 기준을 밝히지 않았다. Chest 회사제의 기류량 곡선기록계 OST-70(water-less)과 Collins 회사의 13.5 L 호흡계(water-sealed)를 이용하여 각각 폐활량을 5회씩 측정하여 그 가운데서 가장 큰 것을 선택하였다. 결론에서 "남녀에서 다같이 water-sealed spirometry로 측정한 것이 water-less spirometry로 측정한 것보다 높은 값을 보였다"라고 판단하였다.

이병수 등이 개발한 예측식의 제한점으로는 남녀 각 연령군별 연구대상자수는 비교적 적정하였으나 대표성과 대상자의 선택기준과 정상인의 선택기준이 모호하였다. 또한 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않고 있으며, 검사기기의 성능이 일치하는지 알 수 없다.

조동규와 박희명(1980)이 연구한 '환기역학검사의 추정 정상치에 관한 연구 : I. 노력성 호기곡선의 분석을 중심으로'는 20-69세까지의 건강한 비흡연 성인 남성 200명과 여성 220명을 대상으로 하여 각 연령에서 약 5례씩 선정하였으며, 대상선정의 구체적인 기준을 밝히지 않았다. Chest 회사제의 기류량 곡선기록계 OST-70을 이용하여 앉은 자세에서 3번 반복해서 기록한 곡선 가운데에서 가장 잘 된 것을 택하였다.

조동규 등이 개발한 예측식의 제한점으로는 남녀 각 연령군별 연구대상자수는 비교적 적정하나 대표성의 문제와 대상자의 선택기준과 정상인의 선택기준이 명확하지 않다. 또한 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않고 있으며, 앉아서 검사한 자세도 다르고, 폐기능 검사기기의 성능이 일치하는지 알 수 없다. 따라서 현재 사용하는데 제한점이 있다.

방찬호와 정치경(1983)이 연구한 '건강한 성인남자의 시한폐활량의 예측 정상치'는 20-59세

의 건강한 성인남성 336명을 대상으로 하였다. 흉부 X-선 검사와 임상 진찰소견에서 이상을 보이지 않고 호흡기 증상이 없는 사람이라고만 하였고, 대상선정의 구체적인 기준을 밝히지 않았다. 일본 Chest사 flow-volume curve recorder를 이용하여 2회 이상의 검사를 하여 가장 잘 된 곡선을 취하였다.

방찬호 등이 개발한 연구의 제한점도 남성만 대상으로 하여 각 연령군별 연구대상자수는 적정하나 대표성이 있어야할 대상자의 선택기준과 정상인의 선택기준이 모호하다. 또한 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않고 있으며, 검사기기의 성능은 일치할 가능성이 높다. 따라서 외국에서 개발한 예측식들은 이러한 제한점이 적으므로 사용되고 있으나 본 예측식을 사용하는데 제한점이 있다.

김재민과 정은택, 정원재, 박정옥, 최인선, 박경옥(1984)이 연구한 '노력성 호기곡선에 의한 폐기능검사의 추정정상치에 관한 연구'는 대상은 주로 병원직원, 학생 및 환자가족과 신체검사를 위하여 내원한 사람 등이었다. 이중 과거에 흡연한 사실이 전혀 없고, 과거에 기관지천식, 만성기관지염 및 폐렴 등을 앓은 사실이 없으며, 계속적인 기침을 하지 않고, 근래 호흡기질환 때문에 치료한 사실이 없으며, 흉부외상이나 수술을 받은 일이 없고, 대기가 오염된 환경에서 오랫동안 일을 하지 않았으며, 기타 이학적 소견이나 심전도, 흉부 X-선상 심폐질환의 증거가 없는 사람을 선정하여, 20-69세까지의 비흡연 남성 125명, 여성 145명을 연구대상으로 하였다.

미국 Gould사 SRL 1000IV Computerized Pulmonary Function Laboratory 기를 이용하여 앉은 자세에서 최소한 3회이상 시행하여 FVC와 FEV₁의 합산이 가장 큰 호기곡선을 선택하였다. 결론에서 "본 연구에서 시행한 대상의 평균연령과 평균신장을 각각의 회귀방정식에 대입하여 나타난 FVC와 FEV₁의 추정치에서 저자의 FVC 추정치는 Morris 등의 성적과 비슷하였고 FEV₁은 남자에서는 Morris 등에 더 가까웠고 여자에서는 Kory 등의 성적에 더 근접하였으나 저자의 관찰치가 이들의 추정치보다 약간 더 높았다."고 언급하고 있다.

김재민 등의 예측식에서 제한점도 남녀 각 연령군 별 연구대상자수는 적정하다고 판단되나 대표성을 갖기에는 부족한 대상자의 선택편견이 있으나 정상인의 선택기준은 명확하게 언급하고 있다. 또한 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않고 있으며, 검사기기의 성능은 일치할 가능성이 높다. 또한 결과가 미국에서 흑인은 백인에 비하여 폐활량이 적고, 동양인은 흑인에 비하여 적다는 연구와 일치하지 않고 있어 측정방법이나 분석의 과정에 오류가 있는지 의심된다. 따라서 본 예측식을 사용하는데 제한적이라고 판단된다.

김현욱과 유승택, 송선희, 주진철(1990)이 연구한 '건강한 성인의 연령 증가에 따른 폐기능 변화에 관한 고찰'은 20-79세까지의 건강한 성인남녀 각 60명 총 120명을 대상으로 하였다. 이들은 지방공사 강남병원의 직원 및 병원에 입원하여 선택수술을 받은 환자 중에서 미국 마취과학회 분류의 Class 1에 해당되며 신체활동에 지장이 없고 사전 X선 촬영과 임상증상이나 과거력상 폐질환이 없다고 인정되는 사람들이었다. Microspiro HI-289 Spirometer(Chest, Japan)

을 사용하여 앉은 자세에서 시행하였다. 모든 검사는 2회이상 시행하여 그중 높은 수치의 성적을 선택하였다. 결론에서 “저자들에 의한 폐활량과 연령 및 키와의 상관계수를 다른 저자들에 의한 상관계수와 비교하였는데 저자들에 의한 연령과의 상관계수는 Needham 등에 의한 결과와 가장 비슷하였고, 키와의 상관계수는 Goldman 등에 의한 결과와 가장 비슷하였다.”고 언급하고 있다.

김현욱 등이 개발한 예측식의 제한점도 남녀 각 연령군 별 연구대상자수가 적고, 대상자의 선택편견이 있으며, 정상인의 선택기준도 명확하지 않다. 또한 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하지 않고 있으며, 검사기기의 성능은 일치할 가능성이 높다. 따라서 본 예측식을 현재 사용하는데 제한적일 수밖에 없다.

조원경과 김은옥, 명승재, 광승민, 고윤석, 김우성, 이무송, 김원동(1994)이 연구한 ‘비흡연 및 흡연 성년 한국인에서의 노력성호기곡선을 이용한 폐활량측정법 검사지표들의 추정상치 및 이에 대한 흡연의 효과’는 서울중앙병원 건강진단센터를 방문한 건강한 비흡연 성인 남성 306명, 여성 761명을 대상으로 하였다. 연령은 남성은 18-71세, 여성은 18-75세까지 분포하나 주로 30대와 40대에 집중되었다. 설문조사상 호흡곤란, 객담, 기침, 객혈 등 호흡기 증상이 전혀 없고, 폐결핵, 천식, 기관지염, 기관지확장증 등 호흡기질환력이 없으며, 흉부방사선 촬영소견상 폐결핵 잔흔 등의 폐병변이 전무한 성인을 대상으로 하였다. dry rolling seal 방식의 System 2130 (Sensor Medics, U.S.A.)을 사용하여 미국흉부학회 기준에 의거하여 측정하였다. 앉은 자세에서 호기시간이 6초 이상되는 경우가 총 3회 되도록 시행하여 그중 FVC와 FEV₁의 합이 가장 큰 검사치를 선택하였다.

결론에서 “본 연구에서 구한 추정정상치 산출공식과 서양인에서 구해진 공식에 본 연구 대상군의 평균연령과 신장을 대입하여 비교를 시도해 본 결과 Morris의 공식을 제외하고는 모든 서양인을 대상으로 한 추정정상치가 본 연구의 한국인 추정정상치보다 낮았다. 한국인의 경우 과거와 비교하여 신장 및 체중이 증가하고 있고... 또한 환경 및 사회경제적 상태의 영향도 있으리라고 추정되는 바, 본 연구에서는 본원 건강진단센터를 방문한 환자들을 대상으로 하였기 때문에 생활수준이 높은 중류 이상의 한국인이므로 한국인 평균보다 높을 가능성이 있어 한국인 전체를 대표하는 결과를 얻은 것은 아니라고 생각되며 향후 무작위 추출된 대상에서 각종 체격 지표 및 폐활량 측정법검사를 추시해 볼 필요가 있겠다.”고 언급하고 있다.

조원경 등이 개발한 예측식의 제한점으로는 결론에서 제시한 바와 같이 대상자 선택의 편견이 있으며, 남녀 각 연령군 별 연구대상자수는 적정하다. 그러나 장점으로는 정상인의 선택기준은 명확하고 또한 폐기능 측정방법에서 1994년 미국흉부학회에서 제시한 기준과 일치하고 있다. 그러나 선택편견과 결론에서 서양인을 대상으로 한 예측식보다 높은 추정정상치를 보이고 있어 측정과 분석상 오류가 있을 수 있다. 따라서 한정적으로 일부 인구집단에 사용할 수 있다고 판단된다.

백도명과 최정근, 최병순, 정규철(1994)이 연구한 '건강한 한국 남성 근로자의 폐활량 예측치'는 15-60세의 20개 제조업체 및 광산에 근무하는 생산직 남성근로자 683명을 대상으로 하였다. 한국 남성 성인인구의 70%가 흡연을 하고 있는 실정을 고려하여 흡연력이 있는 근로자의 검사결과를 포함시켰다. 451명(66%)이 현재흡연자였으며, 78명(11%)은 과거 흡연자였고 비흡연자는 129명(19%)였다. 설문조사상 1년중 3개월 이상의 만성 기침, 1년중 3개월 이상의 만성 가래, 보행시 호흡곤란 등의 증세가 있거나, 과거 폐장질환의 경력이 있는 경우 그리고 흉부방사선학적 이상소견이 있는 경우는 제외하였다. 일본 Chest 사의 Microspiro HI-298과 일본 Fukuta 사의 Spiroshift 500을 사용하여 선 자세에서 3회이상 정도관리지침에 맞는 검사결과가 되도록 실시하였다. 수회의 검사결과중에서 FVC와 FEV₁의 최대치를 각각 독립적으로 선정하였다.

결론에서 “개개인에게서 서로 다른 예측치 공식들에 따라 기대되는 폐기능과 실제 측정된 폐기능간의 차이를 측정치 대비 퍼센트로 계산하여 그 평균을 정리하였다... FVC 실측치를 서양에서의 예측치 공식들과 비교하면 Baldwin(1948), Knudson(1983) 등이 조사한 예측치를 제외하고 본 연구대상자의 실측치보다 모두 높게 나오고 있다. 유럽과 미국의 백인들을 대상으로 조사한 결과와 10% 미만의 차이를 보이고 있다... FEV₁ 예측치의 경우에는 Morris 등이 조사한 예측치를 제외하고 모두 본 조사의 실측치보다 높게 나오고 있으나, 그 범위는 Crapo 등이 조사한 예측치를 제외하면 모두 10% 이내이다.” 라고 언급하고 있으며, “현재 한국에서 쓰이고 있는 대부분의 폐기능검사기에 장착된 폐활량 예측치인 Baldwin 등에 의한 예측치(1948)는 실측치와의 잔유치가 신장과 유의한 음의 관계를 보이고 있었다. Baldwin의 예측치와 실측치와의 차이인 잔유치의 평균이 -6.0%로서 예측치가 실측치보다 전반적으로 낮는데, 이렇게 예측치가 낮음으로 해서 폐활량이 실제보다 더 높게 평가되는 경향은 잔유치와 신장이 음의 관계를 보이므로 신장이 커질수록 더욱 심하게 된다. 그러므로 Baldwin의 예측치를 사용하는 경우, 폐활량이 정상에 비하여 감소하는 것을 민감하게 발견하지 못하며, 이러한 것은 키가 큰 사람을 검사하는 경우 더욱 그러하다.” 고 밝히고 있다. 또한 “한국에서 가장 많이 쓰이는 폐기능검사기에는 1초율의 예측치로 Berglund 등이 조사한 예측치(1963)가 사용되고 있다. 이러한 Berglund의 1초율 예측치도 본 조사의 실측치보다 작아서, 1초율이 저하하는 경우 이를 민감하게 발견하지 못하며, 이러한 경향은 키가 작을수록 그리고 연령이 많을수록 더욱 심하게 된다.” 고 하였으며, “한편 본 연구에서 검토된 외국의 예측치 공식중에 근로자들을 위하여 특별히 조사된 공식인 ECSC의 공식(1983)은 본 조사의 실측치와 폐활량에서 평균 2.6% 그리고 1초량에서 평균 7.4% 차이를 보이고 있으나, 연령과 신장과의 관계는 본 조사결과와 일치하고 있다.”고 언급하고 있다.

백도명 등이 개발한 예측식의 제한점은 연구대상 선택에 흡연이 포함되었으며, 제조업과 광산근로자에 국한된 점이다. 장점으로는 미국흉부학회 기준에 따랐으며, 분석방법이 명확하다는

것이다.

정애란과 권선영, 정성철, 윤경아, 조정진(1996)이 연구한 '중년 남성에서 폐활량 검사 지표에 대한 연령, 신장, 체중과 흡연량의 관련성'은 한일병원 가정의학과에서 종합검진을 실시한 45-59세의 일개 국영기업체 본사 및 전국 지점 남성 근무자 3,512명을 대상으로 설문조사를 실시하고 천식, 폐기종, 기관지염, 기관지 확장증, 결핵, 폐절제 수술, 심혈관계 질환 등의 심폐질환의 과거력이 있는 경우와 흉부방사선 촬영상 이상소견이 있는 사람을 제외한 건강한 비흡연 남성근무자 848명을 최종 연구대상으로 하였다. Spirovit SP-200 (Switzerland)을 사용하여 앉은 자세에서 3회 실시하여 가장 높은 검사치를 선택하였다.

결론에서 "피검자들의 평균신장과 연령을 각 공식에 대입하여 구한 추정치를 비교하였을 때, FVC의 추정치는 본 연구에서 5.08 L로 서양인에서 구해진 3.91-4.34 L보다 높고, 이병수(4.08 L) 조원경(4.20 L) 등의 추정치보다도 높다. FEV₁의 추정치는 본 연구에서 3.83 L로 서양인에서 구해진 3.09-3.14 L보다 높고, 조원경 등의 공식으로 구한 3.36 L보다도 높다." 또한 "일개국영기업체의 45세 이상의 근무자로 생활수준이 중류이상인 한국인이므로 한국인 평균보다 높을 가능성이 있어 한국인 전체를 대표하는 결과를 얻은 것은 아니라고 생각되며 향후 무작위 선출된 대상에서 각종 체격 지표 및 폐활량 측정법 검사를 추시해 볼 필요가 있겠다." "한국인을 대상으로 한 공식들 사이를 비교했을 때 본 연구에서 구한 공식에 의한 추정치가 더 높았는데 그 이유로 생각해 볼 수 있는 것은 조원경 등의 연구에서는 대상자 스스로 건강검진센터를 방문한 사람들이므로 어느 정도 신체적 이상 소견이 존재할 가능성이 많은데 비해, 본 연구의 대상자들은 직장에서 일률적으로 실시한 종합검진이므로 신체적 이상 소견이 없는 사람이 더 많아 폐기능의 평균치가 더 높게 측정되었을 가능성을 생각해 볼 수 있겠으나 향후 더 추시해 보아야 할 것이다."라고 언급하고 있다.

정애란 등이 개발한 예측식의 제한점은 대표성을 갖어야 할 대상자 선택이 제한적이고 45세 이상 남성에 한정되었으며, 폐기능검사 방법에 명확한 설명이 없다. 장점으로는 미국흉부학회에서 제시한 기준을 따랐다고 판단되나 명확하지 않다. 따라서 동종업종의 기업체와 비슷한 근무조건의 근로자에게 한정적으로 적용될 수 있다고 판단된다.

고원중(1998)은 1998년도 국립환경연구원 울산공단지역 주민건강조사사업의 자료를 이용하여 폐기능예측식을 발표하였다. 최근 국립환경연구원에서는 울산광역시 울주군에 거주하는 연령별로 표본추출된 20-69세의 건강한 비흡연 성인여성 97명의 폐활량 측정값을 이용하였다. 울산공단지역에서 최소한 3년 이상 그 지역에 거주하면서 작업장 등 특수환경에 노출되지 않은 성인여성으로 대조군으로 선정하였다. 폐활량 측정은 1987년 그리고 1994년 미국흉부학회의 표준화된 지침에 따라 실시하였고, 폐기능 검사기기는 일본 Chest 사의 Microspiro HI-601으로 미국흉부학회의 기기인증기준을 만족하는 공기유속을 측정하는 제품이었다. FVC와 FEV₁은 검사 중에서 가장 좋은 검사치를 선택하였다. 설문조사와 면접조사, 의사검진, 폐활량측정, 흉부방사

선촬영검사 등을 통해 이상자는 제외하였다. 정상 대조군 지역 성인여성 205명중 결국 위의 사항에 해당된 108명을 제외하고 97명의 건강하다고 판단된 성인여성의 폐활량 측정자료를 이용하였다.

고원중이 개발한 예측식의 제한점으로는 예측식으로 활용하기 위한 일반화 하기 위하여 대상자가 한정되었고, 각 연령군당 표본수가 적다. 장점으로는 대상자의 선정기준이 명확하고, 검사방법에서 미국흉부학회에서 제시한 방법을 완전하게 따르고 있다.

1991년 미국흉부학회에서 제시한 예측식 선택의 세가지 기준인 측정방법의 기준(methodologic criteria), 역학적인 기준(epidemiologic criteria) 그리고 통계학적인 기준(statistical criteria)과 현실성이 있는 판단기준을 더하여 우리나라에서 개발된 폐기능 예측식의 제한점을 조사하였다(표 11).

측정방법의 기준은 정확하고 신뢰성 있는 검사결과를 얻기 위해서 필수적인 요소이다. 검사기기의 성능, 보정방법, 검사방법(검사자세, 코집게사용, 검사자의 교육방법, 노력성 폐활량 측정방법, 휴식시간 등), 검사자세, 검사횟수, 정확성과 신뢰성의 판정방법, 측정값의 선택방법 등이 명시되어야 한다.

역학적 기준은 연구대상 집단 선정의 방법, 대표성과 일반화 조건, 연구대상자 수, 정상인의 선정기준, 사용할 예측식의 연령범위, 제한점 등이 명확하게 제시하여야 한다. 또한 이 예측식이 사용될 수 있는 즉, 일반화할 수 있는 집단과 대상, 제한점 등이 명시되어야 한다.

통계학적 기준에서 선형회귀방정식을 구한 통계방법, 이상범위의 처리방법(신장, 체중, 폐기능검사치), 정상과 비정상의 구분한계(95% 신뢰구간 또는 95분위수(95th percentile)) 또는 이상범위의 처리방법(신장, 체중, 폐기능검사치), 표본분포의 검정, 선형회귀방정식의 적합도 검정(잔차분석, 표준오차분석 등) 등을 제시하여야 한다.

이러한 기준에 비교적 합당한 연구는 백도명 등과 조원경 등이 발표한 예측식이다. 그러나 이들도 완전한 정상인의 선정과 일반화하기 위한 예측식은 아니다. 특히 병원이나 건강진단을 위한 검사, 근로자 건강진단 등을 통한 예측식은 그 집단에 국한하여 사용할 수 있으나 이도 검사방법과 역학적 기준, 통계적 기준이 합당해야 한다.

표 11. 1991, 1994 미국흉부학회 제시 기준에 따른 우리나라 예측식의 평가

저자	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
이승한	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
임백인	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
정주용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
고재철등	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
조동규등	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
이병수등	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
방찬호등	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
김재민등	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
백도명등	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
조원경등	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-
정애란등	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
고원중	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+

- : 미국흉부학회 제시 기준(1987, 1991, 1994)에 맞지 않거나 제시하지 않음

+ : 미국흉부학회 제시 기준(1987, 1991, 1994)에 맞음

측정방법의 기준

A : 폐기능검사기기의 보정방법 또는 보정실시 여부

B : 검사방법으로 검사자세, 코집게사용, 검사자의 교육방법, 노력성 폐활량 측정방법, 휴식시간 등이 미국흉부학회 제시 기준의 준수 여부

C : 검사횟수의 적절성

D : 정확성(6초 이상의 호기와 검사곡선상의 이상 여부 판정 방법등)과 신뢰성(정확한 3회 이상 검사치의 차이)의 판정

E : 측정값의 선택방법

역학적 기준

F : 연구대상 집단 선정의 방법

G : 선정 집단의 대표성과 일반화 가능

H : 연구대상자 수

I : 정상인의 선정기준

통계학적 기준

III. 연구방법

본 연구는 산업안전보건연구원에서 실시하는 연구사업의 일환으로 2000년인 1차년도에는 폐기능 예측식을 개발하기 위하여 우리나라의 사용실태 및 문제점을 파악하고 외국의 폐기능 예측식 사용 및 개발 사례 및 폐기능예측식 개발을 위한 기본 조건과 방법을 제시하였다. 2001-2002년인 2차년도에는 폐기능검사를 실시하기 위한 연구대상의 선정 및 진행방법, 폐기능 측정을 위한 표준화된 방법 개발 및 선정, 직접 폐기능검사를 실시할 폐기능검사자에 대한 교육과 정확성 및 신뢰성의 검증, 측정된 폐기능 검사치 중에서 분석에 포함 될 검사치의 선별방법에 대한 기준 등을 설정하고 직접 폐기능검사를 실시하였다(그림 1).

보건복지부가 주최하고 한국보건사회연구원(보사연)이 주관하여 3년마다 실시하는 2001년 국민건강영양조사와 같은 동일 대상과 동일한 시기(2001. 11. 1 - 2002. 1. 19)에 실시하였다. 폐기능검사와 단순흉부방사선사진 촬영은 대한결핵 및 호흡기학회와 공동으로 실시하였으며, 호흡기 질환 및 증상에 대한 설문조사는 보사연에서 실시하였다. 신장 및 체중의 측정은 동일한 기기로 정도관리 된 방법에 따라 한국건강관리협회에서 측정하였다.

본 연구방법은 연구결과가 대표성을 갖추기 위하여 우리나라를 대표할 수 있는 전국민을 대상으로한 연구대상자의 선정과 정확성과 신뢰성 있는 결과를 얻기 위한 폐기능 검사자의 선정과 폐기능 검사 방법의 선정, 검사방법과 결과에 대한 정도관리, 정상인의 선정 기준, 설문조사, 통계적 분석이 중요한 요인이었다.

