

연구자료
센터

직업성 폐질환에 관한 연구

- 폐기능검사 방법의 표준화를 중심으로-

1997

한국산업안전공단
산업보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 연구결과를 1997년도 산업보건연구원의 연구사업중
“직업성 폐질환에 관한연구”에 대한 최종 결과보고서로 제
출합니다.

1997년 12월 31일

제출자 : 산업보건연구원장 문 영 한

연구책임자 : 책임연구원 최 정 근

공동연구자 : 이 정 오, 고 경 선

김 희 곤

본 연구보고서 연구내용과 결과는 연구원 견해와 다를 수 있음을 밝혀드립니다.
--

목 차

Abstact	1
I. 서론	3
1. 연구배경	3
2. 연구목적	4
II. 연구대상 및 방법	5
III. 연구결과	6
1. 폐기능검사 현황	6
1) 폐기능검사 및 검사자 현황	6
2) 폐기능검사 기기의 종류, 보정 및 사용방법	7
3) 폐기능 검사방법	8
2. 폐기능검사의 표준화	10
1) 표준화된 폐기능검사를 시행하기 위한 사전 준비	10
2) 표준화된 폐기능검사기의 보정방법	12
3) 표준화된 폐기능검사의 정도관리 순서	13
4) 표준화 폐기능검사의 방법	14
5) 신뢰성 있는 폐기능검사의 정의	28
6) 폐기능검사의 횟수	29
7) 폐기능검사의 기록과 보관	30
3. 기본적인 검사치의 산출	30
1) 노력성 폐활량	31
2) 1초량	31
3) Extrapolated Volume의 산출	32
4) 1초율	32
5) 노력성 호기 중간 유량	33
6) BTPS의 변환	34
7) 폐기능검사의 실시 환경	35
4. 폐기능검사의 예측치	36

1) 정상의 정의	36
2) 예측치의 선택	39
3) 예측치에 미치는 영향	39
4) 인종에 따른 특별한 예측치가 없는 경우의 선택	40
5) 예측치의 산출 방법	40
5. 폐기능검사의 추적검사	40
1) 변화관찰의 중요성	40
2) 추적검사에 의한 결과 해석	41
3) 검사치 변화의 산출 방법	41
4) 주의점	41
6. 폐기능검사 장비의 표준화	42
1) 폐기능검사기의 측정 가능량의 표준화	42
2) 저항	43
3) Zero Time의 결정	43
4) BTPS로 변환	43
5) 정확성	43
6) 폐기능검사기의 기록 및 표시기	43
7. 폐기능검사 결과의 해석	45
1) 폐기능검사 결과의 판정 순서	45
2) 적합성과 신뢰성(재현성)의 기준	45
3) 폐기능검사의 정상곡선과 이상곡선	46
4) 폐기능검사의 결과 판정 방법	48
5) 우리나라 폐기능의 장애정도 판정 기준	49
6) 다른 나라의 폐기능검사 이상 판정 비교	50
IV. 고찰	53
참고문헌	57

A Study on the Occupational Lung Diseases

– Standard Methods of Lung Function Test–

Jung Keun Choi, Jung Oh Lee, Kyeong Seon Ko, Hee Gon Kim

Department of Health Management and Research

Industrial Health Research Institute

Korea Industrial Safety Corporation

34- 4 Kusan-Dong, Pupyeong-Ku, Incheon, Korea

– Abstract–

Lung function test can be influenced by technical methods, and the quality control of test has been stressed as an important part of lung function test program. This study was done to standard the performance of lung function test methods for workers' health examination in Korea.

Sixty Workers' Health Examination Institutes and 9 Pneumoconiosis Referral Centers were investigated for their lung function tester, types of spirometers, and performance of technicians.

Among surveyed Institutes, only 23 are performed lung function test, and only 39%(9/23) are performing any calibration of spirometers. Centers are all performed lung function test, and 100% are performing any calibration of spirometers, and most of those calibrations are done automatically by the machine. All the surveyed Institutes and Centers obtain acceptable tests no more than 2 times. The background of technicians include office workers and nurse aids without an adequate training in pulmonary physiology, and the testing posture and formats vary among Institutes and Centers. When the types of pulmonary dysfunction under the definition of the Ministry of Labor were compared between those obtained with and without quality control guidelines.

Quality Control(QC) program for spirometer or Quality Assurance(QA) program for technicians and doctors that diagnosis results of lung function tests was required,

also standard lung function test was needed.

This study was investigated institutes and centers to perform lung function test, and developed standard lung function test for Korean technicians and doctors depend on American Thoracic Society published in 1979, 1987, 1991, 1994.

key words : Standard lung function test, Quality control program, Quality assurance program

I. 서론

1. 연구배경

직업성 폐질환은 우리나라에서 진단되고 있는 직업병 중 많은 부분을 차지하고 있다. 광부들의 진폐증이 석탄합리화 산업으로 감소하고 있으나 그동안 밝혀지지 않았던 진폐증인 용접공의 진폐증과 요업근로자의 진폐증, 채석장이나 암석의 가공, 지하굴착작업 등에서 진폐증이 발견되고 있다.

이러한 직업성 폐질환의 예방과 진단, 예후의 판정에 있어 중요한 검사 중의 하나가 폐기능검사이다 (Brooks 등, 1982, Renzetti 등, 1986). 진폐증은 방사선학적 진단과 함께 폐기능 검사결과가 중요시되고 있으나 일부의 진폐증은 방사선사진상에 나타나지 않은 상태에서도 폐기능이 감소할 수 있으며, 폐기능이 감소한 경우 진폐증이 동반할 때 장애의 정도는 더욱 심각하여 관리대상이 되고 있다. 특히 진폐증의 장애정도의 판정과 보상이 폐기능검사에 의하여 결정되기 때문에 폐기능검사는 통일된 방법이 필요하다(노동부, 1990). 현재 폐기능검사는 일반 병원에서 폐질환을 진단하거나, 진폐정밀검진기관에서 진폐증의 진단과 장애보상과 관련하여 시행되고, 또한 분진에 폭로되는 근로자들의 집단검진에 사용되고 있다. 분진에 폭로되지 않는다 하더라도 화학물질 등의 폭로에 의한 천식과 과민성 폐장 질환 등, 폐질환이 발생할 수 있는 근로자의 검진에 또한 권고되고 있다(노동부, 1989).

현재 우리나라에서 진단기관이 다르거나, 동일한 진단기관이라 하더라도 진단에 사용된 기기가 다르거나 혹은 검사자가 다른 경우, 그 결과를 비교할 때 그러한 비교 해석이 적절한지, 적절하지 않다면 어떻게 조정을 하여야 하는지, 그리고 우리나라에 맞는 폐기능검사 정도관리지침은 무엇인지 등에 대하여 알려져 있지 않다. 이러한 점은 직업병의 진단과 예후에 필수적인 폐기능검사 결과의 정확성과 신빙성이 낮다고 평가하여 산업장에서 직업병의 조기진단 목적으로 폐기능검사를 실시하거나, 직업병의 보상정도를 평가하기 위해 실시하는 경우, 폐기능검사의 결과를 신뢰하지 못하고 예방대책에도 적절히 이용되지 못하고 있다.

2. 연구 목적

폐기능검사는 직업성 폐질환의 진단뿐만 아니라 직업성 호흡기 질환의 예방에 넓이 사용되고 있는 검사방법이다. 그러나 우리나라에서 시행되고 있는 폐기능검사 방법은 표준화되어 있지 않아 검사결과의 활용이 부족한 실정이다.

이러한 이유는 폐기능검사의 정확성에 영향을 미치는 요인들에 대한 이해부족, 검사방법의 오류, 검사기기의 부정확성, 결과 판정의 잘못 등을 들 수 있다. 이러한 문제는 진폐증의 진단과 장해보상을 위한 폐기능검사, 근로자 집단검진의 일환으로 시행하는 폐기능검사에서 표준화된 검사방법을 정하고 정도관리라는 명칭하에 교육을 통하여 개선할 수 있다.

따라서 본 연구는 산업보건연구원에서 시행하는 정도관리와 우리나라에 적절한 표준화된 폐기능검사를 개발하여 정확성과 신뢰성을 높여 직업성 폐질환의 진단과 예방에 적극적으로 사용하기 위하여 수행되었다.

II. 연구 방법

표준화된 폐기능검사 방법을 개발하기 위하여 진폐정밀검진기관 및 특수건강진단기관에서 보유하고 있는 폐기능검사기의 종류와 사용년한, 폐기능검사자의 현황을 파악하였다. 이를 토대로 적절한 폐기능검사 방법을 도출하였으며, 1979년과 1987년, 1991년, 1994년 미국흉부학회에서 발표한 폐기능검사의 정도관리요인과 폐기능검사의 표준화(ATS, 1987; 1994)와 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, 1991 ; 1996)에서 제시하는 폐기능검사 방법의 권고안, 일본의 폐기능검사 정도관리를 검토하여 개발하였다. 1994년 미국흉부학회에서 발표한 폐기능검사의 표준화는 여러나라에서 사용하고 있기 때문에 이 기준에 충실히 따르고자 하였다.

폐기능검사는 spirometry를 중심으로 폐기능검사 방법과 정도관리 방법, 폐기능검사의 기본적인 검사치인 FVC와 FEV1의 산출 방법, 폐기능검사의 결과 해석을 중심으로 개발하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 폐기능검사 현황

1) 폐기능검사 및 검사자 현황

폐기능검사를 시행하는 기관 당 폐기능 검사자 수가 진폐정밀검진기관은 평균 1.4명, 특수건강진단기관은 평균 2.8명이었다. 폐기능검사를 수행한 경력은 진폐정밀검진기관이 평균 5.4년이었으나 특수건강진단기관은 2.8년이었다. 기관당 폐기능검사기는 평균 1.5대이었다. 조사대상의 60개의 특수건강진단기관중 폐기능검사를 지속적으로 시행하는 기관은 8개 기관이었으며, 15개 기관은 가끔 실시하고 있으며, 나머지 37개 기관은 실시하지 않고 있었다. 폐기능검사의 결과를 판정하는 의사는 9개기관의 진폐정밀검진기관이 1명으로 전담하여 판정하고 있었으며, 23개 특수건강진단기관은 평균으로 1.3명으로 대부분 전담하여 판정하고 있었다(표 1).

표 1. 특수건강진단기관과 진폐정밀검진기관의 폐기능검사자와 판정의사 수 및 경력

	폐기능검사자		폐기능판정 의사	
	평균검사자수	평균근무년수	평균검사자수	평균근무년수
진폐정밀검진기관 (9개)	1.1	5.4	1	3.8
특수건강진단기관 (23개기관)	2.8	2.8	1.3	1.6

폐기능검사를 시행하는 검사자의 학력수준은 모두 고등학교 이상의 학력이었고, 진폐정밀검진기관의 검사자는 남성이 많았으나(66.7%), 특수건강진단기관은 여성으로 간호사나 간호조무사가 대부분으로 94%를 차지하고 있다. 검사자의 전문직종은 진폐정밀검진기관에서는 사무직이 21.6%, 임상병리사가 35.6%, 간호조무사가 42.8%인 반면에 특수건강진단기관은 간호사가 40%, 사무직이 27.5%, 임상병리사가 17.5%, 간호조무사가 15%를 차지하고 있었다.

폐기능 검사자들의 호흡기 생리에 대한 지식은 폐기능검사를 수행하면서 얻은 단편적 지식이 대부분이다. 폐기능 검사방법을 습득하는 경로는 동료에게서 배운 경우가 37.5%, 혼자서 검사기의 안내 책자를 보고 배운 경우가 27.5%, 폐기능 검사기의 구입처로부터 배운 경우가 20.0%를 차지하고 있었다.