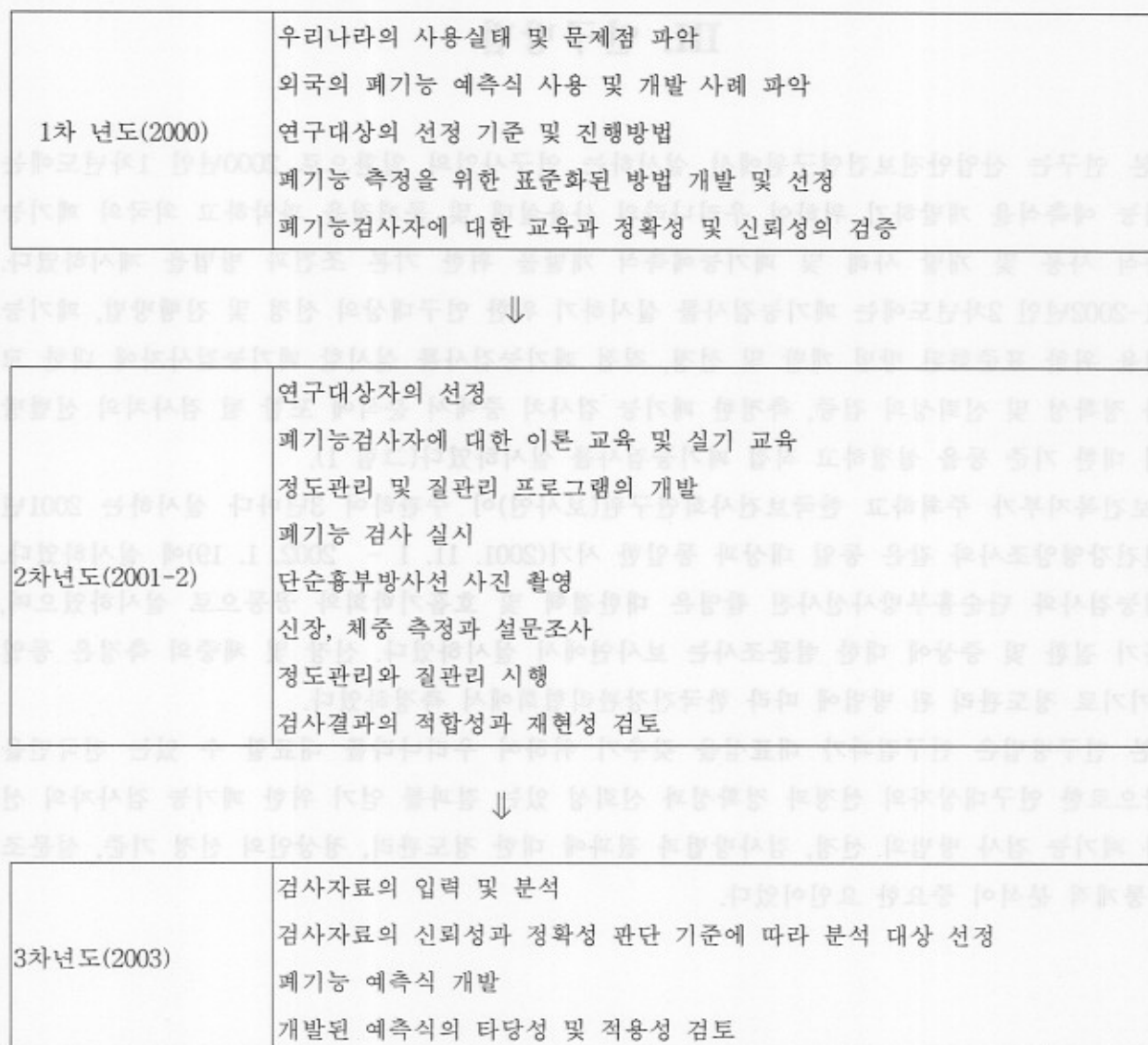


그림 1 폐기능 예측식 개발 과정.

1. 연구대상자의 선정과 지역별 분포

연구대상자는 대표성을 갖도록 대상자를 선별하는 것이 중요하므로 신뢰성이 있도록 통계청에 의뢰하여 선정하였다. 통계청에서 선정한 방법은 각 시도의 섬지역을 제외한 전국을 조사대상지역으로 선정하였다.

2000년 인구주택총조사에서 이용된 일반조사구수는 24만 6천여 개이며, 총가구수는 1,480만 가구이다. 7대 광역시와 6개 도인 경기, 강원, 충청, 전라, 경상, 제주 지역층과 시, 읍, 면지역의 행정구역을 각각 층화 변수로 한 2원 층화추출방법을 사용하였다. 7대 광역시와 6개 도내에서 도시지역과 읍면지역으로 층화하여 전체적으로 20개 층을 구성하였다. 이 중에서 아파트지역과 비아파트지역으로 나누고, 지역적인 안배를 고려하여 각 층내에서 행정구역에 따라 조사구를 정렬한 후 표본조사구를 계통추출하였다. 그 후 각 층의 조사구수에 비례하도록 표본을 비례배분하였다. 최종적으로 200개 조사구를 선정하였으며, 각 조사구에서 20여 가구가 선정될 수 있도록 계통추출법과 무작위추출법을 사용하여 선택하였다.

조사대상자는 8,209명으로 남자 3,749명, 여자 4,460명이었다. 지역별 인구비례에 의해 조사대상자가 선정되었으므로 서울특별시가 가장 많아 1,802명이었으며, 다음으로는 경기도로 1,532명이었다(표 12).

표 12. 조사대상자의 지역별 분포

지역구분	남자	여자	계
강원도	137	168	305
경기도	716	816	1,532
경상도	378	476	854
광주광역시	138	164	302
대구광역시	186	230	416
대전광역시	121	138	259
부산직할시	291	345	636
서울특별시	820	982	1802
울산광역시	87	110	197
인천광역시	193	217	410
전라도	334	396	730
제주도	73	84	157
충청도	275	334	609
합계	3,749	4,460	8,209

조사대상자는 먼저 설문조사를 실시하였으며, 연령분포는 30대가 가장 많아 1,998명, 다음으로는 40대로 1,872명, 18세 이상을 포함한 20대는 1,763명이었다(표 13).

표 13. 조사대상자들의 연령별 분포

연령구분	남		여		계	
	수	%	수	%	수	%
18세 - 29세	785	20.9	978	21.9	1,763	21.5
30세 - 39세	944	25.2	1,054	23.6	1,998	24.3
40세 - 49세	911	24.3	961	21.5	1,872	22.8
50세 - 59세	522	13.9	595	13.3	1,117	13.6
60세 - 69세	381	10.2	497	11.1	878	10.7
70세 이상	206	5.5	375	8.4	581	7.1
합계	3,749	100	4,460	100	8,209	100.0

2. 폐기능 검사 방법

폐기능검사는 모두 미국 SensorMedics사의 Vmax series SensorMedics 2130형인 Rolling dry-seal spirometry를 이용하였다. 이 검사는 1994년 미국흉부학회에서 제안한 폐기능검사의 정확도와 정밀도의 장비조건을 만족하는 기기이었다. 폐기능 검사 방법은 미국흉부학회(1987, 1991, 1994)에서 제시하는 방법에 따라 자체적으로 기준을 세워 실시하였다.

검사하기 전에 건강에 대한 과거력과 현재의 건강상태에 대한 질문조사를 실시한 후 검사의 목적과 검사에 대한 설명, 시범을 보인 후 실시하였다. 검사대상자는 의자에 앉아서 상체를 앞으로 약 15도 기울인 상태에서 실시하도록 하였다. 측정은 폐쇄 순환법으로 코집계를 착용한 상태에서 검사하였다. 검사횟수는 적어도 적합성이 있는 검사가 3번 이상이 되도록 하였으며, 검사즉시 재현성에 대하여 판단하도록 하였다. 호기시간은 최소한 6초 이상이 되도록 독려하였으며, 최대한 호기하도록 시간에 제한을 두지 않았다. mouth piece와 연결호스, 필터는 개개인마다 교체하였으며, 폐기능 검사기에 검사에 대한 오류가 있을 때 자동적으로 나타나게 하여 오류 문구(error message)가 나타날 때는 재검사하도록 하였다(그림 2).

폐기능검사의 제외 대상으로는 최근 3주 이내 흉부 또는 복부 수술을 받은 경우와 최근 6주 이내 심근경색이나 심장발작이 있던 경우, 검사당일 기침, 객담, 감기, 발열, 피로, 호흡곤란이 있는자와 기관지확장제 등의 폐기능에 영향을 미칠수 있는 약제를 복용하는 경우, 선천성 이상자, 흉부방사선사진 촬영이 불가능한 임신한자는 제외하였다.

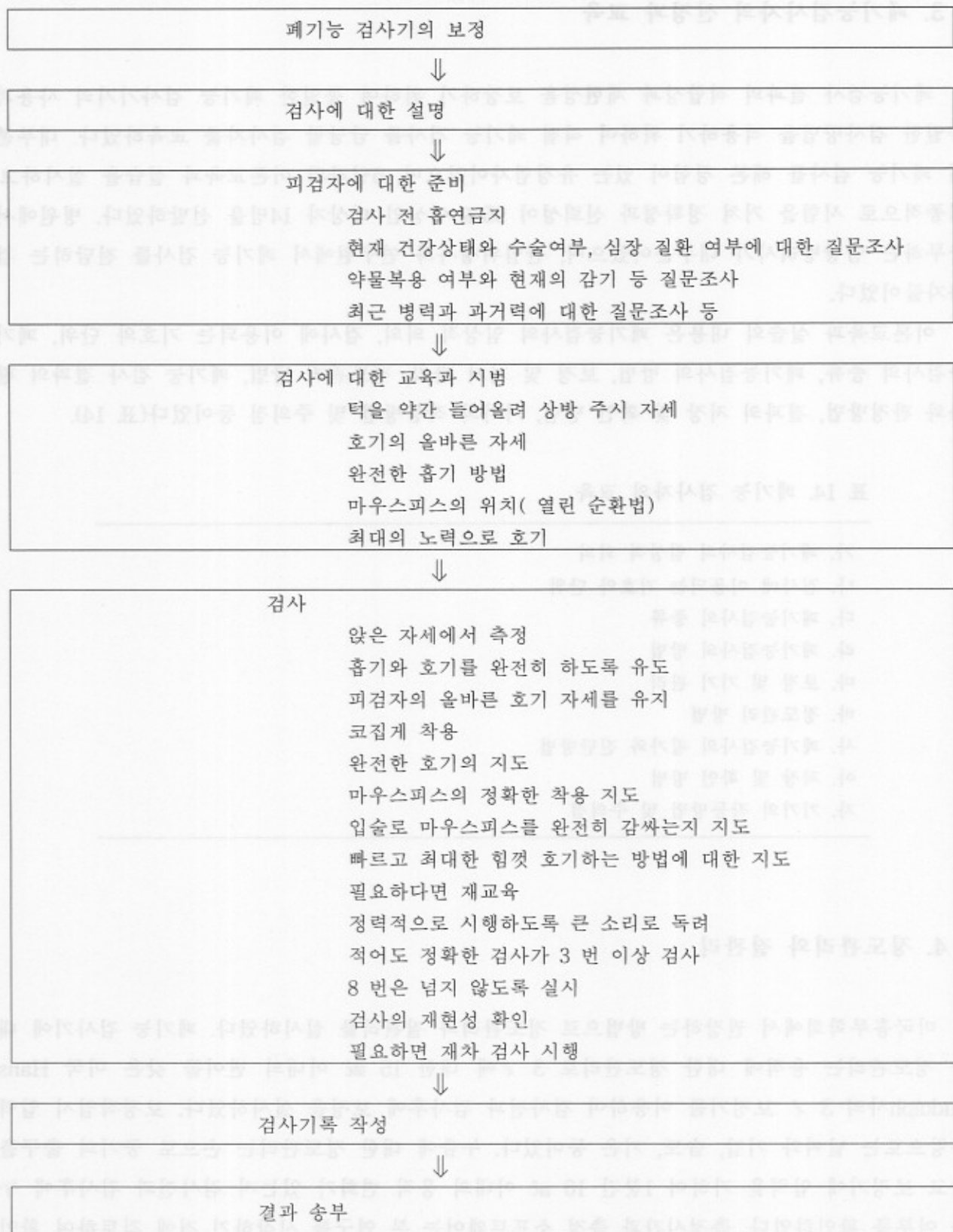


그림 2 폐기능검사 과정.

3. 폐기능검사자의 선정과 교육

폐기능검사 결과의 적합성과 재현성을 보장하기 위하여 동일한 폐기능 검사기기의 사용과 동일한 검사방법을 적용하기 위하여 직접 폐기능 검사를 담당할 검사자를 교육하였다. 대부분이 폐기능 검사를 해본 경험이 있는 유경험자이었으며, 6일간의 이론교육과 실습을 실시하고, 최종적으로 시험을 거쳐 정확성과 신뢰성이 95% 이상인 대상자 14명을 선발하였다. 병원에서 근무하는 임상병리사가 대부분이었으며, 산업위생사와 연구원에서 폐기능 검사를 전담하는 검사자들이었다.

이론교육과 실습의 내용은 폐기능검사의 임상적 의의, 검사에 이용되는 기호와 단위, 폐기능검사의 종류, 폐기능검사의 방법, 보정 및 기기 관리, 정도관리 방법, 폐기능 검사 결과의 평가와 판정방법, 결과의 저장 및 확인 방법, 기기의 작동방법 및 주의점 등이었다(표 14).

표 14. 폐기능 검사자의 교육

-
- 가. 폐기능검사의 임상적 의의
 - 나. 검사에 이용되는 기호와 단위
 - 다. 폐기능검사의 종류
 - 라. 폐기능검사의 방법
 - 마. 보정 및 기기 관리
 - 바. 정도관리 방법
 - 사. 폐기능검사의 평가와 진단방법
 - 아. 저장 및 확인 방법
 - 자. 기기의 작동방법 및 주의점
-

4. 정도관리와 질관리

미국흉부학회에서 권장하는 방법으로 정도관리와 질관리를 실시하였다. 폐기능 검사기에 대한 정도관리는 용적에 대한 정도관리로 3 ℓ에 대한 15 ml 이내의 변이를 갖은 미국 Hans Rudolph사의 3 ℓ 보정기를 이용하여 검사전과 검사후에 보정을 실시하였다. 보정작업시 입력 사항으로는 날씨와 기압, 습도, 기온 등이었다. 누출에 대한 정도관리는 손으로 공기의 출구를 막고 보정기에 압력을 가하여 1분간 10 ml 이내의 용적 변화가 있는지 검사전과 검사후에 누출 여부를 확인하였다. 측정시간과 측정 소프트웨어는 본 연구를 시작하기 전에 검토하여 확인하였다.

폐기능 검사에 대한 질관리는 중앙정도관리센터를 설치하고, 그날 실시한 모든 폐기능 검사

결과를 송부받아 폐기능 검사자에 대한 질관리를 실시하였다. 폐기능 검사자는 검사결과와 개개인의 검사에 대한 평가와 불충분한 검사가 된 경우 이유를 기록하는 폐기능검사 기록지(표 15, 표 16)를 작성하여 중앙정도관리센터에 송부하였다. 중앙정도관리센터에서는 폐기능 검사자 개개인마다 시행한 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 시행한 적합성이 있는 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC) 재현성이 없는 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 일초간 노력성 폐활량(forced expiratory volume in one second, FEV₁) 재현성이 없는 그래프 수의 분포, 각 검사자별 최고호기속도(peak expiratory flow, PEF)의 재현성이 없는 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 외삽용적(back extrapolated volume, BEV)의 오류가 있는 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 기침을 한 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 호기 시간이 6초 미만인 그래프 수의 분포, 각 검사자별 종료기준을 준수하지 못한 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 검사종료의 고평부(plateau)가 0.5초 미만 지속된 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 검사종료의 고평부가 0.5-1.5초 미만 지속된 그래프 수의 분포, 각 검사자 별 검사종료의 고평부가 1.5초 이상 지속된 그래프 수의 분포 등을 알려주어 질관리를 하였다(표 17).

검사장소에는 그 지역의 대학병원 또는 대학병원이 없는 경우 종합병원의 내과전문의를 책임자로 내정하여, 검사장소의 선정과 폐기능검사기의 보정결과 및 과정을 감독, 폐기능검사자의 검사과정을 감독, 폐기능검사 결과 기록지 작성에 대한 감독, 폐기능검사 장비의 이상 유무의 확인을 하도록 하였다. 검사의 만족도에 대한 내용은 다음과 같이 기술하도록 하였다. 이 기록은 일주일마다 검사 그래프와 함께 중앙정도관리센터로 보내졌다.

표 15. 폐기능검사 기록지(log sheet)의 내용

ID	기압	기온	시간	나이	성별	키	몸무게	흡연	검사만족도	검사만족도에대한 내용

표 16. 폐기능검사의 만족도에 대한 기록 내용

표시	설명
PC(partially complete)	장비의 고장 반복된 기침 불충분한 노력 또는 숨을 내쉬는 것의 조기중단 급성 질환(감기, 독감, 폐렴) 심한 만성 폐쇄성 폐질환(심한 천식, 심한 기관지염, 심한 폐기종) 과식 후 검사 검사를 이해하지 못함 검사에 비협조 의사 전달 장애
NE-No exam(실시하지 않음)	장비의 고장 심한 만성 폐쇄성 폐질환(심한 천식, 심한 기관지염, 심한 폐기종) 검사의 거부 또는 비협조 최근 3주 이내 흉부 또는 복부 수술 최근 6주 이내 심장경색, 심장발작

표 17. 정도관리를 위한 폐기능검사자별 통보 내용

각 검사자별 시행한 그래프 수의 분포				
각 검사자별 시행한 적합성이 있는 그래프 수의 분포				
각 검사자별 FVC 재현성이 없는 그래프 수의 분포				
각 검사자별 FEV ₁ 재현성이 없는 그래프 수의 분포				
각 검사자별 최고호기속도의 재현성이 없는 그래프 수의 분포				
각 검사자별 외삽용적의 오류가 있는 그래프 수의 분포				
각 검사자별 기침을 한 그래프 수의 분포				
각 검사자별 호기 시간이 6초 미만인 그래프 수의 분포				
각 검사자별 종료기준을 준수하지 못한 그래프 수의 분포				
각 검사자별 검사종료의 고평부가 0.5초 미만 지속된 그래프 수의 분포				
각 검사자별 검사종료의 고평부가 0.5-1.5초 미만 지속된 그래프 수의 분포				
각 검사자별 검사종료의 고평부가 1.5초 이상 지속된 그래프 수의 분포				

5. 설문조사 및 설문내용

설문내용은 흡연에 대하여 흡연여부와 흡연량, 흡연시작 연령, 금연기간, 간접흡연 등이었다. 만성질환으로 호흡기계 질환은 결핵 및 만성기관지염, 폐기종, 폐쇄성 폐질환, 천식, 기관지 확장증 등이었으며, 순환기계질환으로 고혈압, 뇌혈관 질환, 협심증과 심근경색증, 기타 심질환 등이었다. 암은 위암, 간암, 폐암과 기관지암, 대장암, 직장암, 유방암, 자궁암, 기타 암 등이었으며, 근골격계질환으로는 관절염, 요통, 좌골신경통, 추간판 탈출증, 신경통, 기타 근골격계 질환이었다.

급성질환으로 호흡기계 질환은 감기, 인플루엔자, 급성 기관지염, 폐렴, 기타 호흡기계 질환이었으며, 근골격계 질환으로 급성 목, 척추 등의 동통, 기타 급성 근골격계 질환과 감염성 질환인 백일해, 수두, 홍역 등과 바이러스성 질환, 기타 감염성 질환에 대하여 조사하였다. 기타 임신여부와 신체 질환에 대하여 조사하였다.

폐기능 검사자는 폐기능 검사를 실시하기 전에 약물복용 여부와 현재의 건강상태, 최근 3주 이내 흉부 또는 복부 수술을 받은 경우와 최근 6주 이내 심근경색이나 심장발작, 검사당일 기침과 객담, 감기, 발열, 피로, 호흡곤란, 임신여부에 대하여 질문조사를 하였다.

기타 주거특성으로 교육수준, 주거유형, 생활수준, 월 생활비, 월 가구소득, 결혼상태 등에 대하여 조사하였다.

6. 흉부방사선 사진 촬영과 판독 기준

폐기능검사를 실시한 연구대상자에 대하여 이동식 검진차를 이용하여 단순흉부방사선 촬영을 실시하였다. 직접촬영 검진차 2대와 간접촬영 검진차 10대를 이용하였다. 3명의 방사선과 전문의가 교차 판독하였으며, 판독 내용은 폐질환이 대부분 포함 되도록 하였으며, 상세한 분류가 가능하도록 세분화하여 판독하였다(표 18).

표 18. 단순흉부방사선 사진의 판독 분류

판독분류
정상
폐기종
폐기종 의심
비활동성 폐결핵, 경증
비활동성 폐결핵, 경증, 섬유화 동반
비활동성 폐결핵, 중등증
비활동성 폐결핵, 중등증, 섬유화 동반
비활동성 폐결핵, 중증
비활동성 폐결핵, 중증, 섬유화 동반
활동성 미정 폐결핵, 경증
활동성 미정 폐결핵, 경증, 섬유화 동반
활동성 미정 폐결핵, 중증
활동성 미정 폐결핵, 중증, 섬유화 동반
활동성 미정 폐결핵, 중등증
활동성 미정 폐결핵, 중등증, 섬유화 동반
활동성 미정 폐결핵, 중증
활동성 미정 폐결핵, 중증, 섬유화 동반
활동성 폐결핵, 경증
활동성 폐결핵, 경증, 섬유화 동반
활동성 폐결핵, 중등증
활동성 폐결핵, 중등증, 섬유화 동반
활동성 폐결핵, 중증
활동성 폐결핵, 중증, 섬유화 동반
습성 흉막염
치유된 흉막염 (늑막 비후) 경증
치유된 흉막염 (늑막 비후) 중증
폐종괴 및 종괴 의심(종괴는 3cm 이상)
고립성 폐 결절 및 의심 (결절이 3cm미만)
기관지 확장증
기타 질환
미만성 간질성 폐침윤
종격동 질환
폐문부 종대
폐허탈
골격 변화
순환기계 질환
사진불량(기술상 실패)

7. 적합성과 재현성 판단 기준

폐기능검사 결과에 대한 적합성(acceptability, 정확성)과 재현성(repeatability, 신뢰성)의 판단 기준은 미국흉부학회(1991, 1994)에서 제시한 기준에 따라 자체적으로 정하였다.

적합성의 기준은 폐기능 검사가 최소한 6초 이상 호기시간을 만족해야하고, 후외삽법에 의한 외삽량이 노력성 폐활량의 5% 이내인 경우, 호기의 종료점에서 1초간 변화가 20 ml 이하인 경우, 기침이나 기도의 막힘 등이 없고, 유량-용적곡선이나 시간-용적곡선에서 그래프의 모양이 정상인 경우 등으로 정하였다. 재현성의 기준은 정확성이 있는 3회 이상의 검사 중에서 가장 큰 수치의 노력성 폐활량과 다음으로 큰 수치의 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 차이가 5% 이내 또는 200 ml 이내로 정하였다(표 19).

표 19. 적합성과 재현성의 판정 기준

구분	판정 기준
적합성	1. 검사의 만족스러운 시작 (외삽 용적이 노력성 폐활량의 5% 또는 150ml 이내, 최대호기속도가 120 ms 이전에 나타난 경우)
	2. 최소한 호기 시간이 6초 이상
	3. 호기의 종료점에 대한 기준으로 마지막 1초간 20 ml의 변화가 없는 경우
	4. 최대의 흡기와 최대의 노력
	5. 그래프의 곡선이 정상(기침이나 기도의 막힘, 조기 종결이나 중단, 호기 노력의 변화 누공, 마우스피스의 막힘)
재현성	1. 적합성이 있는 3회 이상의 검사치
	2. 가장 큰 수치의 노력성 폐활량과 다음으로 큰 수치의 노력성 폐활량 값의 차이가 5% 이내 또는 200 ml 이내
	3. 가장 큰 수치의 일초간 노력성 폐활량과 다음으로 큰 수치의 일초간 노력성 폐활량 값의 차이가 5% 이내 또는 200 ml 이내
	4. 적합성이 있는 2회 검사치가 있는 경우의 판정 1) 8회의 검사를 반복 한 경우 2) 검사를 지속할 수 없거나, 하지 않기를 원할 때, 3) 더 이상 검사해도 좋은 결과치를 얻을 수 없다고 판단할 때

8. 정상인의 선정기준

본 연구에서는 정상인을 조건을 폐기능에 영향을 미치는 호흡기 질환 및 증상이 없을 것, 폐기능에 영향을 미치는 심폐 이상 소견이 없을 것, 폐기능에 영향을 미치는 유해인자에 노출력이 없을 것으로 설정하였다. 또한 정상인이라고 하더라도 검사 당일의 건강상태가 폐기능에 영향을 미칠 수 있어 배제하여야 하는 요인들이 검토되었다.

1) 폐기능에 영향을 미치는 호흡기 질환 및 증상

폐기능에 영향을 미칠 수 있는 호흡기계 질환으로는 의사의 진단에 의한 만성 기관지염, 폐쇄성 폐질환과 천식, 결핵, 폐기종이며, 폐질환과 흉부질환으로 입원한 경력과 이와 관련한 약물복용력이 있는 경우이다. 만성 기관지염은 일년에 3개월 이상 기침이나 가래가 지속된 기간이 2년 이상인 경우로 정의되므로 본 연구에서도 이를 설문조사를 통하여 제외하였다. 의사의 진단에 의한 천식 및 결핵, 폐기종과 폐질환 관련 입원 치료한 경력이 있는 자와 천식등의 약물 복용력이 있는 자도 제외하였다. 또한 본 연구의 대상자를 통계적으로 분석한 결과 이들 질환이 있는 군과 없는 군의 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 유의한 차이가 있었다.

호흡기계 증상으로는 설문조사에서 가래가 있는 경우와 기침이 있는 경우, 지난 1년간 천명이 있는 경우는 주관적인 판단이며, 판단 기준이 모호하므로 연구의 대상자를 통계적으로 분석한 결과 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 유의한 차이가 없어 정상인의 기준에 포함하였다. 그러나 가래가 3개월 이상 있는 경우와 기침이 3개월 이상인 경우, 천명시 숨이 가쁜 경우, 천식발작이 있는 경우는 통계적으로 분석한 결과 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 유의한 차이가 있어 정상인의 기준에서 제외하였다(표 20).

미국흉부학회(1991)에서 정상인의 조건에 기침, 가래, 천명음 등의 호흡기 증상이 없어야 할 것으로 제시하고 있으나 본 연구와 차이가 있었다.

2) 폐기능에 영향을 미치는 심폐 이상 소견

폐기능에 영향을 미치는 흉부관련 질환으로 단순흉부방사선사진 촬영의 판독 결과 흉부관련 질환과 심장관련 질환, 기타 암과 근육계 질환을 검토하였다. 표 16에서 제시한 정상인 경우만 정상인의 범위에 포함하였다. 비활동성 결핵, 경증과 활동성 미정 폐결핵, 경증, 고립성 폐결절 및 의심으로 결절이 3 cm 이하인 경우, 폐문부 종대, 순환기계 질환이 방사선학적으로 정상인의 범위에 포함될 수 있다고 판단하였으나 이들의 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량이 정상군의 값보다 통계적으로 낮아 정상범위에 포함하지 않았다. 또한 폐기능에 영향을 미

칠 수 있는 심장질환으로 협심증과 심부전, 심근경색이 없는 경우에 정상인의 범위에 포함하였다.

3) 폐기능에 영향을 미치는 유해인자

폐기능에 영향을 미치는 유해인자는 흡연과 직업적 유해인자에 노출될 수 있는 환경 및 물질, 대기오염을 검토하였다.

본 연구에서 비흡연자란 평생동안 100가피(5갑) 이하의 흡연을 한 경우로 정의하였으며, 이는 Crapo 등(1981)이 사용한 방법과 동일하다. 흡연자가 정상군에 포함될 수 있는가에 대하여 여러 방법으로 검토되었다. 흡연자중에서 5 갑-년 이하의 흡연량인 경우 폐기능에 영향을 미치지 않으므로 폐기능 예측식에 무리가 없다고 판단되었으므로 대안으로 제시하였다.

직업적 노출에서 분진에 많이 노출되는 직업과 화학물질에 노출되어 천식등의 폐쇄성 폐질환 등이 발생 가능한 직업이 검토되었다. 본 설문조사에서 이 직업에 대한 자세한 조사가 이루어지지 않는 않았으나 이러한 직업에 근무하여 호흡기계 질환이 발생하는 경우 일반 인구와 비교하여 건강근로자효과가 있기 때문에 직업적 노출이 있어도 근무연령에서는 크게 영향이 없는 것으로 판단하였다. 또한 직업적 노출이 되었다는 사실만으로 정상인의 정의에서 배제되어야 할 요건이 되지 못하며, 더욱 진행되어 호흡기계 질환이 발생하였다면 단순흉부방사선 촬영과 설문조사에서 제외되었기 때문에 큰 영향은 없다고 판단하였다.

대기오염에 의한 폐기능의 영향은 모든 인구가 어느 정도 노출되었을 것으로 판단되며, 노출과 비노출간에 폐기능의 영향에 상대적으로 그 크기가 크지 않다고 판단하였으며, 직업적 노출과 마찬가지로 대기오염에 노출되었다는 사실만으로 정상인의 정의에서 배제되어야 할 요건이 되지 못하며, 더욱 진행되어 호흡기계 질환이 발생하였다면 단순흉부방사선 촬영과 설문조사에서 제외되었기 때문에 큰 영향은 없다고 판단하였다.

비흡연자로 구한 폐기능 예측식은 표 1에서와 같이 미국흉부학회(1991)에서 제시한 정상인의 조건인 폐기능에 영향을 미칠 수 있는 과거 또는 현재의 병력이 없을 것과 신체진찰 소견상 이상이 없어야 할 것, 흉부방사선촬영에서 이상이 없어야 할 것을 모두 만족하였다. 대안으로 제시된 5 갑-년 이하의 흡연자는 미국흉부학회에서 제시한 정상인의 조건과 달랐으나 폐기능 예측식으로 만족할 수 있다고 판단하였다.

4) 폐기능에 영향을 미치는 신체 이상 소견

신장 및 체중, 척추 등의 선천적 이상으로 폐기능에 영향이 없는 경우와 흉부 및 경추부위 수술을 받지 않은 경우, 압과 근육질환이 없는 경우 정상범위에 포함하였다.

5) 폐기능에 영향을 미치는 검사 당시의 건강상태

위에서 제시한 정상인의 기준에 폐기능에 영향을 미칠 수 있는 검사당일 기침, 객담, 감기, 발열, 피로, 호흡곤란이 없는 경우와 기관지 확장제 등의 약제를 복용하고 있지 않는 경우에 정상인으로 선정하였다.

표 20. 정상인의 선정기준

1. 폐기능에 영향을 미치는 호흡기 질환 및 증상

- 1) 의사로부터 천식, 만성기관지염, 폐기종, 만성 폐쇄성 폐질환으로 진단 받지 않은 경우
- 2) 일년에 3개월 이상 기침이나 가래가 지속된 기간이 2년 이하인 경우
- 3) 폐질환과 흉부질환으로 입원한 경력이 없는 경우
- 4) 천식과 관련한 약물 복용력이 없는 경우
- 5) 일년에 3개월 이상 기침과 가래가 없는 경우
- 6) 천명시 숨이 가쁘지 않는 경우
- 7) 천식발작이 없는 경우

2. 폐기능에 영향을 미치는 심폐 이상 소견

- 1) 흉부방사선사진 촬영에서 정상인 경우
- 2) 심장질환(협심증, 심부전, 심근경색)이 없는 경우

3. 폐기능에 영향을 미치는 유해인자의 노출

- 1) 평생 비흡연자(평생 5갑 이하의 흡연)
- 2) 평생 5 갑-년 이하 흡연자

4. 신체 소견

- 1) 선천성 이상이 없는 경우
- 2) 흉부 및 경추부위 수술을 받지 않은 경우
- 3) 암과 근육질환이 없는 경우

5. 폐기능에 영향을 미치는 검사 당시의 건강상태

- 1) 검사당일 기침, 객담, 감기, 발열, 피로, 호흡곤란이 없는 경우
- 2) 검사 당일 기관지 확장제 등의 약제를 복용하고 있지 않는 경우

9. 폐기능검사 실시자 수 및 지역적 분포

조사대상자 8,209명중에서 폐기능 검사를 실시한 대상자는 4,816명이었으며, 남자 2,120명, 여자 2,696명이었다. 폐기능검사를 실시한 대상자들의 지역별 분포를 볼 때 서울이 849명으로 가장 많았으며, 다음으로는 경기도가 839명이었다(표 21).

폐기능 검사를 할 수 없었던 대상자는 설문조사 대상자에 비하여 3,393명이 적었는데 이는 조사에 참여하지 않았거나 폐기능 검사에 불응하는 경우, 설명을 알아들을 수 없는 경우, 검사를 따라 할 수 없는 경우, 폐기능 검사 당일 감기, 유행성 독감, 급성기관지염, 폐렴 등 호흡기계 질환이 있거나 호흡기관 관련 기관지 확장제 등의 약제를 복용하고 있는 경우, 심장질환(협심증, 심근경색)이 있는 경우, 경부와 흉부수술을 받은 적이 있는 경우, 선천성 이상이 있거나 암과 근육질환이 있는 경우, 임신한 경우이었다.

폐기능검사 실시율은 58.7%이었으며, 서울특별시가 가장 낮아 47.1%이었으며, 다음으로는 대구광역시, 경기도 순이었다.

연령별 분포를 볼 때 30대가 가장 많아 1,217명이었으며, 40 대 1,115명, 18세 이상이 포함된 20대가 870명이었다. 70세 이상은 286명이었다(표 22).

표 21. 폐기능검사 실시자들의 지역별 분포 및 실시율

지역구분	남자		여자		계	
	대상자수	실시자수(%)	대상자수	실시자수(%)	대상자수	실시자수(%)
강원도	137	105(76.6)	168	132(78.6)	305	237(77.7)
경기도	716	355(49.6)	816	484(59.3)	1,532	839(54.8)
경상도	378	250(66.1)	476	307(64.5)	854	557(65.2)
광주광역시	138	95(68.8)	164	112(68.3)	302	207(68.5)
대구광역시	186	88(47.3)	230	122(53.0)	416	210(50.5)
대전광역시	121	80(66.1)	138	94(68.1)	259	174(67.2)
부산직할시	291	175(60.1)	345	230(66.7)	636	405(63.7)
서울특별시	820	358(43.7)	982	491(50.0)	1,802	849(47.1)
울산광역시	87	60(69.0)	110	75(68.2)	197	135(68.5)
인천광역시	193	93(48.2)	217	127(58.5)	410	220(53.7)
전라도	334	217(65.0)	396	239(60.4)	730	456(62.5)
제주도	73	50(68.5)	84	66(78.6)	157	116(73.9)
충청도	275	194(70.5)	334	217(65.0)	609	411(67.5)
합계	3,749	2,120(56.5)	4,460	2,696(60.4)	8,209	4,816(58.7)

표 22. 폐기능검사 실시자들의 연령별 분포

연령구분(년)	남자		여자		계	
	수	%	수	%	수	%
18 - 29	387	18.3	483	17.9	870	18.1
30 - 39	516	24.3	701	26.0	1,217	25.3
40 - 49	503	23.7	612	22.7	1,115	23.2
50 - 59	328	15.5	411	15.2	739	15.3
60 - 69	269	12.7	320	11.9	589	12.2
70 이상	117	5.5	169	6.3	286	5.9
합계	2,120	100	2,696	100	4,816	100.0

10. 폐기능 검사치의 선택

폐기능 검사치 선택은 여러 번 시행한 검사에서 가장 큰 검사치를 선택하는 방법(best value selection method)을 이용하였다. 일반적으로 역학적 조사에서 best value selection method를 이용하며, 생리적 현상을 가장 적합하게 나타내는 것으로 알려져 있어 이방법을 선택하였다. 가장 우수한 검사를 하나만 선택하고 모든 폐기능 검사치를 이용(best trial selection method)하는 경우 개인의 최대치를 반영하지 못하므로 이 방법을 사용하지 않았다.

11. 분석대상자의 선정 과정

폐기능검사를 실시한 4,816명 중 단순흉부방사선촬영을 하지 않은 대상자가 337명으로 이를 제외한 연구대상자는 4,479명이었다. 이중에서 단순흉부방사선사진에서 비정상이 1,079명으로 정상자는 3,400명이었다(표 23).

표 23. 단순 흉부방사선사진 판독 결과

구분	남자		여자		계	
	수	%	수	%	수	%
정상	1,419	71.9	1,981	79.1	3,400	75.9
비정상	555	28.1	524	20.9	1,079	24.1
합계	1,974	100.0	2,505	100.0	4,479	100.0

단순흉부방사선사진 판독에서 정상인으로 판정된 3,400명중에서 적합성이 없는 검사결과가 551명이었으므로 이를 제외한 연구대상자는 2,849명이었다. 이중에서 재현성이 없는 검사결과 755명으로 이를 제외한 연구대상자는 2,094명이었다.

2,094명의 연구대상자중에서 의사로부터 천식과 폐기종, 만성기관지염, 만성 폐쇄성 폐질환으로 진단 받은 경우가 121명으로 이를 제외하여 연구대상자는 1,973명이었다.

호흡기계 설문조사로부터 일년에 3개월 이상 기침이나 가래가 지속된 기간이 2년 이상인 경우와 폐질환과 흉부질환으로 입원한 경력이 있거나 천식과 관련한 약물 복용력이 있거나 일년에 3개월 이상 기침과 가래가 있거나 천명시 숨이 가쁜 경우, 천식발작이 있는 경우가 131명으로 이를 제외한 연구대상자수는 1,842명이었다.

흡연자에서 5 갑-년(pack-year) 이하인 경우는 흡연이 폐기능 감소에 영향이 없으며, 오히려 흡연자에서 평균적으로 폐기능이 좋으므로 포함하여 비흡연자만을 대상으로 구한 예측식의 대안으로 제시될 수 있다고 판단되었으므로 흡연량이 5 갑-년 이상인 470명을 제외하면 1,372명이었다. 비흡연자는 1,212명으로 5 갑-년 이하인 160명을 제외하였다(그림 3).

결과적으로 예측치 공식을 구하기 위한 비흡연자는 1,212명이었으며, 대안으로 제시한 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 예측치 공식을 구하기 위한 대상자는 1,372명이었다.

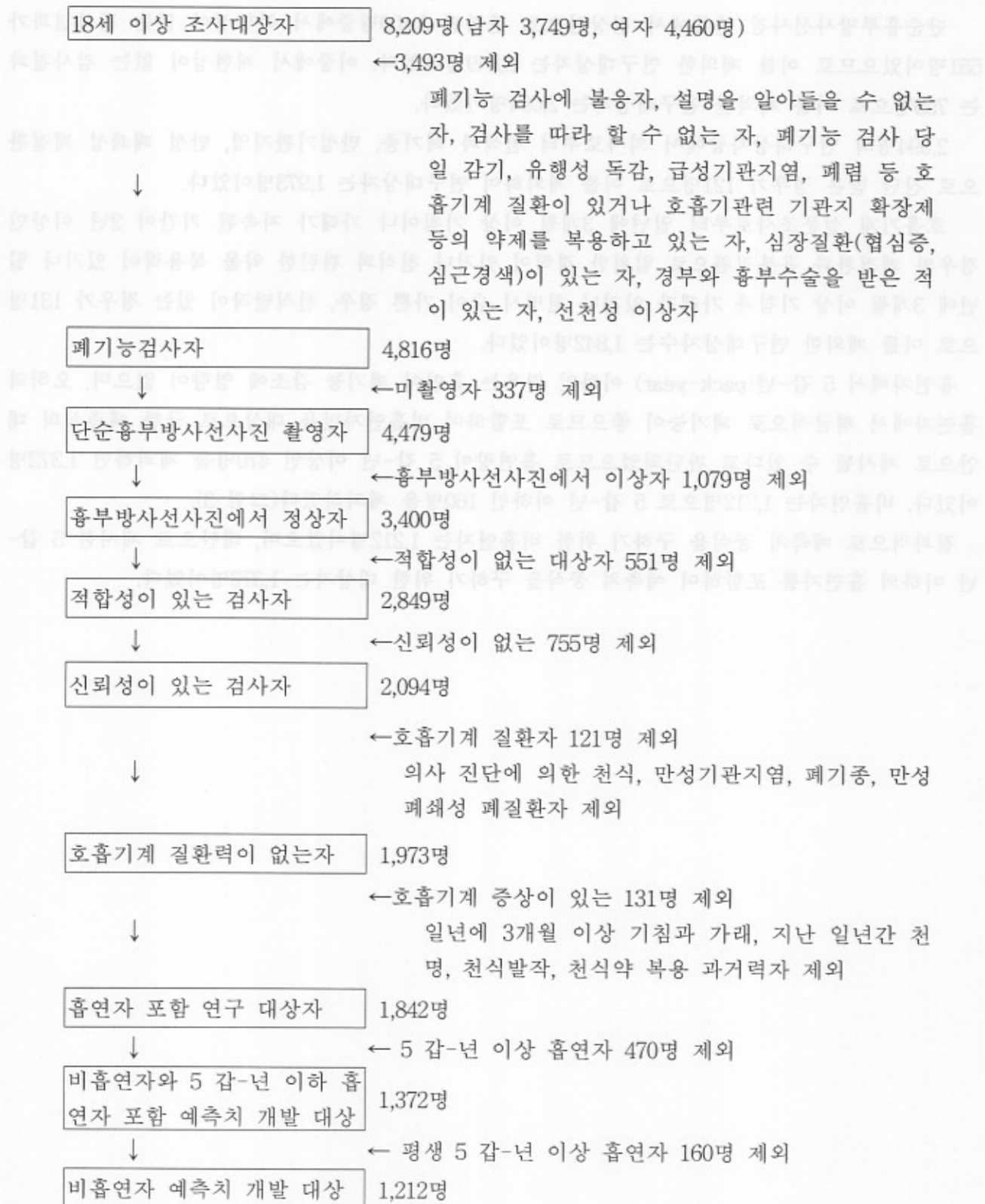


그림 3 연구대상자의 선정 과정.

12. 통계적 분석과 폐기능 예측치 추정

폐기능 검사치와 독립변수의 상관관계를 파악하기 위하여 일반적 통계분석법을 이용하여 분포의 특성과 예측치의 방향을 파악한 후 상관분석을 하였으며, 이들 변수들을 조합하여 혼합 효과모델(mixed effect model)을 이용하여 AIC(Akaike's information Criterion) 기준에 따라 가장 낮은 모델의 변수를 선정하였다. 다시 단순하고 사용하기 편리한 폐기능 예측치 공식을 유도하기 위하여 설명력이 있는 유의한 변수들중에서 남자와 여자에서 공통적으로 포함된 변수이면서 가장 적은 변수로써 설명력이 높은 모델을 예측치 공식이 되어야 하고, 잔차분석과 설명력의 비교에서 크게 차이가 나지 않는 변수를 선택하여 선형회귀분석(general linear regression) 모델에 적용하여 가장 타당한 예측치 공식을 유도하였다. 또한 다른 연구와 1991년 미국흉부학회에서 폐기능 예측식은 연령과 신장 변수로 모델화하여야 한다는 권고에 따라 연령과 신장 변수를 이용한 선형회귀분석 모델에 적용하여 제시하였다.

18-24세군이 25-29세군보다 폐기능 검사치가 낮거나 비슷한 경우에 모델의 설명력을 높이고 가장 적합한 예측치를 유도하기 위하여 18-24세군을 25세군으로 통합하여 분석하였다. 이러한 방법은 유럽호흡기학회에서 구한 예측치 공식의 방법(ECSC, 1983)이며, 아시아인에서 적절한 방법이라고 보고하였다(Zheng과 Zhong, 2002).

비흡연자만을 대상으로 구한 폐기능 예측식을 기준으로 제시하였다. 또한 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량은 흡연자가 비흡연자에 비하여 55세까지 좋았기 때문에 비흡연자만으로 구한 예측식은 55세 이하에서 예측치를 낮게 추정하는 오류가 있다. 따라서 30세 이하의 평균 흡연량인 4.67 갑-년을 고려하고, 55세 이후는 가능한 포함되지 않는 흡연량인 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 예측치를 구하여 대안으로 제시하였다. 설명변수는 비흡연자와 동일한 변수를 일반선형회귀분석에 대입하였다.

IV. 연구결과

1. 분석대상자들의 역학적 특징

1) 연령과 신장, 체중의 분포

정상인으로 선정된 비흡연자는 총 1,212명이었으며, 남자가 206명이었으며, 여자 1,006명이었다. 남자에서 연령별 분포는 18-24세군이 가장 많아 50명이었으며, 여자에서는 35-39세군으로 172명이었다. 남자에서 대상자가 적은 군은 65-69세군이 3명, 70세 이상에서 1명이었으며, 여자에서 70세 이상이 8명이었다(표 24).

표 24. 분석대상자들의 연령별 분포

연령구분	남자	여자	계
18-24	50(24.3)	96(9.5)	146(12.1)
25-29	20(9.7)	113(11.2)	133(11.0)
30-34	26(12.6)	151(15.0)	177(14.6)
35-39	27(13.1)	172(17.1)	199(16.4)
40-44	23(11.2)	158(15.7)	181(14.9)
45-49	20(9.7)	109(10.8)	129(10.6)
50-54	10(5.2)	77(7.7)	87(7.2)
55-59	15(7.3)	61(6.1)	76(6.3)
60-64	11(5.3)	44(4.4)	55(4.5)
65-69	3(1.5)	17(1.7)	20(1.7)
70-	1(0.5)	8(0.8)	9(0.7)
합계	193(100.0)	1,006(100.0)	1,212(100.0)

분석대상자들 중에서 남자의 신장의 범위는 149.0 cm부터 188.0 cm까지 이었으며, 평균 169.7 cm이었다. 18-24세군이 가장 컷으며, 나이가 증가할수록 감소하였다. 여자도 남자와 같은 경향을 보였으며, 평균 157.4 cm이고 범위는 141.5 cm부터 173.9 cm까지이었다.

체중은 남자에서 평균 68.4 kg이었으며, 47.0 kg부터 96.8 kg까지의 범위이었다. 35-39세군이

가장 체중이 많아 71.7 kg이었으며, 30대군에서 체중이 많았으며, 나이가 증가하면서 체중은 감소하였다. 여자들에서는 평균 57.3 kg이었으며, 38.5 kg으로부터 94.5 kg의 범위이었다. 50세부터 54세까지가 가장 체중이 많아 59.5 kg이었으며, 남자와 달리 50대군에서 가장 많았다(표 25).