2) 폐기능검사 기기의 종류, 보정 및 사용방법

폐기능검사 기기는 모두 외국제품으로 9개 진폐정밀검진 기관 중 5개 기관이 Chest사의 일본제품을, 2개 기관이 독일제품을, 그리고 2개 기관에서 SensorMedics로 미국제품을 사용하고 있었다. 특수건강진단기관에서는 일본제품이 78.3%로 Chest사와 Fukuda사 제품을 많이 사용하고 있었다. 또한 진폐정밀검진기관에서는 여러 가지 검사를 동시에 시행할 수 있는 고정식 1대에 이동식이 1대 또는 2대인 경우가 대부분인 반면에, 특수건강진단기관 중 이동건강진단을 주로 시행하는 기관은 이동식을, 건강진단을 주로 기관내에서 시행하는 기관은 고정식을 사용하고 있었다. 폐기능 검사기의 사용 연수는 평균 3.9년이었으며, 5년 이상 사용하고 있는 기관은 1개 기관을 제외하고는 없었다(표 2).

표 2. 진폐정밀검진기관과 특수건강진단기관의 폐기능검사기의 사용 현황(기관수, %)

	폐기능검사기의 제조국				폐기능검사기의 형태		
	Japan	Germany	USA	UK	이동용	고정용	둘다 보유
진폐정밀검진기관 (9개기관)	5 (55.6)	2 (22.2)	2 (22.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (77.8)	2 (22.2)
특수건강진단기관 (N=23)	18 (78.3)	2 (8.7)	2 (8.7)	1 (4.3)	15 (65.2)	2 (8.7)	6 (26.1)

폐기능 검사기기의 보정은 진폐정밀검진기관이 88.9%에서 보정을 하고 있으나, 특수건강진단은 39.1%에서만 시행하고 있어 많은 차이가 있었다. 보정을 실시하는 기관들에서는 보정을 컴퓨터화된 폐기능검사 기기가 자동으로 시행하여 주는 경우가 대부분으로 보

정의 개념에 대하여 잘 모르고 있었으며, 수동보정 방법은 시행하지 않고 있었다. 또한 보정하는 경우에도 검사 시작 전에만 시행하고, 검사가 끝난 후에 다시 시행하여 확인하는 경우는 없었다(표 3).

표 3. 진폐정밀검진기관과 특수건강진단기관의 폐기능검사기 보정 시행 현황(기관수, %)

	진폐정밀검진기관(9개)	특수건강진단기관(23개)
주기적 보정 시행		
예	8 (88.9)	9 (39.1)
아니오	1 (10.1)	14 (60.9)
보정시기		
검사전	8 (100.0)	9 (100.0)
검사후	0 (0.0)	0 (0.0)
검사전과 후	0 (0.0)	0 (0.0)
보정방법		
자동화	8 (100.0)	8 (88.9)
수동화	0 (0.0)	1 (10.1)
자동과 수동	0 (0.0)	0 (0.0)

검사전 폐기능검사 기기에 입력하는 내용은 이동식의 경우 연령, 성, 신장만 입력하는 경우가 대부분이나, 일본제품을 제외한 고정식의 경우는 온도, 기압, 인종까지 입력하고 있었다. 또한 대부분의 폐기능 검사기는 유속을 우선 측정하고 그에 따라 유량을 계산하는 방식으로, 유속측정은 Fleish pneumotach방식을 채택하고 있다. 그러나 검사기관 중 전원을 켜자마자 검사하는 경우가 66.7%이며, 30분 미만의 예열을 하는 기관을 합하면 76.2%에 이른다. 이러한 기관들은 대부분 일본제품의 폐기능 검사기를 사용하고 있으며, 독일이나 미국제품의 검사기는 30분 이상 예열하지 않는 경우 작동이 불가능하였다.

3) 폐기능검사 방법

폐기능검사시 동일한 검사를 반복 시행하는 횟수는 진폐정밀검진기관의 경우 평균 4.4회를 실시하고, 검사종목에 따라 걸리는 시간은 다양하나 안정시 폐활량과 노력성 폐활량만 시행하는 경우 평균 20분 정도가 걸리고 있었다. 특수건강진단기관에서는 2회내지 3회를 실시하는 경우가 대부분이며, 단 1회만 시행하는 기관도 있었다. 또한 검사대상자 1인당 걸리는 시간도 짧아 평균 10분 내외였다. 반복 시행한 검사 중 정확한 검사의 횟수는 진폐정밀검진기관의 경우 1회만 포함되면 끝마치는 경우가 33.3%, 2회가 포함되면 끝마치는 경우가 66.7%이나, 특수건강진단기관에서는 정확한 검사가 한번만 포함되면 (82.6%) 대부분이 끝마치는 것으로 나타났다(표 4).

표 4. 진폐정밀검진기관과 특수건강진단기관에서 폐기능검사의 소요시간, 횟수, 적합한 검사 시행 수(기관수, %)

	진폐정밀검진기관(9개)	특수건강진단기관(23개)
검사당 걸리는 시간(분)		
1분 이내	0 (0.0)	1 (4.3)
1 - 4	0 (0.0)	5 (21.7)
5 - 9	0 (0.0)	15 (65.2)
10 - 19	3 (33.3)	2 (8.7)
20 - 29	5 (55.6)	0 (0.0)
30분 이상	1 (11.1)	0 (0.0)
검사 횟수		
1	0 (0.0)	2 (8.7)
2	1 (11.1)	18 (78.3)
3	6 (66.7)	3 (13.0)
4	1 (11.1)	0 (0.0)
5	1 (11.1)	0 (0.0)
6 회 이상	0 (0.0)	0 (0.0)
검사 횟수 중 적합한 검사 횟수		
1	3 (33.3)	19 (82.6)
2	6 (66.7)	4 (17.4)
3	0 (0.0)	0 (0.0)

폐기능검사는 시간에 관계없이 오전과 오후에 모두 시행하고 있으나, 식사 후에는 대부분 한시간이 지난 후 시행하고 있었다. 또한 검사의 시행 빈도는 계절에 관계없이 시행하고 있었다. 검사항목으로는 특수건강진단기관의 75%에서 노력성 폐활량만 측정하고 있었다.

노력성 폐활량의 검사방법에 있어 검사대상자가 불어내는 방법에도 많은 차이가 있어 강제적으로 끝까지 불어내도록 시행하는 경우가 30.8%인 반면, 대부분은 검사대상자가 알아서 스스로 최대한 불어내도록 하였다(69.2%). 검사대상자의 자세는 서서 시행하는 경우가 63.4%, 앉아서 시행하는 경우가 33.6%, 혼합형이 3.0%로 서서 시행하는 경우와 앉아서 시행하는 경우의 비율이 비슷하였다.

2. 폐기능검사의 표준화

1) 표준화된 폐기능검사를 시행하기 위한 사전 준비

(1) 폐기능 검사의 내부정도관리를 위한 구비 조건

기본적인 정도관리(Quality Control and Assurance Programs)의 과정은 폐기능검사실 자체에서 실시하는 내부정도관리와 산업보건연구원에서 시행하는 외부정도관리로 구분하며, 내부정도관리는 다음과 같은 항목을 갖추고 있어야 한다.

가. 표준화된 폐기능검사실에 갖추어야 할 기본 요건

가) 손세척 시설의 설치되어 있어야 한다.

나) 사용한 마우스피스를 버리기 위한 쓰레기통이 있어야 한다.

다) 코마개는 일회용을 사용하도록 구비되어 있어야 한다.

라) 폐기능검사를 통한 결핵과 에이즈, 진균감염 등을 예방할 수 있는 소독시설과 필터시설이 있어야 한다.

마) 폐기능검사기의 누출과 교환 확인 기구의 설치되어 있어야 한다.

바) 폐기능검사의 청소 및 유지 관리할 수 있는 기구가 설치되어 있어야 한다.

나. 표준화된 폐기능검사실에 필요한 실시 체계의 요건

- 가) 폐기능 검사자는 표준화된 검사나 방법을 갖고 있어야 한다.
- 나) 폐기능 검사의 시행 체계나 결과의 보고 체계가 있어야 한다.
- 다) 검사방법에 대한 설명 등 폐기능검사의 순서를 갖고 있어야 한다.
- 라) 검사치의 정확성을 보장할 수 있는 보정방법을 갖고 있어야 한다
- 마) 타당한 예측치를 갖고 있어야 한다.
- 바) 일정한 보고양식을 갖고 있어야 한다.

다. 폐기능검사 방법의 지침서(Manual)의 구비

어떤 기관이나 병원 등에서는 각자의 내부 정도관리용 폐기능검사 방법의 지침서를 갖고 있어 누가 검사하든지 간에 일정한 결과를 얻어야 한다. 우리나라에서는 하나의 통일된 검사방법을 시행하여야 한다. 일부 폐기능검사기를 제조하는 회사에서는 지침서를 개발하여 누구나 동일한 방법으로 사용할 수 있도록 유도해야 한다. 내부 정도관리용 폐기능검사 방법의 지침서에는 다음과 같은 항목이 포함되어야 한다.

- 가) 제조업체의 책자(폐기능검사기, 보정기, 소프트웨어 등)등이 준비되어 있어야 한다.
- 나) 보정, 유지, 감여방지 방법등에 대하여 기록이 되어 있어야 한다.

라. 표준화된 폐기능검사를 실시하기 위한 폐기능검사기의 조건

폐기능검사기의 성능은 정확도와 정밀도를 높이는 데 중요한 요인이며, 이는 1994년 ATS에서 제시한 조건을 따르도록 한다.

(2) 폐기능검사기의 보정 일정

보정은 폐기능검사자가 정확한 검사치를 얻기 위해서 가장 중요한 방법이다. 따라서 폐기능검사기의 정도관리 일정은 1994년 ATS에서 제시한 조건을 따라 다음과 같이 실시한다(표 5).

표 5. 폐기능검사기의 보정 시기

검사종류	최소한의 간격	내용
용적	매일	3리터 실린지로 점검
누출	매일	1분간 3cm H ₂ O의 지속적 압력
직선성	분기당 1회 주당 1회(유량 폐활량계)	완전한 용적 범위(유량 폐활량계는 몇 개의 다른 유량 범위를 가진 보정된 실린지로 1리터 증가
시간	분기당 1회	스톱워치로 기계적 기록 점검
소프트웨어	새 판	장착일 기록과 “알려진”피검자로 검사

2) 표준화된 폐기능검사기의 보정방법

보정은 폐기능검사에서 정확성을 확보하는 중요한 방법으로 얼마나 자주하느냐에 달려 있다. 1994년 ATS에서 제시한 방법을 따르도록 한다.

- 가. 공기량의 정확성과 누출에 대한 보정은 최소한 매일 하여야 한다.
- 나. 폐활량의 량과 공기의 속도를 측정하는 센서를 바꾸는 경우 다시 보정을 시행하도록 한다.
- 다. 폐기능검사기의 기록지의 속도는 3개월에 1회 정도 시행한다.
- 라. 장소를 이동한 경우도 보정을 시행하여야 한다.
- 마. 많은 수를 검사하는 사업장이나 건강검진 등은 최소한 1시간에 1회씩 실시한다.

공기의 양을 측정하는 폐기능검사기의 보정방법은 다음과 같이 시행한다.

- 가. 최소한 하루에 1번씩 3리터 실린더를 이용하여 보정한다. $\pm 3\%$ (0.09리터, 90데시리터) 이내의 오차가 있어야 하므로 3 리터인 경우 2.91 - 3.09리터 이내의 범

위로 측정되어야 한다.

나. 폐기능검사자는 자신의 폐활량을 알고 있어 3리터 실린더로 보정한 후 자신의 폐활량을 측정하여 확인한다.

다. 누출검사를 하루에 1회씩 시행한다. 폐기능검사기의 사용지침에 보면 누출 검사를 하는 방법이 기록되어 있으므로 이에 따라 시행한다. 조금이라도 누출이 된다면 폐기능검사는 부적합하다.