표 25. 분석대상자들의 신장과 체중 분포(평균±표준오차)

연령	신장				체중			
	남자		여자		남자		여자	
18-24	172.5	1.03	159.5	0.54	66.8	1.75	55.2	0.93
25-29	172.1	1.28	159.8	0.51	68.5	2.28	54.7	0.76
30-34	172.6	1.29	158.3	0.41	70.9	1.81	56.4	0.69
35-39	170.9	1.15	157.6	0.41	71.7	1.74	56.9	0.60
40-44	167.6	1.40	157.3	0.39	70.3	2.22	58.6	0.64
45-49	167.0	1.35	156.7	0.46	66.0	1.72	59.5	0.74
50-54	165.9	1.00	156.1	0.57	65.6	2.13	59.8	0.84
55-59	167.2	1.55	154.4	0.63	68.8	2.39	59.5	1.23
60-64	162.6	2.11	153.4	0.75	65.8	2.84	57.3	0.98
65-69	159.3	3.47	153.2	1.18	62.8	3.35	55.4	1.41
70-	162.6	-	150.6	1.13	59.6	-	55.2	2.07
계	169.7	6.91	157.4	5.24	68.4	9.84	57.3	8.24

2) 지역 분포

폐기능검사 실시율은 서울지역과 경기지역을 포함한 대도시 지역이 낮았으며, 폐기능 검사자중에서 분석대상자의 포함율도 역시 대도시 지역이 낮았다.

남자 분석대상자의 지역분포는 부산지역이 가장 많아 31명으로 15.1%이었으며, 다음으로는 경기지역으로 26명, 12.6%이었다. 대상자가 가장 많은 서울은 분석대상자가 20명으로 9.7%이었다. 이는 서울특별시 지역에 거주하는 남성들의 폐기능검사 실시율이 낮았기 때문이었다. 그러나 폐기능 예측식의 개발에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

여자 분석대상자에서는 서울특별시가 가장 많아 196명으로 19.5%이었으며, 다음으로는 경기도 150명, 부산광역시 108명, 충청도 115명, 전라도 103명의 순이었다(표 26).

표 26. 연구대상자와 분석대상자들의 지역별 분포

	남자		여자		계	
	대상자	분석자	대상자	분석자	대상자	분석자
강원도	137(3.7)	3(1.5)	168(3.8)	20(2.0)	305(3.7)	23(1.9)
경기도	716(19.1)	26(12.6)	816(18.3)	150(14.9)	1,532(18.7)	176(14.5)
경상도	378(10.1)	24(11.7)	476(10.6)	74(7.4)	854(10.4)	98(8.1)
광주광역시	138(3.7)	16(7.7)	164(3.7)	72(7.1)	302(3.7)	88(7.3)
대구광역시	186(5.0)	9(4.4)	230(5.2)	39(3.9)	416(5.0)	48(4.0)
대전광역시	121(3.2)	16(7.7)	138(3.1)	46(4.6)	259(3.2)	62(5.1)
부산광역시	291(7.8)	31(15.1)	345(7.7)	108(10.7)	636(7.7)	139(11.5)
서울특별시	820(21.9)	20(9.7)	982(22.0)	196(19.5)	1,802(22.0)	216(17.8)
울산광역시	87(2.3)	3(1.5)	110(2.5)	11(1.1)	197(2.4)	14(1.2)
인천광역시	193(5.1)	5(2.4)	217(4.8)	44(4.4)	410(5.0)	49(4.0)
전라도	334(8.8)	25(12.1)	396(8.9)	103(10.2)	730(8.9)	128(10.5)
제주도	73(1.9)	2(1.0)	84(1.9)	28(2.8)	157(1.9)	30(2.5)
충청도	275(7.3)	26(12.6)	334(7.5)	115(11.4)	609(7.4)	141(11.6)
합계	3,749(100.0)	206(100.0)	4,460(100.0)	1,006(100.0)	8,209(100.0)	1,212(100.0)

3) 기타 특성

학력수준은 남자의 경우 전문대를 포함한 대학교 졸업자가 가장 많아 43.2%이었으며, 여자는 27.0%이었다. 다음은 고등학교 졸업으로 남자에서 30.1%인 반면 여자에서는 43.0%이었다. 직업으로 볼 때 남성에서 학생이 가장 많아 18.0%이었으며, 다음으로는 기능원 및 관련 기능 종사자가 13.6%로 가장 많았으며, 여자에서는 주부가 46.4%로 가장 많았다. 생활수준은 보통이 가장 많았으며, 다음은 가난한 수준이었다.

도시지역인 동단위에 거주하는 경우가 남녀를 합하여 78.0%이었으며, 농촌지역인 읍과 면단위 거주자가 20.1%이었다. 아파트에 주거하는 경우가 44.4% 이었으며, 일반주택과 연립주택에 주거하는 경우가 55.6%이었다(표 27).

표 27. 분석대상자들의 일반적 특징

특성	남자	여자	계
학력	무학	8(0.8)	8(0.7)
	무학(국문해독)	25(2.5)	25(2.1)
	초등학교	124(12.3)	137(11.3)
	중학교	135(13.4)	157(13.0)
	고등학교	433(43.0)	495(40.8)
	대학교	272(27.0)	361(30.0)
	대학원이상	9(0.9)	29(2.4)
직업	고위임직원 및 관리자	0(0.0)	4(0.3)
	전문가	43(4.3)	69(5.7)
	기술공 및 준전문가	27(2.7)	39(3.2)
	사무종사자	53(5.3)	75(6.2)
	서비스종사자	78(7.8)	87(7.2)
	판매종사자	105(10.4)	122(10.1)
	농업, 임업, 어업 숙련종사자	40(4.0)	53(4.4)
	기능원 및 관련 기능종사자	34(3.9)	62(5.1)
	장치기계조작 및 조립종사자	18(1.8)	34(2.8)
	단순노무종사자	42(4.2)	47(3.9)
	군인	0(0.0)	1(0.1)
	학생	46(4.6)	83(6.9)
	주부	467(46.4)	467(38.5)
	무직	53(5.3)	69(5.7)
생활수준	매우 부유	0(0.0)	1(0.1)
	부유	67(6.7)	86(7.1)
	보통	684(68.0)	826(68.2)
	가난	219(21.8)	260(21.5)
	매우 가난	33(3.3)	36(3.0)
	무응답	3(0.3)	3(0.3)
거주지역	동	814(80.9)	969(78.0)
	읍면	192(19.1)	243(20.1)
주거환경	아파트	441(43.8)	538(44.4)
	일반주택	565(56.2)	674(55.6)

2. 분석대상자들의 폐기능 검사치

노력성 폐활량이 분석대상자들의 흡연력을 구분하지 않고 남자의 폐기능 검사치를 볼 때 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC)은 25-29세군에서 가장 많았으며, 18-24세군은 25-29세보다 0.23 l 적었다. 30세 이후에는 나이가 증가하면서 일정한 방향으로 감소하였다. 여자에서도 25-29세군이 가장 많았으며, 18-24세군은 25-29세군보다 0.08 l 적었다. 25-39세까지 감소의 폭이 크지 않고 약간 감소하였으나 40세부터는 일정한 방향으로 감소하였다.

일초간 노력성 폐활량(forced vital capacity for one second, FEV₁)도 노력성 폐활량과 동일한 경향을 보였다.

일초율(일초간 노력성 폐활량 실측치/노력성 폐활량 실측치)은 남자에서 18-24세군이 가장 높아 89.3%이었으며, 연령이 증가하면서 일정한 방향으로 감소하였다. 여자에서도 동일한 결과로 18-24세가 가장 높아 88.4%이었으며, 남자와 동일하게 연령이 증가하면서 일정한 방향으로 감소하였다.

노력성 호기 25% 중간유량(forced expiratory flow 25%, FEF_{25%})과 노력성 호기 50% 중간유량(forced expiratory flow 50%, FEF_{50%}), 노력성 호기 25-75% 중간유량(forced expiratory flow 25-75%)은 남자와 여자에서 18-34세군이 가장 많았으며, 전체적으로 나이가 증가하면서 일정한 방향으로 감소하였다(표 28).

최고호기속도(peck expiratory flow, PEF)는 남자와 여자에서 30-39세군이 가장 높았으며, 40세 이후부터는 일정한 방향으로 감소하였다.

표로 제시하지는 않았지만 학력에 따른 폐기능 검사치는 무학인 경우가 초등학교 이상의 학력에 비하여 낮았으나 고연령층이 많기 때문이었으며, 전체적으로 볼 때 연령분포를 감안하면 유의한 차이는 없었다. 직업과 도시와 농촌, 지역적으로도 연령분포를 감안할 때 폐기능 검사치에 유의한 차이는 없었다.

(1.25) 0.03	(0.88) 0.03	(0.88) 0.03	남자
(2.15) 0.06	(1.15) 0.12	(0.91) 0.11	여성
(0.8) 0.05	(0.8) 0.05	(0.1) 0.05	남자
(0.0) 0.0	(0.0) 0.0	(0.0) 0.0	여성
(0.87) 0.03	(0.88) 0.03	(0.87) 0.03	남자
(1.05) 0.04	(1.01) 0.04	(0.85) 0.03	여성
(0.44) 0.02	(0.43) 0.02	(0.47) 0.02	남자
(0.22) 0.01	(0.22) 0.01	(0.22) 0.01	여성

표 28. 분석대상자들의 폐기능 검사치(평균±표준오차)

연령	노력성 폐활량(ℓ)				일초간 노력성 폐활량(ℓ)				일초율(%)			
	남자		여자		남자		여자		남자		여자	
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

표 28. 분석대상자들의 폐기능 검사치(평균±표준오차)(계속)

	노력성 호기 25% 중간유량				노력성 호기 50% 중간유량				노력성 호기 75% 중간유량			
	남자		여자		남자		여자		남자		여자	
18-24	8.49	0.19	6.21	0.11	5.85	0.17	4.23	0.10	6.20	0.17	4.46	0.11
25-29	8.63	0.28	6.25	0.10	5.42	0.23	4.28	0.08	5.84	0.23	4.50	0.08
30-34	8.57	0.34	6.39	0.08	5.23	0.26	4.20	0.07	5.53	0.27	4.33	0.07
35-39	8.87	0.34	6.23	0.08	5.07	0.21	4.06	0.07	5.31	0.21	4.15	0.07
40-44	8.43	0.26	6.15	0.09	4.59	0.19	3.82	0.07	4.78	0.20	3.88	0.07
45-49	8.28	0.34	5.98	0.10	4.63	0.23	3.72	0.09	4.67	0.24	3.70	0.08
50-54	8.10	0.53	5.76	0.13	4.22	0.34	3.41	0.11	4.34	0.29	3.35	0.10
55-59	7.70	0.42	5.56	0.14	3.79	0.21	3.26	0.12	3.77	0.26	3.20	0.11
60-64	7.38	0.45	5.25	0.17	4.06	0.36	3.13	0.12	3.94	0.34	2.96	0.12
65-69	6.13	0.21	5.17	0.25	2.88	0.19	2.99	0.19	2.69	0.19	2.84	0.18
70-	6.68	-	4.78	0.50	2.34	-	2.51	0.38	2.14	-	2.32	0.34

표 28. 분석대상자들의 폐기능 검사치(평균±표준오차)

연령	노력성 호기 25-75% 중간유량				최고호기속도			
		남자	여자		남자	여자		
18-24	5.52	0.17	3.96	0.10	9.57	0.18	6.80	0.12
25-29	5.08	0.22	3.98	0.08	9.98	0.27	6.80	0.10
30-34	4.74	0.26	3.78	0.07	10.08	0.33	6.99	0.09
35-39	4.52	0.19	3.61	0.06	10.02	0.34	6.87	0.08
40-44	3.97	0.18	3.32	0.07	9.83	0.29	6.79	0.09
45-49	3.88	0.22	3.15	0.08	9.39	0.28	6.56	0.10
50-54	3.54	0.25	2.82	0.10	9.21	0.41	6.34	0.13
55-59	3.03	0.23	2.67	0.10	8.99	0.50	6.16	0.14
60-64	3.25	0.32	2.47	0.11	8.75	0.51	5.70	0.19
65-69	2.14	0.17	2.35	0.16	7.09	0.40	5.56	0.25
70-	1.61	-	1.87	0.29	8.09	-	5.46	0.47

3. 폐기능 예측식의 추정

1) 비흡연자에서의 폐기능 예측식

(1) 노력성 폐활량의 예측식

노력성 폐활량은 남자와 여자에서 25-29세군이 가장 많았으며, 18-24세군은 이보다 적었다. 29세 이후에는 연령이 증가하면서 일정한 방향으로 감소하는 경향을 보였다. 따라서 18-24세군을 25세로 적용하였으며, 예측치 공식의 추정은 설명변수의 1차 함수보다 2승 또는 3승의 모델이 적절한 모양이었다(그림 4, 그림 5).

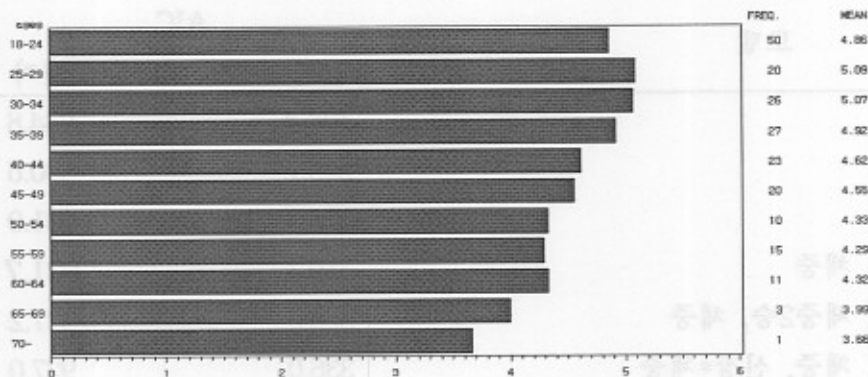


그림 4 남자에서 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화 추이.

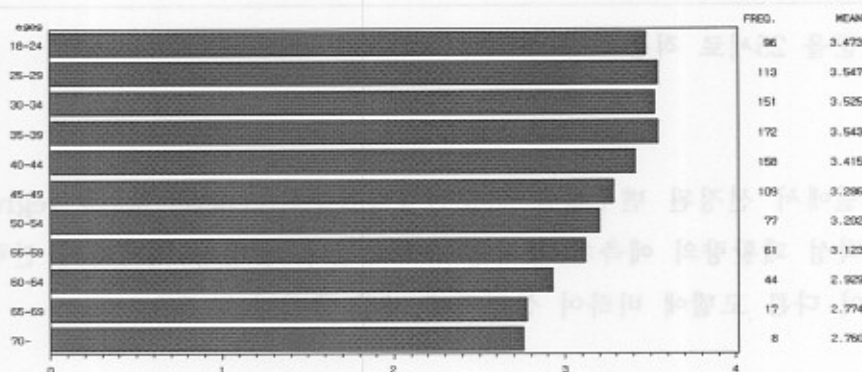


그림 5 여자에서 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화 추이.

노력성 폐활량과 독립변수의 상관관계를 파악하기 위하여 상관분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수이었다. 변수를 조합하여 혼합모형(mixed effect model)을 적용할 때 AIC는 남자에서 보정한 연령과 신장의 값이 가장 작았으며, 여자에서는 보정한 연령의 2승, 신장, 체중이 가장 작았다. 노력성 폐활량의 변화를 설명하는 모델에서 연령의 증가에 따라 폐기능이 감소하는 연령효과(aging effect)와 신장과 체중 등에 따라 폐기능이 변화하는 체격효과(body-physical effect)를 복합적으로 나타내는 모델이 적합하다는 것을 나타내며, 남자에서는 연령과 신장 모델이, 여자에서는 연령의 2승과 신장과 체중 모델이 적합하다는 것을 제시하였다(표 29).

표 29. 노력성 폐활량의 혼합효과 모델(mixed effect model)분석과 AIC 결과

모델	AIC	
	남자	여자
연령*, 신장	308.4	934.8
연령*2승, 신장	316.7	930.6
연령*3승, 신장	324.9	931.0
연령*2승, 신장, 체중	319.7	921.7
연령*2승, 신장, 체중2승, 체중	328.0	927.2
연령*2승, 신장, 체중, 신장*체중	336.0	927.0
연령, 신장	350.7	959.3
연령2승, 신장	358.3	951.3
연령3승, 신장	341.6	948.9
연령2승, 신장, 체중	356.3	943.0

연령* : 18-24세군을 25세로 적용

혼합효과 모델에서 선정된 변수들을 단순선형회귀분석(general linear regression analysis)에 적용하여 노력성 폐활량의 예측치 공식을 유도하였다. 남자와 여자에서 연령의 2승과 신장, 체중 변수 모델이 다른 모델에 비하여 설명력이 가장 좋았다(표 30).

표 30. 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용

성별	선형회귀분석 모델	r ²
남자	$-4.843426956 - 0.000086333 \cdot A^2 + 0.052924736 \cdot H + 0.010946792 \cdot W$	0.447756
	$-5.561620923 - 0.000069729 \cdot A^2 + 0.061403314 \cdot H$	0.429858
	$-5.562570755 - 0.005421175 \cdot A + 0.061969616 \cdot H$	0.427962
여자	$-3.000591245 - 0.000127284 \cdot A^2 + 0.039508224 \cdot H + 0.006892039 \cdot W$	0.372595
	$-3.194539099 - 0.000113562 \cdot A^2 + 0.043099227 \cdot H$	0.359791
	$-3.134125980 - 0.009056348 \cdot A + 0.043772065 \cdot H$	0.351196

A; age(년), H; 신장(cm), W; 체중(kg)

노력성 폐활량의 예측치 공식을 추정할 때 남자와 여자에서 공통된 변수가 포함되어 간단 하면서, 적은 변수로 설명력이 높고, 모델을 구한 대상자수가 많은 예측식은 연령의 2승, 신장, 체중 변수를 포함하는 모델이었다.

따라서 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -4.843426956 - 0.000086333 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.052924736 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.010946792 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -3.000591245 - 0.000127284 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.039508224 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.006892039 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었다 (표 31).

표 31. 노력성 폐활량의 예측치 공식

성별	예측식 추정	설명력(r^2)
남자	$-4.843426956 - 0.000086333 * \text{연령}^2 + 0.052924736 * \text{신장} + 0.010946792 * \text{체중}$	0.447756
여자	$-3.000591245 - 0.000127284 * \text{연령}^2 + 0.039508224 * \text{신장} + 0.006892039 * \text{체중}$	0.372595

연령 : 년, 신장 : cm, 체중 : kg

(2) 일초간 노력성 폐활량의 예측식

일초간 노력성 폐활량은 노력성 폐활량과 마찬가지로 남자와 여자에서 25-29세군이 가장 많았으며, 18-24세군은 이보다 적었다. 29세 이후에는 연령이 증가하면서 일정한 방향으로 감소하는 경향을 보였다. 따라서 18-24세군을 25세로 적용하였으며, 예측치 공식의 추정은 설명 변수의 1차 함수보다 2승 또는 3승의 모델이 적절한 모양이었다(그림 6, 그림 7).

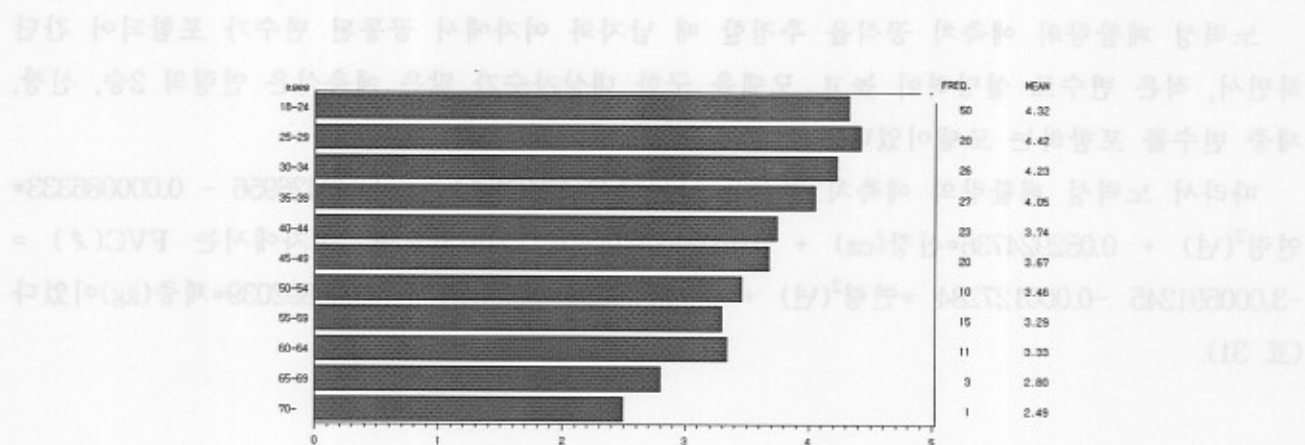


그림 6 남자에서 일초간 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화.

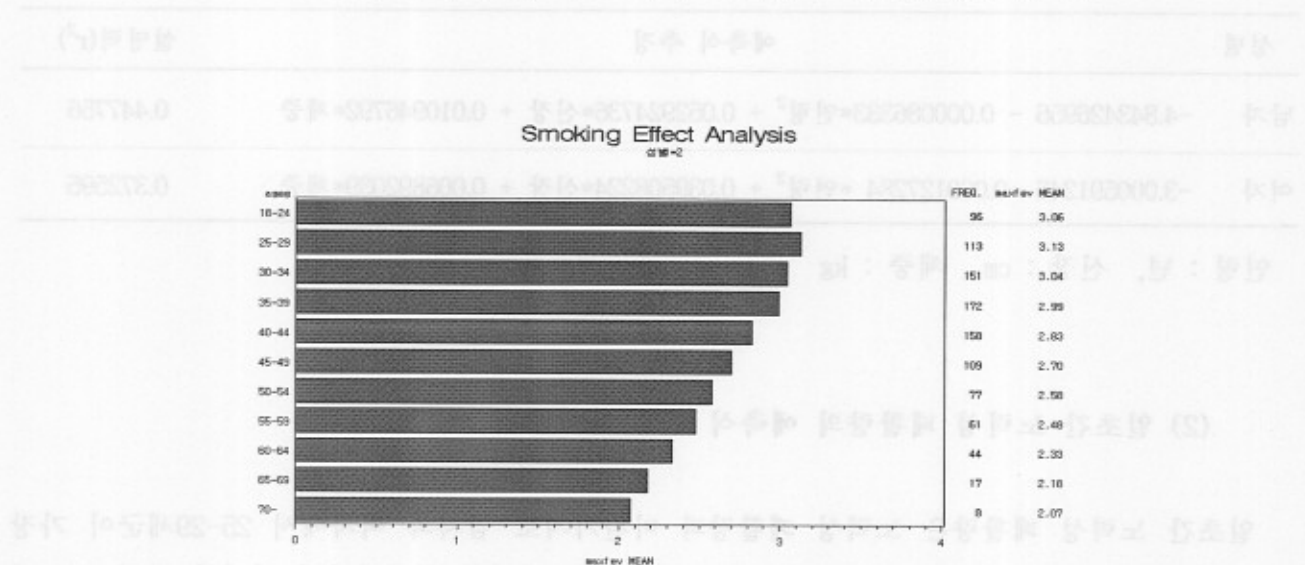


그림 7 여자에서 일초간 노력성 폐활량의 연령에 따른 변화.