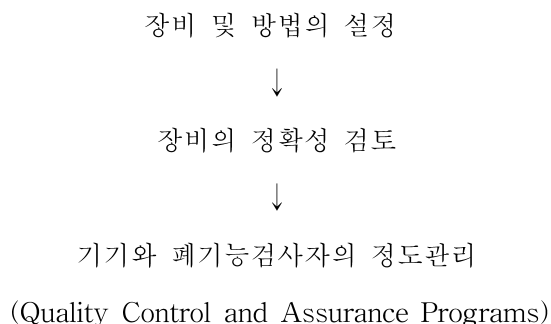
라. 검사장소의 온도와 습도, 기압을 정확히 기재하여 보정하여야 한다.

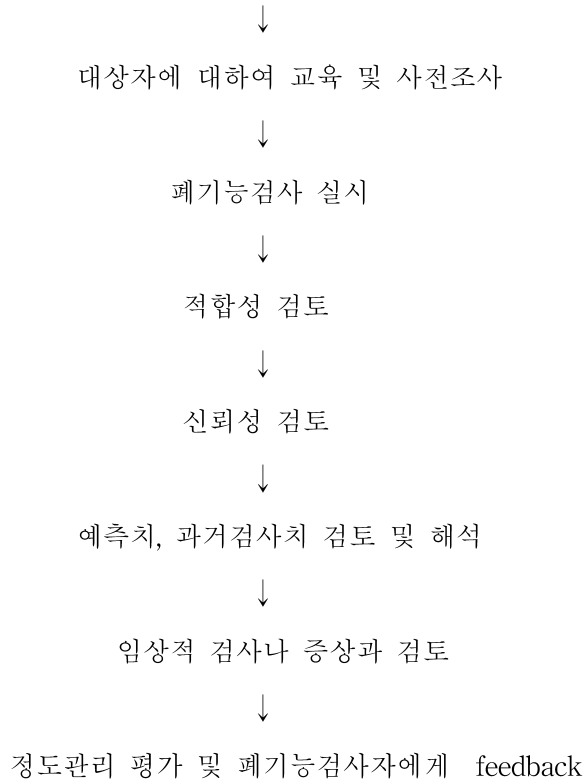
공기의 속도를 측정하는 폐기능검사기의 보정방법은 쉽지 않으나 3리터 실린더로 아주 서서히 측정하고 다음에는 매우 빠르게 측정하여 결과를 비교하는 방법이다. 아주 서서히 하는 약 3리터 실린더를 약 6초간, 아주 빠르게는 0.5초에서 1초간 주입하고 폐기능검사치의량을 비교하는 것이다. 폐기능검사자는 아주 서서히 자신의 폐활량을 측정하여 보고, 한번은 매우 빠른 노력성 폐활량을 측정하여 폐기능검사치를 비교하여 본다.

3) 표준화된 폐기능검사의 정도관리 순서

전체적인 폐기능검사의 정도관리는 폐기능검사기에 대한 정도관리로 기계적 정도관리(quality control)과 폐기능검사자의 검사방법과 폐기능검사 결과를 판독하는 의사에 대한 정도관리(quality assurance)로 구분할 수 있으며, 정도관리의 순서를 도식화하면 다음과 같다.

그림 1. 전체적인 기계적 정도관리와 인적 정도관리의 순서





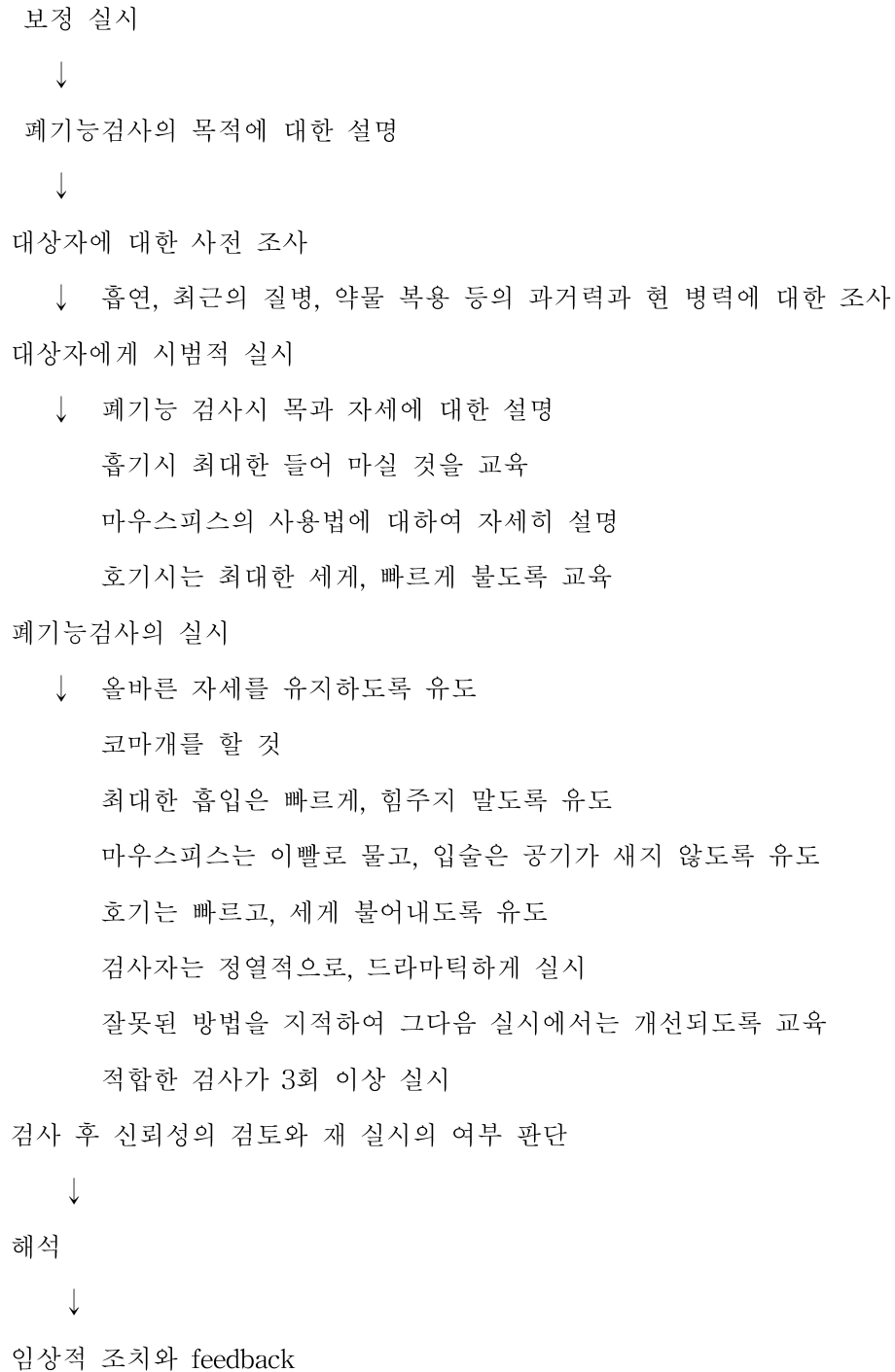
4) 표준화된 폐기능검사의 방법

훌륭한 폐기능 검사자는 얼마나 정확하고 정밀한 검사결과를 얻느냐에 달려있고, 정확하고 정밀한 검사는 폐기능검사 대상자에 대한 철저한 준비와 교육에 있다. 또한 대상자가 얼마나 이해하고 적극적으로 협조하도록 만드느냐에 달려있다. 폐기능검사자는 폐기능검사 방법 및 사람을 다루는 기술이 있어야 한다. 쩡그리거나 무안을 주거나 이해시키지 않고 검사하려는 폐기능 검사자는 절대로 정확하고 정밀한 검사결과를 얻을 수 없다.

(1) 폐기능검사의 실시 순서

폐기능검사의 실시는 표준화된 방법을 항상 사용하여야만 정확한 결과를 얻을 수 있으므로 다음과 같은 도식화에 따라 순서대로 진행하도록 한다(그림 2).

그림 2. 폐기능검사의 실시 순서



세부 항목별로 실시하기 위한 준비 사항은 다음과 같다.

가. 폐기능검사의 준비

가) 폐기능검사가 깨끗하게 준비되어 있나 확인

나) 폐기능검사의 설치

폐기능검사의 호흡관 연결 상태를 확인

컴퓨터의 가동여부와 기록펜, 기록지의 정확성을 확인

폐기능검사자 본인의 노력성 폐활량을 측정하여 시험가동 확인

소모품인 마우스피스, 코마개, 의치보관용 종이컵, 기록지 등의 확인

체중계와 신장계, 온도계, 기압계 확인

꼭조이는 옷이나 의치 등을 제거할 수 있는 탈의실 상태를 확인

휴지통 설치의 확인

다) 보정시행

나. 폐기능검사 대상자에 대한 교육

폐기능검사의 목적에 대하여 다음과 같은 순서로 설명하도록 한다.

“폐기능 검사는 당신 폐의 건강상태에 대하여 알아보려는 것입니다” 라고 소개하고, “폐기능 검사는 당신의 폐가 최대한 들어마시고 내뿜는 공기의 양과 얼마나 빨리 내뿜을 수 있는지를 검사하는 것입니다” 라고 이해시킨다. “따라서 최대한 들어마시고 최대한 세고, 빠르게 내뿜어야 합니다”라고 설명하며, “폐기능 검사는 이렇게 최대한 들어마시고 최대한 빠르게 내뿜는 것입니다”라고 하면서 몇 차례 실기를 보여준다. “이렇게 하기 위해서는 몇가지 사전에 물어볼 것이 있습니다”라면서 과거력과 현 병력에 대하여 설문을 시행한다.

다. 폐기능검사를 할 것인지 연기할 것인지 결정

가) 오늘 어디 아픈데가 없는지 물어보고 있다고 하면 폐기능검사를 연기한다.

나) 감기가 심하거나 과거에 폐수술이나 심장수술을 받은 적이 있는지 확인하고 심한 감기가 있으면 3일간 연기하고, 심장질환은 상황에 따라 실시하거나 포기한다.

다) 최소한 1시간내에 담배를 피웠다면 1시간 연기한다.

라) 감기나 천식으로 인하여 약을 1시간 이내에 복용하였다면 최소한 1시간 이상 연

기한다.

마) 마지막 식사를 최소한 1시간 이내에 많이 먹었다면 1시간 이상 연기한다.

바) 3주 이내에 감기나 폐렴, 기관지염 등에 걸린 적이 있다면 증상이 사라진 후 최소한 3주 이후로 연기한다.

사) 3주 이내에 귀질환을 앓은 적이 있는 경우 최대한 공기를 불어낸 후 귀에 통증이 증가될 수 있으므로 연기한다.

아) 최근에 큰 수술을 한 적이 있는지 확인하고 가슴이나 눈, 목 수술을 한 경우는 연기한다.

라. 폐기능검사의 자세

앉은 자세나 선 자세로 실시할 수 있으나 선자세가 더 큰 FVC를 얻을 수 있다. 서서 실시하는 경우 뒤에 의자를 놓아 넘어지는 경우 심한 손상을 예방해야 한다. 폐기능검사 시 자세를 기록한다. 폐기능검사는 동일한 자세로 계속 시행해야 한다. 서서 시행한 후 앉아서 시행한 경우는 폐의 질병이 없어도 폐기능검사 치가 감소하기 때문에 오판할 수 있다. 임신하였거나 뚱뚱한 사람, 어린이는 특히 선자세에서 시행한다.

마. 폐기능검사를 할 때의 의복

넥타이나 와이셔츠, 벨트, 브레이스, 거들 등 흉부나 복부를 압박하여 빠른 호흡하기가 어려울 때는 느슨하게 풀도록 한다.

바. 턱과 목의 자세

턱은 약간 들고 목을 약간 뒤로 젖힌 상태에서 시행한다. 목이나 턱을 앞으로 굽히면 오히려 빠르게 내뱉어야 공기가 나오지 않는다.

사. 코마개

코마개는 가능한한 사용하도록 한다. 코마개가 없을 때는 손가락으로 코를 막고 시행한다.

아. 의치

의치가 고정되지 않는 경우 가능한한 빼내고 시행한다. 빼고 시행할 때 마우스피스가 고정되지 않거나 밀착되지 않으면 의치를 제거하지 않고 시행한다. 의치를 빼지 않고 시행하는 경우 심호흡시 의치가 기도를 막는 경우가 발생할 수 있어 조심해야 한다.

(2) 표준화된 폐기능검사의 실시

가. 노력성 호기방법의 설명

가) 폐기능검사의 마우스피스는 어깨 가까이에 위치하도록 한다.

나) 몇 초동안 정상적으로 몇 번 숨을 쉰 후 깊이 들어 마신다.

다) 마우스피스는 이빨로 살짝 물고 입술로 꼭 조여 공기가 새지 않도록 한다. 피리 불드시 입술로만 마우스피스를 물지 않도록 한다.

라) 고개는 약간 쳐들고(상방 15도 주시) 혀는 마우스피스의 밑에 놓도록 한다.

마) 최대한 들어마셨으면 망서림 없이 불어내도록 한다.

마우스피스를 통해서 폐기능검사로 불어낼 때는 가장 빠르고, 세게 불어내도록 한다.

바) 최대한 끝까지 불어내도록 한다.

최소한 6초 이상 불어내도록 하고, 대상자가 불어낼 수 있는데까지 불어내도록 한다.

사) 반드시 불어내는 시간이 6초 이상은 아니다. 중요한 것은 plateau에 이르렀는지의 확인이 필요하다. 1987 ATS는 3초 이상이라고 하였으나 여러 연구조사 결과 3초는 충분히 plateau에 도달 할 수 없다고 판단을 내림으로서 6초 이상으로 변경하였다.

나. 폐기능검사 방법에 대한 설명

항상 폐기능검사자는 마우스피스의 올바른 사용방법을 보여주어야 한다.

다. 폐기능검사 대상자의 교육

가) “몇 번의 편한 호흡을 한 후 준비가 되었을 때 최대한 숨을 깊이 들어마시고 망서림없이 최대한 빨리 세게 내뿔어야 합니다.”라고 확실히 이해시키도록 한다.

나) 폐기능 검사자는 들어마시고 내뿔을 때 최대한 들어마시고 내뿔도록 큰 소리로 몸과 손을 이용하여 제스처를 하면서 독려하도록 한다.

다) 6초이상 내뿔지 못하는 경우가 종종 발생하므로 큰 소리로 “계속, 계속, 좀더, 좀더 내뿔으세요. 숨을 들여 마시지 말고 계속 내뿔으세요”라고 독려하도록 한다.

라) volume-time curve에서 끝의 커브가 직선이 될 때까지 계속 독려한다.

마) 1994 ATS의 Plateau의 정의 : volume-time curve에서 plateau는 1초동안 량의 변화가 없을 때를 말한다. 보통 정상인에서는 6초 이내에 호기가 끝난다. 폐색성이 있거나 건강한 노인은 plateau에 도달하는 시간이 더 걸린다.

바) 끝난 후에는 몇 분간의 휴식을 취하도록하고 다시 시행한다.

(3) 폐기능검사의 적합성과 신뢰성의 검토

과거의 폐기능검사의 기록이나 대상자의 성, 나이, 신장 등을 고려하여 결정한다.

적합성의 검토는 다음 항목에 대하여 적합한지 또는 부적합한지에 대한 검토이다.

가. 적합성의 정의

적합성이란 오류가 없는 결과치를 언급하고, 신뢰성은 여러번의 검사치 중에서 한 개의 검사치가 다른 검사치에 비하여 많이 높거나 낮은 범위가 없이 일정한 검사치를 의미한다.

나. 적합성을 얻기 위한 폐기능검사의 방법

적합한 폐기능검사치는 다음과 같은 오류가 없는 검사치를 의미한다.

가) 망설임과 시작의 잘못

나) 검사도중의 기침

다) 유속이 다양한 검사 곡선

라) 목젖의 막힘

마) 조기중단

바) 누출

사) 시작점의 오류

아) 검사중 숨을 들이 마심

항목별로 자세히 기술하면 다음과 같다.

가) 망설임과 시작의 잘못

망설임과 잘못 시작은 불어내기 시작할 때 최대한 불어내지 못한 것을 의미한다.

ATS에서는 extrapolated volume이 FVC의 양이 5% 이내 또는 150 ml 이내인 경우를 말한다. 일부 폐기능검사는 자동적으로 계산하여 오류를 표시하여 주기도 한다.

그림 3. 망설임과 잘못 시작의 폐기능검사 결과

나) 기침

폐기능검사를 시작하여 처음 1초간에 기침이 있는 경우 FEV1에 영향을 미친다. 그러나 1초후의 기침이나 킁킁거림은 검사치에 영향을 미치지 않는다.

그림 4. 기침시 폐기능검사 결과

다) 유속이 다양한 검사 곡선(variable effort)

일정하지 않은 속도로 불어낼 때 발생한다. 1초 이내에 발생한 경우에는 반드시 다시 실시하고, 1초 후는 정도의 차이에 따라 결정한다.

그림 5. 유속이 다양한 형태의 폐기능검사 결과

라) 목젓의 막힘

너무 세게 붙어낼려고 할 때 발생하거나 마우스피스에 혀가 막을 때 일시적인 공기의 흐름이 없는 경우로 다시 시행하여야 한다.

그림 6. 목젓의 막힘시 폐기능검사 결과

마) 조기 중단

plateau에 도달하기 전에 끝마치는 경우이다. 종종 너무 흉곽근육이나 어깨에 힘이 들어간 경우이다. 조기 중단시에는 다시 실시한다.

그림 7. 조기 중단시 폐기능검사의 결과

바) 누출

입술로 마우스피스를 꼭 조이지 않거나 연결부위에서 누출이 발생하는 경우이다. 누출이 있는 경우에는 다시 실시한다.

그림 8. 누출시 폐기능검사의 결과

사) 시작점의 오류

용량의 측정에서 “0(zero point)” 점에서 시작하지 않은 경우이다. 이러한 경우에는 다시 실시한다.

그림 9. 누출시 폐기능검사의 결과

아) 폐기능검사 도중 숨을 들여 마심

폐기능검사 도중 숨을 약간 들여 마시는 경우가 종종 있다. volume-time curve에서는 잘 나타나지 않으나 flow-volume curve에서는 curve가 순간적으로 volume 축에 닿는 경우이다. 이러한 경우에는 다시 실시한다.

그림 10. 폐기능검사 도중 숨을 들여 마신 폐기능검사 결과

5) 신뢰성이 있는 폐기능검사의 정의

적합한 노력성 호기방법으로 시행된 3회 이상의 volume-time curve나 flow-volume curve으로부터 가장 검사치가 좋은 2개의 FVC와 FEV1이 5% 이내의 차이(약 200 ml 이내)가 있을 때 신뢰성이 있는 폐기능검사로 정의한다.

폐기능검사자는 검사하면서 육안으로 volume-time curve나 flow-volume curve의 크기나 모양을 비교하여 알 수 있도록 훈련이 필요하다.

그림 11. 신뢰성 없는 폐기능검사의 결과

6) 폐기능검사의 횟수

적합한 폐기능검사를 최소한 3회를 실시해야 하며, FVC와 FEV1의 최고치와 그다음치의 차이가 200 ml 이내이어야 한다. 미국에서는 최소한 5회의 시도를 요구하고 있으며, 8회의 시도를 요구하는 경우도 있다. 횟수가 많아질 수록 폐질환이 있는 경우 심한 기도의 폐색으로 인하여 감소하고 검사대상자가 불편할 수 있으므로 연기하거나 충분한 휴식이 요구된다. 한번의 검사가 끝나는 경우 전의 검사치와 정확성과 신뢰성에 대하여 검토하고 오류가 있는 경우 검사대상자에게 지적하여 다음 번에는 개선되도록 교육시켜야 한다.

정상인 폐기능을 가진 사람은 반복하여도 동일한 검사치의 신뢰성이 있으나 폐에 이상이 있는 사람에서는 만족할만한 신뢰성을 얻기가 힘들다. 특히 폐색성 폐기능 이상이 있는 사람에서는 호기시간이 길기 때문에 신뢰성이 더욱 떨어진다.

1994 ATS에서는 집단적인 연구에서 폐기능 검사치에 현저한 변화가 있는 사람을 배제하고 어떤 폐기능에 영향을 미치는 물질에 대한 연구를 하라고 권고하고 있다.

1994 ATS에서는 폐기능 검사를 시행할 때 목적은 신뢰성이 있는 검사치를 얻는 것이고 몇 번 시행할 것이냐 또는 검사를 포기할 것이냐는 신뢰성을 얻을 수 있느냐에 달려 있다고 권고하고 있다.

폐기능검사에서 제일 중요한 것은 적합성이다. 적합성이 없다면 신뢰성이 있느냐를 따질 필요가 없다. 신뢰성이 있느냐는 검사후 검사치가 적정한지를 판단할 때 사용하게 된다.

반드시 반복검사전에는 전 검사의 잘못된 점을 지적하여 개선하도록 한다.

가) “너무 빨리 끝냈습니다.” “검사의 끝에 노력이 부족하여 폐에 공기를 충분히 불려내지 못하였습니다.”(FVC가 적거나 plateau에 도달하지 못한 경우)

나) “충분한 공기를 들이마시지 않았습니다.”(FVC와 FEV1이 감소하여 있을때)

다) “처음 시작할 때 세게, 빠르게 불어내지 않았습니다.” (최대용량(peak flow)이 부족하거나, 처음 불어낼 때 망서림(extrapolated volume)이 크거나, 다양한 검사치가 나왔을 때)

라) “코나 입주위로 공기가 샀습니다.” (코로 공기가 나왔거나 입술로 마우스 피스를 충분히 감싸지 못한 경우)

마) “이빨로 마우스피스를 살짝 물지 않았습니까”(피리불 듯이 마우스피스를 물고 분 경우)

바) “혀나 의치가 마우스피스를 막았습니다.”

사) “너무 턱을 구부렸습니다”

아) “너무 어깨에 힘이 들어가 열심히 불었으나 실제 공기는 나오지 않았습니다.”

다시 검사를 하는 경우 1분 이상 휴식을 취하도록 한다.

7) 폐기능검사의 기록과 보관

폐기능검사의 기록에는 다음 항목이 포함되어야 한다. 검사의 기록은 의무기록에 준하여 보관한다.

- (1) 검사일자 및 시간
- (2) 대상자 이름, 주민등록번호, 나이, 키, 몸무게, 인종
- (3) 폐기능검사기의 타입과 종류
- (4) 검사실의 온도
- (5) 폐기능검사의 자세(앉은 자세, 선자세)
- (6) 예측치의 종류
- (7) 검사결과
- (8) 검사자의 이름
- (9) 기압
- (10) 폐기능검사자의 권고나 대상자의 노력정도, 기타 법적인 문제점

3. 기본적인 검사치의 산출

일부 폐기능검사기는 자동적으로 산출이 되기도 하지만 일부 폐기능검사기는 손으로 수동적으로 계산하기도 한다.

1) 노력성 폐활량(FVC, Forced Vital Capacity)

정의 : 최대한 공기를 흡입한 후 세고 빠르게 불어낸 공기의 최대량을 말한다.