일초간 노력성 폐활량과 독립변수의 상관관계를 파악하기 위하여 상관분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수이었다. 변수를 조합하여 혼합모형(mixed effect model)을 적용할 때 AIC는 남자에서 보정한 연령과 신장의 값이 가장 작았으며, 여자에서는 보정한 연령의 2승, 신장이 가장 작았다. 일초간 노력성 폐활량의 변화를 설명하는 모델에서 연령의 증가에 따라 폐기능이 감소하는 연령효과(aging effect)와 신장과 체중 등에 따라 폐기능이 변화하는 체격효과(body-physical effect)를 복합적으로 나타내는 모델이 적합하다는 것을 나타내며, 남자에서는 연령과 신장 모델이, 여자에서는 연령의 2승과 신장 모델이 적합하다는 것을 제시하였다(표 32).

표 32. 일초간 노력성 폐활량의 혼합모델(mixed effect model)분석과 AIC 결과

모델	AIC	
	남자	여자
연령*, 신장	215.0	644.4
연령*2승, 신장	225.4	642.5
연령*3승, 신장	238.6	656.1
연령*2승, 신장, 체중	233.6	652.4
연령*2승, 신장, 체중, 체중2승	242.2	666.6
연령*2승, 신장, 체중, 신장*체중	247.8	670.8
연령, 신장	254.1	690.3
연령2승, 신장	260.2	675.9
연령3승, 신장	258.9	682.7
연령2승, 신장, 체중	265.1	685.6

연령* : 18-24세군을 25세로 적용

혼합효과 모델에서 선정된 변수들을 단순선형회귀분석(general lineal regression analysis)에 적용하여 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식을 유도하였다. 남자와 여자에서 연령의 2승과 신장으로 유도된 모델이 다른 모델에 비하여 설명력이 다소 낮으나 큰 차이는 없었다(표 33).

표 33. 일초간 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용

성별	선형회귀분석 모델	r ²
남자	$-3.413235840 - 0.000248429 \cdot A^2 + 0.045778653 \cdot H$	0.589723
	$-3.146059440 - 0.000254606 \cdot A^2 + 0.042624525 \cdot H + 0.004072332 \cdot W$	0.592618
	$-3.005502508 - 0.021714647 \cdot A + 0.045925540 \cdot H$	0.593011
여자	$-2.411402989 - 0.000191968 \cdot A^2 + 0.035580368 \cdot H$	0.468275
	$-2.365569205 - 0.000195210 \cdot A^2 + 0.034731742 \cdot H + 0.001628728 \cdot W$	0.469070
	$-2.118292845 - 0.016535776 \cdot A + 0.035818247 \cdot H$	0.462360

A; age(년), H; 신장(cm), W; 체중(kg)

일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식을 선정할 때 남자와 여자에서 공통된 변수가 포함되어 간단하면서, 적은 변수로 설명력이 높고, 모델을 구한 대상자수가 많은 예측식은 연령의 2승과 신장 변수를 포함하는 모델이었다.

따라서 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FEV_1(\ell) = -3.413235840 - 0.000248429 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.045778653 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FEV_1(\ell) = -2.411402989 - 0.000191968 \cdot \text{연령}^2(\text{년}) + 0.035580368 \cdot \text{신장}(\text{cm})$ 이었다(표 34).

표 34. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식

성별	예측식	설명력(r^2)
남자	$-3.413235840 - 0.000248429 \cdot \text{연령}^2 + 0.045778653 \cdot \text{신장}$	0.589723
여자	$-2.411402989 - 0.000191968 \cdot \text{연령}^2 + 0.035580368 \cdot \text{신장}$	0.468275

연령 : 년, 신장 : cm

(3) 일초율의 예측치 공식

일초율은 남자와 여자에서 18-24세군이 가장 높았으며, 25-29세군부터 일정한 방향으로 감소하였으나 남자와 여자에서 60-64세군이 55-59세군에 비하여 약간 높았다(그림 14, 15). 여자에서는 18-24세군과 25-29세군의 차이는 크지 않았다. 그림에서 일초율의 변화는 변수들이 1차 함수의 모양을 나타내었으나 남자에서는 판단하기 어려웠다(그림 8, 그림 9).

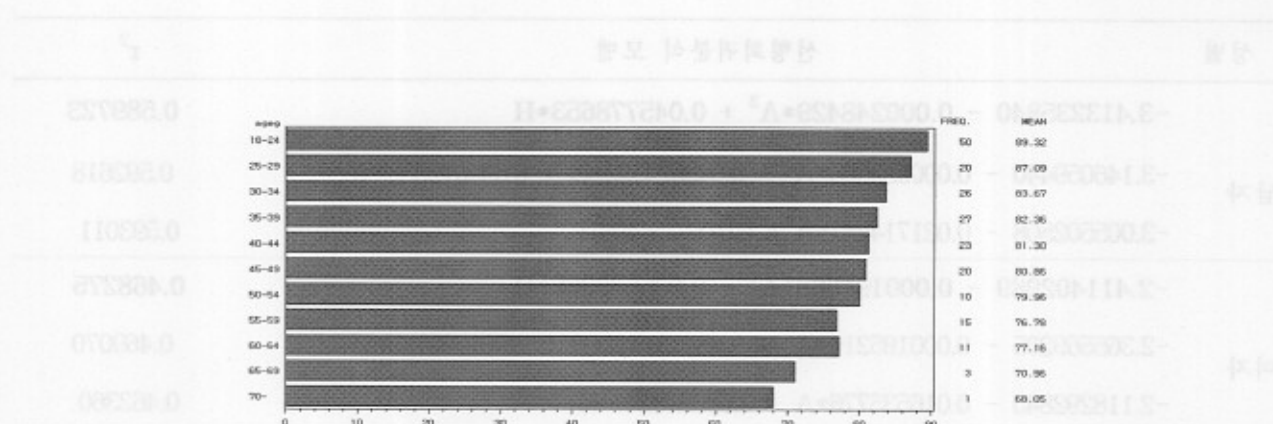


그림 8 남자에서 일초율의 연령에 따른 변화.

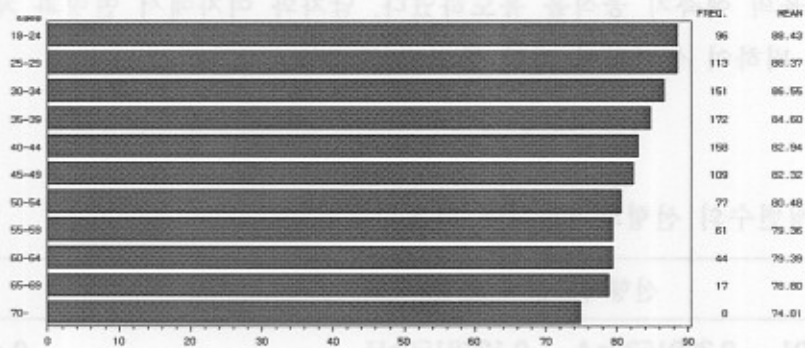


그림 9 여자에서 일초율의 연령에 따른 변화.

폐기능 검사치와 독립변수의 상관관계를 파악하기 위하여 상관분석을 하였을 때 성별과 연령, 신장, 체중이 유의한 설명력을 갖는 변수이었다. 변수를 조합하여 혼합모형(mixed effect model)을 적용할 때 AIC는 남자에서 보정한 연령과 체중의 값이 가장 작았으며, 여자에서는 연령과 신장의 값이 가장 작았다. 일초율의 변화를 설명하는 모델에서 연령의 증가에 따라 폐기능이 감소하는 연령효과(aging effect)와 신장과 체중 등에 따라 폐기능이 변화하는 체격효과(body-physical effect)를 복합적으로 나타내는 모델이 적합하다는 것을 나타내며, 남자에서는 연령과 체중 모델이, 여자에서는 연령과 신장 모델이 적합하다는 것을 제시하였다(표 35).

표 35. 일초율의 혼합모형(mixed effect model)분석과 AIC 결과

모델	AIC	
	남자	여자
연령*, 신장	1180.1	6120.0
연령*2승, 신장	1197.8	6151.8
연령*3승, 신장	1217.2	6190.8
연령*2승, 신장, 체중	1196.8	6124.1
연령*2승, 신장, 체중, 체중2승	1206.3	6121.5
연령*2승, 신장, 체중, 신장*체중	1202.4	6115.2
연령*, 체중	1122.0	6121.9
연령*	1185.6	6121.7
연령, 신장	1276.6	6263.5
연령2승, 신장	1292.4	6286.4
연령3승, 신장	1313.2	6322.3
연령, 체중	1275.9	6240.8

연령* : 18-24세군을 25세로 적용

혼합효과 모델에서 선정된 변수들을 단순선형회귀분석(general linear regression analysis)에 적용하여 일초율의 예측치 공식을 유도하였다. 남자와 여자에서 연령과 체중으로 유도된 모델이 다른 모델에 비하여 설명력이 가장 좋았다(표 36).

표 36. 일초율 선정변수의 선형회귀분석에 적용

성별	선형회귀분석 모델	r^2
남자	119.9003901 - 0.3901530*A - 0.1268150*H	0.430094
	97.28182061 - 0.36107600*A	0.418887
	104.6884170 - 0.3641374*A - 0.1069290*w	0.439564
여자	97.85665662 - 0.27995184*A - 0.01564442*H	0.257349
	95.32802019 - 0.27814389*A	0.258295
	100.9013850 - 0.2661776*A - 0.1057387*w	0.277076

A; age(년), H; 신장(cm), W; 체중(kg)

일초율의 예측치 공식을 선정할 때 남자와 여자에서 공통된 변수가 포함되어 간단하면서, 적은 변수로 설명력이 높고, 모델을 구한 대상자수가 많은 예측식은 연령과 신장 변수를 포함하는 모델이었다.

따라서 일초율의 예측치 공식은 남자에서 $FEV_1P(\%) = 119.9003901 - 0.3901530 \times \text{연령(년)} - 0.1268150 \times \text{신장(cm)}$ 이었으며, 여자에서는 $FEV_1P(\%) = 97.85665662 - 0.27995184 \times \text{연령(년)} - 0.01564442 \times \text{신장(cm)}$ 이었다(표 37).

표 37. 일초율의 예측치 공식

성별	예측식	설명력(r^2)
남자	119.9003901 - 0.3901530*연령 - 0.1268150*신장	0.430094
여자	97.85665662 - 0.27995184*연령 - 0.01564442*신장	0.257349

연령 : 년, 신장 : cm, 체중 : kg

2) 5 갑-년 이하 흡연자를 포함한 폐기능 예측식

흡연자를 포함하여 최종적으로 선정된 분석대상자는 총 1,842명이었으며, 남자가 798명, 여자 1,044명이었다. 여기서 흡연자란 평생 5갑(100가피)이하의 흡연한 경우도 흡연자에 포함하였다.

노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 경우 18-54세군까지 비흡연자가 흡연자보다 좋았으며, 55-59세군부터는 비흡연자가 좋았다. 이는 비흡연자만으로 구한 폐기능 예측식이 18-54세까지 예측치를 낮게 평가할 수 있다. 따라서 55세 전까지 흡연량을 고려하여 흡연자를 포함하는 모델이 비흡연자만을 대상으로 구한 모델의 대안으로 제시될 수 있다고 판단하였다.

남자에서 흡연율은 18세부터 24세까지가 110명으로 흡연자가 57.3%이었다. 25-29세는 79.6%, 30-34세는 78.3%이다가 35-49세까지는 80% 이상이었다. 50세가 넘으면서 감소하여 약 75%이었다. 비흡연자는 193명으로 24.2%이었다(표 38). 여자의 흡연율은 18세부터 24세까지가 99명으로 흡연자가 3.0%이었다가 34세까지 약 4%로 증가하였다. 그 후 49세까지 감소하다가 50대가 넘으면서 약 5%이었다가 60세 이상에서는 10% 이상 흡연하였다(표 39).

남자에서 흡연량(갑-년, pack-year)은 평균 10.2 갑-년이었으며, 18-24세군이 1.09 갑-년이었으며 나이에 따라 증가하나 70세 이상에서는 14.8 갑-년이었으나 대상자가 적어 판단하기 어려웠다. 여자에서는 평균 0.29 갑-년이었으며, 18-24세군이 1.30 갑-년, 70세 이상군에서 13.02 갑-년이었다.

표 38. 남자 분석대상자들의 연령과 흡연 및 흡연량

연령구분	흡연자	비흡연자	갑-년		계
			평균	표준오차	
18-24	63(57.3)	47(42.7)	1.09	1.73	110(100.0)
25-29	70(79.6)	18(20.5)	4.67	3.92	88(100.0)
30-34	94(78.3)	26(21.7)	7.05	6.13	120(100.0)
35-39	114(80.9)	27(19.1)	10.52	8.43	141(100.0)
40-44	94(81.7)	21(18.3)	14.72	11.09	115(100.0)
45-49	71(81.6)	16(18.4)	13.82	11.73	87(100.0)
50-54	30(75.0)	10(25.0)	15.25	14.05	40(100.0)
55-59	37(74.0)	13(26.0)	16.20	15.25	50(100.0)
60-64	19(63.3)	11(36.7)	18.92	18.85	30(100.0)
65-69	10(76.9)	3(23.1)	24.15	24.38	13(100.0)
70-	3(75.0)	1(25.0)	14.75	17.80	4(100.0)
합계	605(75.8)	193(24.2)	10.15	11.39	798(100.0)

표 39. 여자 분석대상자들의 연령과 흡연 및 흡연량

연령구분	흡연자	비흡연자	갑-년		계
			평균	표준오차	
18-24	3(3.0)	96(97.0)	0.03	0.25	99(100.0)
25-29	5(4.2)	113(95.8)	0.10	0.57	118(100.0)
30-34	7(4.4)	151(95.6)	0.30	2.48	158(100.0)
35-39	5(2.8)	172(97.2)	0.08	0.61	177(100.0)
40-44	1(0.6)	158(99.4)	0.01	0.08	159(100.0)
45-49	2(1.8)	109(98.2)	0.13	1.04	111(100.0)
50-54	4(4.9)	77(95.1)	0.68	4.01	81(100.0)
55-59	3(4.7)	61(95.3)	0.70	5.02	64(100.0)
60-64	5(10.2)	44(89.8)	1.71	6.04	49(100.0)
65-69	2(10.5)	17(89.5)	0.72	2.87	19(100.0)
70-	1(11.1)	8(88.9)	2.17	6.50	9(100.0)
합계	38(3.6)	1,006(96.4)	0.29	2.50	1,044(100.0)

노력성 폐활량은 남자 18-24세군에서 흡연자가 평균 5.17 ℓ 인데 비하여 비흡연자에서는 4.88 ℓ 로 흡연자의 폐기능 검사치가 많았다. 25-29세군은 비슷하였으며, 30-39세군은 흡연자가 비흡연자에 비하여 0.1-0.9 ℓ 가 적었다. 40-54세군에서는 흡연자군이 비흡연자군에 비하여 많았으며, 55-54세와 70세 이상에서는 비흡연자군이 흡연자군보다 많았다. 여성에서는 비흡연자의 경우가 많지 않아 비교하기가 어려우나 18-24세군과 55-59세군, 70세 이상군에서 비흡연자군이 흡연자군에 비하여 폐기능 검사치가 많았으나 기타의 군에서는 흡연자군이 비흡연자군에 비하여 많았다(그림 10, 그림 11).

일초간 노력성 폐활량은 노력성 폐활량과 비슷한 경향을 보이고 있었으나 남자의 25-34세군에서 흡연자군이 비흡연자군에 비하여 적었다. 여자에서는 30-34세군과 55-59세군에서 흡연자군이 비흡연자군에 비하여 적었다(그림 12, 그림 13).

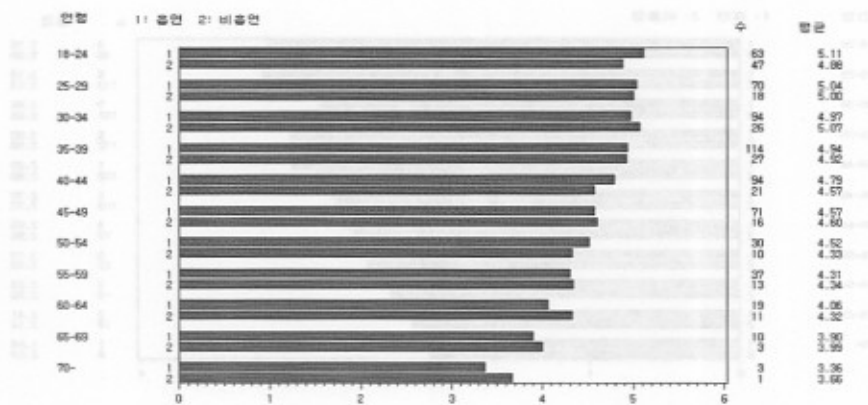


그림 10 노력성 폐활량(남자)의 흡연여부에 따른 변화.

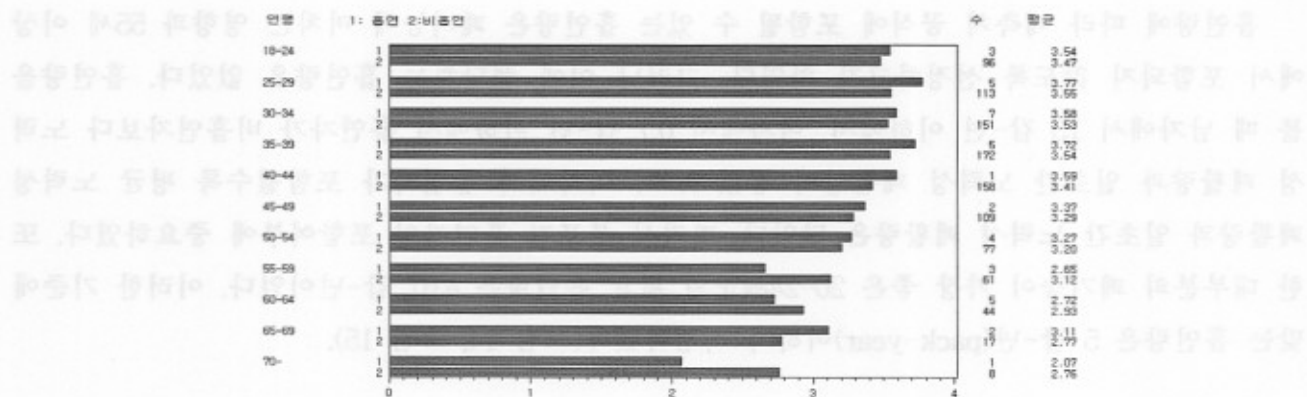


그림 11 노력성 폐활량(여자)의 흡연여부에 따른 변화.

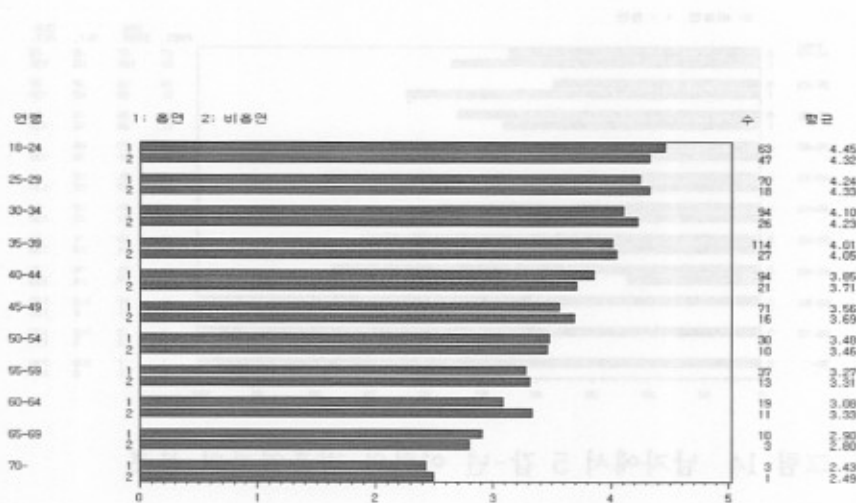


그림 12 일초간 노력성 폐활량(남자)의 흡연여부에 따른 변화.

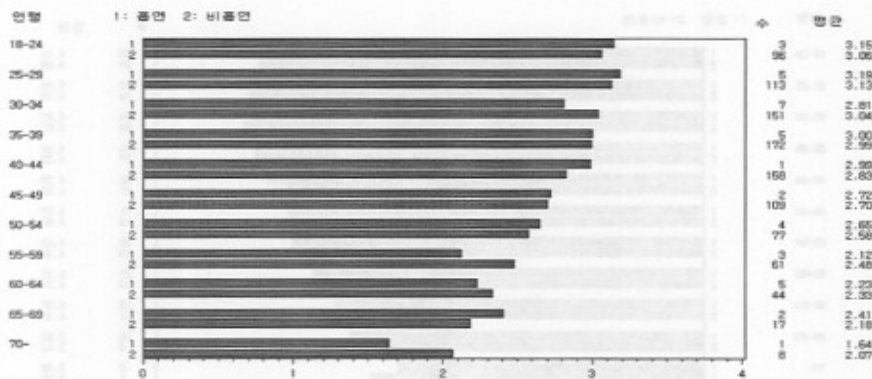


그림 13 일초간 노력성 폐활량(여자)의 흡연여부에 따른 변화.

흡연량에 따라 예측치 공식에 포함될 수 있는 흡연량은 폐기능에 미치는 영향과 55세 이상에서 포함되지 않도록 선정하고자 하였다. 그러나 이에 해당하는 흡연량은 없었다. 흡연량을 볼 때 남자에서 15 갑-년 이하에서, 여자에서 0.7 갑-년 이하에서 흡연자가 비흡연자보다 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량이 좋았다. 이 이하에서 흡연자가 포함될수록 평균 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량은 많았다. 따라서 분포가 흡연자의 포함여부에 중요하였다. 또한 대부분의 폐기능이 가장 좋은 20-24세군의 평균 흡연량은 4.67 갑-년이었다. 이러한 기준에 맞는 흡연량은 5 갑-년(pack-year)이하가 적절하였다(그림 14, 그림 15).