FVC는 제한성 폐기능장애가 있는 경우 유용한 검사치이다. 정상치에 비하여 낮다는 것은 폐가 충분히 팽창할 수 없는 상태를 의미한다. 즉 폐에 섬유화가 있어 딱딱해지면 충분히 팽창할 수 없다. 또한 큰 종양이나 기흉등이 있어 폐용량이 감소한 경우도 용량이 감소할 수 있다. 심한 폐색성 장애시도 감소할 수 있다.

(1) 산출방법

가. 적합한 폐기능검사가 이루어진 경우에 한하여 각각 계산한다.

나. 기침이나 시작의 잘못이 있는지 검토한다.

다. 신뢰성이 없는 경우 다시 폐기능검사를 한다.

라. 적합성과 신뢰성이 있는 경우 time-volume curve나

flow-volume curve로부터 최대치를 구한다.

마. 소수점 2자리까지 표현한다.

바. BTPS의 보정이 필요한 경우 계산한다.

(2) 다양한 검사치로부터 FVC의 계산

적합한 3개의 검사치로부터 최대 검사치의 2개가 200 ml 이하 또는 5% 이하의 차이가 있을 때 신뢰성이 있다고 보고 산출하도록 한다.

2) 1초량(FEV1, Forced Expiratory Volume in One Second)의 산출

정의 : 최대한 공기를 흡입한 후 노력성 호기 방법으로 세고 빠르게 내뿜을 때 1초간 내뿜은 공기의 양을 말한다.

FEV1은 폐색성 장애가 있을 때 진단하는데 좋은 검사치이다.

심한 제한성 장애가 있는 경우 FEV1은 감소할 수 있다.

(1) 산출방법

적합한 검사치로부터 1초간 불어낸 양을 계산한다. flow-volume curve로부터는 계산

이 불가능하다.

(2) 다양한 검사치로부터 FEV1의 산출

정의 : 적합한 3개의 검사로부터 FEV1이 가장 큰 최대치의 차이가 200 ml 또는 5% 이내인 신뢰성 있는 검사치일 때 산출한다.

3) Extrapolated Volume의 산출

정의 : 최대한 공기를 흡인한 후 세고 빠르게 노력성 호기 방법을 사용하여 불어낼 때 불어내기 시작한 시점이 불명확한 경우를 말한다. 즉 세고 빠르게 불어내는 초시 시점에서 망설임으로 공기가 일부 약하게 불어낸 후 이어서 세고 빠르게 불어냈다는 의미이다.

FVC의 검사치에는 영향이 없으나 FEV1의 검사치는 부정확하게 된다.

(1) 산출방법

가. 적합한 검사치로부터 그림 5-5처럼 curve가 불어내기 시작한 시점에서 급상승 하지 못한 부분이 있는 것을 확인한다. flow-volume curve로부터는 계산이 불가능하다.

나. 가장 급격히 상승한 부분의 기울기를 time축에 연결한다.

다. time축과 만나는 시점에서 volume 축에 수직으로 그어 time-volume curve와 만나는 점의 volume을 읽으면 된다.

(2) 과도한 extrapolated volume의 산출

정의 : 노력성 호기 방법으로 시작하기 전에 불어낸 공기의 양을 말한다.

extrapolated volume은 FVC 대비 5 % 또는 150 ml를 초과하여서는 안된다. 대표적인 경우는 노력성 호기를 시작할 때 망설이거나 잘못 시작할 때 발생한다.

4) FVC 대비 FEV1의 percent(1초율, FEV1/FVC%)의 산출

정의 : FVC의 검사치에 비하여 FEV1이 얼마나 차지하고 있는지에 대하여 말한다. 폐색성 장애가 있는 경우 진단의 좋은 검사치가 된다. 정상사람에서는 1초동안에 총 호기량의 70-80%를 불어낼 수 있으나 기도의 폐색이 있는 사람에서는 60% 또는 그 이하이다.

FEV1/FVC%의 계산은 소숫점 이하 한자리까지 표현한다.

5) 노력성 호기 중간 유량(FEF_{25-75%})

정의 : FVC의 중간부분(mid-expiratory flow rate or MMEF)의 평균 노력성 호기 용량을 말한다.

비록 FEV1보다 폐기능의 이상을 민감하게 나타내지만, FVC나 FEV1보다 검사치의 변화가 심하여 평가에 신중해야 한다.

ATS에서는 FEF_{25-75%} 검사치의 활용은 폐기능 이상이 있다고 판단된 경우나 심한 정도가 판단된 경우에 한하여 이용한다. 단지 개인의 폐질환이 있는지 판단하는데 사용되어서는 안된다. 단지 단체의 평균치를 이용하여 활용한다.

(1) 산출방법

가. 적합한 폐기능 검사의 경우에 “가장 좋은 검사치(Best Curve)”를 선정한다.

“가장 좋은 검사치(Best Curve)”는 FVC + FEV1가 가장 큰 수치이다. 대부분 “가장 좋은 검사치(Best Curve)”는 가장 큰 FVC인 경우가 많다.

나. FVC의 25%와 75%를 계산한다.

다. FVC curve에 FVC 25%와 75%의 지점을 표시한다.

라. 위 두지점을 선으로 연결한다.

마. X축의 time 표시에서 정수의 초단위 간격이 만나는 지점을 정하고, 그 점에서의 volume을 읽는다.

바. volume의 차이를 계산한다.

사. BTPS로 전환한다.

아. FEF_{25-75%}의 단위는 리터/초이다. 초는 1초간의 양차이를 나타내는 것이다.

FEF_{25-75%}의 활용상 문제점은 사업장의 검색프로그램(Screening Program)에 폭 넓게 사용할 수 없다는 점이다. 비록 FEV1에 비하여 노력정도(Voluntary Effort)에 영향을 적게 받지만 FEF_{25-75%}은 신뢰성이 적다는 문제점이 있다.

보통 FEV1은 3% 이내이나 FEF_{25-75%} 치의 변화는 20%에 달하고 있다. 특히 증상이

없는 천식이나 젊은 흡연자에서 이러한 변화는 크다. 따라서 $FEF_{25-75\%}$ 를 입사시 신체검사에 활용하는 경우 입사거부나 작업전환 등 부정확한 검사치를 이용하여 악용할 소지가 있다.

따라서 $FEF_{25-75\%}$ 의 이용은 경험이 많은 의사에 의하여 활용되어야 한다.

6) BTPS(Body Temperature(37도C) Ambient Pressure Saturated with Water vapor)의 변환

폐기능검사시의 온도는 체내의 온도가 아니며 또한 폐내의 공기는 거의 100% 포화된 것으로 보나 폐기능검사시의 공기는 100% 포화공기는 아니다. 따라서 이러한 조건으로 변환하는 것이 필요하다.

컴퓨터를 이용한 폐기능검사는 이러한 변화를 자동적으로 계산하여 나타내주지만 수동식에 의한 폐기능검사는 변환하여야 한다.

보통 폐기능검사에 나타내는 수치는 폐안의 공기량보다 6-10% 적게 나타낸다. 따라서 BTPS의 수치로 변환시켜야 한다.

변환시켜야 하는 폐기능검사의 수치들

가. FVC, FEV1, $FEF_{25-75\%}$ 등 공기의 양(volume)를 나타내는 수치

나. FEV1/FVC %는 비율을 나타내지 공기의 양을 나타내는 수치가 아니므로 전환할 필요가 없다.

(1) 변환방법

가. 표에서 변환요인(Conversion Factor)를 찾는다.

나. 실측치에 변환요인을 곱한다.

다. BTPS 하의 공기량은 실측치보다 많다.

수동으로 측정한 폐기능검사치는 BTPS로 전환하여야 하며, 전환요인은 다음과 같다 (표 6).

표 6. 폐기능검사치로부터 BTPS로 변환 요인

온도(섭씨)	변환요인
18	1.114
19	1.111
20	1.102
21	1.096
22	1.091
23	1.085
24	1.080
25	1.075
26	1.068
27	1.063
28	1.057
29	1.051
30	1.045
31	1.039
32	1.032
33	1.026
34	1.020
35	1.014
36	1.007
37	1.000

7) 폐기능검사의 실시 환경

(1) 온도

- 1) 온도는 반올림하여 1도의 차이를 정확히 기록하고 사용한다.
- 2) 폐기능검사는 17-40도 사이에서 시행한다.
- 3) 보통 23도씨 이하에서 실시하는 경우 FEV1과 Peak flow에 오류를 발생시킨다.

(2) 다른 요인의 고려

기타 기압이나 폐기능검사기의 요인, 수동식의 경우 기록지에 미치는 영향 등이 고려되어야 한다.

4. 폐기능검사의 예측치

1) “정상”의 정의

폐기능검사의 결과를 해석할 때는 과거의 폐기능 검사치와 비교하거나 정상 예측치와 비교하여 판단하게 된다. 어떠한 인구집단에서도 평균치라는 것이 있게 마련이고, 일반적인 대부분의 인구는 평균치에 근접한다.

그러나 일부 인구는 평균치에 비하여 낮거나 높다. 만약에 FVC나 FEV1이 예측치보다 80% 이하라면 그 폐기능검사치는 비정상 범위라고 할 수 있다. 1991년 ATS는 LLN(Lower Limit of Normal)을 사용하여 이상과 정상을 구분하였는데 이는 보통 인구의 약 5% 정도를 이상자라고 구분한다는 통계적인 기본이 깔려있다.

예측 평균치 또는 정상치는 다양한 폐기능검사를 이용하여 많은 인구집단을 대상으로 다양한 환경하에서 조사하여 얻어진 것이다. 따라서 다양한 환경에 따라 예측치도 다르다. 다음은 정상 예측치에 대한 연구자들의 요약이다(표 7, 8, 9).

표 7. VC 또는 FVC의 예측치 공식

저자(적용나이, 발표년도)	예측치 공식
Crapo(18-, 1981)	$0.06 * \text{신장} - 0.0214 * \text{나이} - 4.650$
Morris(18-, 1971)	$0.0583 * \text{신장} - 0.025 * \text{나이} - 4.241$
Kory(18-, 1961)	$0.0524 * \text{신장} - 0.022 * \text{나이} - 3.60$
Knudson(18-19, 1983)	$0.0590 * \text{신장} + 0.0739 * \text{나이} - 6.89$
(20-, 1983)	$0.0844 * \text{신장} - 0.0298 * \text{나이} - 8.78$
Cherniack(18-, 1972)	$0.0477 * \text{신장} - 0.0136 * \text{나이} - 3.184$
ECCS(18-25, 1983)	$0.0576 * \text{신장} - 0.026 * \text{나이} - 4.34$
(25-70, 1983)	$0.0575 * \text{신장} - 0.026 * \text{나이} - 4.345$
Baldwin(18-, 1948)	$(27.63 - 0.112 * \text{나이}) * \text{신장} / 1000$
이승한 (20-49, 1962)	$(2.830 - 34 * \text{나이}) * \text{Body Surface Area}$ $(29.14 - 0.061 * \text{나이}) * \text{신장} / 1000$
임백인(-20, 1965)	$(7.15 + 0.82 * \text{나이}) * \text{신장} / 1000$
(20-, 1965)	$(29.43 - 0.186 * \text{나이}) * \text{신장} / 1000$
정주웅(1967)	$(2977 - 12.5 * \text{나이}) * \text{BSA}(\text{m}^2)$ $(29.6 - 0.126 * \text{나이}) * \text{신장} / 1000$
고재철, 이광목 (1977)	$0.058 * \text{신장} - 0.0201 * \text{나이} - 4.90$
백도명(남성근로자, 1994)	$-4.207 + 0.055 * \text{신장} - 0.020 * \text{나이}$

표 8. FEV₁의 예측치 공식

저자(적용나이, 발표년도)	예측치 공식
Crapo(18-, 1981)	$0.0414 * \text{신장} - 0.0244 * \text{나이} - 2.190$
Morris(18-, 1971)	$0.0326 * \text{신장} - 0.032 * \text{나이} - 1.260$
Kory(18-, 1961)	$0.0370 * \text{신장} - 0.028 * \text{나이} - 1.59$
Knudson(18-19, 1983)	$0.0519 * \text{신장} + 0.0636 * \text{나이} - 6.12$
(20-, 1983)	$0.0665 * \text{신장} - 0.0292 * \text{나이} - 6.51$
Cherniack(18-, 1972)	$0.0359 * \text{신장} - 0.0232 * \text{나이} - 1.507$
ECCS(18-25, 1983)	$0.0430 * \text{신장} - 0.029 * \text{나이} - 2.49$
(25-70, 1983)	$0.04301 * \text{신장} - 0.029 * \text{나이} - 2.492$
Berglund(18-, 1963)	$0.0344 * \text{신장} - 0.033 * \text{나이} - 1$
방찬호(20-50, 1983)	$-4.281 - 0.021 * \text{나이} + 0.051 * \text{신장}$
백도명(남성근로자, 1994)	$-2.282 + 0.040 * \text{신장} - 0.028 * \text{나이}$

표 9. FEV₁%의 예측치 공식

저자(적용나이, 발표년도)	예측치 공식
Berglund(18-, 1963)	$91.79 - (0.373 * \text{나이})$
방찬호(20-50, 1983)	$96.06 - 0.2452 * \text{나이} - 0.0124 * \text{신장}$
조동규(20-69, 1980)	$99.5 - 0.301 * \text{나이} + 0.027 * \text{신장}$
백도명(남성근로자, 1994)	$103.74 - 0.090 * \text{신장} - 0.213 * \text{나이}$

2) 예측치의 선택

연구에 따라서 약간의 예측치가 달라진다. 폐기능검사를 시행할 대상자 집단의 예측치 공식이 있으면 제일 좋으나 그러하지 못하는 경우에는 가장 근접하는 예측치를 사용하여야 한다.

최소한 인종과 환경이 비슷한 상황에서 구해진 예측치를 사용해야 한다. 또한 예측치를 구한 폐기능검사를 검토하는 것이 필요한데 최소한 컴퓨터에 의해서 구해진 치와 수동으로 계산된 치와 동일한 폐기능검사를 사용하였는지 확인이 필요하다.

산업보건연구원에서 사용하는 예측치 공식은 다음과 같다(표 10).

표 10. 산업보건연구원에서 사용하는 예측치 공식

남성 20 - 60 세

$$FVC (L) = -4.256 + 0.055 * Height - 0.021 * Age$$

$$FEV1 (L) = -2.561 + 0.041 * Height - 0.025 * Age$$

$$FEV1\% (\%) = 87.33 - 0.171 * Age$$

여성 30 - 60 세

$$FVC (L) = 0.513 + 0.021 * Height - 0.021 * Age$$

$$FEV1 (L) = 0.536 + 0.018 * Height - 0.022 * Age$$

$$FEV1\% (\%) = 91.14 - 0.231 * Age$$

3) 예측치에 미치는 영향

예측치뿐만이 아니라 폐기능 검사치에 영향을 미치는 요인들은 다음과 같다.

가 나이 : 어린이로부터 청년기의 초기까지 폐기능은 증가한다. 보통 20-30대에 폐기능이 감소하기 시작한다.

나 신장 : 키가 큰 사람은 폐기능치도 크다. 그러나 기도의 굵기는 비슷하여 FEV1/FVC%는 작다.

다. 성별 : 남성은 여성보다 폐기능치가 크다.

라. 인종 : 보통의 백인에 비하여 아프리카에서 이주한 흑인은 FVC와 FEV1의 치가 약 15% 정도 낮다. 이는 흑인이 다리가 백인에 비하여 길으나 흉곽은 백인에 비하여 작기 때문이다. 황인종은 흑인과 비슷한 폐기능치를 갖고 있는 것으로 알려져 있다.

4) 인종에 따른 특별한 예측치가 없는 경우의 선택

(OSHA Cotton Dust Standard)

가. 수정이 필요한 폐기능 검사치 : FVC, FEV1, FEF_{25-75%}

수정이 불필요한 폐기능 검사치 : FEV1/FVC%

나. 근로자의 추적 검사 : 장기간에 걸친 추적검사는 과거의 검사치와 비교하여야 한다.

다. 의학적 선별검사 : 인종에 따른 감소 요인을 계산하여야 한다.

라. 근로자의 걱정배치를 위한 폐기능검사 : 인종에 따른 증감요인의 계산은 필수적이다.

5) 예측치의 산출 방법

가. 예측치의 산출

가) 대상자의 나이, 신장, 성별의 확인 및 기록

나) 적당한 예측치의 선정 및 대입

다) 인종에 따른 가감요인 계산

나. 예측치대비 %의 계산

$\% \text{ 예측치} = \text{관찰치} / \text{예측치} * 100$

5. 폐기능검사의 추적검사

1) 변화 관찰의 중요성

의학적 감시프로그램에서 근로자들의 건강을 확인하는데 폐기능검사는 중요한 방법이다. 과거의 폐기능검사치와 현재의 폐기능검사치를 비교하는 것은 폐기능검사로 건강상태를 평가하는데 가장 중요한 방법이다. 예측치는 다른 사람의 평균치에 대한 비교로 간접적인 방법이므로 결단이 어려우나 과거의 폐기능검사치는 결단을 내리는데 중요한 자료이다.

예측치는 검사대상자의 비교자료에 지나지 않는 반면 과거의 기록은 대상자의 기준으로 적용할 수 있기 때문이다. 과거의 측정자료가 있는 경우 예측치보다 건강평가에 중요한 자료이므로 폐기능검사는 추적 반복검사가 필수적이다.

추적검사에서 FEV1이 15% 이하로 감소하는 경우 건강영향이 있을 가능성이 매우 높다.

2) 추적검사에 의한 결과 해석

폐기능검사에 의하여 건강영향의 평가는 다음과 같은 2가지 방법이 있다.

- 가. 어떤 물질에 폭로 전(근무 전)과 폭로 후(근무 후)의 검사치를 비교하는 방법
- 나. 만성질환에 대한 장기적인 검사치의 변화를 비교하는 방법

3) 검사치 변화의 산출방법

추적검사에 의한 폐기능검사치의 변동은 다음과 같은 두가지 방법에 따라 시행한다.

- 가. 절대적 검사치의 계산

과거의 검사치 - 현재의 검사치

- 나. 검사치의 변화

$$(\text{과거의 검사치} - \text{현재의 검사치}) / \text{과거의 검사치} * 100$$

4) 주의점

가. 변화량

추적검사에 의한 %변화는 과거의 검사치와 비교하여야 한다.

보통 소수점 한자리까지 표현한다.

나. 추적검사에 의한 연간기대감소치(expected annual decline)의 산출

나이에 의한 감소치 등을 고려한 감소치의 산출

FEV1 ml/year, FVC ml/year

다. 추적검사시 다른 요인의 검토

가) 신장의 변화

나) 체중의 변화

다) 흡연습관의 변화 : 흡연은 FEV1의치를 비흡연자에 비하여 빨리 감소된다.

라) 계절적 알러지 요인

마) 약물 복용

바) 기타 질환

라. 지속적인 폐기능검사가 요구되는 경우

가) FEV1 또는 FVC가 추적검사시 15% 이상 감소한 경우(ATS에서는 연간 15%의 변화가 있는 경우 의미있는 것으로 판단), 단 5년 이상 등이 경과한 경우에는 연령에 따른 감소를 보정한 후 판단한다.

나) FEV1 또는 FVC 또는 FEV1/FVC%가 LLN 이하인 경우

다) 폭로 전(근무 전)과 폭로 후(근무 후)의 검사치가 10% 이상 차이가 나는 경우 (OSHA Cotton Dust Standard에서는 5% 이상의 차이가 있는 경우나 FEV1이 150 ml 이상의 차이가 있는 경우 재검사하도록 권고)

6. 폐기능검사 장비의 표준화

폐기능검사기를 구입하는 경우 ATS Standard에 일치하는지를 검토한 후 구입하도록 한다. ATS Standard를 따르도록 한다.

1) 폐기능검사기의 측정가능량의 표준화

최대로 측정할 수 있는 용량은 최소한 8리터 이상이며, 속도는 0 - 14 리터/초까지 측정할 수 있어야 한다. 또한 최소한 15초까지 축척 용량을 측정할 수 있어야 한다.

2) 저항

12리터/초의 공기속도에서 1.5 cm H₂O/리터/초 보다 작아야 한다.(제품의 사양서를 보고 확인)

3) Zero Time의 결정

노력성 폐활량을 측정하기 전에 zero time을 결정할 수 있어야 하며 back extrapolation에 의하여 결정되어야 한다.

4) BTPS로 변환

BTPS로 수동으로 또는 자동으로 변환할 수 있어야 한다.

5) 정확성

가. 폐기능검사기는 현장조사 등 이동시에도 보정을 할 수 있어야 한다.

나. FVC 또는 FEV₁의 정확도는 $\pm 3\%$ 또는 50 ml 이내이어야 한다.

다. 보정의 정확도는 $\pm 3\%$ 또는 50 ml 이내이어야 한다.

라. FEF_{25-75%}를 사용하는 경우 정확도는 $\pm 5\%$ 또는 200 ml 이내이어야 한다.

마. 공기속도 측정의 정확도는 $\pm 5\%$ 또는 200 ml 이내이어야 한다.

6) 폐기능검사기의 기록 및 표시기

가. 폐기능검사기는 volume-time과 time-flow를 나타낼 수 있어야 한다.

나. 기록의 volume scale은 10 mm/l, flow scale는 5 mm, time scale은 최소한 2 cm/초 이상 되어야 한다.

이상의 조건을 좀더 구체적으로 제시하면 ATS에서 제시하는 권고안에 따르도록 한다 (표 11).

표 11. 폐기능검사기의 조건

검사	범위/정확도 (BTPS)	유량 범위 (L/s)	시간 (S)	기도저항과 Back Pressure	검사 신호
VC	0.5 에서 8L reading의 $\pm 3\%$ 또 는 $\pm 0.050L$ 중 큰 값	0-14	30		3L 구경의 시 린지
FVC	0.5 에서 8L reading의 $\pm 3\%$ 또 는 $\pm 0.050L$ 중 큰 값	0-14	15	1.5cm H ₂ O/L/s이 하	24 표준 곡선 3L 구경의 시 린지
FEV1	0.5 에서 8L reading의 $\pm 3\%$ 또 는 $\pm 0.050L$ 중 큰 값	0-14	1	1.5cm H ₂ O/L/s이 하	24 표준곡선
Time zero	FEV1 측정이 실시 시작된 시간	0-14		후외삽법	
PEF	정확도 : reading의 $\pm 10\%$ 또는 0.400L/s 중에 큰 값 정밀도: reading의 $\pm 5\%$ 또는 0.200L/s 중에 큰 값			1.5cm H ₂ O/L/s이 하	26 Flow 표준 곡선
FEV25-75%	reading의 7.0L/s $\pm 5\%$ 또는 0.200L/s들 중 큰 값	± 14	15	1.5cm H ₂ O/L/s이 하	24 표준곡선
V	reading의 $\pm 14L/s \pm 5\%$ 또는 $\pm$ 0.200L/s중 큰 값	0-14	15	1.5cm H ₂ O/L/s이 하	제 조 회 사 로 부 터 의 근 거
MVV	reading의 10% 내에서, 2L의 TV에서 250L/min, 또는 $\pm$ 15L/min중에 큰 값	± 14 $\pm 3\%$	12-1 5	2.0Hz, 2L TV에 서 10cmH ₂ O이하 의 기압	Sine wave pump

7. 폐기능검사 결과의 해석

1) 폐기능검사 결과의 판정 순서

폐기능검사의 결과는 적합성이 없거나 신뢰성이 없다면 해석도 필요치 않다. 특히 폐기능 검사는 정확한 진단보다는 선별검사라는 의미에서 측정치의 오류가 많이 발생할 수 있으므로 정확한 검사방법이 요구된다. 다음과 같은 순서로 폐기능검사의 결과를 해석한다(그림 12).