그림 14 남자에서 5 갑-년 이하와 비흡연자의 분포

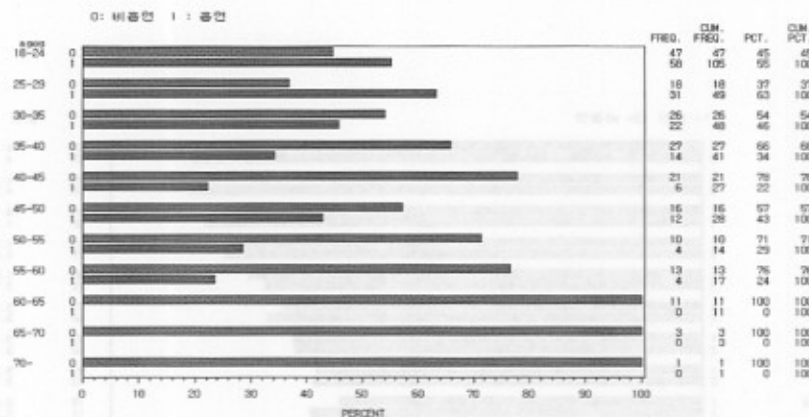


그림 14 남자에서 5 갑-년 이하와 비흡연자의 분포

그림 15 남자에서 5 갑-년 이하와 비흡연자의 분포

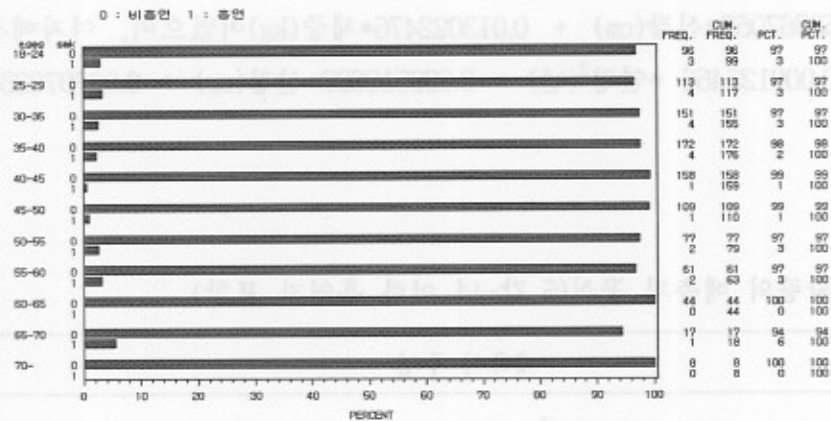


그림 15 여자에서 5 갑-년 이하와 비흡연자의 분포

이 기준에 맞는 5 갑-년 이하의 비흡연자인 1,212명에 남자 138명, 여자 22명이 추가되어 분석대상자는 총 1,372명이었다.

(1) 노력성 폐활량의 예측치 공식

총 1,372명으로 남자가 344명(비흡연 206명, 5 갑-년 이하 흡연자 138명), 여자가 1,028명(비흡연 1,006명, 5 갑-년 이하 흡연자 22명)에 대하여 노력성 폐활량을 구하였다.

비흡연자를 대상으로 혼합효과 모델에서 선정된 변수인 보정한 연령의 2승과 신장, 체중을 그대로 단순선형회귀분석에 적용하여 예측치를 구하였다. 또한 기존의 폐기능 예측식들인 연령과 신장 변수로 구한 모델을 제시하였다(표 40).

표 40. 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용(5 갑-년 이하 흡연자 포함)

성별	선형회귀분석 모델	r ²
남자	-5.060128191 - 0.000121530*A ² + 0.053867055*H + 0.013022476*W	0.471028
	-5.771893440 - 0.007857494*A + 0.063922260*H	0.447232
여자	-3.015439079 - 0.000125466*A ² + 0.039518698*H + 0.007070253*W	0.371438
	-3.149298514 - 0.008894720*A + 0.043827037*H	0.349770

A; age(년), H; 신장(cm), W; 체중(kg)

따라서 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -5.060128191 - 0.000121530 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.053867055 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.013022476 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -3.015439079 - 0.000125466 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.039518698 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.007070253 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었다(표 41).

표 41. 노력성 폐활량의 예측치 공식(5 갑-년 이하 흡연자 포함)

성별	예측식 추정	설명력(r^2)
남자	$-5.060128191 - 0.000121530 * \text{연령}^2 + 0.053867055 * \text{신장} + 0.013022476 * \text{체중}$	0.471028
여자	$-3.015439079 - 0.000125466 * \text{연령}^2 + 0.039518698 * \text{신장} + 0.007070253 * \text{체중}$	0.371438

연령 : 년, 신장 : cm, 체중 : kg

(2) 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식

비흡연자를 대상으로 혼합효과 모델에서 선정된 변수인 보정한 연령의 2승과 신장을 그대로 단순선형회귀분석에 적용하여 예측치를 구하였다. 또한 기존의 폐기능 예측식들인 연령과 신장 변수로 구한 모델을 제시하였다.

표 42. 노력성 폐활량 선정변수의 선형회귀분석에 적용(5 갑-년 이하 흡연자 포함)

성별	선형회귀분석 모델	r^2
남자	$-3.762306573 - 0.000263220 * A^2 + 0.047909269 * H$	0.574053
	$-3.275654425 - 0.022399235 * A + 0.047577348 * H$	0.579108
여자	$-2.430806509 - 0.000188477 * A^2 + 0.035656266 * H$	0.462920
	$-2.134661490 - 0.016272726 * A + 0.035845146 * H$	0.457726

A: age(년), H: 신장(cm), W: 체중(kg)

따라서 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -3.762306573 - 0.000263220 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.047909269 * \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -2.430806509 - 0.000188477 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.035656266 * \text{신장}(\text{cm})$ 이었다(표 43).

표 43. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식(5 갑-년 이하 흡연자 포함)

성별	예측식 추정	설명력(r^2)
남자	$-3.762306573 - 0.000263220 \cdot \text{연령}^2 + 0.047909269 \cdot \text{신장}$	0.574053
여자	$-2.430806509 - 0.000188477 \cdot \text{연령}^2 + 0.035656266 \cdot \text{신장}$	0.462920

연령 : 년, 신장 : cm, 체중 : kg

(3) 일초율의 예측치 공식

비흡연자를 대상으로 혼합효과 모델에서 선정된 변수인 보정한 연령과 신장을 그대로 단순 선형회귀분석에 적용하여 예측치를 구하였다(표 44).

표 44. 일초율 선정변수의 선형회귀분석에 적용(5 갑-년 이하 흡연자 포함)

성별	선형회귀분석 모델	r^2
남자	$116.1651779 - 0.3535372 \cdot A - 0.1184303 \cdot H$	0.325570
	$104.8482839 - 0.3264932 \cdot A - 0.1435307 \cdot W$	0.352947
여자	$97.59892809 - 0.27617324 \cdot A - 0.01524276 \cdot H$	0.248270
	$100.7143387 - 0.2622166 \cdot A - 0.1059805 \cdot W$	0.267870

A; age(년), H; 신장(cm), W; 체중(kg)

따라서 일초율의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = 116.1651779 - 0.3535372 \cdot \text{연령(년)} - 0.1184303 \cdot \text{신장(cm)}$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = 97.59892809 - 0.27617324 \cdot \text{연령(년)} - 0.01524276 \cdot \text{신장(cm)}$ 이었다(표 45).

표 45. 일초율의 예측치 공식(5 갑-년 이하 흡연자 포함)

성별	예측식 추정	설명력(r^2)
남자	$116.1651779 - 0.3535372 \cdot \text{연령} - 0.1184303 \cdot \text{신장}$	0.325570
여자	$97.59892809 - 0.27617324 \cdot \text{연령} - 0.01524276 \cdot \text{신장}$	0.248270

연령 : 년, 신장 : cm, 체중 : kg

3) 비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자 포함, 전통적 예측식의 비교

비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자를 포함한 예측치 공식을 비교할 때 큰 차이는 없었다. 단지 젊은 연령에서 예측치를 어떻게 보정할 것이냐의 차이일 뿐이었다. 비흡연자만으로 구한 노력성 폐활량 예측치 공식을 실측치에 대입한 결과 차이는 - 3.89 ml의 차이로 예측치 공식이 다소 낮았다. 일초간 노력성 폐활량은 26.66 ml의 차이로 예측치 공식이 다소 높게 예측하고 있었다. 일초율은 0.65%의 차이로 예측치 공식이 다소 높게 예측하였다. 5 갑-년 이하를 포함한 예측치 공식을 실측치에 대입한 결과 노력성 폐활량은 8.34 ml의 차이로 비흡연자만으로 구한 예측치 공식과 달리 다소 높았다. 일초간 노력성 폐활량은 20.94 ml로 다소 높게 예측하고 있었다. 일초율은 0.25%의 차이로 예측치 공식이 다소 높게 예측하였다. 연령과 신장으로 모델화한 전통적 예측치 공식을 적용하여 실측치와의 차이를 볼 때 노력성 폐활량은 다소 높게 예측하고 있었으나 일초간 노력성 폐활량은 다소 낮게 예측하였다.

비흡연자와 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함한 예측치 공식간에 차이는 작았다. 노력성 폐활량의 경우 12.24 ml의 차이이었으며, 일초간 노력성 폐활량은 5.72 ml의 차이이었다. 일초율은 0.40%의 차이이었다. 비흡연자와 전통적 공식의 차이는 노력성 폐활량이 2.54 ml, 일초간 노력성 폐활량이 2.17 ml의 차이가 있었다. 따라서 어느 예측치 공식을 사용하던지 폐기능의 평가에 큰 차이는 없었다(표 46).

표 46. 비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자 포함, 전통적 예측치 공식의 비교

	비흡연자 공식	5 갑-년 흡연자 포함 공식	전통적 공식	차이1	차이2
노력성 폐활량(ℓ)	-0.0038961	0.0083437	-0.0064383	-0.0122397	0.0025423
일초간 노력성 폐활량(ℓ)	0.0266571	0.0209358	0.0244892	0.0057213	0.0021679
일초율(%)	0.6458718	0.2471992	-	0.3986727	-

비흡연자 공식 : 비흡연자 예측치 공식 적용치 - 실측치

5 갑-년 흡연자 포함 공식 : 5 갑-년 흡연자 포함 공식 적용치 - 실측치

전통적 공식 : 연령과 신장의 예측치 공식 적용치 - 실측치

차이1 : 비흡연자 예측치 공식 적용치 - 5 갑-년 흡연자 포함 공식 적용치

차이2 : 비흡연자 예측치 공식 적용치 - 전통적 공식 적용치

4. 예측치 공식의 정상범위 추정

본 연구에서 개발된 예측치 공식의 정상범위를 구하기 위하여 개발된 예측식 공식을 분석 대상자 개개인에 적용하여 예측치 대비 검사치를 구하고, 그의 평균으로부터 표준오차의 1.645 배에 해당하는 95% 신뢰구간의 하한치와 95 percentile의 하한치를 구하였다.

비흡연자에서 구한 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량 %는 95 percentile의 경우 83.5%이었으며, 95% 신뢰구간은 82.0%이었다. 여자에서는 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 %는 남자에서 95 percentile의 경우 82.3%이었으며, 여자는 80.4%이었다. 95% 신뢰구간은 남자일 때 82.0%이었으며, 여자는 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자에서 95 percentile이 91.1%이었으며, 여자에서는 89.9%이었다. 95% 신뢰구간은 남자가 89.8%이었으며, 여자가 89.7%이었다(표 47).

5 갑-년 이하의 흡연자가 포함된 예측치 공식의 정상 하한치는 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량 %는 95 percentile의 경우 82.3%이었으며, 95% 신뢰구간은 81.4%이었다. 여자에서는 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 %는 남자에서 95 percentile의 경우 83.5%이었으며, 여자는 80.5%이었다. 95% 신뢰구간은 남자일 때 83.1%이었으며, 여자는 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자에서 95 percentile이 91.1%이었으며, 여자에서는 89.9%이었다. 95% 신뢰구간은 남자가 90.7%이었으며, 여자가 89.7%이었다(표 48).

표 47. 비흡연 예측치 공식의 하한치(계속)

	%PFVC		%PFEV ₁		%PFEV ₁ %	
	95percentile	95%신뢰구간	95percentile	95%신뢰구간	95percentile	95%신뢰구간
남자	83.5	82.0	82.3	82.0	91.1	89.8
여자	81.6	81.6	80.4	80.7	89.9	89.7

%PFVC : 예측치 대비 노력성 폐활량 % = $100 \times (\text{FVC} / \text{predicted FVC})$

%PFEV₁ : 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 % = $100 \times (\text{FEV}_1 / \text{predicted FEV}_1)$

%PFEV₁% : 예측치 대비 일초율 % = $100 \times (\text{FEV}_1\% / \text{predicted FEV}_1\%)$

95%신뢰구간 : 평균치 - 1.645*SD(standard error)

표 48. 비흡연자와 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함한 예측치 공식의 하한치

	%PFVC		%PFEV ₁		%PFEV ₁ %	
	95percentile	95%신뢰구간	95percentile	95%신뢰구간	95percentile	95%신뢰구간
남자	82.3	81.4	83.5	83.1	91.1	90.7
여자	81.6	81.6	80.5	80.7	89.9	89.7

%PFVC : 예측치 대비 노력성 폐활량 % = $100 \times (\text{FVC} / \text{predicted FVC})$

%PFEV₁ : 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 % = $100 \times (\text{FEV}_1 / \text{predicted FEV}_1)$

%PFEV₁% : 예측치 대비 일초율 % = $100 \times (\text{FEV}_1\% / \text{predicted FEV}_1\%)$

95%신뢰구간 : 평균치 - 1.645*SD(standard error)

표 47. 비흡연 예측치 공식의 하한치(계수)

	%PFVC		%PFEV ₁		%PFEV ₁ %	
	95percentile	95%신뢰구간	95percentile	95%신뢰구간	95percentile	95%신뢰구간
남자	82.3	81.4	83.5	83.1	91.1	90.7
여자	81.6	81.6	80.5	80.7	89.9	89.7

%PFVC : 예측치 대비 노력성 폐활량 % = $100 \times (\text{FVC} / \text{predicted FVC})$

%PFEV₁ : 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 % = $100 \times (\text{FEV}_1 / \text{predicted FEV}_1)$

%PFEV₁% : 예측치 대비 일초율 % = $100 \times (\text{FEV}_1\% / \text{predicted FEV}_1\%)$

95%신뢰구간 : 평균치 - 1.645*SD(standard error)

V. 본 폐기능 예측식의 타당성 및 적용성 검토

본 연구는 전국적으로 믿을 수 있는 정확한 표본추출을 거쳐 정확한 폐기능검사가 실시되었으며, 모든 폐기능검사기기는 미국 흉부학회에서 권고하는 모든 조건을 충족하는 동일한 기기를 사용하였다. 또한 정도관리를 철저히 하여 미국흉부학회에서 권고하는 검사방법을 따랐다.

본 연구에서 전통적인 미국흉부학회에서 제시하는 방법에 따라 비흡연자를 정상인으로 분류하여 예측식을 구하였다. 또한 대안으로 흡연에 의한 영향이 없다고 판단되는 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 예측치 공식을 구하였다. 이러한 이유는 남자와 여자에서 18 - 54세까지는 흡연자의 노력성 폐활량 평균치가 비흡연자에 비하여 좋다. 또한 일초간 노력성 폐활량은 남자 18-24세군에서 흡연자가 비흡연자에 비하여 좋았으며, 여자에서는 18-54세군까지 흡연자가 비흡연자에 비하여 좋았다. 따라서 비흡연자만을 대상으로 폐기능 예측식을 구하는 경우 18-54세까지는 예측치를 낮게 평가하고 55세부터는 높게 평가하게 되는 오류가 있다. 반면에 흡연자를 모두 포함하여 예측식을 구하는 경우 54세까지는 예측치를 높게 평가하고 55세부터는 낮게 평가하는 오류가 발생한다. 따라서 흡연으로 인한 폐기능에 영향을 미치지 않으면서 흡연분포를 볼 때 55세 이상에서 흡연량이 포함되지 않는 적당한 흡연량은 5 갑-년이었다.

1. 다른 예측치 공식과 정상인의 선정 비교

정상인의 선정기준에서 각 예측식간에 비교할 때 본 연구는 Morris 예측식에서 제외한 직업적 노출로 인한 폐기능 감소가 우려되는 대상자를 배제하지 못하였다. 직업적으로 조사하였으나 폐기능 감소를 가져올 수 있는 직업력을 제외한다는 것은 불가능하고, 이미 폐환기능이 감소되었다면 통계처리에서 제외시켰다고 판단되었다고 판단하였기 때문이었다. 정상인에서 다른 Crapo나 Knudson, ECCS, Hankinson 등의 정상인 선정기준보다 엄격하게 적용되었다. 국내에서 발표된 예측식의 정상인 선정기준과 비교하여도 본 연구가 엄격하게 적용되었다고 판단된다(표 49).

표 49. 각 예측식간의 정상인의 선정기준 비교(계속)

Morris 예측식

1. never smoker cigarettes for a total period longer than six months
2. never had asthma, chronic bronchitis, or pneumonia
3. never had a persistent cough
4. had not been treated recently for any respiratory conditions
5. never had persistent chest wheezing
6. never had any chest injury or operation
7. never worked in a polluted atmosphere for any extended period

Crapo 예측식

1. lifetime nonsmoker (total smoking of less than 0.5 pack-yr and no smoking within 6 months of the study)
2. no symptoms of lung, heart, or chest wall disease
3. normal chest radiograph
4. normal physical examination of the heart, lungs, and chest wall

Knudson(1976)

1. never regularly smoking cigarettes
2. no respiratory symptoms or disease
3. no history of heart trouble
4. no history of childhood respiratory problems

Knudson(1983)

1. never regularly smoking cigarettes
2. no asthma, chronic bronchitis, emphysema, bronchiectasis or childhood respiratory trouble
3. no other serious chest problems, chest surgery, chronic productive cough, recurrent wheezing, shortness of breath
4. no hypertension or any kind of heart trouble
5. no diagnosed by a physician as having had sinus trouble

Hankinson

1. no cigarette, pipe, and 5 day prior to exam
 2. no MD diagnosis of asthma, chronic bronchitis, emphysema, lung cancer
 3. no whistling or wheezing in chest in last 12 mo, apart from colds
 5. no persistent cough, phlegm production
 6. no moderate shortness of breath
-

표 49. 각 예측치간의 정상인의 선정기준 비교(계속)

김재민	
1. 흡연사실이 없을 것	
2. 과거에 천식, 만성 기관지염, 폐렴이 없을 것, 지속적인 기침이 없을 것	
3. 근래 호흡기 질환으로 치료받은 적이 없을 것	
4. 흉부의 수술이나 외상이 없을 것	
5. 대기 오염 환경에서 장시간 근무하지 않았을 것	
6. 이학적 소견에서 정상일 것, 심전도, 흉부방사선, 심전도에서 정상일 것	
김현욱	
1. 미국 마취과학회의 분류중 Class I에 해당되는 신체활동에 지장이 없을 것	
2. 흉부방사선사진에서 정상일 것	
3. 임상증상이나 과거력상 폐질환이 없을 것	
조원경	
1. 설문조사에서 호흡곤란, 기침, 객담, 객혈 등 호흡기 증상이 없을 것	
2. 폐결핵, 천식, 기관지염, 기관지 확장증 등 호흡기 질환력이 없을 것	
3. 흉부방사선사진에서 정상일 것	
백도명	
1. 기침, 가래, 호흡곤란 등의 증상이 없을 것	
2. 결핵, 늑막염, 폐렴, 천식 등의 과거 폐장질환이 없을 것	
3. 1년중 3개월 이상 만성 기침, 만성 가래가 없을 것	
4. 보행시 호흡곤란 등의 증세가 없을 것	
5. 과거 폐장질환의 경력이 없을 것	
6. 흉부방사선사진에서 정상일 것	

2. 다른 예측식과의 비교

우리나라에서 주로 사용되고 있는 외국의 예측식과 국내에서 개발한 다른 예측식과 비교하기 위하여 임의로 선정하였다. 흡연자에 대한 예측치 공식은 없으므로 비흡연자만 비교하였다. 1980년 이후 개발된 김재민 등(1984), 김현욱 등(1990), 조원경 등(1994), 백도명 등(1994)의 예측치 공식과 외국의 예측치 공식중에서 우리나라에서도 사용되고 있는 Morris(1971), Crapo(1981), Knudson(1983), Kory(1961), ECSC(1983) 예측식 등이었다(표 50, 51, 52, 53, 54, 55).

본 연구의 예측치 공식에서 노력성 폐활량을 설명하는 변수는 연령의 2승과 신장, 체중이었다. 다른 연구자들의 예측치 공식은 대부분 연령과 신장으로 설명된 공식이었으나 체중이 포함

되었다. 체중이 매우 중요한 변수는 아니었으나 이는 최근에 급격히 증가하는 체격의 변화를 반영하는 것으로 판단되었다. 조원경 등(1994)은 여자의 노력성 폐활량에 연령과 신장, 체중의 변수로 설명되어 본 연구와 동일하였다. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 연령의 2승과 신장이었다. 다른 예측치 공식은 연령과 신장에 의한 공식으로 변수의 차이는 없다. 일초율의 경우 연령과 신장 변수로 설명된 공식이었으며, 다른 예측치 공식도 대부분 연령과 신장으로 설명하고 있어 본 연구와 동일하였으나, 남자에서 Knudson 등(1983)과 ECCS(1983)는 연령만으로, 조원경 등(1994)은 연령과 체중 변수로 설명하고 있다. 여자에서는 ECCS(1983)는 연령만으로, 조원경 등(1994)은 연령과 체중으로 설명하고 있다.