그림 12. 폐기능검사 결과의 판정 순서

폐기능검사의 실시

(FVC 측정방법에 따라 실시)



실시후 적합성이 있는지 검토 -- 타당하지 않은 경우 다시 검사



적합한 검사가 3회 이상인지 검토 -- 부족한 경우 다시 검사



신뢰성(재현성)이 타당한지 검토 -- 타당하지 않은 경우 다시 검사



방법 1. 가장 큰 값의 FVC와 가장 큰 값의 FEV1를 가지고 판단

방법 2. 가장 큰 값의 FVC + FEV1으로 판단과 다른 검사치 검토



결과 처리

2) 적합성과 신뢰성(재현성)의 기준

(1) 적합성의 기준

가. 다음 각 항의 인위적인 문제가 없는 경우에 해당한다.

가) 호기 직후의 기침이나 목젓 막힘

나) 조기 종결이나 중단

다) 다양한 유속의 변화

라) 누출

마) 혀, 의치, 이빨로 너무 세게 무는 등에 의하여 마우스피스에 막힘

나. 다음 각 항의 시작의 오류가 없는 경우에 해당한다.

가) 외삽용적이 가장 큰 경우에 FVC 의 5% 혹은 0.15리터보다 작음

나) 최대호기 유량까지의 시간이 120ms 보다 작음

다. 다음 각 항의 충분한 호기가 이루어진 경우에 해당한다.

가) 용적-시간 곡선 상에 6초 이상의 호기 and / or plateau 달성

나) 용적-시간 곡선상에 합리적인 호기 기간 혹은 plateau 달성

다) 대상자가 호기를 계속할 수 없었는 경우

(2) 신뢰성(재현성)의 기준

가. 최소한 적합한 3회의 검사치가 있는 경우에 해당한다.

가) 가장 큰 두 개의 FVC 사이에 0.2리터 이상의 차이가 있는가?

나) 가장 큰 두 개의 FEV1 사이에 0.2리터 이상의 차이가 있는가?

나. FVC, FEV1의 검사치가 기준에 맞으면 검사를 끝내고, 둘 다 기준에 맞지 않으면, 다음과 같이 될 때까지 검사를 계속한다.

다. 추가의 받아들일만한 폐활량 곡선에서 위의 두 기준이 맞을 경우에 한다.

가) 전체 8회의 검사를 다 했을 경우

나) 피검자/검사자가 검사를 지속할 수 없거나, 하지 않기를 원할 때

다) 최소한 세 개의 가장 좋은 수기를 저장한다.

3) 폐기능검사의 정상 곡선과 이상곡선

(1) 정상과 제한성 폐기능 장애와 폐색성 폐기능 장애의 곡선

적합성과 신뢰성이 있는 검사치라는 전제 조건을 만족한 경우 FVC, FEV1에 따른 폐기능검사 결과 정상과 제한성, 폐색성의 volume-time curve의 형태는 다음과 같다(그림 13).

그림 13. 폐기능검사 결과의 정상, 제한성, 폐색성 곡선

(2) 정상과 혼합성 폐기능 장애의 곡선

다음은 적합성과 신뢰성이 있는 검사치라는 전제 조건을 만족한 경우 FVC, FEV1, 폐기능검사 결과 정상과 혼합성의 volume-time curve의 형태는 다음과 같다(그림 14).

그림 14. 정상과 혼합성 폐기능 장애의 곡선

4) 폐기능검사의 결과 판정 방법

다음은 적합성과 신뢰성이 있는 검사치라는 전제 조건을 만족한 경우 FVC, FEV1, FEV1/FVC%과 폐질환의 관계를 나타내면 다음과 같다(표 12).

표 12. 폐질환과 폐기능 검사의 결과치의 관계

해석	FVC	FEV1	FEV1/FVC%
정상	정상	정상	정상
기도 폐색(폐색성 장애)	낮거나 정상	낮음	낮음
폐의 제한(제한성 장애)	낮음	낮음	낮음
혼합성 장애	낮음	낮음	낮음

우리나라의 폐기능 이상 판정 방법은 적합성과 신뢰성이 있는 검사치라는 전제 조건을 만족한 경우 폐기능 장애 판정은 다소 해석상 애매하고 미흡하나 다음과 같은 방법에 따라 판정해야 한다(표 13).

표 13. 우리나라의 폐기능 이상 판정 기준

해석	FVC	FEV1/FVC%
정상	80% 이상	70% 이상
폐색성 장애	80% 이상	70% 미만
제한성 장애	80% 미만	70% 이상
혼합성 장애	80% 미만	70% 미만

5) 우리나라 폐기능의 장애정도 판정 기준

우리 나라에서 진폐관리에 있어 폐기능장애정도 판정을 위해 제시된 판정기준이다. 이에 의하면 심폐기능의 판정은 각 검사판정을 종합하고 호흡곤란의 정도와 기왕증 등을 바탕으로 고도장애, 중등도장애, 경도 장애, 경미장애로 구분을 하도록 하고 있다.

(1) 고도장애

폐색성 폐기능장애가 %폐활량이 40% 미만, 혹은 1초율이 34% 미만, 혹은 %1초량이 34% 미만이거나, 또는 구축성 폐기능장애로 일산화탄소 확산력이 정상의 40% 미만이 되는 경우로서 안정중에 대화를 나누거나 옷을 입을 시에도 호흡곤란이 있어 심폐기능장애의 정도가 90% 이상인 자를 말한다.

(2) 중등도장애

폐색성 폐기능장애가 %폐활량이 40% 이상 50% 미만, 혹은 1초율이 34% 이상 50% 미만, 혹은 %1초량이 34% 이상 50% 미만이거나, 또는 구축성 폐기능장애로 일산화탄소

확산력이 정상의 40% 이상 50% 미만인 되는 경우로서 혼자서 천천히 걷더라도 50m 이상 걸으면 호흡곤란이 있어 심폐기능의 장애정도가 50% 이상인 자를 말한다.

(3) 정도장애

폐색성 폐기능장애가 %폐활량이 50% 이상 60% 미만, 혹은 1초율이 50% 이상 60% 미만, 혹은 %1초율이 50% 이상 60% 미만이거나, 또는 구속성 폐기능장애로 일산화탄소 확산력이 정상의 50% 이상 60% 미만인 되는 경우로서 보행시 건강한 사람과 같이 평지에서 1 Km 이상을 걸어갈 수 없는 상태의 호흡곤란이 있어 심폐기능의 장애정도가 30% 이상인 자를 말한다.

(4) 경미 장애

폐색성 폐기능장애가 %폐활량이 60% 이상 80% 미만, 혹은 1초율이 60% 이상 70% 미만, 혹은 %1초율이 60% 이상 80% 미만이거나, 또는 구속성 폐기능장애로 일산화탄소 확산력이 정상의 60% 이상 80% 미만인 되는 경우로서 보행시 건강한 사람과 같이 언덕이나 계단을 오를 수 없는 상태의 호흡곤란이 있어 심폐기능의 장애정도가 20% 이상인 자 또는 진폐증병형이 2형 이상으로 판정된 자를 말한다.

6) 다른 나라의 폐기능검사 결과 판정과 비교

폐기능 검사결과 이상이나 정상이나의 판단은 나라마다 다르다. 보통 폐기능검사치가 낮은 5 percentile에 드는 경우 폐기능 이상이라고 판단하고 있으나 일부 국가에서는 FVC와 FEV1, FEV1/FVC의 절대치를 설정하여 결정하는 경우도 있다(표 14).

표 14. 다른나라들의 폐기능 장애의 유형 판정 및 장애정도 판정방법

1979년 Intermountain Thoracic Society

	폐쇄성장애	제한성장애
	FEV1/FVC%	FVC/FVC predicted%
정상	> 69	> 80
경증장애(輕)	61-69	66-80
중증장애(中)	45-60	51-65
고도장애(重)	< 45	< 51

1984년 Intermountain Thoracic Society

	폐쇄성장애	제한성장애
	FEV1/FVC%	FVC/FVC predicted%
정상	< 1 CI	< 1 CI
경증장애(輕)	>= 1-2 CI	>= 1-1.75 CI
중증장애(中)	>= 2-4 CI	>= 1.75-2.5 CI
고도장애(重)	>= 4 CI	>= 2.5 CI

1979년 일본 진폐관리규정

	FEV1	V25/Height	FVC/FVC predicted%
정상	< 1 SD*	< 1 SD**	< 80
경증장애(輕)	>= 1 SD	>= 1 SD	60-80
고도장애(重)	>= 2 SD	>= 2 SD	>= 60
SD*	Male 7.19 Female 5.44		
SD**	Male 0.316 Female 0.336		

표 14. 다른나라들의 폐기능 장애의 유형 판정 및 장애정도 판정방법(계속)

1990년 American Medical Association

	FEV1/FEV1 predicted%	FEV1/FVC%	FVC/FVC predicted%
정상	> 80	> 70	> 80
경증장애(輕)	60-79	> 60	60-79
중증장애(中)	41-59	41-59	51-59
고도장애(重)	< 41	< 41	< 51

1991년 National Institute for Occupational Safty and Health

	폐쇄성장애 FEV1/FVC%	제한성장애 FVC/FVC predicted%
정상	> LLN	> LLN
경증장애(輕)	> 60	> 65
중증장애(中)	45-60	51-65
고도장애(重)	< 45	< 51

1991년 American Thoracin Society

	폐쇄성장애 정상 FEV1/FVC%	제한성장애 정상 VC
비정상	FEV1/FEV1 predicted%	VC/VC predicted%
미세장애(微)	60 ≤, < 70	60 ≤, < 70
경증장애(輕)	50 ≤, < 60	50 ≤, < 60
중증장애(中)	34 ≤, < 50	34 ≤, < 50
고도장애(重)	< 34	< 34

IV. 고찰

폐기능검사는 직업성 폐질환의 예방과 진단 및 예후 판정에 중요한 검사방법이다. 현재의 폐질환 상태를 파악하거나, 유해인자에 폭로된 후 폐질환의 발생을 조기 진단하거나, 향후의 폐질환 상태의 예측, 어느 집단의 폐질환 수준을 파악하고자 할 때 사용될 수 있는 검사법이다. 그러나 폐기능검사는 검사방법과 주위환경, 폐기능검사기의 조건에 따라 다양한 검사치가 나온다. 이는 정확성과 신뢰성 또는 재현성이 떨어지는 검사라는 것을 의미하고 있으나 폐질환의 진단에 방사선 사진과 폐기능검사 이외에 손쉽게 시행하고 경제적이며, 대상자에게 부담이 없다는 면에서 다른 검사방법이 없기 때문이다.

그러나 정확하고 신뢰성이 없으며, 통일된 검사방법이 없는 상태에서 이러한 문제가 발생하며, 내부적 또는 외부적 정도관리가 적절히 시행된다면 이러한 문제는 해결되고 폐기능검사가 시행하는 목적에 일치할 수 있다. 우리나라에서 폐기능검사가 어떠한 기준이 없이 폐기능검사를 실시하는 사람에 따라 다르기 때문에 검사를 시행하고도 활용되지 못하며, 사장되고 있다. 이러한 면에서는 외국의 활발한 이용과 대조를 이루고 있다. 폐기능검사는 집단검진에서와 같이 폐질환의 조기진단과 이를 야기하는 문제점들을 조기에 발견하고자 하는 경우에 중요하다. 특히 폐질환으로 인한 보상의 정도를 판정할 때는 더욱 중요하다. 현행 우리나라에서 시행하는 폐기능검사처럼 측정 방법이 다르고 판단의 기준마저 다른 경우, 보상 판정이나 집단검색으로서의 폐기능검사는 단지 시행했다는 데 의미가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 현재 우리나라에서 시행되고 있는 폐기능검사의 전체적 실태를 파악하여 문제점을 찾고 검사방법을 통일하기 위하여 표준화된 폐기능검사 방법을 찾고자 하였다.

우리나라에서 시행되고 있는 폐기능검사는 대부분 진폐정밀검진기관의 경우 1인이 전적으로 맡아 시행하나, 특수건강진단기관에서는 불특정 다수에 의하여 시행되고 있다. 1인이 시행하는 경우에는 검사방법을 안다면 모두 맞으나 모르는 경우에는 모두 틀리게 되며, 불특정 다수에 의하여 시행될 경우는 검사자간의 오차를 무시할 수 없다. 따라서 1인이 시행하는 것이 바람직하다. 그러나 집단검진을 시행하는 경우 여러명이 폐기능검사를 시행할 수밖에 없는 실정이다. 폐기능검사자의 직종은 사무직과 간호조무사, 임상병리기사, 간호사등이 시행하고 있으나 누가 시행하고 있느냐보다 호흡생리에 대하여 얼마나

이해하고 있느냐와 이론적으로 폐기능검사의 원리를 얼마나 이해하고 있느냐, 정확한 검사방법을 얼마나 알고 있느냐, 폐기능검사가 정확히 시행되었는지 혹은 폐기능장애의 판정이 제대로 되었느냐를 얼마나 알고 있느냐가 중요한 요인이다. 검사기기의 정도관리에 있어서는 현재 사용하는 폐기능 검사기기가 모두 수입제품이며, 일본제품이 과반수를 넘고, 그 외 미국과 독일제품이 사용되고 있다. 이러한 폐기능검사의 정확성에 대하여 3년에 최소한 1회씩은 확인하여야 하나 우리나라에서 이러한 판단을 할 수 있는 기관조차 없는 실정이며, 오직 보정방법에 의존하고 있는 실정이다. 진폐정밀검진기관에서는 보정이 89% 시행하고 있으나 특수건강진단기관에서는 39%만 시행하고 있어 정확한 폐기능검사가 이루어진다고 말하기 어렵다. American Thoracic Society에서는 최소한 폐기능검사를 정확하고 신뢰성있다고 판정되는 검사가 3회 이상이 되고 난후 결과를 판정해야 함에도 1-2회에 끝마치는 경우가 많았다(표 3, 4). 따라서 이러한 방법도 폐기능검사가 정확하게 판단하는데 저해요인중의 하나이다.

이러한 폐기능검사의 정확성과 신뢰성을 확보하기 위해서는 폐기능검사를 실시하는 기관에서 시행하는 폐기능검사와 검사자, 판정자에게 실시하는 내부정도관리와 전국적인 검사방법을 통일시키기 위한 외부정도관리가 있다. 미국의 흉부학회나 산업안전보건연구원에서 실시하는 것과 같은 전문적이고 체계적인 폐기능검사 초보자 교육과 재교육을 통한 정도관리가 요구되고 있다 (Gardner 등, 1986). 이와 대조적으로 우리나라에서는 내부정도관리가 제대로 시행하는 기관은 없었으며, 다행히 1997년부터 산업보건연구원에서는 폐기능검사의 정도관리와 폐기능검사의 판정에 대한 정도관리를 시행하고 있다. 따라서 우리나라의 실정에 맞는 표준화된 폐기능검사 방법이 개발되어 있지 않아 표준화된 폐기능검사 방법의 개발이 요구되었다. 표준화된 폐기능검사 방법은 우리나라의 실정을 고려하고 외국에서 공통적으로 사용하고 있는 폐기능검사 방법을 참조하여 개발하고자 하였다. 외국의 방법으로는 American Thoracic Society에서 발표한 1979, 1987, 1991, 1994의 방법이 대표적이며, 영국이나 독일에서 발표한 검사방법 등이 있어 이를 참조하였다. 본 연구에서 개발한 표준화된 폐기능검사 방법도 이를 토대로 하여 외국과 검사결과를 직접적으로 비교하도록 하였다.

폐기능검사의 용어는 아직 통일된 것이 없으며, 미국과 일본, 독일의 용어가 복합적으로 사용되고 있거나 전문가 마다 사용하는 용어가 달라 혼란이 있으나 여기서 사용한 용

어는 American Thoracic Society에서 사용하고 있는 용어를 공통적으로 사용하려고 하였으며, 우리나라의 전문가들이 흔히 사용하고 있는 용어는 그대로 사용하거나 해석적으로 사용하였다.

예측치는 현재 외국에서 개발한 공식을 사용하고 있으나 이에대한 통일된 공식을 제시하지 못하였다. 우리나라에서도 몇몇 전문가가 예측치공식을 발표한적은 있으나 일반적 집단에 적용하는데 무리가 있다고 판단하여 제시하지 못하였다. 특히 이미 오래전에 발표된 예측치 공식이라던가 예측치를 구하기 위하여 폐기능검사를 시행한 것이 아니라던가, 예측치를 구한 집단이 일부 특수집단이라는 이유 때문에 제시하는데 어려움이 있었다. 향후 우리나라 일반 집단에 적용하기에 적합한 예측치가 개발되어야 하고, 근로자에 대하여는 1994년 백도명등이 개발한 예측치를 사용하여도 무방할 것이다. 본 연구에서 예를 든 예측치공식도 근로자를 대상으로 연구된 1994년 백도명의 공식을 이용한 것이며, 특수건강진단이나 진폐정밀검진기관에서 폐기능검사를 대상으로하는 집단이 근로자라는 면에서 타당할 것으로 보여 사용하였다. 그러나 일반 인구 집단에 적용할만한 예측치 공식은 없는 상태이므로 예측치가 조만간에 개발되어 통일적으로 사용하여야 한다.

여러번 시행한 검사중에서 어떠한 검사치를 선정하여 결과를 판단하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있다. 현재 우리나라에서는 모든 검진기관이 Best Trial Approach의 방법으로 폐기능검사의 결과를 판정하고 있다. 그러나 생리적으로는 얼마나 오래 붙어낼 수 있는 지에 따라 결정되는 최대 폐활량과 얼마나 빨리 붙어낼 수 있는 지에 따라 결정되는 최대 일초량이 한번에 일어나는 현상이 아니라 각각 독립적으로 달성될 수 있는 현상이기에 Best Value Approach 방법이 참값에 가깝다고 보고하고 있다(Ferris, 1978: ATS, 1979). 그러나 Best Value Approach 방법은 Best Trial Approach의 방법보다 결과를 판정하는데 여러과정을 거치는 번거로움이 있다. 최대 검사치를 선택하여 입력하고 다시 통계프로그램을 이용하여 분석하고 판단하여야 하기 때문이다. 따라서 집단적인 검사에서 Best Value Approach의 방법의 사용은 어렵다고 판단되므로 Best Trial Approach의 방법을 사용하여도 문제가 없다고 판단하여 본 표준화된 폐기능검사 방법도 Best Trial Approach의 방법을 선택하였다. 그러나 정확한 예측치의 공식을 도출하거나 어떤 유해물질에 의한 폐기능검사치의 변화, 예후의 판정등에는 Best Value Approach의 방법이 타당할 것을 판단된다.

결론적으로 표준화된 폐기능검사 방법은 본 연구에서 제시한 방법을 공통적으로 사용하는데 무리가 없을 것으로 판단되나 표준화된 폐기능검사 방법을 완성하기 위하여는 우리나라 인구집단을 대상으로 개발된 예측치 공식이 요구되며, 통일된 용어의 개발이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 고재철, 이광묵: 건강한 성인남자의 폐활량 예측식. 가톨릭대학 의학부 논문집 1977; 30(3):357-364
- 노동부. 근로자특수건강진단 방법 및 직업병관리기준. 1989
- 노동부. 진폐증의 판정기준 노동부 예규 183호. 1990
- 방찬호, 정치경: 건강한 성인남자의 시한폐활량의 예측정상치. 가톨릭대학 의학부 논문집 1983; 36(1):309-318
- 백도명, 최정근, 최병순, 정규철. 건강한 한국 남성 근로자의 폐활량 예측치. 대한산업의학회지 1994; 6(2): 175-186
- 이승한: 규폐환자의 시한폐활량에 관한 연구. 중양의학 1962; 2(4):379-386
- 임백인: 한국인의 폐활량 및 최대환기량에 대한 연구. 대한내과학회잡지 1965; 8(3):17-31
- 정주웅: 건강성인남자의 연령증가에 따르는 폐기능변화에 대하여. 가톨릭대학 의학부 논문집 1967; 12:41-48
- 조동규, 박희명: 환기역학검사의 추정정상치에 관한 연구. 대한의학협회지 1980; 23(8):715-720
- 최정근, 손미아, 김현경, 백도명. 근로자 폐기능검사 현황과 정도관리 요인에 대한 연구 대한산업의학회지 1994; 6(2): 187-200
- 최정근, 백도명 폐기능검사시 예측치 공식의 중요성. 국민보건연구소 연구논총 1995; 5(1) 31-37
- ATS. *Snowbird workshop on standardization of spirometry.* Am Rev Resp Dis 1979; 119:831-838
- ATS. *Standardization of spirometry-1987 update.* Am Rev Resp Dis 1987; 136:1285-1298
- ATS. *Lung function testing: selection of reference values and interpretive strategies.* Am Rev Resp Dis 1991; 144(5):1202-1218
- ATS. *Standardization of Spirometry 1994 Update* Am Rev Resp Dis 1994;

144(5):1202-1218

- 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, Lallo U: The "healthy smoker" effect: a phenomenon of health selection. Respiration 1990; 57:137-144
- Becklake MR, White N. *Sources of variation in spirometric measurements.* Occup Med: State of The Art Reviews 1993; 8:241-264
- Berglund E, Birath G, Bjure J, Grimby G, Kjellner I, Sandqvist L, Soederholm B. *Spirometric studies in normal subjects, 1. Forced expirograms in subjects between 7 and 70 years of age.* Acta Med Scand 1963; 173:185-192
- Brooks SM, Ayer H, Discher DP, Epler GE, Garder RM, Gould KG, Morgan WKC, Wiot J. *Surveillance for respiratory hazards in the occupational setting.* Am Rev Resp Dis 1982; 126(5):952-956
- Cherniack RM, Raber MB: Normal Standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. Am Rev Resp Dis 1972; 106:38-44
- 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 1981; 123:659-664
- 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 BG. *Epidemiology standardization project.* Am Rev Resp Dis 1978; 118(6 pt 2):1-120
- Gardner RM, Clausen JL, Epler G, Hankinson JL, Permutt S, Plummer AL. *Pulmonary function laboratory personnel qualifications.* Am Rev Resp Dis 1986;

134(3):623-624

Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. *Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging.* Am Rev Resp Dis 1983; 127:725-734

Kory RC, Callahan R, Boren HG, Syner MJC: The veterans administration-army cooperative study of pulmonary function. I. Clinical spirometry in normal men. Am J Med 1961; 30:243-259

ILO: Guidelines for the use of ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis. Revised Ed 1980 Occupational Safety and Health Series No 22

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 Resp Dis 1971; 103:57-67

Renzetti AD, Bleecker ER, Epler GR, Jones RN, Kanner RE, Repsher LH. *Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disorders.* Am Rev Resp Dis 1986; 133(6):1205-1209