표 50. 다른 연구에서 남자의 노력성 폐활량 예측식

저자	적용연령	발표년도	예측식	r ²	SEE
Morris	18-	1971	-0.025*연령 + 0.0583*신장 - 4.241	0.42	0.74
Crapo	18-	1981	-0.0214*연령 + 0.06*신장 - 4.650	0.54	0.644
Knudson	18-19	1983	0.0739*연령 + 0.0590*신장 - 6.89	0.72	0.638
	20-		-0.0298*연령 + 0.0844*신장 - 8.78		
Kory	18-	1961	-0.022*연령 + 0.0524*신장 - 3.60		
ECCS	18-25	1983	-0.026*연령 + 0.0576*신장 - 4.34	0.61	1.00
	25-70		-0.026*연령 + 0.0575*신장 - 4.345		
김재민등	20-69	1984	-0.0245*연령 + 0.0650*신장 - 5.4326		
김현욱등	20-79	1990	-16.26*연령 + 32.12*신장 - 759.56(ml)		
조원경등	18-71	1994	-0.0140*연령 + 0.0641*신장 - 5.787		
백도명등	15-60	1994	-0.020*연령 + 0.055*신장 - 4.207	0.41	0.251

표 51. 다른 연구에서 남자의 일초간 노력성 폐활량 예측식

저자	적용연령	발표년도	예측식	r ²	SEE
Morris	18-	1971	-0.032*연령 + 0.0362*신장 - 1.260	0.53	0.55
Crapo	18-	1981	-0.0244*연령 + 0.0414*신장 - 2.190	0.64	0.486
Knudson	18-19	1983	0.0636*연령 + 0.0519*신장 - 6.12	0.74	0.524
	20-		-0.0292*연령 + 0.0665*신장 - 6.51		
Kory	18-	1961	-0.028*연령 + 0.0370*신장 - 1.59		
ECCS	18-25	1983	-0.029*연령 + 0.0430*신장 - 2.49	0.51	0.84
	25-70		-0.029*연령 + 0.04301*신장 - 2.492		
김재민등	20-69	1984	-0.0291*연령 + 0.0517*신장 - 3.6704		
김현욱등	20-79	1990	-22.77*연령 + 44.29*신장 - 3086.25(ml)		
조원경등	18-71	1994	-0.0248*연령 + 0.0393*신장 - 1.862		
백도명등	15-60	1994	-0.028*연령 + 0.040*신장 - 2.282	0.46	0.170

표 52. 다른 연구에서 남자의 일초율 예측식

저자	적용연령	발표년도	예측식	r^2	SEE
Morris	18-	1973	$-0.2422 \times \text{연령} - 0.1228 \times \text{신장} - 107.12$	0.40	7.79
Crapo	18-	1981	$-0.152 \times \text{연령} - 0.130 \times \text{신장} + 110.49$	0.26	4.78
Knudson	25-	1983	$-0.105 \times \text{연령} + 86.686$	0.09	6.269
ECCS	18-70	1983	$-0.18 \times \text{연령} + 87.21$		
김재민등	20-69	1984	$-0.1896 \times \text{연령} - 0.0996 \times \text{신장} + 109.5078$		
조원경등	18-71	1994	$-0.2492 \times \text{연령} - 0.1810 \times \text{체중} + 106.1$		
백도명등	15-60	1994	$-0.213 \times \text{연령} - 0.090 \times \text{신장} + 103.74$	0.13	32.88

표 53. 다른 연구에서 여자의 노력성 폐활량 예측식

저자	적용연령	발표년도	예측식	r^2	SEE
Morris	18-	1971	$-0.024 \times \text{연령} + 0.0453 \times \text{신장} - 2.852$	0.50	0.52
Crapo	18-	1981	$-0.0216 \times \text{연령} + 0.0491 \times \text{신장} - 3.590$	0.74	0.393
Knudson	-20	1983	$-0.0174 \times \text{연령} + 0.0427 \times \text{신장} - 2.9001$	0.54	0.4926
	20-70		$-0.0169 \times \text{연령} + 0.0444 \times \text{신장} - 3.1947$	0.49	0.4831
	70-		$-0.0296 \times \text{연령} + 0.0313 \times \text{신장} - 0.1889$	0.19	0.5745
ECCS	18-70	1983	$-0.026 \times \text{연령} + 0.0443 \times \text{신장} - 2.89$	0.43	0.71
김재민등	20-69	1984	$-0.0163 \times \text{연령} + 0.0431 \times \text{신장} - 2.8229$		
조원경등	18-71	1994	$-0.0142 \times \text{연령} + 0.0385 \times \text{신장} + 0.0120 \times \text{체중} - 2.859$		

표 54. 다른 연구에서 여자의 일초간 노력성 폐활량 예측식

저자	적용연령	발표년도	예측식	r^2	SEE
Morris	18-	1971	$-0.025 \times \text{연령} + 0.0350 \times \text{신장} - 1.932$	0.53	0.47
Crapo	18-	1981	$-0.0255 \times \text{연령} + 0.0342 \times \text{신장} - 1.578$	0.80	0.326
Knudson	-20	1983	$-0.0190 \times \text{연령} + 0.0332 \times \text{신장} - 1.8210$	0.65	0.3882
	20-70		$-0.0190 \times \text{연령} + 0.0332 \times \text{신장} - 1.8210$	0.57	0.3903
	70-		$-0.0397 \times \text{연령} + 0.0143 \times \text{신장} + 2.6539$	0.27	0.3758
ECCS	18-70	1983	$-0.025 \times \text{연령} + 0.0395 \times \text{신장} - 2.60$	0.38	0.62
김재민등	20-69	1984	$-0.0201 \times \text{연령} - 0.0323 \times \text{신장} - 1.3939$		
조원경등	18-71	1994	$-0.0216 \times \text{연령} + 0.0343 \times \text{신장} - 1.682$		

표 55. 다른 연구에서 여자의 일초율 예측식

저자	적용연령	발표년도	예측식	r^2	SEE
Berglund	18-	1963	$-0.373 \times \text{연령} + 91.79$	0.43	5.26
Crapo	18-	1981	$-0.252 \times \text{연령} - 0.2020 \times \text{신장} + 126.58$		
Knudson	20-	1983	$-0.1896 \times \text{연령} - 0.1852 \times \text{신장} + 121.6777$	0.03	7.5702
ECCS	18-70	1983	$-0.19 \times \text{연령} + 89.10$		
김재민등	20-69	1984	$-0.1706 \times \text{연령} + 0.1075 \times \text{신장} + 110.7238$		
조원경등	18-71	1994	$-0.2597 \times \text{연령} - 0.2102 \times \text{체중} + 107.8$		

3. 예측치간의 잔차 분석 비교

본 연구에서 비흡연자를 대상으로 구한 예측식을 다른 예측식에 적용하여 그 평균의 차이를 본 예측식 대비 퍼센트로 나타내었으며(표 56, 잔차 1), 또한 다른 예측식을 적용하여 실제 측정된 폐기능 검사치의 차이를 측정치 대비 퍼센트로 평균치를 계산하였다(표 56, 잔차 2). 본 연구대상의 개개인에 다른 예측치를 적용하여 실측치간의 차이인 잔차를 회귀분석하여 연령과 신장이 다른 예측식에서 어떻게 작용하였는지 알아보기 위하여 분석을 하였다(표 56, 57, 58).

본 연구의 남자 노력성 폐활량 예측치 공식 대비 퍼센트는 모든 다른 예측식과 음의 관계를 갖고 있었다. 즉, 본 예측치 공식이 가장 높게 예측치를 추정하고 있었다. 김현욱 등의 예측치를 제외하고 그 차이는 10% 이내이었다. 가장 작은 차이는 Morris의 예측식으로 -0.91%이었으며, Crapo 예측치 공식과 -1.32%의 차이를 보이고 있었다. 다른 예측치 공식과 실측치의 차이에서는 Morris와 Crapo의 예측치 공식이 양의 관계를 나타낸 반면 다른 모든 예측치 공식과는 음의 관계를 갖고 있었다. 그러나 김현욱 등의 예측식을 제외하고는 10% 이내이었다. Morris와 Crapo의 예측식은 실측치보다 높게 예측치를 추정하고 있었으나, 다른 예측식들은 실측치보다 낮게 추정하였다. 잔차에 대한 회귀분석에서 연령은 음의 관계로 유의하였으며, 이는 연령이 증가할수록 본 연구의 예측식보다 차이가 커질 수 있다는 것을 의미하였다. 신장에서는 대부분의 예측치 공식과 유의하지 않았으며, Knudson의 예측치 공식이 양의 유의한 관계를 나타내었다.

여자에서는 본 연구의 노력성 폐활량 예측식과 모든 다른 예측식과 음의 관계를 나타내었으며, Morris의 예측식과는 -2.47%, 김재민등의 예측식과는 -2.55%를 나타내었다. 그러나 ECCS와 조원경 등의 예측식을 제외하고 10% 이내의 차이이었다. 이는 여자의 노력성 폐활량 예측치 공식이 남자와 동일하게 다른 예측치 공식보다 예측치를 높게 추정한다는 것을 의미하였다. 다른 연구의 예측식에 실측치를 적용하여 평균의 차이를 보았을 때도 모두 음의 관계를 나타내었다. 회귀분석을 할 때 모든 예측치 공식과 연령이 음의 유의한 관계를 나타내어 있었

나 신장에서는 Crapo의 예측치 공식만 유의한 양의 관계를 나타내었으며, 다른 예측치 공식은 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 연구와도 약 6%가 작을 것이라고 예측하였으나 결과는 백인보다 오히려 높다는 결과이었다. 최근 우리나라 젊은 연령에서 신장과 체중 증가가 현격하다는 것이 서구의 체격과 비슷해졌다는 것을 감안하고, 본 연구의 정상인 선정기준이 다른 연구보다 엄격하고 적합성과 재현성의 기준이 엄격하게 선정된 결과로 해석할 수 있었다. 그러나 대부분의 예측치 공식과는 10% 이내의 차이를 보이고 있었다.

표 56. 노력성 폐활량의 예측식에 따른 잔차분석(비흡연자)

	남자				여자			
	잔차1	잔차2	잔차2의 회귀분석		잔차1	잔차2	잔차2의 회귀분석	
	평균(%)	평균(%)	연령(a)	신장(β)	평균(%)	평균(%)	연령(a)	신장(β)
Morris	-1.319	0.679	S(-)	NS	-2.473	-0.935	S(-)	NS
Crapo	-0.906	1.005	S(-)	NS	-3.780	-2.283	S(-)	S(+)
Knudson	-8.320	-6.103	S(-)	S(+)	-8.266	-6.880	S(-)	NS
ECCS	-7.192	-5.176	S(-)	NS	-10.693	-9.240	S(-)	NS
김제민등	-2.214	-0.156	S(-)	NS	-2.548	-1.096	S(-)	NS
김현욱등	-13.965	-12.619	NS	NS	-	-	-	-
조원경등	-4.241	-2.721	S(-)	NS	-14.770	-13.509	S(-)	NS
백도명등	-8.298	-6.531	S(-)	NS	-	-	-	-

잔차1(%) = ((다른 연구의 노력성 폐활량 예측식 적용치 - 본연구의 노력성 폐활량 예측식 적용치) / 본 연구의 노력성 폐활량 예측식 적용치) x 100

잔차2(%) = ((다른 연구의 노력성 폐활량 예측식 적용치 - 본 연구 측정치) / 측정치) x 100

회귀모델: (다른 연구의 노력성 폐활량 예측식의 적용치 - 본 연구 측정치) = αx 연령 + βx 신장 + v

NS : $p > 0.1$

S(+) : $P < 0.1$ 이면서 양의 방향

S(-) : $P < 0.1$ 이면서 음의 방향

남자와 여자에서 일초간 노력성 폐활량에 대한 잔차분석도 노력성 폐활량과 비슷하였다. 김재민등의 예측치 공식만이 본 예측치 공식보다 예측치가 높아 양의 관계를 나타내었으나 다른 예측치 공식과는 본 예측치가 높게 추정하였다. 백도명등의 예측치 공식이 -13.31%를 제외하고는 10% 이내의 차이이었다(표 57).

남자에서 본 연구의 실측치와 다른 연구자들의 예측치 공식과 비교할 때 Crapo와 김재민등의 예측치를 제외하고는 모두 음의 관계를 나타내고 있어 본 예측치 공식에 의한 예측치가 높게 선정되었음을 알 수 있다. 백도명등의 예측치 공식과 -11.65%의 차이를 보이고 있는 것을 제외한 모든 예측치 공식과는 10% 이내의 차이를 보이고 있었다. 연령에 대한 차이를 회귀분석하였을 때 노력성 폐활량과 비슷하게 음의 유의한 관계를 나타내어 연령이 증가할수록 본 연구의 예측치보다 차이가 커질 수 있다는 것을 의미하였다. 김현욱 등의 예측치 공식과는 유의하지 않았다. 신장은 대부분 유의하지 않았으며, Knudson과 김재민등의 예측치와는 양의 유의한 관계를 나타내었다.

여자에서는 김재민 등이 예측치가 본 예측치보다 예측치를 높게 추정하였으나 다른 예측치들은 낮게 추정하였다. Morris등의 예측치와 -10.16%의 차이를 보이고 있으나 다른 백인 대상과 국내의 예측치와 10% 이내의 범위이었다. 본 연구 대상자의 실측치에 다른 예측치를 적용한 차이도 국내의 김재민과 조원경등의 예측치 공식은 양의 관계를, 백인을 대상으로 구한 예측치 공식과는 음의 관계를 나타내었다. 연령에 대한 회귀분석에서 다른 예측치와는 모두 유의한 음의 관계를 나타내고 있어 연령이 증가할수록 본 연구의 예측치와 비교하여 정상 예측치가 낮을 수 있음을 나타내었다. 신장에서는 ECCS의 예측치와 유의한 음의 관계를 나타내었으나 다른 예측치와는 유의한 관계가 없어 신장에 따른 변화는 없다고 판단되었다.

표 57. 일초간 노력성 폐활량의 예측식에 따른 잔차분석(비흡연자)

	남자				여자			
	잔차1	잔차2	잔차2의 회귀분석		잔차1	잔차2	잔차2의 회귀분석	
	평균(%)	평균(%)	연령(α)	신장(β)	평균(%)	평균(%)	연령(α)	신장(β)
Morris	-7.569	-5.811	S(-)	NS	-10.157	-8.536	S(-)	NS
Crapo	-1.054	0.734	S(-)	NS	-2.769	-1.037	S(-)	NS
Knudson	-8.381	-6.318	S(-)	S(+)	-7.468	-5.883	S(-)	NS
ECCS	-6.633	-4.882	S(-)	NS	-8.812	-7.169	S(-)	S(+)
김재민등	0.697	2.584	S(-)	S(+)	1.082	2.803	S(-)	NS
김현욱등	-9.982	-8.439	NS	NS	-	-	-	-
조원경등	-2.092	-0.568	S(-)	NS	-0.202	1.520	S(-)	NS
백도명등	-13.314	-11.649	S(-)	NS	-	-	-	-

잔차1(%) = ((다른 연구의 일초간 노력성 폐활량 예측식 적용치-본연구의 일초간 노력성 폐활량

$$\text{잔차2(\%)} = ((\text{다른 연구의 일초간 노력성 폐활량 예측식 적용치} - \text{본 연구 측정치}) / \text{본 연구 측정치}) \times 100$$

$$\text{회귀모델: (다른 연구의 일초간 노력성 폐활량 예측식 적용치} - \text{본 연구 측정치}) = \alpha x \text{ 연령} + \beta x \text{ 신장} + v$$

NS : $p > 0.1$

S(+) : $P < 0.1$ 이면서 양의 방향

S(-) : $P < 0.1$ 이면서 음의 방향

일초울에 대한 예측식의 잔차분석은 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량에 대한 예측식과 달리 남자에서는 국외의 예측식이 예측치를 높게 추정하는 반면, 국내의 예측식보다는 낮게 추정하였다. 여자에서는 ECCS의 예측식보다 높게 추정하였으나 다른 예측식보다는 낮게 추정하였다. 그러나 모두 10% 이내의 차이이었다(표 58). 본 연구의 실측치와 다른 연구자들의 예측치 공식과 비교할 때도 외국의 예측치 공식은 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 Knudson과 ECSC 예측식을 제외하고 모두 차이가 유의하지 않았다.

여자에서도 다른 예측치 공식에 비하여 본 예측치 공식에서 예측치를 낮게 추정하였다. 조원경등의 예측치를 제외하고는 차이는 10% 이내이었다. 여자에서 다른 예측식을 실측치에 적용하여 평균의 차이를 분석할 때 ECSC의 예측식만 음의 차이를 나타내고 있었으나 그 외의 예측식은 양의 차이를 나타내었다. 조원경의 예측식을 제외한 다른 예측식과는 10% 이내의 범위이었다. 잔차에 대한 회귀분석에서 연령은 Knudson과 ECSC, 김재민 등의 예측치 공식과 양의 유의한 관계를 나타내었으며, 조원경등의 예측식과는 음의 유의한 관계를 나타내었으나 Crapo의 예측치 공식은 유의하지 않았다. 신장에서는 ECSC 예측치 공식과 유의하지 않았으며, 다른 예측치 공식과는 음의 유의한 관계를 나타내었다.

표 58. 일초율의 예측식에 따른 잔차분석(비흡연자)

	남자				여자			
	잔차1	잔차2	잔차2의 회귀분석		잔차1	잔차2	잔차2의 회귀분석	
	평균(%)	평균(%)	연령(α)	신장(β)	평균(%)	평균(%)	연령(α)	신장(β)
Crapo	-0.390	-0.165	S(+)	NS	0.734	1.238	NS	S(-)
Knudson	-0.390	-6.318	S(+)	S(+)	1.051	1.531	S(+)	S(-)
ECCS	-3.270	-2.907	S(+)	S(+)	-3.076	-2.606	S(+)	NS
김재민등	2.847	3.161	S(+)	NS	3.375	3.959	S(+)	S(-)
조원경등	1.307	1.952	S(+)	NS	13.376	13.930	S(-)	S(-)
백도명등	7.717	8.123	S(+)	NS	-	-	-	-

잔차1(%) = ((다른 연구의 일초율 예측식 적용치 - 본 연구의 일초율 예측식 적용치)/본 연구의 일초율 예측식 적용치) x 100

잔차2(%) = ((다른 연구의 일초율 적용치 - 본 연구 측정치)/본 연구 측정치) x 100

회귀모델: (다른 연구의 일초율 예측식 적용치 - 본 연구 측정치) = αx 연령 + βx 신장 + γ

NS : $p > 0.1$

S(+): $P < 0.1$ 이면서 양의 방향

S(-): $P < 0.1$ 이면서 음의 방향

본 연구에서 비흡연자와 5 갑-년 이하의 대상자로 구한 예측식을 다른 예측식에 적용하여 그 평균의 차이를 본 예측식 대비 퍼센트로 나타내었다(표 59).

남자 노력성 폐활량 예측치 공식 대비 퍼센트는 모든 다른 예측식과 음의 관계를 갖고 있었으며, 비흡연자만으로 구한 예측치 공식과 비교할 때 노력성 폐활량의 예측치 공식에 의한 잔차는 약간 증가하였으나 일초간 노력성 폐활량의 잔차는 약간 감소하였다.

남자에서 노력성 폐활량의 예측치 공식은 비흡연자만으로 구한 예측식과 동일하게 김현옥 등의 예측치 공식을 제외하고 10% 이내이었다. 여자에서도 ECCS와 조원경 등의 예측치 공식을 제외하고 10% 이내이었다. 일초간 노력성 폐활량에 대한 예측치 공식도 남자에서 백도명 등의 예측치 공식을 제외하고 10% 이내이었으며, 여자에서는 Morris 등의 예측식을 제외하고 10% 이내이었다. 일초율에 대한 예측치 공식도 비흡연자만으로 구한 예측치 공식과 비슷하였으나 잔차가 감소하여 예측치를 다소 낮게 추정하였다.

표 59. 비흡연자와 5 갑-년 이하 흡연자의 예측식에 따른 잔차분석

	남자			여자		
	FVC 잔차	FEV ₁ 잔차	FEV ₁ P잔차	FVC 잔차	FEV ₁ 잔차	FEV ₁ P잔차
Morris	-1.782	-7.180	-	-2.476	-10.118	-
Crapo	-1.363	-0.615	0.630	-3.784	-2.728	0.782
Knudson	-8.806	-8.023	0.634	-8.270	-7.432	1.099
ECCS	-7.638	-6.239	-2.274	-10.695	-8.773	-3.030
김재민등	-2.680	1.120	3.904	-2.553	1.121	3.524
김현욱등	-14.336	-9.593	-	-	-	-
조원경등	-4.679	-1.654	2.359	-14.776	-0.163	13.431
백도명등	-8.722	-12.952	8.826	-	-	-

잔차(%) = ((다른 연구의 예측식 적용치-본연구의 예측식 적용치)/본 연구의 예측식 적용치) x 100

4. 예측치 공식의 적용 및 타당성 검토

본 연구의 예측식의 타당성과 적용성을 검토하기 위하여 무작위로 추출된 일반 인구집단을 동일한 방법으로 폐기능 검사를 실시하여 적용하였다. 남자 44명과 여자 51명으로 총 95명에 대하여 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 일초율을 분석하였다. 남자 44명중 23명은 흡연자이였으며, 여자는 모두 비흡연자이였다(표 60).

노력성 폐활량은 측정치와 예측치의 차이가 -0.02%부터 11.88%까지이였다. 일초간 노력성 폐활량의 차이는 모두 5% 이내의 범위에 있어 2.03%로부터 4.33%까지 이였다. 일초율의 차이는 -2.16%로부터 5.44%까지의 차이를 보이고 있어 본 예측식이 타당하게 구해졌으며, 일반인구에 적용하는데 무리가 없다고 판단되였다.

표 60. 본 예측치 공식을 일반 인구에 적용한 타당도와 적용도

연령	성별	수	노력성 폐활량(ℓ)			일초간 노력성 폐활량(ℓ)			일초율(%)		
			측정치	예측치	차이(%)	측정치	예측치	차이	측정치	예측치	차이(%)
18-29	남자	15	4.84	4.95	3.13	4.24	4.33	3.04	88.01	88.97	1.56
	여자	11	3.59	3.73	5.11	3.05	3.24	7.32	85.39	88.34	4.08
30-39	남자	9	4.88	4.89	0.92	4.00	4.14	4.08	82.15	84.61	3.21
	여자	11	3.50	3.60	4.76	3.02	3.08	4.88	86.19	85.56	-0.10
40-49	남자	9	4.56	4.66	3.24	3.70	3.76	2.95	81.22	80.95	0.20
	여자	12	3.37	3.35	-0.02	2.86	2.80	-1.75	85.37	83.22	-2.16
50-59	남자	7	4.45	4.50	2.14	3.42	3.48	2.30	77.14	77.32	0.57
	여자	8	3.16	3.20	1.72	2.58	2.55	-0.23	81.64	80.30	-1.33
60-	남자	4	4.09	4.19	3.27	2.81	3.04	8.81	69.05	72.64	5.44
	여자	9	2.52	2.74	11.88	1.93	2.03	6.94	77.05	76.05	-0.51

차이(%) : (예측치 - 측정치)/측정치*100

VI. 결론

전국민을 대상으로 통계청에서 우리나라의 국민을 대표할 수 있는 표본추출을 실시하고, 미국흉부학회에서 권고하는 기준을 만족하는 폐기능 검사기와 폐기능 검사 방법을 따랐다. 폐기능 검사과정과 결과의 선정에서 엄격한 정도관리와 질관리를 실시하여 4,816명에 대하여 폐기능검사를 실시하였다. 이중에서 적합성과 신뢰성이 없는 검사자는 876명으로 이를 제외하였다. 흉부방사선사진에서 미촬영자와 이상자 1,416명과, 호흡기계 증상과 질환의 과거력과 현증이 있는 252명을 제외한 대상자는 1,842명이었다.

정상인의 선정기준은 폐기능에 영향을 미치는 호흡기 질환 및 증상이 없는 대상자로 천식과 만성기관지염, 폐기종, 만성 폐쇄성 폐질환, 폐질환에 의한 입원경력과 만성기침, 만성 가래 등이 있는 252명을 제외하였다. 폐기능에 영향을 미치는 심폐이상 소견으로 흉부방사선 사진에서 심장이나 폐에 이상이 있는 1,416명을 제외하였다. 폐기능에 영향을 미치는 유해인자에 노출에서 흡연을 고려하였으며, 비흡연자와 5 갑-년 이하의 흡연자를 대상으로 분석하였다. 신체 소견에서 이상이 없는 경우와 검사당일 건강상태에 이상이 없는 대상자를 정상인으로 선정하였다.

비흡연자만을 대상으로 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량, 일초율의 예측치 공식을 개발하였으며, 54세까지 흡연자가 비흡연자보다 폐기능이 좋으므로 비흡연자만으로 구한 폐기능 예측식은 정상 예측치를 과소 평가할 수 있으므로 최대 폐기능치를 나타내는 25-29세군의 4.67 갑-년과 55세 이후 흡연자가 비흡연자에 비하여 폐기능이 감소하는 점을 감안하여 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 대안으로 폐기능 예측식을 제시하였다.

1,842명중에서 비흡연자는 총 1,212명으로 남자가 206명, 여자 1,006명이었다. 폐기능 예측식은 적은 변수로 설명력이 높고, 남자와 여자에서 공통적인 변수를 사용하여 단순화하였다. 혼합효과모형을 적용하여 AIC 값이 가장 작은 설명변수를 선정하였으며, 일반선형회귀분석에 대입하여 폐기능 예측치 공식을 구하였다.

예측치 공식의 모델은 연령이 증가하면서 폐기능이 감소하는 연령효과와 신장과 체중 등의 체격효과를 혼합한 모델이 적절하였으며, 다양한 모델을 검토하여 폐기능 예측식을 개발하였다.

비흡연자를 대상으로 구한 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -4.843426956 - 0.000086333 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.052924736 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.010946792 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -3.000591245 - 0.000127284 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.039508224 * \text{신장}(\text{cm}) + 0.006892039 * \text{체중}(\text{kg})$ 이었다. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FEV_1(\ell) = -3.413235840 - 0.000248429 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.045778653 * \text{신장}(\text{cm})$ 이었으며, 여자에서는 $FEV_1(\ell) = -2.411402989 - 0.000191968 * \text{연령}^2(\text{년}) + 0.035580368 * \text{신장}(\text{cm})$ 이었다. 일초율의 예측치 공식

은 남자에서 $FEV_1P(\%) = 119.9003901 - 0.3901530 \times \text{연령(년)} - 0.1268150 \times \text{신장(cm)}$ 이었으며, 여자에서는 $FEV_1P(\%) = 97.85665662 - 0.27995184 \times \text{연령(년)} - 0.01564442 \times \text{신장(cm)}$ 이었다.

5 갑-년 이하의 흡연자와 비흡연자를 대상으로 구한 폐기능 예측식은 1,372명으로 남자 344명, 여자 1,028명이었다. 비흡연자만으로 구한 동일한 방법과 동일한 설명변수를 적용할 때 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -5.060128191 - 0.000121530 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.053867055 \times \text{신장(cm)} + 0.013022476 \times \text{체중(kg)}$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -3.015439079 - 0.000125466 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.039518698 \times \text{신장(cm)} + 0.007070253 \times \text{체중(kg)}$ 이었다. 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = -3.762306573 - 0.000263220 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.047909269 \times \text{신장(cm)}$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = -2.430806509 - 0.000188477 \times \text{연령}^2(\text{년}) + 0.035656266 \times \text{신장(cm)}$ 이었다. 일초율의 예측치 공식은 남자에서 $FVC(\ell) = 116.1651779 - 0.3535372 \times \text{연령(년)} - 0.1184303 \times \text{신장(cm)}$ 이었으며, 여자에서는 $FVC(\ell) = 97.59892809 - 0.27617324 \times \text{연령(년)} - 0.01524276 \times \text{신장(cm)}$ 이었다.

비흡연자만으로 구한 예측치 공식과 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함하여 구한 예측치 공식, 전통적인 연령과 신장으로 구한 예측치 공식간에 큰 차이는 없었다. 비흡연자만으로 구한 예측치 공식과 5 갑-년의 흡연자가 포함된 예측치 공식을 다른 국내와 국외 예측치 공식과 비교할 때 본 연구의 노력성 폐활량과 일초간 노력성 폐활량의 예측치 공식이 예측치를 높게 추정하였으나 10% 이내의 차이이었다. 현재 사용되고 있는 코카시안을 대상으로 구한 예측식보다 정상 예측치가 낮지 않았다. 그러나 일초율은 비슷하였다.

본 연구의 예측치 공식은 정상 범위의 하한치를 95 percentile과 95% 신뢰구간으로 나타낼 때 비흡연자인 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량 %는 83.5%, 82.0%, 여자는 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 %는 남자 82.3%, 82.0%, 여자는 80.4%, 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자 91.1%, 89.8%, 여자에서는 89.9%, 89.7%이었다. 5 갑-년을 포함한 예측치 공식은 정상 범위의 하한치가 남자의 예측치 대비 노력성 폐활량 %는 82.3%, 81.4%, 여자는 81.6%와 81.6%이었다. 예측치 대비 일초간 노력성 폐활량 %는 남자 83.5%, 83.1%, 여자는 80.5%, 80.7%이었다. 예측치 대비 일초율 %는 남자 91.1%, 90.7%, 여자에서는 89.9%, 89.7%이었다.

VII. 본 폐기능 예측식의 적용시 고려사항

본 연구의 폐기능 예측식은 우리나라의 일반 인구집단에 적용될 수 있으며, 또한 근로자나 의료의 목적으로 이용할 수 있다.

본 연구의 예측식을 적용하고자 할 때는 본 연구나 1991년과 1994년 미국흉부학회에서 제시한 방법에 따라 정확성이 확보된 폐기능 기기를 사용하여 측정할 것과 검사 전에 검사기기의 정확성에 대한 보정할 것, 또한 폐기능 검사방법이 동일하게 실시한 후에 적용하는 것을 권장한다.

비흡연자를 대상으로 구한 예측식과 5 갑-년 이하의 대상자를 포함하여 구한 예측식을 대안으로 제시하였다. 전통적으로 비흡연자를 대상으로 구한 예측식이 사용되고 있으며, 연구나 기타 과거의 폐기능과 비교 검토하고자 할 때는 이 예측치 공식을 이용하는 것이 적합하다. 그러나 50대까지 흡연자가 비흡연자보다 폐기능이 좋고, 30대 이후에서 폐기능이 감소한다는 점을 감안한다면 향후 사용하는 예측치 공식은 5 갑-년 이하의 흡연자를 포함한 예측치 공식을 이용하는 것도 하나의 방법이라고 판단되어 대안으로 제시하였다.

참고문헌

- 고재철, 이광목. 건강한 성인남자의 폐활량 예측치. 가톨릭대학 의학부 논문집 1977;30(3):357-363
- 김재민, 정은택, 정원재, 박정옥, 최인선, 박경옥 : 노력성 호기곡선에 의한 폐기능검사의 추정정상치에 관한 연구. 결핵 및 호흡기질환 1984;31:1-9
- 김원영, 김광현, 윤봉한, 이승옥, 조철현, 최진수, 김현남 : 농촌지역 50세 이상 인구의 노력성 호기곡선을 이용한 폐활량측정법 검사지표의 추정정상치. 결핵 및 호흡기질환 1998;46:536-545
- 김현옥, 유승택, 송선희, 주진철. 건강한 성인의 연령 증가에 따른 폐기능 변화에 관한 고찰. 대한마취과학회지 1990;23:1021-1026
- 방찬호, 정치경. 건강한 성인 남자의 시한폐활량의 예측정상치. 가톨릭대학 의학부 논문집 1983;36(1):309-18
- 백도명, 최정근, 정규철, 최병순. 건강한 한국 남성 근로자의 폐활량 예측치. 대한산업의학회지 1994; 6(2):175-186
- 이병수, 김중구, 권영주, 정태훈, 이장백, 박희명. 비흡연 성인 폐활량의 추정 정상치. 대한내과학회잡지 1980;23:284-289
- 이승한. 규폐환자의 시한폐활량에 관한 연구. 중앙의학 1962; 2(4):379-386
- 임백인. 한국인의 폐활량 및 최대환기량에 대한 연구. 대한 내과학회지 1965; 8(3):17-31
- 정주용. 건강 성인남자의 연령증가에 따르는 폐기능변화에 대하여. 가톨릭대학 의학부 논문집 1967; 12:41-48
- 정애란, 권선영, 정성철, 윤경아, 조정진. 중년 남성에서 폐활량 검사 지표에 대한 연령, 신장, 체중과 흡연량의 관련성. 가정의학회지 1996;17:1430-1440
- 조동규, 박희명. 환기역학검사의 추정정상치에 관한 연구. 대한의학협회지 1980;23(8):715-720
- 조원경, 김은옥, 명승재, 박승민, 고윤석, 김우성, 이무송, 김원동. 비흡연 및 흡연 성년 한국인에서의 노력성호기곡선을 이용한 폐활량측정법 검사지표들의 추정상치 및 이에 대한 흡연의 효과. 결핵 및 호흡기질환 1994;41:521-530
- 최정근, 손미아, 김현경, 백도명, 최병순. 근로자 폐기능검사 현황과 정도관리 요인에 대한 연구 대한산업의학회지 1994;6(2):187-200
- 최정근, 백도명 폐기능검사이 예측치 공식의 중요성. 국민보건연구소 연구논총 1995; 5(1) 31-37
- 최정근, 백도명. 1997-1998 진폐정도관리 교재. 폐기능검사 결과의 해석(폐활량 측정 결과의 판정)
- 최정근, 백도명. 1997-1998 진폐정도관리 교재. 폐기능검사의 방법(폐활량측정 방법)

ACCP American College of Chest Physicians Statement on Spirometry. Chest 83:547, 1983

American Medical Association. In Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. 2nd Ed. 1988

American Thoracic Society. Snowbird workshop on standardization of spirometry. Am Rev Resp Dis. 1979;119:831-838

American Thoracic Society. Standardization of spirometry-1987 update. Am Rev Resp Dis. 1987; 136:1285-1298

American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretive strategies. Am Rev Resp Dis. 1991; 144(5):1202-1218

American Thoracic Society. Standardization of Spirometry 1994 Update Am Rev Resp Dis 1995;52:1107-1136

Baldwin EEdF, Cournand A, Richards DW, Jr. Pulmonary insufficiency, 1. Physiological classification, clinical methods of analysis, standard values in normal subjects. Medicine 1948; 27:243-278

Becklake MR, White N: Sources of variation in spirometric measurements. Occup Med: State of the Art Reviews 1993; 8:241-264

Becklake MR, Lallo U: The "healthy smoker" effect: a phenomenon of health selection. Respiration 1990; 57:137-144

Berglund E, Birath G, Bjure J, Grimby G, Kjellner I, Sandqvist L, Soederholm B: Spirometric studies in normal subjects, I. Forced expirograms in subjects between 7 and 70 years of age. Acta Med Scand 1963; 173:185-192

British Thoracic Society and Association of Respiratory Technicians and Physiologists. Respir Med 88:165, 1994

Cherniack RM, Raber MB: Normal Standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. Am Rev Resp Dis 1972; 106:38-44

Clausen JL. In Pulmonary Function Testing Guidelines and Controversies: Equipment, Methods, and Normal Value. 1982

Cotes JE: Lung function: assessment and application in medicine. 4th Ed Oxford Blackwell Scientific Publications, 1979

Crapo RO, Morris AH, Gardner RM : Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. Am Rev Resp Dis 123:659-664, 1981

Dockery DW, Ware JH, Ferris BG Jr, Glicksberg DS, Fay ME, Spiro A III, Speizer FE :

Distribution of forced expiratory volume in one second and forced vital capacity in healthy, white, adult never-smokers in six U.S. cities. *Am Rev Respir Dis* 131:511-520, 1985

Enright PL, Lebowitz MD, Cockcroft DW. Physiologic measures: pulmonary function tests. *Am J Resp Crit Care Med* 1994;149:s9-18

Enright PL, Johnson LR, Connett JE, Voelker Helen, Sonia Buist A. Spirometry in the lung health study. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:1215-1223

European Coal and Steel Community. Ed Quanjer PhH. Standardized lung function testing report working party "Standardization of Lung Function Tests." *Bul European Physiopathologie Respiratoire* 1983; 19(Suppl 5)

Ferris B.G. JR., Anderson D.O., and Zickmantel R. Prediction Values for Screening Tests of Pulmonary Function

Ghio AJ. *Chest* 1990;97:400-403

Glindmeyer HW, Lefante JJ, McColloster C, Jones RN, Weill H : Blue-collar normative spirometric values for Caucasian and African-American men and women aged 18 to 65. *Am J Respir Crit Care Med* 151:412-422, 1995

Hankinson JL, Robert O. Crapo. Standard flow-time waveforms for testing of PEF Meters. *Am J Resp Crit Care Med* 1995;152:696-701

Hankinson J.L., Odencrantz J.R., and Fedan K.B. Spirometric Reference Values from a Sample of the General U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:179-187

Higgins ITT, Oldham PD: Ventilatory capacity in miners. *Br J Ind Med* 1962; 19:65-76

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* 113:587-600, 1976

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* 127:725-734, 1983

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* 30:243-258, 1961

Merchant JA, Taylor G, Hodous TK: Coal workers pneumoconiosis and exposure to other carbonaceous dusts. in *Occupational Respiratory Diseases*, DHHS(NIOSH), 1986, Publication No 86-102

Morris JF, Koski A, Johnson LC : Spirometric standards for healthy nonsmoking adults.

Am Rev Respir Dis 103:57-67, 1971

Morris JF, Temple WP, Koski A : Normal values for the ratio of one second forced expiratory volume to forced vital capacity. Am Rev Respir Dis 108:1000-1003, 1973

Petersen M, Hankinson J: Spirometry reference values for nonexposed blue-collar workers. J Occup Med 1985; 7(9):644-650

Quanjer PhH : Standardized lung function testing: Report of the working party. Bull Eur Physiopathol Respir 19(Suppl 5):1-95, 1983

Quanjer Ph.H, Tammeling GJ, Cotes JE, Perdersen OF, Peslin R, Yernault J-C. Lung Volumes and forced ventilatory flows-Report working party standadization of lung function tests European Community for Steel and Coal. 1993;6(s16):5-40

Robert O. Crapo R.O., Robert L. Jensen R.L., Lockey J.E. et al. Normal Spirometric values in healthy Hispanic Americans. Chest 1990;98:1435-1439

Roca J. Eur Respir J 1998;11:1354

Zheng J, Zhong N. Normative values of pulmonary function testing in Chinse adults. Chin Med J 2002;115:50-54

부록 1. 폐기능 검사를 실시한 지역별 주소

1) 서울특별시

송파구 가락2동	구로구 오류1동
노원구 중계본동	은평구 불광1동
서초구 서초2동	성동구 용답동
강북구 번2동	서대문구 북가좌2동
강남구 논현1동	은평구 불광1동
도봉구 창3동	성동구 사근동
송파구 풍납2동	관악구 봉천6동
서초구 반포1동	은평구 용암2동
강남구 청담1동	강서구 가양3동
도봉구 방학3동	마포구 망원1동
송파구 풍납2동	금천구 시흥본동
송파구 잠실7동	중랑구 묵2동
성북구 석관1동	구로구 구로3동
동대문구 장안1동	중랑구 면목2동
광진구 구의2동	강서구 화곡2동
성북구 정릉2동	용산구 이촌2동
영등포구 여의도동	종로구 종로5,6가동
영등포구 신길5동	동작구 본동
강동구 천호2동	서대문구 창천동
동대문구 청량리1동	양천구 신정1동
양천구 신월6동	중구 중림동
관악구 신림2동	

2) 부산광역시

영도구 동삼1동	수영구 광안4동
남구 용호2동	사하구 피정2동
해운대 반여1동	연제구 거제동
중구 부평동	동래구 복산동
북구 화명동	동래구 수민동
서구 서대신3동	금정구 부곡2동
동구 범일4동	진구 전포3동
수영구 광안4동	사하구 다대1동

3) 인천광역시

계양구 계산2동	남동구 논현고잔동
부평구 산곡3동	남구 도화2동
남동구 구월4동	연수구 청학동
계양구 계양2동	동구 송현3동
부평구 삼산동	중구 북성동

4) 대구광역시

동구 신암3동	달서구 성당1동
동구 지저동	수성구 파동
서구 평리3동	북구 복현2동
중구 성내3동	북구 고성동
달서구 이곡동	북구 관음동

5) 광주광역시

광주동구 지원동	북구 두암2동
남구 월산5동	광주북구 서산동
남구 봉선2동	서구 농성1동

6) 대전광역시

대전동구 용운동	서구 갈마2동
대전동구 판암2동	서구 둔산1동
유성구 전민동	중구 유천1동

7) 울산광역시

남구 야음2동	중구 우정동
남구 선암동	울주군 온산읍
중구 우정동	

8) 경기도

고양덕양구 고양동	이천시 장호원읍
고양일산구 백석동	안산시 본오2동
수원팔달구 매탄3동	화성군 동탄면
수원장안구 파장동	안산시 월피동
시흥시 신천동	의정부시 호원동
시흥시 정왕2동	의정부 의정부2동
성남수정구 신흥1동	광명시 광명3동
성남중원구 금광1동	광명시 철산3동
수원장안구 율전동	평택시 진위면
수원권선구 구운동	하남시 신장2동
수원장안구 연무동	하남시 춘궁동
고양덕양구 화정1동	의정부 의정부2동
안양만안구 안양5동	광명시 광명3동
안양동안구 달안동	광명시 철산3동
용인시 구성면	평택시 진위면
용인시 포곡면	하남시 신장2동
성남분당구 달안동	하남시 춘궁동
양주군 광적면	남양주시 와부읍
부천소사구 심곡본동	구리시 인창동
동두천시 중앙동	부천원미구 중1동
부천원미구 심곡3동	포천군 포천읍

9) 충청북도

청주 흥덕구 운천신봉동	충주시 교현2동
청주 흥덕구 복대1동	충북 청원군 내수읍
청주상당구 율랑 사천동	충북 영동 용산읍
충북 단양군 단양읍	충주시 양성면

10) 충청남도

충남금산군 군북면	아산시 음봉면
천안시 쌍용2동	태안군 태안읍
천안시 쌍용2동	서천군 서천읍
아산시 송악면	

11) 전라북도

덕진구 호성동	익산시 평화동
군산시 신평동	완주군 삼례읍
전주시 팔복동	김제시 공덕면
익산시 망성면	정읍시 장명동
완산구 중화산2동	순창군 금과면

12) 전라남도

목포시 원산동	전남곡성군 곡성읍
여수시 쌍봉동	화순군 춘양면
여수시 율촌면	해남군 송지면
여수시 중앙동	영광군 흥농읍

13) 경상북도

포항시남구 오천읍	봉화군 봉화읍
포항시남구 오천읍	경주시 천북면
포항남구 해피동	영천시 동부동
포항남구 효곡동	의성군 의성읍
청도군 화양읍	김천시 대신동
김천시 대신동	영천시 화산면

14) 경상남도

마산합포구 교방동	진주시 상대2동
마산합포구 산호동	창원시 상남동
마산회원구 내서읍	창원시 명곡동
창녕군 영산면	통영시 미수2동
김해시 내외동	거제시 신현읍
하동군 청암면	마산시회원구합성1동
진주시 일반성면	

15) 강원도

강릉시 포남2동

춘천시 후평3동

강릉시 초당동

춘천시 소양동

횡성군 횡성읍

철원군 서면

춘천시 서면

16) 제주도

제주시 오라동

북제주군 한림읍

제주시 일도2동

부록 2. 설문조사지(보건사회연구원의 의식행태조사 일부 발췌)

흡 연

5. 현재 같이 사는 가족 중 일생동안 총 5갑(100개피)이상의 담배를 피운 사람이 있습니까?

- ☐ ① 예 ☐ ② 아니오 ☐ ③ 모름

20

☐

6. 당신은 지금까지 살아오는 동안 총 5갑(100개피) 이상의 담배를 피셨습니까?

- ☐ ① 예 ☐ ② 아니오 ➔ 14번 문항으로

21

☐

7. 현재 담배를 피우고 계십니까?

- ☐ ① 매일 피우고 있다
☐ ② 가끔 피우는 날이 있다
☐ ③ 과거에는 피웠으나 현재 피우지 않는다

22

☐

8. 다음은 흡연량에 관한 항목입니다.

8-1 피우기 시작한 연령(담배 한대를 다 피운 때) : 만_____세

8-2 흡연한 총 기간 : _____년

8-3 하루평균 흡연 개피 수 : _____개피

23-24

25-26

27-28

※ 9~10번 문항은 현재 흡연하시는 분만 응답하여 주시기 바랍니다.
(질문 7의 ① 및 ②에 응답하신 분)

□

□

□

9. 지난 1년 간 담배를 끊고자 시도해 보았습니까?



13. 주로 어떤 방법으로 금연을 하였습니까? (한가지만 표시)

➡ 15번 문항으로

- ☐ ① 특별한 방법 없이 자신의 의지로
☐ ② 금연보조수단 이용 (예 : 금연패취(파스), 금연침 등)
☐ ③ 금연 위한 적극적 방법 (예 : 금연병원입원 등)
☐ ④ 기타 방법(무엇:_____)

※ 14번 문항은 과거흡연자 및 비흡연자만 응답하여 주시기 바랍니다.

14. (현재 흡연을 하지 않고 있다면) 주위의 흡연자(가족, 친지, 동료 등)로 인하여 건강에 피해를 입거나 큰 불편을 느낀 적이 있습니까?

- ☐ ① 매우 그렇다 ☐ ② 그런 편이다 ☐ ③ 별로 그렇지 않다 ☐ ④ 전혀 그렇지 않다

※ 15번 문항은 모든 분들이 다 응답하여 주시기 바랍니다.

15. 금연구역이 설정되어 있다는 것을 알고 계십니까?

- ☐ ① 설정된 사실 및 구체적인 구역을 알고 있다
☐ ② 설정된 사실은 알지만, 구체적으로 어느 구역인지는 모른다
☐ ③ 설정된 것을 모른다

➡ 16번 문항으로

15-1 금연구역 내에서 흡연한 적이 있습니까?

- ☐ ① 금연구역내에서 항상 흡연한다 ☐ ② 금연구역내에서 가끔 흡연한다
☐ ③ 금연구역내에서 흡연을 하지않는다 ☐ ④ 현재 흡연을 하지 않고 있다

37

38

39

40

천식 및 만성폐쇄성폐질환설문

55. 지금까지 한번이라도 의사로부터 만성기관지염, 폐기종, 또는 만성폐쇄성폐질환이 있다고 들은 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

132

☐

56. 일년에 3개월 이상 거의 매일 가래가 나온 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오 ➔ 57번 문항으로

133

☐

56-1. 3개월 이상 매일 가래가 나왔다면 그 기간은 얼마나 됩니까?

☐① 1년미만

☐② 1년~ 2년미만

☐③ 2년 이상

☐④ 모르겠다

134

☐

57. 일년에 3개월 이상 거의 매일 기침을 한 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오 ➔ 58번 문항으로

135

☐

57-1. 3개월 이상 매일 기침을 했다면 그 기간은 얼마나 됩니까?

☐① 1년미만

☐② 1년~ 2년미만

☐③ 2년 이상

☐④ 모르겠다

136

☐

58. 평소 빨리 걸거나, 약간 오르막 길을 오를 때 숨이 찬 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

☐③ 모르겠다

137

☐

59. 지금까지 한번이라도 의사로부터 천식이 있다고 들은 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

☐③ 모르겠다

138

☐

60. 지난 12개월 사이에 숨쉴 때 가슴에서 쉼쉼하는 소리나 휘파람 소리가 들린 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

➡ 61번 문항으로



60-1. 가슴에서 쉼쉼하는 소리가 날 때 숨이 가쁜 느낌이 있었습니까?

☐① 예

☐② 아니오

60-2. 감기에 걸리지 않았을 때에도 숨쉴 때 쉼쉼하는 소리나 휘파람 소리가 들린 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

61. 지난 12개월 동안에 천식 발작(갑자기 연속적인 기침이 나면서 숨이 차고 쉼쉼하는 소리가 난 경우)를 경험한 적이 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

62. 현재 천식치료를 위해 약(알약, 흡입제 또는 분무제 등의 흡입하는 약 포함)을 먹거나 사용하고 있습니까?

☐① 예

☐② 아니오

63. 400m(5-10분 걷는 거리)를 걸을때나 4kg(1관) 정도의 물건을 들거나 옮기는 것이 힘들습니까?

☐① 힘들지 않다

☐② 약간 힘들다

☐③ 많이 힘들다

☐④ 전혀 할 수가 없다.

64. 이상의 증상이나 질병 때문에 일상생활을 하는데 남의 도움을 받아야 합니까?

☐① 예

☐② 아니오

☐③ 모르겠다

139

☐

140

☐

141

☐

142

☐

143

☐

144

☐

145

☐

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

한국산업안전보건연구원 원장

폐기능 예측식 개발

(보건분야 - 연구자료 연구원 2003-49-460)

발 행 일: 2003년 8월

발 행 인: 산업안전보건연구원 원장 김광종

연구책임자: 한국산업의학연구소 최 정 근

발 행 처: 한국산업안전공단 산업안전보건연구원

주 소: 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화: (032) 5100-910

F A X: (032) 518-0862

Homepage: www.kosha.net

한국산업안전공단

KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY