

KOSHA GUIDE

H - 129 - 2023

폐활량검사 및 판정에 관한 지침

2023. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 지침임

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 김대성
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 원용림(2021년)
한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 이화연(2023년)
- 제·개정 경과
 - 2006년 6월 산업의학분야 기준제정위원회 심의(제정)
 - 2009년 6월 산업의학분야 기준제정위원회 심의(개정)
 - 2013년 6월 산업의학분야 제정위원회 심의(개정)
 - 2014년 11월 산업의학분야 제정위원회 심의(개정)
 - 2021년 8월 산업의학분야 표준제정위원회 심의(개정)
 - 2023년 10월 산업의학분야 표준제정위원회 심의(개정)
- 관련규격 및 자료
 - 원용림, 김은아, 박종선, 박가영. 특수건강진단 폐활량검사 판정 실태조사 및 표준화 방안(2019-연구원-1533). 울산, 산업안전보건연구원, 2019:63-64.
 - 이화연, 원용림, 류향우. 외국인 근로자 대상 폐활량검사의 결과해석을 위한 예측식(2021-산업안전보건연구원-745). 울산, 산업안전보건연구원, 2021:63.
 - Won Y, H-Y Lee. A proposal of spirometry reference equations for Korean workers. Ann Occup Environ Med, 2022, 34:e14.
 - Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. European Resp Jr, 2005, 26(5):948~968.
 - Graham B, Committee Chair of 2019 ATS/ERS Spirometry Statement: Personal Communication, November, 2019.
 - Townsend MC. The ATS/ERS 2019 Spirometry Statement and Occupational Spirometry Testing in the U.S. (Letter to Editor). AJRCCM. 2020. doi: 10.1164/rccm.201911-2267LE. [Epub ahead of print].
 - Graham BL, Steenbruggen I. Reply to Arce: On the 2019 Spirometry Statement. AJRCCM. 2020;201:627.
 - American College of Occupational and Environmental Medicine. Spirometry in the Occupational Health Setting-2011 Update. Jr Occup Environ Med 2011;533(5):569-584.
 - European Respiratory Society, Recommendations on lung function testing during COVID-19 pandemic and beyond. 2020.

- Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardisation of spirometry 2019 update. Am J Respir Crit Care Med. 2019;200(8):e70-e88.
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V et al. Interpretative strategies for lung function tests. European Resp Jr 2005;26(5):948-968.
- Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL et al.; American Thoracic Society Committee on Spirometry in the Occupational Setting. Technical Standards: Spirometry in the Occupational Setting. Amer Jr Resp Critical Care Med 2014;189(8):984-994.
- 대한결핵 및 호흡기학회. 폐기능 검사 지침. 2016.

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제130조(특수건강진단 등)
- 진폐의 예방과 진폐근로자의 보호 등에 관한 법률 제10조(채용 시 건강진단), 제11조(정기 건강진단), 제12조(임시 건강진단), 제13조(이직자 건강진단)
- 고용노동부고시 제2020-61호(특수건강진단기관의 정도관리에 관한 고시)
- 고용노동부고시 제2020-153호(진폐건강진단 실시 및 관리규정)
- 근로자건강진단 실무지침 제1권 특수건강진단 개요

○ 안전보건기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2023년 11월 29일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목적	1
2. 적용범위	1
3. 용어의 정의	1
4. 검사의 준비	3
5. 폐활량검사 진행	7
6. 적합성과 재현성의 판단	18
7. 검사자의견 작성	45
8. 검사결과의 선택	47
9. 폐활량 검사결과의 기록	47
10. 폐활량검사 판정을 할 때 고려할 점	47
11. 환기기능 장애의 유형	48
12. 감염예방	50

폐활량검사 및 판정에 관한 지침

1. 목 적

이 지침은 고용노동부고시 제2020-61호(특수건강진단기관의 정도관리에 관한 고시) 및 고용노동부고시 제2020-153호(진폐건강진단 실시 및 관리규정)에 따라 실시하는 폐활량검사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위한 검사방법과 판정기준 등에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 근로자의 건강보호와 직업병 발생을 예방하기 위하여 실시하는 근로자건강진단 및 진폐건강진단의 폐활량검사 및 판정기준에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “폐활량계(Spirometer)”라 함은 폐의 환기능을 측정하는 기기를 말한다.

(나) “용적측정 폐활량계(Volume-spirometer)”라 함은 폐활량계 중에서 환기량을 직접 측정하는 기기를 말한다.

(다) “유량측정 폐활량계(Flow-spirometer)”라 함은 폐활량계 중에서 환기량을 간접적으로 측정하는 기기를 말한다.

(라) “강제폐활량(Forced vital capacity, FVC)”이라 함은 공기를 최대한 많이 들이 마신 후 최대한 빠르고 세게 끝까지 불어 낸 날숨량을 말한다.

- (마) “1초간 강제날숨량(Forced expiratory volume in one second, FEV₁)”이라 함은 강제폐활량 중에서 최초 1초간 불어낸 날숨량을 말한다.
- (바) “용적-시간곡선(Volume-time curve)”이라 함은 강제폐활량을 측정할 때 종축에 용적을, 횡축에 시간을 표시하여 시간변화에 따른 용적변화를 나타낸 곡선을 말한다.
- (사) “유량-용적곡선(Flow-volume curve)”이라 함은 강제폐활량을 측정할 때 종축에 유량을, 횡축에 용적을 표시하여 용적의 변화에 따른 유량의 변화를 나타낸 곡선을 말한다.
- (아) “최대날숨유량(Peak expiratory flow, PEF)”이라 함은 강제폐활량을 측정할 때 가장 빠른 시점의 날숨유량을 말한다.
- (자) “예측식”이라 함은 폐활량검사 시 수검자의 인종, 성별, 나이, 키, 몸무게 등을 고려하여 정상 참고치를 계산하는 식이다.
- (차) “정상 예측치”라 함은 폐활량검사 대상자의 인종, 성별, 나이, 키가 비슷한 건강한 인구집단(폐질환이 없고 비흡연자이며 유해물질에 노출된 경험이 없는 집단)을 대상으로 폐활량검사를 실시하여 구한 값을 말하며, 폐활량검사 대상자의 정상 여부 판정은 검사 대상자의 검사값을 정상 예측치와 비교하여 정상과 이상으로 구분한다.
- (카) “정상의 아래 한계치(Lower limit of normal, LLN)”라 함은 일반 인구집단의 폐활량 검사값의 정규분포에서 하위 5 백분위수(percentile) 수준을 말한다.
- (타) “1초율(FEV₁/FVC)”이라 함은 강제폐활량 중 1초간 강제날숨량의 비율을 말한다.
- (파) “총폐활량(Total lung capacity, TLC)”이라 함은 전체 폐환기량을 말한다.
- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법시행령, 동법시행규칙, 진폐의 예방과 진폐 근로자의 보

호 등에 관한 법률, 특수건강진단의 정도관리에 관한 고시, 근로자 건강진단 실시기준, 진폐건강진단 실시 및 관리규정에서 정하는 바에 의한다.

4. 검사의 준비

4.1 사전안내

검사를 시행하기 전에 대상자에게 다음과 같은 사항을 알려주어야 한다.

- (1) 검사할 때의 의복 착용 방법
- (2) 검사 전 음주, 식사, 운동, 금연
- (3) 약의 복용 방법 및 주의 사항
- (4) 폐활량검사의 금기증

<표 1> 검사 전 중지기간(대한결핵 및 호흡기학회, 2016; ATS, 2019)

활동	검사 전 중지기간
음주	4시간
식사(중량 이상)	2시간
심한 운동	1시간
흡연	1시간 이상
검사에 영향을 주는 약물 복용	약물 종류와 마지막 복용시간 기록

<표 2> 폐활량검사의 금기증(대한결핵 및 호흡기학회, 2016)

- 최근 3달 이내에 안과 수술, 개심술, 개복술, 뇌졸중, 심장마비, 심근경색증, 기흉, 망막박리, 대동맥류가 있었던 경우
- 과호흡 혹은 최대 노력호흡이 문제가 될 수 있는 질환(모야모야병, 반복 자발기흉)
- 현재 결핵 등 호흡기감염을 갖고 있거나 이에 노출된 가족
- 지난 한달 내 대량 객혈이 있었던 경우
- 수축기 혈압 200 mmHg 초과 혹은 이완기 혈압 140 mmHg 초과

4.2 위생 및 감염에 대한 준비

- (1) 검사실은 가급적 실외로 통하는 창문이 있는 곳으로 정한다.

- (2) 창문이 없는 장소에는 다른 환기장치와 연결되지 않는 독립된 환기장치를 설치한다.
- (3) 출장검진으로 진행하는 경우에는 가급적 환기가 잘 되며 독립된 공간을 검사장소로 선정한다.
- (4) 원내의 검사실에서는 부유세균과 바이러스의 제거가 가능한 검증된 공기살균장치를 운용한다.
- (5) 수검자 1명 당 1개의 일회용인라인필터를 사용한다. 일회용인라인필터는 소독하여 재사용하지 않는다.
- (6) 일회용인라인필터는 성능성적서를 확인하여 세균과 바이러스 제거효율이 각각 30 L/min(0.5L/sec)이상의 유량에서 99.9%이상인 제품을 사용한다.
- (7) 코마개는 일회용으로 사용한다.
- (8) 검사자는 마스크 등의 호흡보호구를 상시 착용하며, 손은 손소독제 등으로 주기적으로 소독한다.
- (9) 결핵 등 전염성 호흡기질환자를 파악하여 감염위험 시 검사를 연기한다. 검사를 진행해야 할 경우에는 제일 마지막 순서로 검사를 진행하며, 검사 즉시 센서와 검사기주변을 소독하고 환기시킨다.
- (10) 검사기는 제조사의 권고에 따라 주기적으로 소독한다.
- (11) 센서의 오염에 대비하여 예비센서를 보유하여야한다.

4.3 검사 전 확인사항

- (1) 체중계, 신장계, 온도계, 습도계, 기압계의 정상작동 상태를 확인한다.
- (2) 일회용인라인필터, 일회용코마개, 의치보관용 종이컵 등의 준비를 확인한다.
- (3) 응급조치에 대한 준비사항을 확인한다.
- (4) 예열이 필요한 기기는 검사를 시작하기 30분 전에 전원을 공급하여 예열을 확인한다.

4.4 폐활량계의 보정

보정은 3L 시린지를 이용하는 것이 원칙이며, 3L 시린지의 공기 양을 폐활량계가 얼마로 측정하는지에 대한 정확도를 검사하는 것이다. 보정을 할 때는 보정당시의 온도, 습도, 기압이 정확히 반영되어야하며, 폐활량검사과정에서 발생하는 유량의 변화를 반영하기 위해 저유량, 중간유량, 고유량으로 구분하여 보정을 실시한다.

4.4.1 온도, 습도, 기압의 확인

- (1) 보정당시의 온도, 습도, 기압을 확인하여 정확히 입력한다.
- (2) 검사기에 온도, 습도, 기압을 측정할 수 있는 센서가 있더라도 별도의 외부 측정기와 비교하여 정확성을 확인해야하며, 장비에 설치된 측정기와 외부 측정기에 차이가 확인된다면 점검이 필요하다.
- (3) 검사기에 온도, 습도, 기압을 측정하는 센서가 없다면 외부 측정기에서 확인한 온도, 습도, 기압을 수기로 입력해야한다. 정확한 값이 입력될 수 있도록 주의가 필요하다.
- (4) 외부 측정기는 가능하면 폐활량검사기의 유량측정센서 위치와 가장 가까운 곳에 설치한다.
- (5) 장비의 가열, 체온 등에 의한 부적절한 온도상승이 없는지 관찰이 필요하다.

4.4.2 보정유량

- (1) 보정유량은 호기 시작점에서의 고유량부터 호기말의 저유량까지를 모두 반영하여야하므로 저, 중, 고유량으로 구분하여 실시한다.
- (2) 0.5 L/s 미만, 3~6 L/s, 6~12 L/s로 구분하여 실시한다.

4.4.3 일회용인라인필터의 체결

일회용인라인필터마다 저항값이 다르므로 검사에 사용할 일회용인라인필터와 동일한 필터를 체결하고 보정을 실시한다.



[그림 2] 보정 시 인라인필터의 체결(좌) 및 잘못된 연결(우)

4.4.4 보정주기

- (1) 보정은 검사를 시작하기 전에 시행하는 것이 보통이나 다음과 같은 경우에도 보정을 실시한다.
- (2) 보정 후 3도 이상의 온도변화가 있었을 때
- (3) 유량측정센서를 바꾸었을 때
- (4) 폐활량 검사기를 이동하였을 때
- (5) 검사기의 이상 작동이 의심되는 경우(검사치가 기대치보다 지나치게 높거나 낮은 경우)
- (6) 많은 대상자를 검사하는(근로자 대상 검사나 건강검진 등) 경우: 최소한 4시간에 1회씩 시행(권고)

4.4.5 보정결과 확인

4.4.5.1 보정오차

- (1) 보정오차는 전체 $3\text{ L} \pm 3.5\%$ ($3\text{ L} \pm 0.105, 2.895 \sim 3.105\text{ L}$) 이하이어야 하며, 동시에 각각의 유량에 대해서도 $3\text{ L} \pm 3.5\%$ 이하를 만족해야한다.
- (2) 2019년 ATS가이드에서는 보정오차 한계를 $\pm 3\%$ 이하로 강화하였으므로 가능하면 이 기준을 만족할 것을 권고한다.

4.4.5.2 보정그래프의 판단

- (1) 온도, 습도, 기압이 정확히 반영되었는지 확인한다.
- (2) 저유량, 중간유량, 고유량이 골고루 반영되었는지 확인한다.
- (3) 각각의 유량에서의 보정오차와 전체 보정오차가 $\pm 3.5\%$ ($\pm 0.105\text{ L}$)를 초과하는지 확인한다.

4.4.6 보정그래프의 관리

검사결과지에 해당하는 보정결과는 언제든지 확인 가능해야하며, 검사결과가 보관되는 기간 동안 보정결과도 함께 보관하여야 한다. 보정결과는 장비별로 관리하는 것을 추천한다.

5. 폐활량검사 진행

5.1 신체계측

- (1) 키와 몸무게는 수검자의 폐활량예측치 계산에 사용되므로 정확한 신체계측과 입력이 필요하다. 반드시 검사당일 실측한 값을 반영해야하며, 검사자가 직접 확인하여 검사기에 입력한다.
- (2) 키와 몸무게는 소수점 첫째 자리까지 입력하는 것이 권고된다. 일부 소수점입력이 지원되지 않는 장비의 경우 반올림한다.

5.2 문진표(설문지) 확인

폐활량검사 문진표에서 가장 중요한 부분은 폐활량검사 결과 또는 결과의 해석에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 확인이다.

- (1) 폐활량검사 경험: 검사경험에 따라 검사 설명이 달라지므로 확인이 필요하다.
- (2) 과거 또는 현재 앓고 있는 질환: 호흡기질환, 공기매개 감염병, 검사금기사항에 해당하는 질환 등을 확인한다. 질환이 확인된 경우 완치여부와 경과일수에 따라 검사진행여부를 판단하며, 검사금기에 해당하는 경우 검사를 실시하지 않는다.
- (3) 수술경험: 폐활량 검사 시 힘을 주었을 때 압력을 받을 수 있는 부위의 수술여부를 확인한다. 수술 경과일수와 현재 상태에 따라 검사여부를 결정한다.
- (4) 현재 복용약물: 기관지확장제 등 폐활량검사 결과에 영향을 줄 수 있는 약물의 복용여부를 확인한다.
- (5) 검사 전 흡연여부: 검사시작시간을 기준으로 1시간 이내에 흡연했는지 여부를 확인한다. 1시간 이내에 흡연을 했다면 1시간이 경과하는 시점까지 검사를 미룬다. 부득이하게 검사를 진행해야할 경우 검사자 의견에 진행 사유를 기록한다.
- (6) 의치착용여부: 안정되게 고정된 경우 제거할 필요는 없으나 고정이 불안정한 경우 흡기 또는 호기 시 이탈될 수 있으므로 검사 전 제거한다. 검사 중 의치를 보관할 일회용 용기를 미리 준비한다. 의치를 착용한 상태로 마우스피스를 너무 세게 물 경우 손상의 우려가 있으므로 주의시킨다.
- (7) 호흡곤란정도: 호흡곤란정도를 확인하기 편하도록 단계를 나누어 제시한다. 호흡곤란 정도의 구분은 mMRC(modified Medical Research Council)의 분류를 따라

기록한다.

- (8) 검사기 종류: 검사에 사용한 검사기의 모델명과 일련번호를 확인한다. 특히 검사기를 2대 이상 운영하는 경우 어떤 장비로 검사를 진행했는지 확인이 필요하므로 검사결과지에 일련번호가 인쇄되지 않는다면 반드시 문진표에 기록을 남겨야 한다.
- (9) 검사당일 혈압: 평소 혈압이 있는지를 확인하기보다는 검사당일 혈압이 안정적인지 확인해야 한다. 금기사항에 해당(수축기 200 mmHg 초과 또는 이완기 140 mmHg 초과)한다면 검사를 진행해선 안 되며, 각 건강진단기관에서는 의사상담 후 검사를 진행할 수 있는 혈압의 기준을 정할 필요가 있다.
- (10) 검사자세: 검사는 앉아서 진행하는 것이 원칙이나 수검자가 고도비만이거나 임신한 경우 서서 진행한다. 합당한 사유없이 자세를 변경해서는 안 되며 자세를 변경했을 경우 변경사유를 검사자의견란에 기재한다.
- (11) 검사협조: 협조적, 보통, 비협조로 구분한다. ‘협조적’은 전체 검사실시 횟수에 상관없이 3회 이상의 적합성과 재현성을 만족하는 검사를 얻는 경우, ‘비협조’는 최대한 노력했으나 적합성 또는 재현성을 만족하지 못하며 판정에 활용할 FVC 또는 FEV₁값을 판단하기 어려운 경우, ‘보통’은 적합성 또는 재현성 기준을 일부 만족하지 못하나 FVC와 FEV₁에 대한 판단이 가능하여 판정에 활용할 수 있는 경우로 구분한다. 수검자가 ‘비협조적’이라는 표현에 거부감을 느낀다면 협조적, 보통, 비협조적이라는 표현을 대신해 1, 2, 3 또는 A, B, C 등의 표현으로 바꿀 수 있다.
- (12) 검사자 의견: 검사협조도가 보통 또는 비협조인 경우 검사진행과정에서 어떤 문제가 있었는지 검사자가 어떤 시도를 했는지 기록한다. 단순히 적합성 또는 재현성 판단결과를 기록하는 것은 추천되지 않으며, 검사 결과지에서 확인 불가능한 검사 당시의 상황을 기록한다.

※ 문진표에 수검자의 키와 몸무게를 적는 경우 수검자 본인이 아닌, 반드시 검사자가 검사당일의 키와 몸무게 측정결과를 확인하여 기록한다.

〈표 3〉 폐활량검사 문진표 예시

폐활량검사 문진표					
이름		생년월일		폐활량검사 경험	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> 있음
과거 또는 현재 앓고 있는 질환	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> 심한감기 <input type="checkbox"/> 진폐 <input type="checkbox"/> 천식 <input type="checkbox"/> 폐렴 <input type="checkbox"/> 기관지염 <input type="checkbox"/> 결핵 <input type="checkbox"/> 귀 질환 <input type="checkbox"/> 심장질환 <input type="checkbox"/> 기타 ()				
수술경험	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> 가슴 <input type="checkbox"/> 눈 <input type="checkbox"/> 목 <input type="checkbox"/> 복부 <input type="checkbox"/> 심장 <input type="checkbox"/> 기타()				
현재 복용약물	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> 기관지확장제(천식, 감기약 등) <input type="checkbox"/> 기타()				
검사 전 흡연여부	<input type="checkbox"/> 비흡연 또는 없음 <input type="checkbox"/> 1시간경과 <input type="checkbox"/> 1시간내				
의치 착용여부	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> 고정식 <input type="checkbox"/> 비고정식				
호흡 곤란정도 (mMRC)	<input type="checkbox"/> Grade 0: 힘든 운동을 할 때 만 숨이 차다. <input type="checkbox"/> Grade 1: 평지를 빨리 걷거나, 약간 오르막길을 걸을 때 숨이 차다. <input type="checkbox"/> Grade 2: 평지를 걸을 때 숨이 차서 동년배보다 천천히 걷거나, 자신의 속도로 걸어도 숨이 차서 멈추어 쉬어야 한다. <input type="checkbox"/> Grade 3: 평지를 약 100 m 정도 걷거나, 몇 분 동안 걸으면 숨이 차서 멈추어 쉬어야 한다. <input type="checkbox"/> Grade 4: 숨이 너무 차서 집을 나설 수 없거나, 옷을 입거나 벗을 때도 숨이 차다.				
검사자 의견(아래의 내용은 폐활량 검사자가 직접 작성해 주세요.)					
검사일자	년 월 일		검사당일 혈압	<input type="checkbox"/> 정상 <input type="checkbox"/> 주의 필요	
검시기 종류 (serial No.)	모델명() <input type="checkbox"/> 123456 <input type="checkbox"/> 123457 <input type="checkbox"/> 123458		검사협조	<input type="checkbox"/> 협조적 <input type="checkbox"/> 보통 <input type="checkbox"/> 비협조적	
검사자세	<input type="checkbox"/> 선자세 <input type="checkbox"/> 앉은자세				
검사에 대한 검사자 의견				검사자	(서명)

5.3 폐활량검사 여부의 결정

아래에 해당한다면 일정시간 검사를 연기하는 것이 바람직하다. 질환, 수술에 해당하는 경우 의사 상담 후 검사여부를 결정한다.

- (1) 아픈 곳이 있다면 폐활량측정을 연기한다.
- (2) 심한 감기가 있으면 증상이 사라진 후 3일간까지 연기한다.
- (3) 담배를 피웠다면 1시간 연기한다.
- (4) 1시간 이내에 많이 먹었다면, 최소한 1시간 이상 연기한다.
- (5) 3주 이내에 폐렴, 기관지염 등에 걸린 적이 있다면 증상이 사라진 후 최소한 3주 이후로 연기한다.
- (6) 귀에 질환이 있는 경우 최대한 공기를 불어낼 때 고막이 천공되거나 귀에 통증이 증가될 수 있다.
- (7) 가슴이나 눈, 목에 수술을 한 경우 부작용을 우려하여 연기한다.
- (8) 혈압이 높아 검사진행이 어려운 경우에는 충분히 휴식 후 검사를 진행한다.

5.4 옷

넥타이나 와이셔츠, 벨트, 끈 조이는 속옷 등은 흉부나 복부를 압박하여 흉곽이 좁아지거나 가슴을 펴는데 지장이 있으므로 빠르게 호흡하기 어려울 때는 느슨하게 푼다.

5.5 의치

- (1) 고정이 불안한 의치는 제거 할 수 있으면 빼고 시행한다. 고정된 의치는 그대로 시행하며, 마우스피스가 밀착되지 않거나 입술로 물지 못하여 공기가 새는 경우에는 착용한다.
- (2) 고정이 불안한 의치를 빼지 않고 시행하는 경우 빠른 흡기 시 의치가 넘어가 기도를 막지 않게 조심한다.

5.6 검사설명 및 시범실시

5.6.1 설명에 포함되어야할 내용

검사의 목적, 의자에 앉는 자세, 센서를 잡는 방법, 마우스피스를 무는 방법, 코마개 사용, 최대한 많은 양을 흡기하기 위한 노력, 호기 시 최대한의 노력으로 세고 빠르게 호기, 호기 시 기도 확보, 호기의 유지, 마지막 흡기

5.6.2. 검사설명

- (1) 폐활량검사를 처음 받아보는 근로자라면 검사의 목적, 검사자세와 호기방법, 마우스피스를 무는 방법, 코마개 착용 등에 대한 자세한 설명과 시범이 필요하다. 폐활량검사를 받아본 경험이 있는 근로자라도 자세와 호기방법에 대한 간략한 설명이 필요하다.
- (2) 검사자는 자세와 노력호기의 방법, 끝까지 붙어내는 방법 등을 시범적으로 보여준다. 말로 설명하거나 지시하는 방법은 피한다.
 “폐활량측정은 당신의 폐가 최대한 들어 마시고 내뿜는 공기의 양과 얼마나 빨리 내뿜을 수 있는지를 평가하는 검사입니다”
 “따라서 최대한 많이 들어 마시고 촛불을 끌 때처럼 최대한 세고, 빠르게 내뿜어야 합니다.”
 “폐활량측정은 이렇게 최대한 들어 마시고 최대한 빠르게 내뿜는 것입니다”라고 하면서 간단하게 시범을 보여준다.
- (3) 설명은 되도록 짧게 하고 시범을 통하여 보여주며, 시범은 다소 과장되고 드라마틱하게 보여준다.
- (4) 검사자는 검사의 목적과 검사자세, 호기방법, 마우스피스를 무는 방법, 수검자의 기도를 확보하기 위한 방법 등에 대해 숙지하고 있어야 하며, 수검자가 잘못된 자세로 호기하거나 최선의 노력을 하지 않는다면 정확한 방법으로 교정하고 최선의 노력을 하도록 독려한다.
- (5) 수검자에 대한 모든 설명은 수검자 입장에서 쉽게 이루어져야 하며, 청각장애 등으로 원활한 의사소통이 어려운 경우라도 충분한 몸짓과 글자를 활용해 설명한다.

5.6.3 검사자와 수검자의 위치

- (1) 검사는 나란히 앉아 진행한다. 마주보고 검사를 진행하여 수검자가 내뿜은 공기가 검사자에게 향할 경우 감염의 우려가 있다.
- (2) 검사 진행 중 수검자가 검사기의 모니터를 직접 바라볼 경우 목이 꺾이는 등 자

세유지가 어려울 수 있으므로 모니터는 검사자가 보기 편한 위치에 둔다.

<표 4> 수검자에게 설명할 내용

검사의 목적

특수건강진단 폐활량검사는 호흡기유해인자에 노출되는 근로자의 건강관리를 위한 검사로 수검자의 절대적인 협조가 필요하다.

의자에 앉는 자세

턱을 약간 들고 목을 약간 뒤로 젖힌 상태에서(15도 상방을 향하도록) 가슴을 펴고 바른 자세로 앉는다.

등을 구부정하게 앉지 않는다. 다리를 꼬거나 팔짱을 끼지 않는다.

센서를 잡는 방법

센서는 한손으로 잡고 팔은 몸에 너무 밀착시키지 않는다.

센서를 잡지 않은 다른 쪽 손은 다리위에 자연스럽게 내려놓는다.

마우스피스를 무는 방법

이로 살짝 물고 바람이 새지 않도록 입술을 오므린다.

숨을 내쉬고 들이마시는 과정에서 바람이 새지 않도록 주의하고, 마우스피스를 통해서만 숨을 쉬어야한다.

마우스피스는 치아사이, 혀 위에 위치해야하며 입술로만 물지 않는다.

코마개 사용

검사 중 코마개가 불편하거나 빠질 것 같다면 검사자에게 바로 말하도록 설명한다.

최대한 많은 양을 흡기하기 위한 노력

마실 수 있는 한 최대한 많은 양을 마셔야함을 강조하여 설명한다.

가능하면 빠르고 세게 마시도록 유도한다.

호기 시 최대한의 노력으로 세고 빠르게 호기

평상시 호흡하다가 숨을 최대한 많이 들이마셨을 때 주저하지 않고 곧바로 빠르고 세게 불어내게 한다.

어깨와 목에 힘이 들어가지 않게 주의한다.

호기 시 기도 확보

호기과정에서 목이 꺾이지 않게 주의한다.

호기를 하며 몸을 앞뒤로 부드럽게 움직이는 것은 상관없으나 목이 꺾여 공기의 흐름이 원활하지 못하게 되는 상황을 주의한다.

호기의 유지

바람이 나오는 느낌이 들지 않더라도 마우스피스를 빼거나 멈추지 말고 검사자의 신호가 있

을 때까지 계속 노력한다.

마지막 흡기

더 이상 바람이 나오지 않는다고 판단했을 때 검사자의 신호에 따라 최대한 많은 양의 공기를 마신다.

망설여도 상관없으니 멈추지 말고 최대한 많은 양을 마신다.

* 수검자가 검사 중 어지러움, 흉통 등의 이상증상을 느끼면 바로 호기를 중단하고 검사자에게 얘기할 것.

* 검사자의 신호에 따라 흡기와 호기를 진행하기 어려워하는 경우 수검자에게 전체 과정을 설명하고 검사자의 신호 없이 진행할 수 있음.

(예, “신호가 없더라도 최대한 흡기를 했다면 망설이지 말고 끝까지 내뿜으세요!, “신호가 없더라도 더 이상 나올게 없다고 생각되면 처음 마셨던 것처럼 끝까지 마시세요!”)

5.6.4 일회용 코마개

- (1) 원칙적으로 일회용 코마개를 착용하고 검사하도록 한다. 코마개를 하지 않는 경우 검사치가 실제보다 적게 측정될 수 있다.
- (2) 코마개는 코볼까지 눌러 바람이 새지 않도록 한다. 코마개가 미끄러지는 경우 거즈 등을 덧대어 사용하고, 코마개를 사용할 수 없는 경우(코마개가 계속 빠지는 경우, 코가 너무 작거나 큰 경우, 성형수술 후 등)에는 손으로 직접잡고 검사를 수행한다.
- (3) 수검자가 직접 잡기 어려운 경우 양해를 구한 후 검사자가 장갑을 착용하고 잡아준다.
- (4) 검사 사이 개선할 점 등 검사에 대한 설명을 하는 동안에는 코마개를 제거해 수검자가 편안히 숨을 쉬게 한다.

5.6.5 검사의 자세

- (1) 앉아서 시행하는 것을 원칙으로 한다. 단 고도비만, 임신 등으로 앉아서 실시하기 부적절한 경우 서서 실시할 수 있으며, 이 경우 자세 변경을 기록한다. 의자는 팔걸이와 등받이가 있고 바퀴가 없는 의자로 준비한다.
- (2) 서서 실시할 때에도 뒤에 의자를 놓아 넘어지는 경우 심한 손상을 예방해야 한다.
- (3) 허리를 심하게 굽히거나 비틀지 않게 한다. 가능한 끝까지 처음의 자세를 유지시

킨다.

- (4) 다리를 꼬지 않게 설명한다.
- (5) 호흡관(breathing hose)을 연결하여 사용하는 경우, 처음의 위치를 벗어나 꼬이거나 늘어난 경우 호흡량의 측정이 부정확해진다. 많이 늘어난 경우 호흡관에 공기가 늘어나 약 1 L까지 폐활량이나 노력폐활량이 실제 양보다 적게 측정될 수 있다.

5.6.6 턱과 목의 자세

- (1) 턱은 약간 들고 목을 약간 뒤로 젖힌 상태에서 시행한다. 15도 정도의 상방을 향하게 한다. 또는 상체를 15도 정도 앞으로 숙이고 정면을 바라보고 검사를 진행한다.
- (2) 끝까지 이 자세를 유지하고 목이나 턱을 굽히지 않게 한다. 턱과 목을 굽히면 기도가 폐쇄되어 호기량이 감소하거나 중단된다.

5.6.7 마우스피스를 무는 방법

- (1) 마우스피스는 이로 살짝 물고,
- (2) 입술로 꽉 조여 공기가 새지 않게 한다. 피리 불듯이 입술로만 마우스피스를 물지 않게 설명한다.

5.7 폐활량측정의 실시

「평상호흡실시 → 최대한 많은 양의 공기를 흡기 → 망설임 없이 세고 빠르게 끝까지 호기 → 다시 최대한 많은 양의 공기를 흡기」 전 과정을 충분히 이해하도록 쉽게 설명한다.

5.7.1 평상호흡실시

- (1) 평상호흡은 보통 2~3회를 실시하나 횟수가 정해져있지는 않다. 평상호흡 시 그려지는 그래프를 통해 수검자의 호흡이 안정되었는지, 검사기가 정상적으로 곡선을 그리는지를 확인한다.
- (2) 평상호흡은 말 그대로 ‘평상시’대로 호흡하도록 설명하며, 심호흡이 되지 않게 주의한다. 검사자가 구령을 붙여주기보다는 수검자가 본인의 리듬과 호흡량대로 호

흡할 수 있게 유도하는 것이 좋다.

(3) 수검자의 협조상태에 따라 생략 가능하다.

5.7.2 최대한 많은 양의 공기를 흡기

- (1) 양 어깨나 목에 힘을 주지 않게 한다. 힘을 주는 경우 흡입되는 공기의 양이 줄어든다.
- (2) 자연스러운 자세에서 가슴을 뒤로 젖히면서 최대한 가슴을 펴고 들어 마시게 독려한다.
- (3) 어깨에 힘을 주어 목 위로 올라가지 않게 한다. 기도가 막히고 충분한 흡기가 되지 않을 수 있다.
- (4) 최대한 많은 양을 마시도록 설명한다. 가능하면 빠르고 세게 한 번에 마시는 것이 검사유도에 유리하나 최대한 많은 양을 마셔야함을 우선으로 설명한다.
- (5) 흡기과정에서는 망설임이 확인되거나 흡기유량이 작더라도 최대한 흡기하였고 FVC 또는 FEV₁결과 값에 영향이 없다면 적절한 곡선으로 판단 가능하다.

5.7.3 망설임 없이 세고 빠르게 끝까지 호기

- (1) 고개는 약간 들고(상방 15도 주시) 혀는 마우스피스 밑에 놓고, 검사 시 혀가 마우스피스를 막지 않게 주의시킨다.
- (2) 망설임 없이 불어내게 한다. 최대한 들어 마셨다고 생각하면 주저하지 말고 곧바로 최대한 빠르고 세게 불어내게 한다. 망설이는 경우 검사 시작점에 오류가 발생한다.
- (3) 최대한 끝까지 불어내게 한다. 호기시간은 중요하지 않으나 FVC가 충분히 측정된 상태에서 1초정도 고평부가 유지될 때 까지 호기를 유지한다. 수검자가 더 불어낼 수 있는 상황임에도 6초 이상 호기하였다고 흡기를 시키거나 중단시키지 않는다. 기도폐쇄 등으로 고평부 확인이 어려운 경우 수검자의 협조가 가능하면 최대 15초까지 호기를 유지한다.
- (4) 어깨와 목에 힘이 들어가지 않게 설명한다.
- (5) 마우스피스를 물고만 있거나 흉내만 내는 것은 아닌지 관찰이 필요하다.
- (6) 마우스피스를 피리 불듯이 불지 않게 한다.
- (7) 큰 소리로 몸과 손을 이용하여 몸짓을 하면서 독려한다. 큰 소리로 “계속, 계속, 좀 더, 좀 더 내뿜으세요. 숨을 들어 마시지 말고 계속 내뿜으세요.”라고 독려한다.

5.7.4 끝까지 호기 후 다시 최대한 많은 양의 공기를 흡기

- (1) 최대한 호기하여 더 이상 내뿜을 숨이 없다고 판단되면 최대흡기를 유도한다.
- (2) 검사마지막에 최대흡기를 유도하는 것은 FIVC와 FVC를 비교하여 수검자가 최선의 노력으로 최대한 많은 양의 공기를 마신 후 호기하였는가를 판단하기 위한 것이다.
- (3) 따라서 그래프의 모양은 중요하지 않으므로 흡기과정에서 망설임이 확인되거나 한 번에 마시지 못하더라도 적절한 그래프로 인정할 수 있다.

5.8 폐활량측정 중 확인 사항

호흡을 시작하면 검사대상자와 폐활량검사기의 모니터를 반복하여 보면서 다음을 확인한다.

- (1) 최대한 많은 양을 흡기하기 위해 노력하였는가
- (2) 처음에 망설임 없이 최대한 세고 빠르게 불었는가
- (3) 불을 이용해서 혹 부는가
- (4) 마우스피스를 피리 불 듯 입술로만 물지 않았는가
- (5) 마우스피스를 제대로 물고 있는가, 바람이 새지는 않는가
- (6) 코마개가 빠지진 않는가
- (7) 목이 꺾이거나 어깨와 목에 힘이 들어가지 않았는가
- (8) 충분한 호기시간과 고평부에 도달하였는가
- (9) 유량-용적곡선과 용적-시간곡선에 이상은 없는가
- (10) 수검자가 호기를 지속할 수 있는가

5.9 검사 중의 기록화면

검사 중 화면은 용적-시간곡선과 유량-용적곡선을 한 화면에서 모두 볼 수 있게 한다. 검사를 시작하고 처음부터 중간까지는 유량-용적곡선에서 최고호기유량과 기침, 조기중단 등을 검토하고 검사의 마지막에는 용적-시간곡선에서 고평부(plateau)에 도달하는지를 확인한다.

5.9.1 유량-용적곡선에서 확인 사항

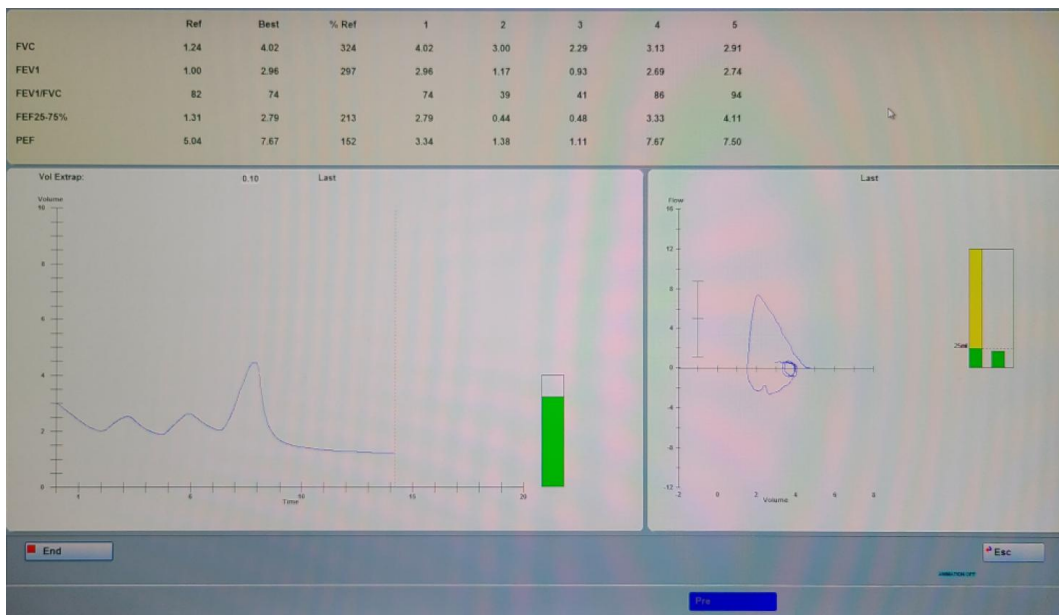
- (1) 곡선의 정점(PEF)을 검토하여 노력의 정도를 판단한다.
- (2) 기침, 성문(목젖)이나 혀에 의한 막힘, 숨을 들이 마심 등을 확인한다.
- (3) 시작점의 오류와 망설임이 있는지 확인한다.
- (4) 조기중단을 확인한다.

5.9.2 용적-시간곡선에서 확인 사항

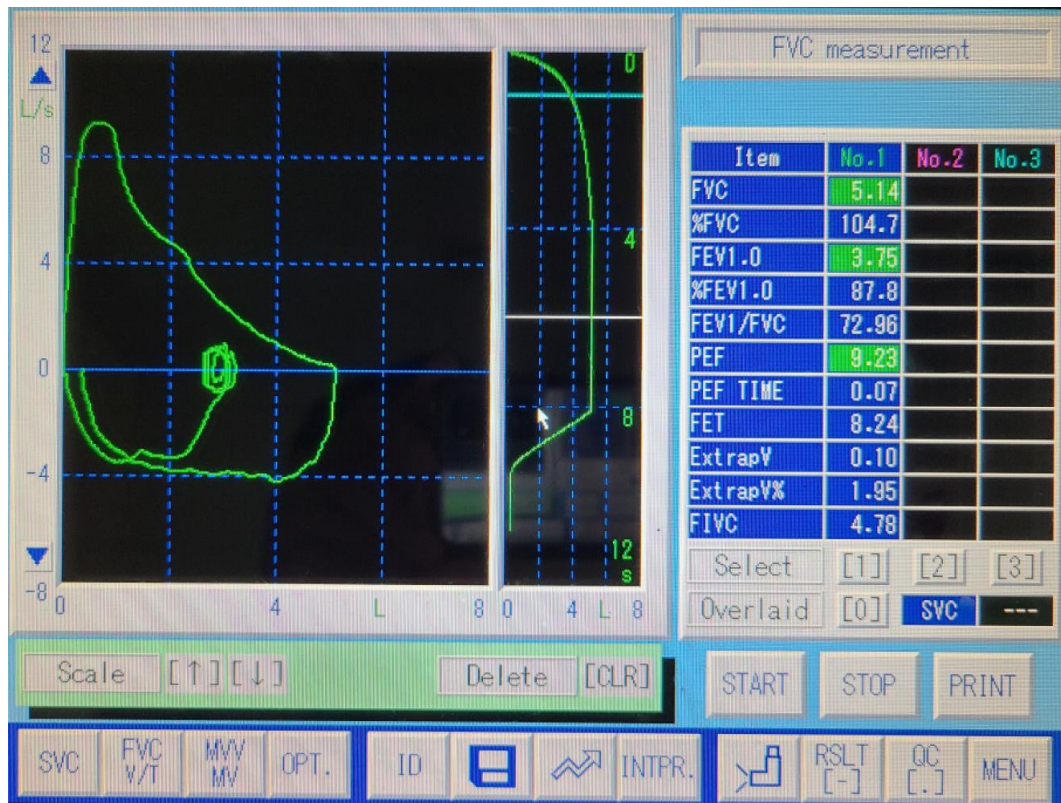
- (1) 검사의 마지막 부분에서 검사곡선이 고평부에 도달하였는지 확인하는 것이 가장 중요하다.
- (2) 시작점의 오류와 망설임이 있는지 확인한다.

5.9.3 검사기 화면의 결과표시

- (1) 검사기 화면에는 용적-시간곡선과 유량-용적곡선 외에 검사의 적합성 판단에 도움이 될 수 있는 검사항목들을 나타내는 것이 좋다.
- (2) FVC(L), FVC(%), FEV₁(L), FEV₁(%), FEV₁/FVC(%), 외삽용적(L), 외삽용적(%), FIVC(L), PEF(L/s), PEFT(s)



[그림 3] 폐활량측정중의 컴퓨터 화면(용적-시간곡선과 유량-용적곡선을 동시에 나타내는 것이 오류확인에 좋다).



[그림 4] 폐활량측정중의 컴퓨터 화면(용적-시간곡선과 유량-용적곡선, 주요 검사항목과 적합성 판단에 필요한 항목을 함께 나타낸다)

6. 적합성과 재현성의 판단

6.1 적합성의 판단

- (1) 적합성은 폐활량검사 결과의 해석에 필요한 FVC 또는 FEV₁이 정확하게 측정되었는가를 판단하기 위한 기준이다. 적합성을 만족하지 못한다는 의미는 FVC 또는 FEV₁이 적절하게 측정되지 못했다는 의미로 해석 가능하다.
- (2) 검사자는 적합성기준을 정확히 이해하고 수행한 검사가 기준에 맞는지를 판단할 수 있어야 한다. 그래프의 적합성을 판단하기 위해서는 그래프가 그려지는 원리를 이해해야 하며, 부적합한 검사그래프가 나왔을 때 수검자에게 원인과 개선방법을 설명할 수 있어야한다.
- (3) 실제 폐활량검사에서는 부적합요인이 하나만 확인되는 경우도 있으나 두 가지 이상의 요인이 복합적으로 나타나는 경우가 많다.
- (4) 적합성의 판단에 확신이 없다면 장비의 에리코드를 참고할 수 있다.

- (5) FVC 80%, 1초을 70%는 폐활량검사 결과의 해석을 위한 참조 값일 뿐 검사의 적합성과는 상관없다.
- (6) 판정의사는 적합성기준을 만족하지 못하는 검사에 대해 FVC 또는 FEV₁ 어느 것의 측정에 문제가 있는지를 판단하고 폐활량검사가 적절히 해석될 수 있는 결과를 선정하여야 한다.

※ 본 지침의 적합성판단 사례에서 제시한 발생원인은 여러 가지 원인 중 가장 빈번히 확인되는 원인이며, 반드시 해당원인에 의해서만 발생하는 것은 아니다.

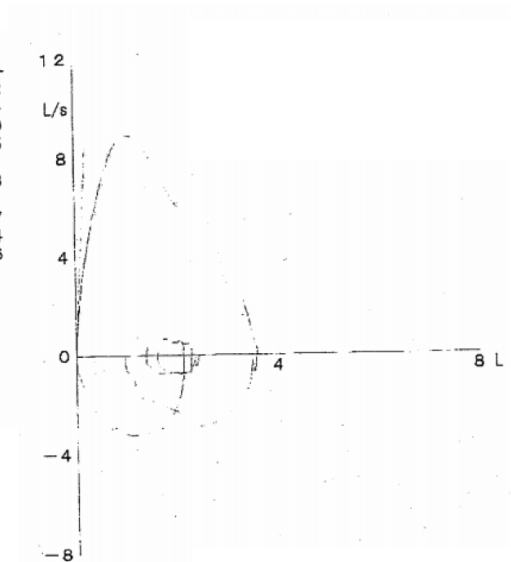
6.1.1 호기 시작점에서의 판단

호기의 시작점에서는 망설임 없이 호기했는지와 세고 빠르게 호기했는지를 확인해야 한다. 검사자는 망설임에 대한 판단과 세고 빠름에 대한 판단을 구분해야 한다.

6.1.1.1 외삽용적이 큰 경우

외삽용적의 기준은 150 mL(0.15 L) 미만 또는 FVC의 5% 미만으로 용적과 % 중 하나만 만족하면 된다.

ITEM	UNIT	MEAS	PRED	%PRED
FVC	L	3.60	4.92	73.2
FEV _{1.0}	L	3.60	4.42	81.4
FEV _{6.0}	L	3.60	4.93	73.0
FEV ₁ /FVC	%	100.00	89.71	111.5
MMEF	L/s	6.46	4.78	135.1
PEF	L/s	8.89	8.95	99.3
FEF ₂₅	L/s	8.57		
FEF ₅₀	L/s	6.74	5.45	123.7
FEF ₇₅	L/s	4.21	2.53	166.4
FEF ₇₅₋₈₅	L/s	3.68	1.61	228.6
PEF TIME	s	0.11		
FET	s	1.06		
ExtrapV	L	0.23		
ExtrapV%	%	6.39		
FIVC	L	2.66		
FIV _{1.0}	L	2.42		
FIV _{1.0} /FVC	%	67.20		
PIF	L/s	2.90		



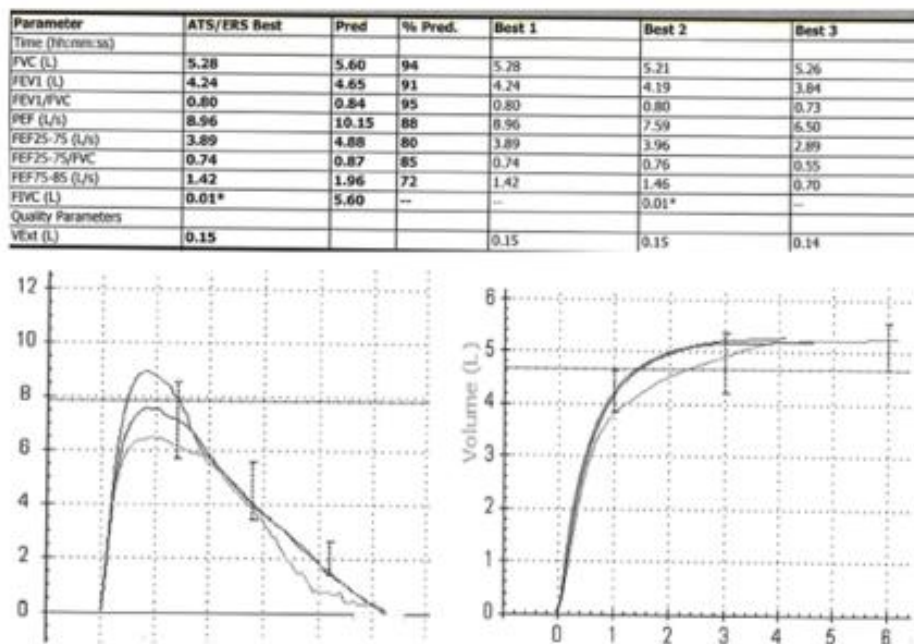
[그림 5] 외삽용적이 기준을 초과하는 그래프

<표 5> 외삽용적 기준초과 사례의 해결과 결과 활용

사례	외삽용적이 150 ml 또는 FVC의 5% 이상
발생원인	호기 시작점에서 최대한 세고 빠르게 불어내지 않음. 망설이며 밀듯이 불어냄.
해결방법	편안한 호흡을 한 후 깊고 빠르게 마시고 망설임 없이 바로 빠르게 불도록 유도
결과활용	FEV ₁ : 외삽용적 기준 초과로 FEV ₁ 활용 불가 FVC: 조기중단으로 FVC 저평가. 활용 불가 * 외삽용적만 기준을 초과했고 다른 부적합요인이 없다면 FVC는 활용가능하나 이 그래프는 조기중단도 동시에 확인되므로 FVC를 활용할 수 없다.

6.1.1.2 시작점에서 세고 빠르게 호기하지 못하는 경우

세고 호기하지 못한 경우 FEV₁에 영향을 줄 수 있으므로 수검자에게 최선의 노력으로 세고 빠르게 불도록 독려가 필요하다. 최고호기유량의 변화에 의해 FEV₁이 영향을 받았다면 추가 검사가 필요하다.

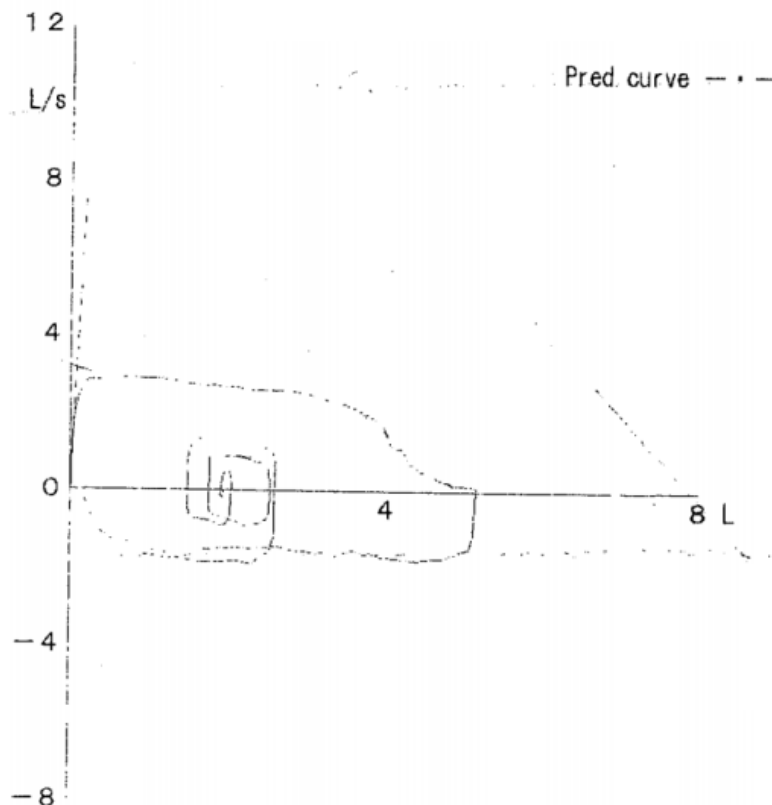


[그림 6] 최고호기유량에 차이를 보이는 그래프

<표 6> 최고호기유량의 감소에 따른 FEV1 감소 사례의 해결과 결과활용

사례	PEF감소에 따른 FEV1감소
발생원인	수검자가 세게 불려는 노력이 부족하여 정점의 높이(PEF)에 차이가 발생
해결방법	- 수검자에게 세게 부는 시범을 보임. - 화장지를 힘껏 세게 불어보는 연습을 시킴.
결과활용	FEV1: PEF의 감소에 따라 FEV1이 감소하나 재현성을 만족하므로 결과로 활용 가능, 1회 정도 추가 검사하여 FEV1의 정확성을 다시 확인해 볼 필요는 있음. FVC: FVC에 영향을 줄 수 있는 부적절 요인은 확인되지 않음. 활용 가능

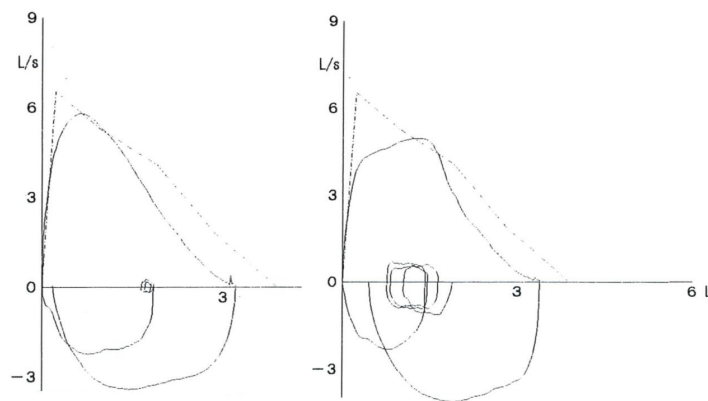
수검자마다 최고호기유량은 차이가 있을 수 있으며 기도협착 등으로 피크가 형성되기 어려운 경우도 있으니 최고호기유량이 예측치보다 낮거나 정점이 뾰족하지 않음을 이유로 적합성에 맞지 않는다고 판단해선 안 된다. 다만, 최고호기유량이 예측치에 비해 지나치게 낮거나 뾰족하게 그려지지 않는다면 관련 질환이나 호흡기 자각증상이 있는지 확인이 필요하다.



[그림 7] 기도협착에 의한 유량-용적곡선의 고원형성

6.1.1.3 최고점이 오른쪽으로 밀리는 경우

세게 불기는 했으나 정점에 도달하는 시간(최고호기유량발생시간, $PTFT = FETPEF = PTE \text{ time} = \text{Time to FEF max}$)이 늦거나 공기의 원활한 흐름을 방해하는 요인이 작용하면 정점이 오른쪽으로 밀려서 그려질 수 있다. 최고호기유량발생시간은 과거에는 0.12초 또는 0.2초 미만이 권고되기도 하였으나 기준설정에 대한 과학적 근거가 부족하다. 다만, 최고호기유량발생시간의 변화에 따라 FEV_1 의 변화가 확인된다면 재검사가 필요하다.



[그림 8] 정점이 오른쪽으로 밀린 그래프(오른쪽)

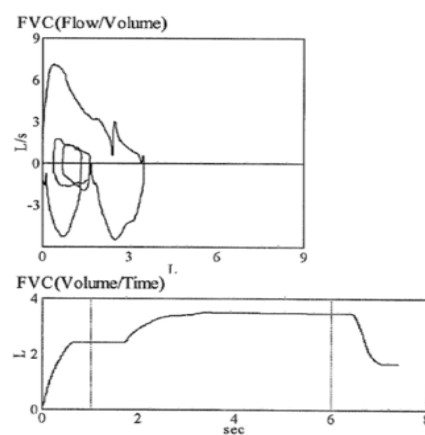
<표 7> 정점이 오른쪽으로 밀린 사례의 해결과 결과활용

사례	최고점이 오른쪽으로 밀림
발생원인	1) 처음 호기 시 빠르고 세게 불어내려는 노력이 부족함 2) 호기 시 틀니가 들리거나 마우스피스 입구에 혀가 닿아 유량이 감소 할 수 있음
해결방법	1) 처음 불어낼 때 강하게 불지 않으면 결과 값이 잘못 측정될 수 있다고 인지시켜주며 빠르고 힘껏 불어낼 수 있도록 충분히 설명한다. → 검사자가 휴지를 세게 부는 시범을 보여주고 연습을 시킨 후 다시 시도 "앞에 있는 휴지를 최대한 세게 후~~불어보세요! 네, 지금 연습한 그대로 힘껏! 최대한 세게 길게 불어주셔야 합니다." "마치 풍선이 빵 터지듯이, 화산이 폭발하듯이 불어냄과 동시에 힘껏 세게 팍 불면서 끝까지 불어내야 합니다." 2) 틀니가 있는지 확인하고 있다면 제거하고 시행한다. 입구에 혀가 닿지 않도록 주의를 주고 마우스피스 끝을 물어 혀의 움직임에 영향이 없도록 유도한다.
결과활용	FEV_1 : 호기 시작점에서 반응이 다소 늦을 가능성 있으나 외삽용적 적절하고 정상 그라프와 FEV_1 의 차이가 없다면 활용가능 FVC : FVC 측정에 영향을 줄 수 있는 부적합 요인 없음. 활용가능

6.1.2 호기과정에 대한 판단

호기과정에서는 부적합 상황과 발생시간에 따라 결과로서 활용가능 여부가 달라질 수 있다. 1초 이내에 기침이나 가래에 의해 유량의 변화가 생기거나 혀로 마우스피스를 살짝 건드려 유량의 변화가 발생한다면 FEV₁값에 영향을 줄 수 있으나 동일한 상황이 1초 이후에 발생한다면 FEV₁에는 영향이 없다.

6.1.2.1 호기 1초 이내에 기침이 발생한 경우

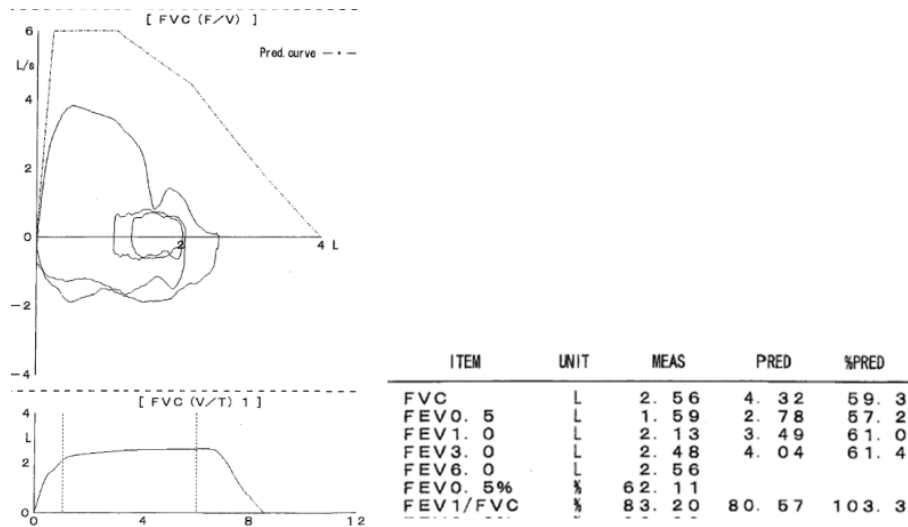


[그림 9] 1초이내 기침이 확인된 그래프

<표 8> 1초이내 기침이 발생한 사례의 해결과 결과활용

사례	1초 이내 기침
발생원인	1) 목에 지나치게 힘을 주어 기침이 난 경우 2) 기관지의 가래가 호기 시 불출되어 기침이 유발 된 경우 3) 목에 힘을 주어 목젖의 막힘으로 끊었다가 다시 호기한 경우
해결방법	1) 호기 시 목과 어깨에 지나치게 힘을 주지 말고 배에 힘을 주어 호기 하도록 지도, 목은 가볍게 힘을 풀어주며 빨대로 음료수 먹듯이 입으로 숨을 최대한 마시며, 불 때는 촛불을 한꺼번에 끄듯이 불어내라고 설명한다. <i>“목에 힘을 주어 불면 기침이 잘 납니다. 세게 부실 때는 아랫배에 힘을 주고 세고 길~게 불어 내도록 노력 하세요.”</i> 2) 가래가 있다면 뱉고 시행, 휴식 후 검사 진행, 온수로 조금씩 목을 축이게 한 후 검사 시행한다. 3) 최대호기 중 끝부분에 어깨를 살짝 눌러 주기, 최대호기 중 끝부분에 힘을 빼고 불어내도록 교육한다.
결과활용	FEV ₁ : 1초 이내 유량변화로 FEV ₁ 활용 불가 FVC: 조기중단으로 FVC활용 불가

6.1.2.2 1초 이내 유량의 변화

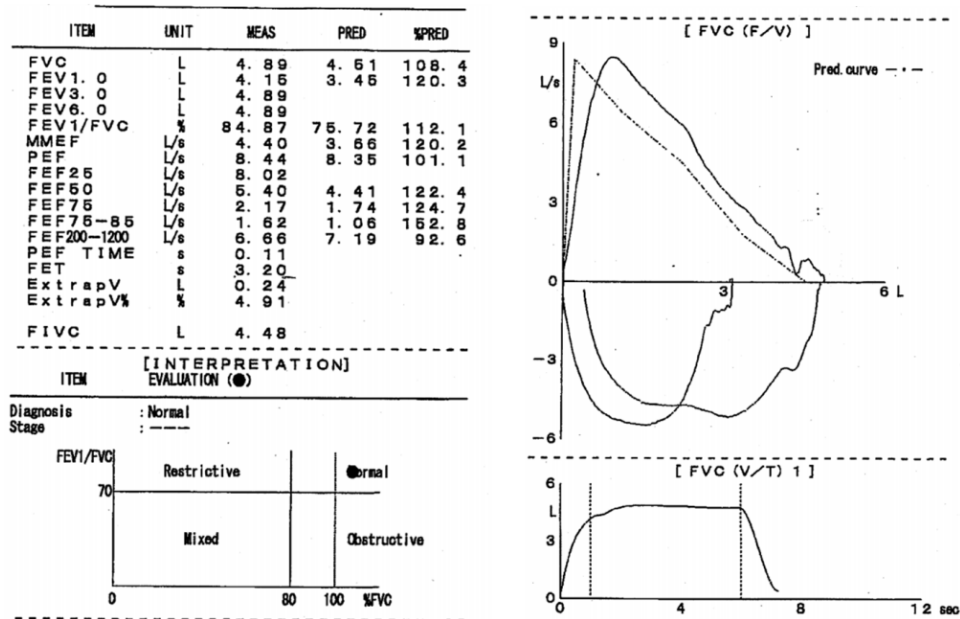


[그림 10] 1초이내 유량변화가 확인된 그래프

<표 9> 1초이내 유량변화가 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	호기 유량 곡선 형태의 다양성(1초 이내)
발생원인	1) 호기 시 혀의 움직임 또는 기침으로 마우스피스와 개구부가 부분적으로 막혀 유량이 변함 2) 최대호기 중 목에 힘을 주어서 기도가 좁아지거나 순간 막혔다가 열린 경우
해결방법	1) 마우스피스를 너무 깊게 물지 않게 하고 혀는 마우스피스 아래에 위치하도록 설명 "숨을 세게 불 때 후~하고 불면 혀는 뒤로 가게 됩니다. 혀가 움직이지 않도록 하세요." 2) 목과 어깨에 힘을 빼고 배로 숨을 쉬도록 교육 후 검사 재시도
결과활용	FEV1: 1초 이내 유량변화가 있었으므로 활용 불가 FVC: FVC에 영향을 줄 수 있는 부적절 요인은 확인되지 않았으며 끝까지 호기하였으므로 다른 결과와 재현성을 만족한다면 활용가능

6.1.2.3 1초 이후 유량의 변화

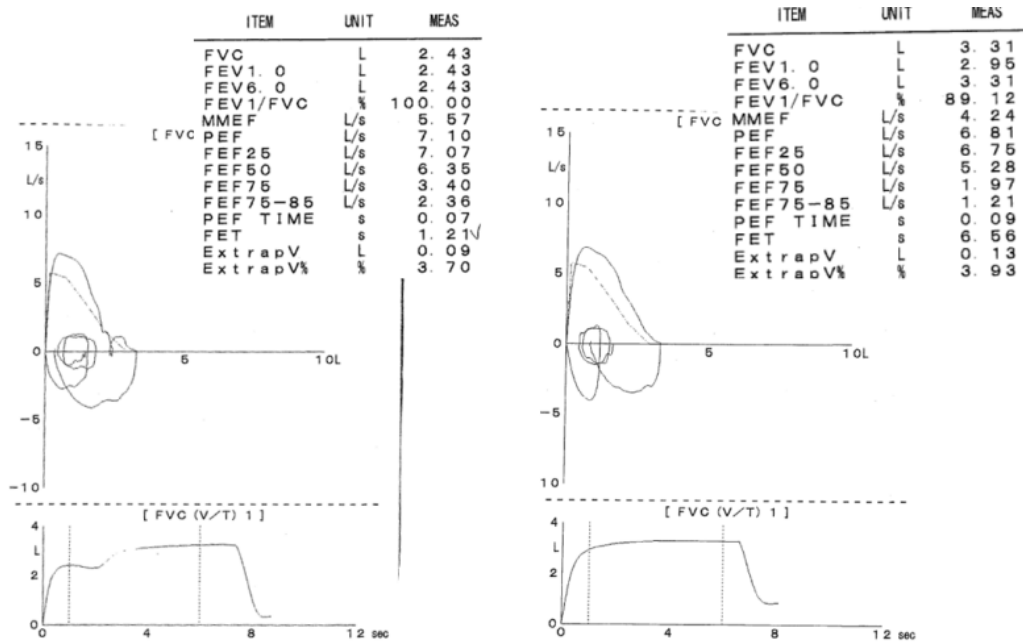


[그림 11] 1초이후에 유량변화가 확인된 그래프

<표 10> 1초이후에 유량변화가 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	호기 유량 곡선 형태의 다양성(1초 이후)
발생원인	1초 이내 발생한 경우와 동일
해결방법	- 1초 이내 발생한 경우와 동일 - 수검자의 협조가 가능하다면 추가검사 시도가 권고되나 현 상태로도 부적합한 검사는 아님.
결과활용	FEV1: 유량-용적곡선에서 유량의 변화가 확인되나 1초 이후에 발생하였으므로 FEV1에 영향 없음. 활용가능 FVC: 호기시간(FET)은 3.20초로 짧으나 그래프로 판단했을 때 FVC는 충분히 측정된 것으로 판단됨. 적합성 기준에 다소 미흡하나 판정에 활용할 수 있는 결과임.

6.1.2.4 흡기

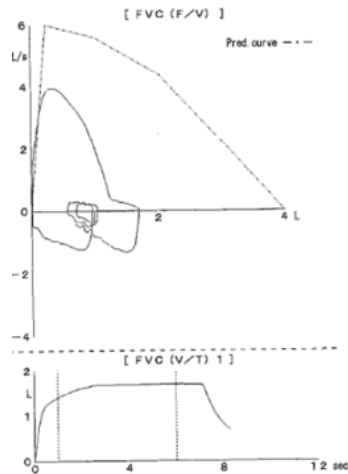


[그림 12] 흡기가 확인된 그래프(왼쪽)

<표 11> 흡기가 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	흡기
발생원인	호기 중 흡기 후 다시 이어호기
해결방법	<p>호기 시 숨을 길게 내쉬어 중단 없이 연결되도록 유도 한다.</p> <p>“불어낼 때 세고 빠르게 하면서 한 번에 끝까지 불어내야 합니다.”</p> <p>“불어낼 때 더 이상 불어낼 공기가 없더라도 불어내는 것을 유지해야 합니다.”</p> <p>“제가 다시 들여 마시라고 하기 전까지 불고 계셔야 합니다.”</p>
결과활용	FEV1, FVC: 흡기로 인해 기록이 멈추었고 재현성에 문제가 있으므로 FEV1과 FVC모두 활용 불가(왼쪽 그래프)

6.1.2.5 호기유량의 급격한 감소

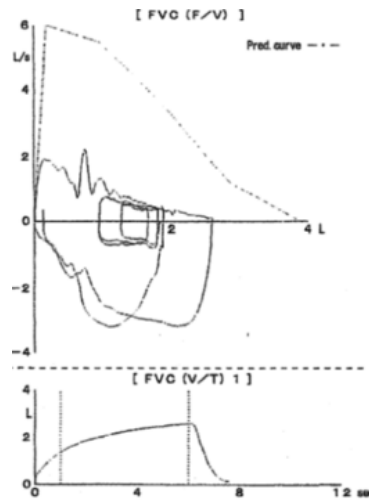


[그림 13] 호기유량의 급격한 감소가 확인된 그래프

<표 12> 호기유량이 급격히 감소된 사례의 해결과 결과활용

사례	호기 유량의 급격한 감소
발생원인	1) 호기 시 노력 부족으로 너무 일찍 힘을 빼 속도가 떨어짐. 2) 호기 시 목이 과도하게 꺾여 기도가 좁아지는 경우 3) 강제 호기 후 배에 힘을 주며 길게 호기하지 못하고 목에 지나치게 힘을 주어 기도가 막힌 경우
해결방법	1) 호기 시 배에 힘을 주면서 길게 불어내도록 유도 “숨을 세고 길~~게, 멀~리 부셔야 합니다. 중간에 멈추지 않도록 연결해서 멀~리 불어 내세요.” - 호기 시 가슴의 호흡근으로 ‘허~’하고 숨을 내쉬면 그래프처럼 유량이 감소 될 수 있으므로 복부의 호흡근으로 ‘후~’하고 호기하도록 연습 후 시행 “지금 세게 부실 때 가슴에 힘을 주며 ‘허~’하고 부셨어요? 그럼 이번에는 아랫배에 힘을 더 많이 주고 ‘후~’하며 길~~게 연속해서 내쉬어 보세요.” “빠르고 세게 불고 나서는 힘을 빼고 자연스럽게 부는 느낌으로 편하게 내 쉬세요.” “목에 힘을 빼고 배에서 공기가 나온다는 느낌으로 불어주세요.” 2) 고개를 숙이지 말고 기도를 유지한 상태로 불어내도록 설명 “불어낼 때 고개를 숙이지 마시고요 불어내는 것을 끝낼 때까지 정면으로 수평을 유지하세요” 3) 목과 어깨의 힘을 빼고 바른 자세(호기 중 수평유지)로 검사 할 수 있도록 유도 “세게 불어 낸 후 연속해서 배에 힘을 주며 길게 부셔야 합니다. 목과 어깨에 힘을 많이 주면 기도가 막혀서 숨이 더 나오지 않습니다.”
결과활용	FEV1: 1초 이내 급격한 유량변화로 FEV1활용 불가 FVC: FVC에 영향을 줄 수 있는 부적절 요인은 확인되지 않았으며 끝까지 호기하였으므로 다른 결과와 재현성을 만족한다면 활용가능

6.1.2.6 유량곡선의 다양성

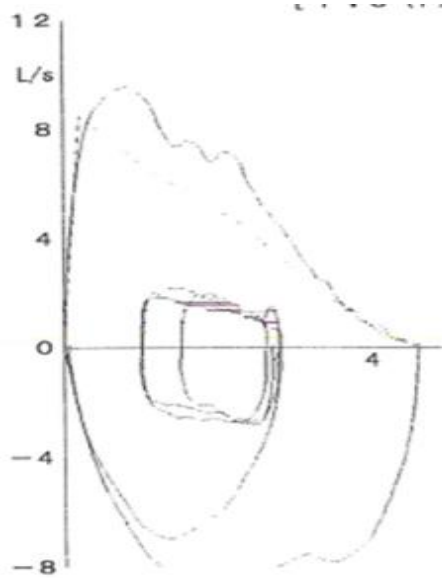


[그림 14] 유량다양성이 확인된 그래프

<표 13> 유량다양성과 조기중단이 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	호기 시 다양한 유량의 곡선 및 조기중단
발생원인	1) 호기 시작점에서 기침을 한 경우 2) 혀가 계속 움직이면서 마우스피스 개구부로 나오거나 호기 시 틀니가 움직이는 경우 3) 가래가 많은 경우 4) 호기가 진행되는 중간에 흡기를 시킴
해결방법	1) 호기 시작점에서 기침을 한 경우 - 목에 필요 이상으로 힘이 들어가지 않게 하고 기침이 멈추면 다시 시도 - 따뜻한 물을 머금어 마실 수 있게 하고 안정 후 다시 시도 2) 혀가 계속 움직이는 경우 - 휴지를 붙여보게 하면서 교정 (혀의 움직임을 살펴보고 내밀지 않도록 연습) - 마우스피스 구멍을 보여주며 혀를 마우스피스 밑에 위치하도록 안내 - Rubber 마우스피스 사용 - 틀니로 인해 혀의 움직임이 지속된다면 틀니 제거 후 검사 "숨을 불어낼 때 혀가 움직이면서 후! 후! 후! 하시면 안 됩니다. 한 번에 후~~하면서 길게 불어주세요" 3) 가래로 인해 불안정한 호기 시 - 가래 배출 후 다시 검사 4) 조기중단 - 충분히 호기 유지 후 흡기할 수 있도록 안내 - 수검자의 상태가 괜찮다면 고평부에 도달할 때 까지 호기 유도(최대 15초를 넘어 갈 필요는 없음)
결과활용	FEV1: 1초 이내 유량변화로 FEV1 활용불가 FVC: 고평부 미확인으로 FVC저평가 가능성 있음. 활용불가

6.1.2.7 유량의 흐름이 매끄럽지 못함

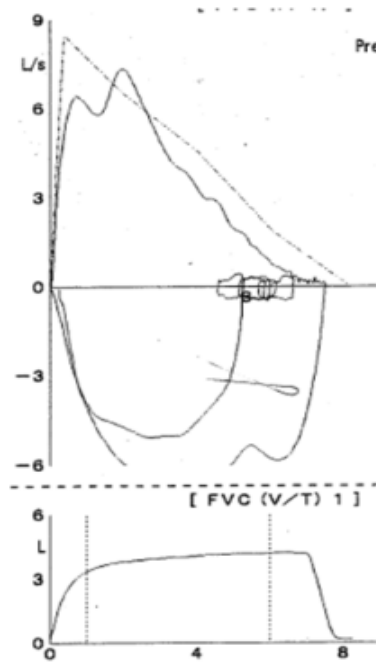


[그림 15] 호기 초반이 매끄럽지 못한 그래프

<표 14> 호기 초반이 매끄럽지 못한 사례의 해결과 결과활용

사례	최대호기 시 초반부에 유량의 흐름이 매끄럽지 못하고 다양한 패턴
발생원인	1) 마우스피스 입구에 혀가 닿는 경우 2) 가래가 많이 있거나, 목에 힘이 많이 들어간 경우
해결방법	1) 호기 시 혀가 마우스피스에 닿지 않도록 설명한다. - 마우스피스를 충분히 물게 하여 혀의 움직임에 영향을 받지 않게 한다. "숨을 부실 때 혀를 내밀면 이렇게 막힙니다. 혀는 뒤로 가게하고 움직임이 없어야 합니다." - 혀 막음이 계속 된다면 고무마우스피스를 사용한다. 2) 가래를 뱉어내게 하고, 미지근한 물 조금 드시고 나서 검사 재개
결과활용	FEV ₁ : 1초 이내 유량변화로 FEV ₁ 활용 불가 FVC: FVC에 영향을 줄 수 있는 부적절 요인은 확인되지 않았으며 끝까지 호기하였으므로 다른 결과와 재현성을 만족한다면 활용가능

6.1.2.8 호기 시작점에서 부적절한 유량의 변화



[그림 16] 시작점에서 부적절한 유량의 변화가 확인된 그래프

<표 15> 시작점에서 부적절한 유량의 변화가 확인된 사례의 해결과 결과활용

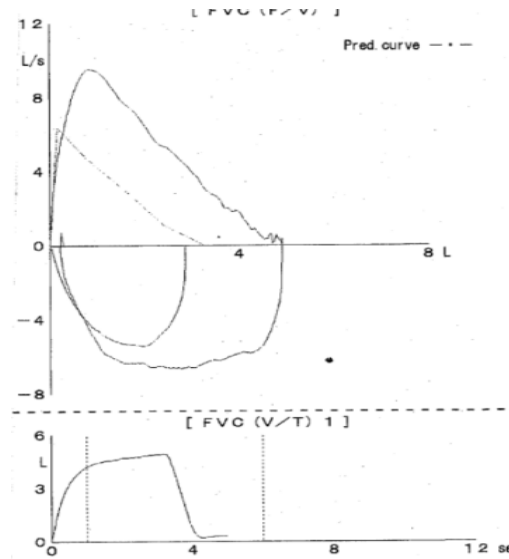
사례	호기 시작점에서 부적절한 유량의 변화
발생원인	호기 시작점에서 혀가 마우스피스에 삽입
해결방법	1) 호기 시 혀를 내밀면서 불지 않도록 설명 <i>"숨을 불어낼 때 혀가 앞으로 나와 후! 후! 하면 안 되고 혀를 내밀지 말고 한 번에 세게 후~~하도록 해보세요."</i> 2) 마우스피스 구멍을 보여주며 혀를 마우스피스 밑에 위치하도록 안내 3) 마우스피스를 깊게 물지 않게끔 설명 4) 반복 실수 시 휴지를 수검자의 입 앞에 대고 불어보게 하며, 혀의 움직임을 관찰하고 교정
결과활용	FEV ₁ : 1초이내 유량변화로 활용 불가 FVC: 정상호기곡선과 재현성에 문제없다면 활용가능

6.1.3 호기 종료에 대한 판단

일반적으로 호기의 종료는 고평부가 확인되었는지로 판단한다. 폐활량검사에서 고평부는 용적-시간곡선에서 호기의 마지막 1초가 높이의 변화 없이 유지되는 구간을 가리키는데, 수검자가 호기를 더 하려고 노력하여도 검사기가 측정 가능한 의미 있는 증가를 보이지 않는다면 그래프는 x축과 평행으로 그려진다. 즉, 고평부가 확인되었다는 것은 수검자의 FVC가 충분히 측정되었다는 것을 의미한다. 다만, 호기 중 기도가 막혀 숨이 더 이상 나오지 않는 상황에서 x축과 평행으로 그래프가 그려지는 것과는 구분이 필요하다. 또한 추가호기나 검사기의 오작동으로 인해 FVC가 과대평가되는 것도 주의해야 한다.

호기시간 6초 이상을 조기중단의 기준으로 여기는 경우가 많으나 잘못된 판단이다. 기도폐쇄가 있는 환자나 노인에서는 고평부에 도달하기 위해서 6초 이상이 필요한 경우가 많으나 호기시간이 반드시 6초 이상이 되어야 하는 것은 아니다. 중요한 것은 고평부에 도달하였는지를 확인하는 것이며, 호기시간 6초 이내에도 고평부에 도달한 경우 정확한 검사방법으로 받아들일 수 있다.

6.1.3.1 고평부 미도달

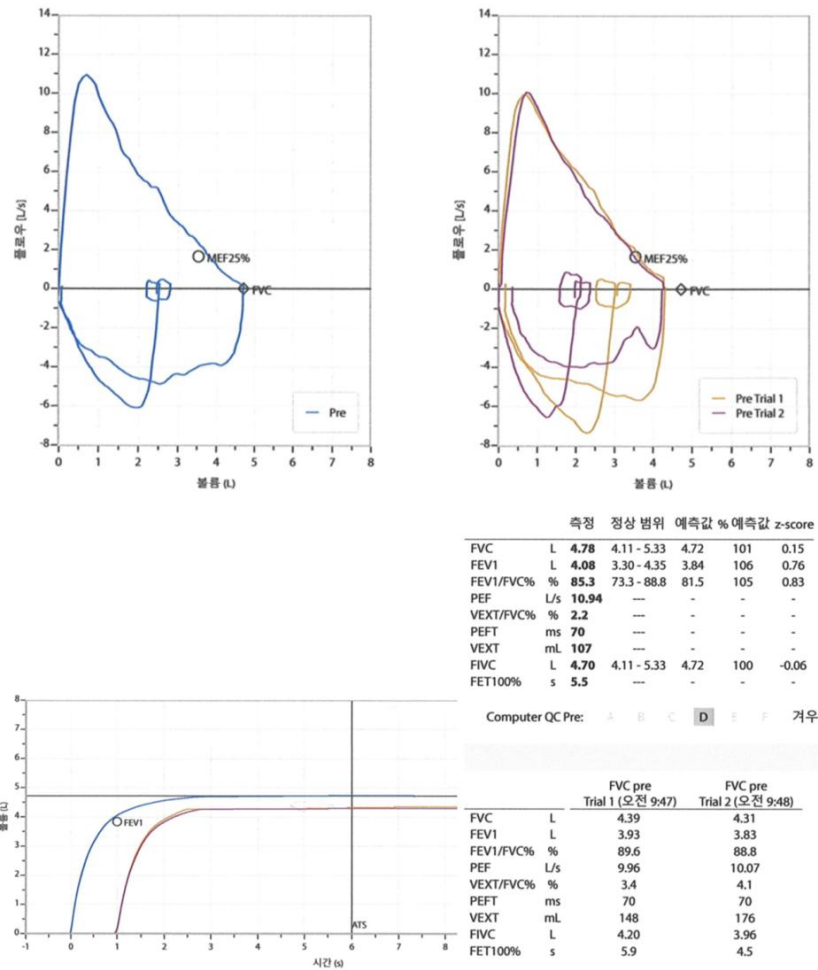


[그림 17] 고평부가 확인되지 않은 그래프

<표 16> 고평부 미확인 사례의 해결과 결과활용

사례	고평부 미도달
발생원인	숨이 더 이상 안 나올 때까지 (고평부 도달 시 까지) 불어야하는데 일찍 숨을 들어 마신 경우
해결방법	<p>1) 대상자가 불어낼 수 있을 때까지 최대한 길게 호기하도록 유도 (6초 이상이라도 고평부를 확인하지 않고 중단시키면 안 됨.)</p> <p>2) 다 불었다고 마시지 말고, 끝까지 버틴 다음 검사자가 “마시세요” 라고 말할 때 마실 수 있도록 설명한다.</p> <p>“불어내는 시작은 좋았으나 길게 불지 못했어요. 지금처럼 세게 불면서 길게~~ 숨이 더 이상 안 나올 때 까지 끝까지 불어주세요”</p> <p>“본인 생각에 숨이 다 나온 것 같아도 제가 그만하라고 할 때까지 계속 불어주세요!”</p> <p>“숨을 세고 길게 잘 부셨어요. 그런데 지금보다 조금 더 길게 불어주시면 좋을 것 같아요.</p> <p>“숨이 나오지 않는 것 같아도 제가 그만 하라고 할 때까지 계속 길게 불어주세요”</p> <p>“부세요. 부세요. 할 수 있습니다. 버티세요” 등등 여러 가지 말로 피검자가 불수 있도록 유도</p> <p>3) 기관지 폐쇄로 고평부를 확인하기 어려운 경우에는 최대 15초까지 호기 유도</p>
결과활용	<p>FEV1: 1초 이내 부적합요인 없음. 활용가능</p> <p>FVC: 고평부 미확인으로 FVC저평가 가능성 있음. 활용불가</p>

6.1.3.2 조기중단

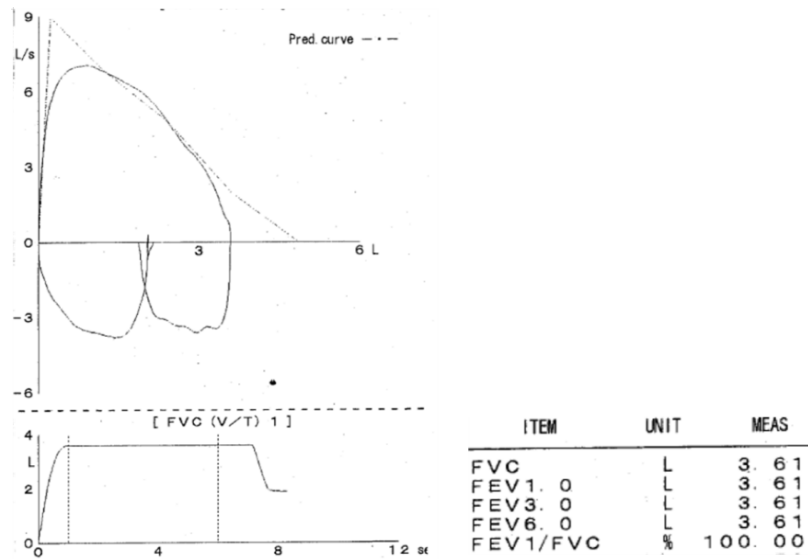


[그림 18] 조기중단이 확인된 그래프

<표 17> 조기중단이 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	조기중단
발생원인	최대 호기 시 끝까지 불어내지 않고 호기를 멈춤
해결방법	<p>최대호기 시 중간에 멈추지 않고 끝까지 불어낼 수 있게 해야 함.</p> <p>“불어낼 때, 혹 불고 멈추지 마시고요~ 빠르게 세게 불기시작해서 더 이상 공기가 나오지 않더라도 부는 느낌을 길게 유지해 주세요”</p> <p>“환자분 불어낼 때, 중간에 멈추지 마시고요 끝까지 불어내야 합니다. 더 이상 나올 공기가 없다고 느껴지더라도 불어내는 느낌을 유지 하세요”</p>
결과활용	<p>FEV1: 1초 이후에 중단되었으므로 FEV1은 활용가능</p> <p>FVC: Trial 1, 2는 조기중단으로 FVC저평가됨. 활용 불가</p>

6.1.3.3 조기 종료, 개구부 막힘



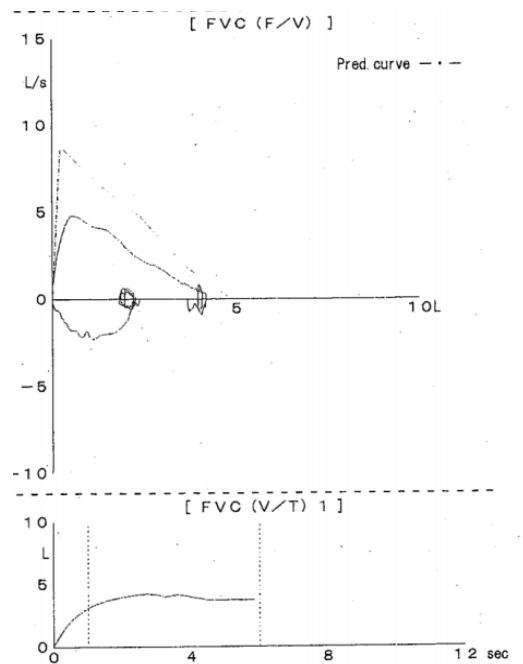
[그림 19] 조기종료, 개구부 막힘 등으로 판단되는 그래프

<표 18> 조기종료, 개구부 막힘 사례의 해결과 결과활용

사례	조기 종료, 개구부 막힘
발생원인	숨을 끝까지 불지 않고 1초정도 호기 후 숨을 참음 너무 세게 불어내려고 할 때 혀가 마우스피스 개구부를 막음 목이나 어깨의 근육에 힘을 너무 가하여 기도가 막힌 경우
해결방법	1) 호기를 길게 지속할 수 있게 배에 힘을 주고 계속 불어내도록 독려 "숨을 후! 하고 멈추면 안 되고 길게 길게 숨이 더 이상 안 나올 때까지 계속 불어내세요" "혀를 앞으로 내밀면 공기 통로가 막힙니다. 숨을 불어낼 때 혀는 앞으로 나오면 안 됩니다." "목과 어깨 힘을 빼고 최대한 세게 길게~ 불어보세요." 2) 평탄부에 도달할 때까지 길게 호기하게 설명, 검사자가 길게 호기하는 방법을 보여줌. "가능한 길게 불도록 노력해보세요, 제가 부는 방법대로 다시 한 번 해보세요."
결과활용	FEV1: 호기시간 1초 미만으로 활용 불가 FVC: 호기시간 1초 미만으로 활용 불가

※ 기타: 수검자가 과도하게 긴장하거나 호기방법을 이해하지 못해 조기종단이 반복 될 경우 SVC를 측정하여 FVC값과 비교 권고. SVC>FVC라면 조기종단의 가능성이 있으므로 FVC가 정확히 측정되도록 재시도할 필요가 있으며 8회까지 실시했음에도 조기종단이 반복될 경우 FVC와 1초율(%)의 해석에 주의해야한다.

6.1.3.4 최대호기 후 끝까지 불어내지 못하고 다시 흡기함

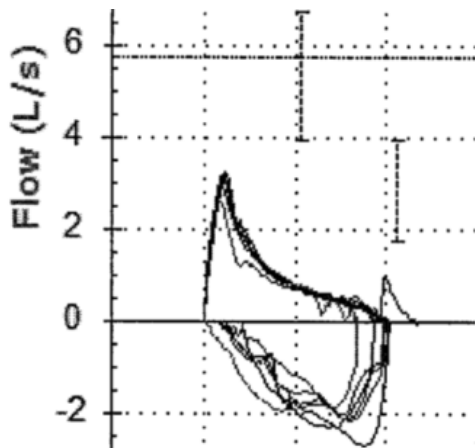


[그림 20] 호기를 유지하지 못하는 그래프

<표 19> 호기를 유지하지 못하고 흡기하는 사례의 해결과 결과활용

사례	최대호기 중 끝까지 불어내지 못하고 다시 흡기함.
발생원인	복부의 호흡근에 힘을 주지 못하여 최대 호기 하지 못함.
해결방법	1) 가슴에 힘을 많이 준 경우, 아랫배에 힘을 주며 길게 호기 할 수 있게 한다. <i>"끝까지 숨을 내쉴 때 느낌은 없지만 조금씩 측정되고 있습니다. 아랫배에 동일한 힘을 주며 숨을 밀어 낸다는 생각으로 불어 내세요."</i> 2) 최대호기 끝부분에 공기가 나오지 않더라도 부는 느낌을 유지 하게 해야 함. <i>"숨을 끝까지 불어내고 계세요", " 끝까지 더,더,더,더~", "불어내는 느낌으로 버티세요."</i>
결과활용	FEV1: 1초 이내 부적합요인 없으므로 활용가능 FVC: 고평부 확인 미흡으로 FVC저평가 가능성 있음. 활용 불가

6.1.3.5 추가호기 및 최고치 선택 오류



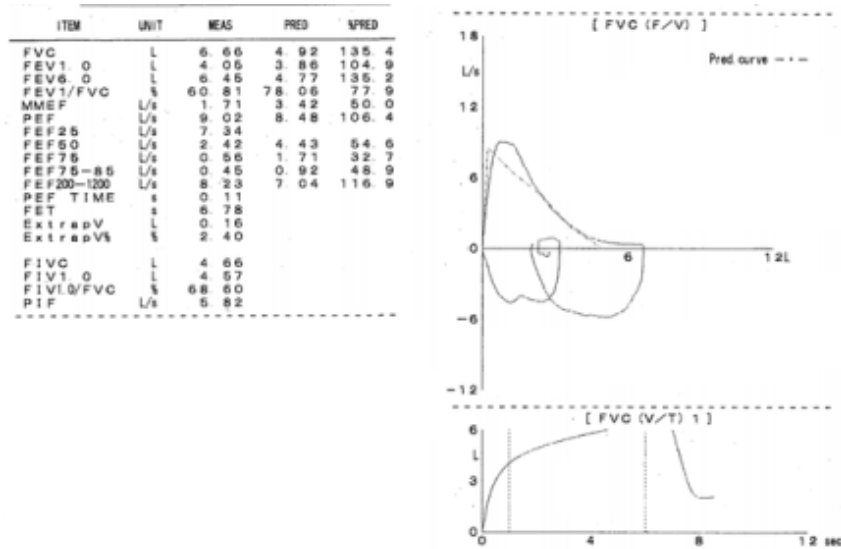
Parameter	ATS/ERS Best	Pred	% Pred.	Test 3	Test 7	Test 5	Test 6	Test 4	Test 2	Test 1
Time (hh:mm:ss)				14:00:17	14:03:07	14:01:21	14:02:17	14:00:48	13:59:17	13:58:43
VC (L)	2.18*	4.22	52	2.18*	2.18*	2.18*	2.18*	2.18*	2.18*	2.18*
FVC (L)	2.33*	4.22	55	2.33*	2.03*	2.01*	1.98*	1.96*	1.86*	1.68*
FEV1 (L)	1.22*	3.15	39	1.21*	1.21*	1.20*	1.22*	1.22*	1.22*	1.10*

[그림 21] 추가호기가 확인된 그래프

<표 20> 추가호기가 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	최고치 선택 오류
발생원인	호기 후 추가 호기에 의해 과대평가 된 결과를 최고치로 선택함.
해결방법	1) 해당 그래프(TEST3) 삭제 2) 코와 입이 벌어지지 않도록 코마개를 꼭 끼우고 입도 손으로 막는다. 끝까지 호기를 유지하게끔 한 후 최대한 흡기하도록 유도한다.
결과활용	FEV1: 1초 이내 부적합요인 없으므로 활용가능 FVC: 추가 호기하여 과평가된 그래프를 제외하고 활용가능 (Test 1번과 Test 3번을 삭제하면 잘된 검사임.)

6.1.3.6 검사기 오작동



[그림 22] 검사기 오작동이 의심되는 그래프

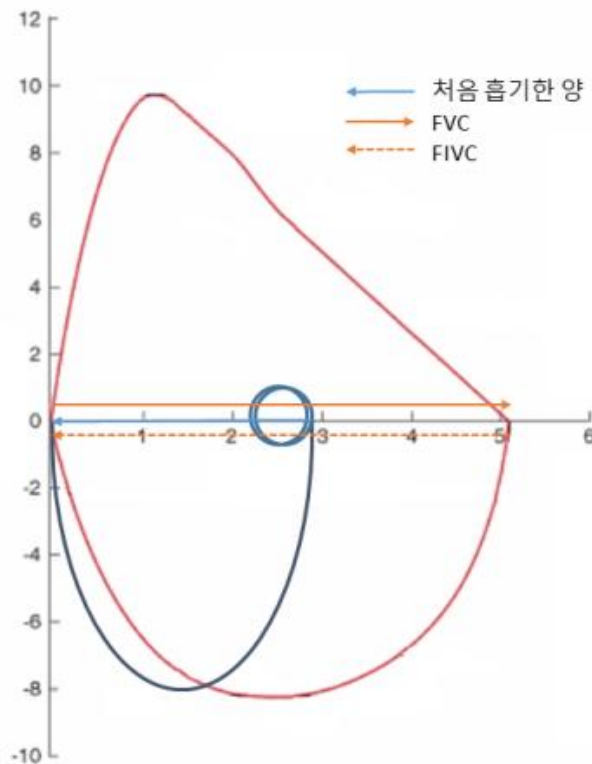
<표 21> 검사기 오작동이 발생한 사례의 해결과 결과활용

사례	호기를 지속해도 유량-용적곡선에서 그래프가 x축과 만나지 않음.
발생원인	검사기오작동(flow0 측정 오류)
해결방법	1) 바람이 나오지 않는데 유량이 0으로 떨어지지 않는다면 센서의 오작동을 의심할 수 있음. 센서교체 및 재보정 실시 2) 검사기의 오작동으로 잘못 그려진 그래프를 단순히 고평부 미확인으로 판단해서는 안 됨.
결과활용	FEV1: 기기 오작동의 경우 활용 불가 FVC: 기기 오작동의 경우 활용 불가

※ 기타: FVC(%)가 130%를 넘는다면 성별, 나이, 키 등의 기본정보입력을 재확인할 필요 있음. 기본정보입력이 정확하며 호기시간을 충분히 주었음에도 위의 사례처럼 유량-용적곡선에서 길게 끌리는 현상이 보인다면 장비오작동을 의심해야함. 확실한 판단을 위해 전년도 검진결과와 비교가 필요함.

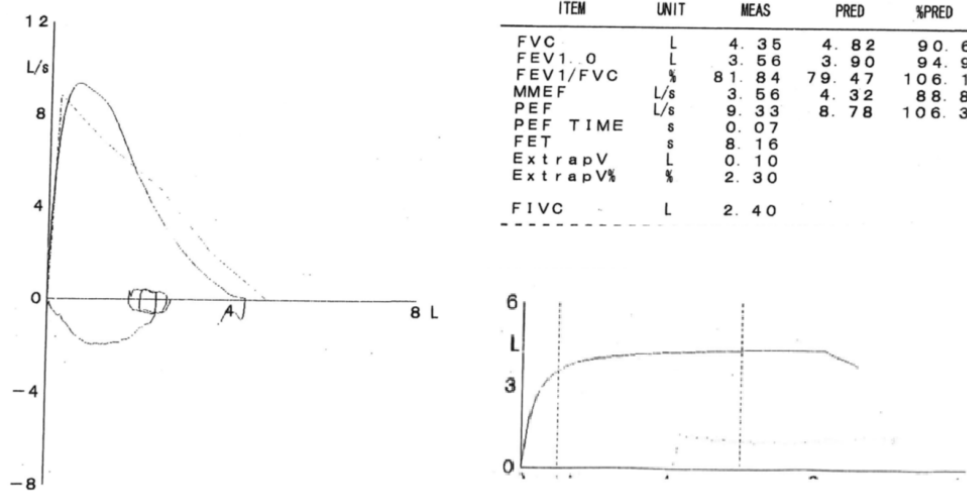
6.1.4. FIVC의 판단

- (1) FIVC는 FVC측정을 위해 최대한 호기한 후 다시 최대한의 노력으로 끝까지 마신 공기의 양을 의미한다. 이론적으로 FVC와 FIVC양은 동일하나 수검자의 검사방법에 대한 이해 또는 협조 부족, 호흡기계 건강상태, 검사기의 정확성, 보정 온도의 부적절한 적용 등으로 차이가 발생할 수 있다.
- (2) FIVC는 모든 검사에서 시도하는 것을 원칙으로 하며, 결과 값과 함께 유량-용적 곡선 상 흡기를 확인하여야 한다.



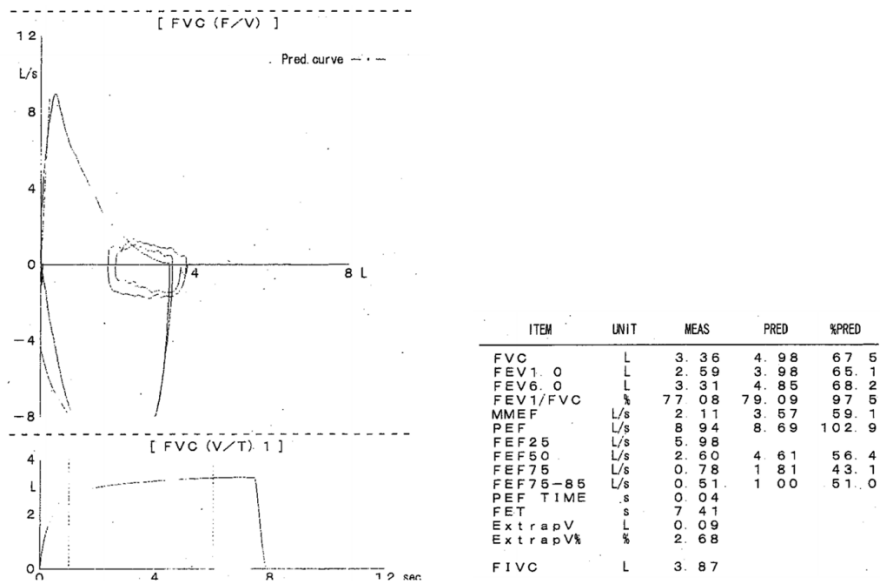
[그림 23] 처음 흡기한 양, FVC, FIVC의 비교

- (3) FIVC수치와 그래프의 FIVC양이 일치하지 않을 경우 정확히 측정되지 않은 것으로 판단될 수 있는데, 최대 호기 후 흡기한 양이 아닌 처음 최대 흡기한 양이 FIVC로 반영되는 경우 FIVC는 실시하지 않은 것으로 판단한다. [그림 23]의 유량-용적곡선에서 FIVC는 측정되지 않았으나 FIVC 결과 값은 2.40이 기록되었는데, 이 수치는 최대 호기직전 최대 흡기를 위해 마신 공기의 양이 반영된 수치이다. FIVC는 최대한 공기를 내뿜은 상태에서 최대한으로 흡기한 공기의 양을 의미하나 일부 폐활량검사기의 경우 흡기한 양 중 큰 값을 FIVC로 반영하므로 정확한 값의 판단에 주의가 필요하다.



[그림 24] FIVC가 잘못 적용된 예
처음 흡기한 양보다 FIVC의 양이 적다면 처음 흡기한 양이 FIVC로 잘못 반영하는 경우가 있다.

6.1.4.1 FIVC>FVC



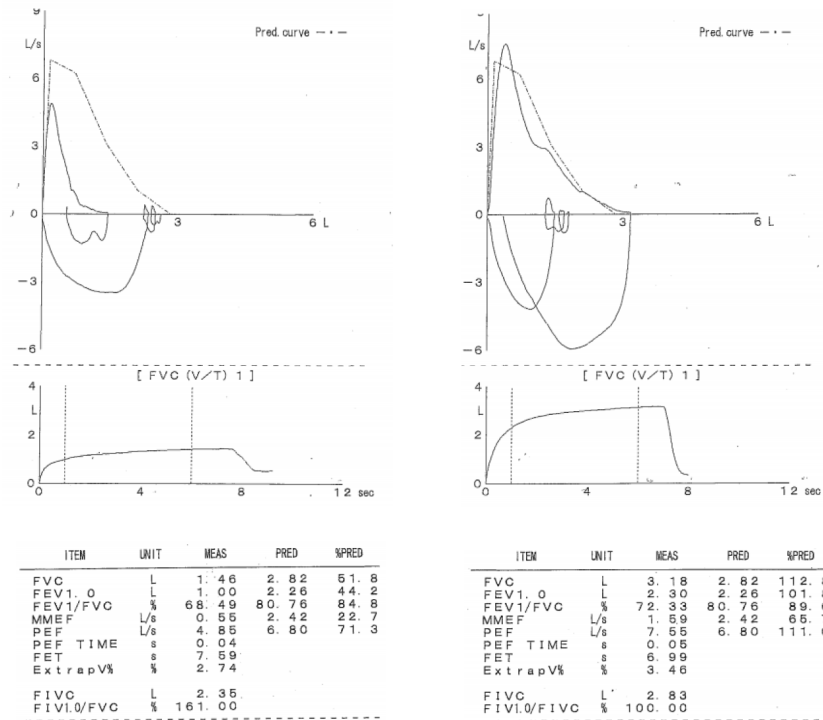
[그림 25] FIVC>FVC 그래프

<표 22> FIVC>FVC가 확인된 사례의 해결과 결과활용

사례	FIVC > FVC
발생원인	1) 평상 호흡 후 처음흡기 시 최대한 많이 마시지 못해 최대 호기량(FVC)이 적어지고 마지막 흡기를 최대한으로 마심. 2) 호기 시 입이 벌어졌거나 코로 바람 새어 호기량이 줄어듦. 3) 장비의 오작동
해결방법	1) 안정 호흡 후 최대한 많은 양을 흡기 하도록 연습시킨다. <i>"편안하게 숨을 쉬다가 최대한 깊게, 숨을 많이 마셔야 많이 불어낼 수 있습니다."</i> <i>"최대로 들여 마실 때 가슴을 위로 올리면서 내 숨이 목까지 가득 찬다는 느낌으로 끝까지 들여 마시세요."</i> 2) 강제 호기 시 누출이 있는지 확인: 안면마비로 입술이 오므려지지 않는 경우 고무 마우스피스 사용. 호기 시 입 주변으로 바람이 새지 않도록 양손으로 입을 꼭 잡게 하고 코로 새지 않도록 코마개를 꼭 끼우거나 필요에 따라서는 꼭 잡아준다. 3) 동일 현상이 다른 수검자에게서도 발생한다면 장비의 오류일 수 있음. 3L 실리지로 볼륨을 확인 후 필요하다면 재보정 실시.
결과활용	FEV1: 최대흡기 또는 누출 등의 문제라면 FEV1 저평가 가능성 있음. 활용에 주의 필요 FVC: FIVC>FVC로 최대흡기가 안된 상태로 호기하였거나 누출의 가능성 있음. FVC 저평가 가능성 있으므로 활용에 주의 필요

※ 기타: 수검자가 최대한 많은 양을 흡기하고 호기했는지 확인할 수 없다면 SVC 검사를 추가로 시행하여 값을 비교 → SVC값과 FVC값이 비슷한 값인데도 반복해서 FIVC>FVC인 경우는 장비의 문제일 수 있으니 센서교체, 재보정 등의 조치가 필요함.

6.1.4.2 유량-용적곡선에서 정상호흡이 FVC의 오른쪽에 위치



[그림 26] 정상호흡이 FVC의 오른쪽에 위치하는 그래프(왼쪽)와 적합성을 만족하는 그래프(오른쪽)

<표 23> 정상호흡이 FVC의 오른쪽에 위치하는 사례의 해결과 결과활용

사례	FVC 및 FEV1의 재현성 부족 유량-용적곡선에서 정상호흡이 FVC의 오른쪽에 위치 (좌측: 처음 흡기한 양이 FVC 및 FIVC보다 크게 그려지며, FIVC값(2.35)은 실제 FIVC 값이 아닌 처음 흡기한 양을 반영한 값임.)
발생원인	1) 마우스피스에 입술을 꼭 오므리지 않아 호기 시 공기가 누출 된 경우 2) 검사기의 일시적인 오작동
해결방법	1) 검사가 끝날 때 까지 마우스피스에서 입술이 떨어지지 않도록 설명 "마우스피스는 이로 살짝 물고 입술을 꼭 조여 공기가 새지 않도록 해야 합니다." "검사가 끝날 때 까지는 입술을 꼭 오므리시고 붙어주세요" → 입이 쉽게 벌어지는 경우는 두 손으로 입 옆을 꼭 잡아 벌어지지 않게 한다. → 안면마비가 있어서 계속 벌어진 경우는 고무 마우스피스를 이용하여 바람이 새지 않고 호기가 충분히 측정되게 한다. 2) 유사현상 반복 시 센서 교체 후 재보정 실시
결과활용	FEV1: 과소평가로 활용 불가 FVC: 과소평가로 활용 불가

6.2 재현성의 판단

- (1) 재현성 판단의 전제조건은 측정그래프가 적합성을 만족한다는 것이다. 적합성을 만족하지 못한다는 것은 FVC 또는 FEV₁이 정확하게 측정되지 못했다는 것을 의미하므로 결과 값의 비교의미가 없어진다.
- (2) 적합성을 만족하는 3회 이상의 검사를 실시했다면 측정된 값이 유사한지를 확인한다. 재현성의 판단은 검사 순서에 상관없이 FVC의 가장 큰 값과 두 번째로 큰 값, 그리고 FEV₁의 가장 큰 값과 두 번째로 큰 값을 비교한다. 가장 작은 값과는 0.15 L를 초과하는 차이가 있어도 괜찮다.
- (3) 재현성은 반드시 3개의 검사결과로만 판단해야 하는 것은 아니며, FVC와 FEV₁을 분리하여 판단할 필요가 있다. <표 24>의 예에서 3회까지 검사를 마치고 재현성을 확인해보니 FVC는 0.04 L로 재현성을 만족하나 FEV₁은 0.16 L로 기준을 만족하지 못하였다. 추가로 검사를 진행하니 FVC는 4.08 L로 수치가 약간 낮아졌으나 FEV₁이 3.35 L가 측정되었으며, FEV₁의 재현성은 0.03 L로 만족하게 되었다.

<표 24> 재현성 판단의 예

검사순서	1	2	3	4
FVC	4.20	4.24	4.09	4.08
FEV1	3.32	3.16	3.15	3.35

- (4) 재현성의 판단은 적합성을 만족한다는 전제조건이 필요하나 모든 적합성기준을 다 만족해야 재현성을 판단할 수 있는 것은 아니다. <표 24>의 예에서 4번검사가 조기중단으로 확인되어 FVC를 신뢰하기 어려운 상황이라든가 망설임 없이 세고 빠르게 1초이상 호기를 하였다면 FEV₁값은 정확하게 측정되었다고 판단할 수 있으며, 따라서 FEV₁의 재현성을 비교하는 것이 가능하다.

6.3 에러코드의 활용

검사기 화면 또는 검사 결과지에 에러코드가 제시되는 경우 이를 참조하여 적합성과 재현성을 판단할 수 있다. 그러나 에러코드는 기계적인 판단에 의한 자료이므로 판정에 활용할 최종 결과값의 선택은 검사자와 판정의사의 판단이 우선해야 한다. 장비마다 에러코드를 표현하는 방식과 의미가 다르므로 각 제조사에서 제공한 해석기준을 확인해야 한다.

Best Data			Ref	Pre
Spirometry				
FVC	Liters		4.88	4.51
FEV1	Liters		3.73	3.17
FEV1/FVC	%		78	70
FEF25-75%	L/sec		3.37	2.00
PEF	L/sec		8.20	10.99
PEFT	Sec			0.09
FET100%	Sec			11.16
FIVC	Liters		4.39	3.56
Vol Extrap	Liters			0.03
FVL ECode			000000	

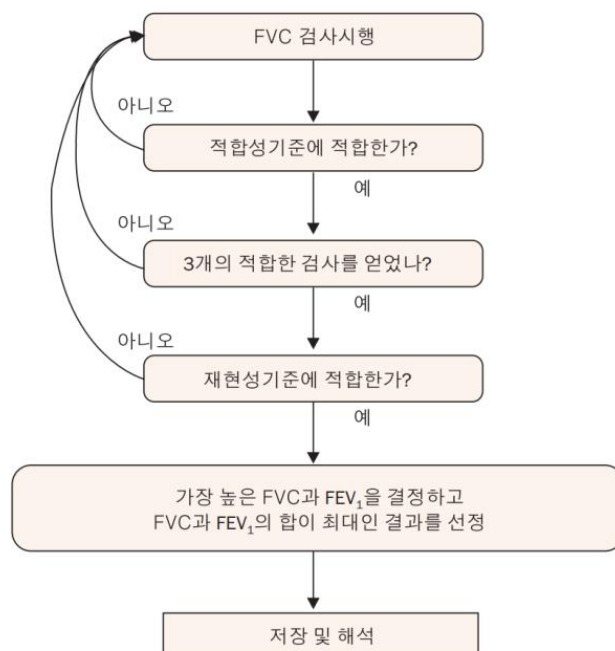
000000					
↓	↓	↓	↓	↓	↓
FVC재현성					호기시간
FEV1재현성					고평부
PEF재현성					외삽용적

Session Quality and Repeatability Information					
Session Grade	FVC Rep:	FEV1 Rep:	Slow Start of test	End of test criteria not achieved	Cough detected in 1st second
A	0.07 L	0.01 L	0 blow(s)	3 blow(s)	0 blow(s)

[그림 27] 검사기의 에러코드 예

6.4 적합성과 재현성 있는 결과를 얻기 위한 반복검사

- (1) 폐활량측정의 횟수를 줄이기 위하여 폐활량검사자는 검사를 시작하기 전에 수검자에게 검사의 목적과 방법에 대하여 충분히 이해시켜야 한다.
- (2) 폐활량검사자는 한 번의 검사가 끝났을 때 적합성과 재현성에 대하여 검토하고 오류가 있는 경우 검사대상자에게 충분히 설명하여 다음번에는 개선되도록 교육시켜야 한다.
- (3) 적합성 기준을 우선 만족해야하며 적합성을 만족하는 3개 이상의 검사가 이루어지면 재현성을 판단한다. 재현성 기준도 만족하면 판정에 활용할 결과를 선택한다. 적합성 기준을 모두 만족해야 재현성을 판단할 수 있는 것은 아니며, FVC와 FEV₁을 분리하여 판단해도 괜찮다.
- (4) 폐활량검사에서는 적합성과 재현성을 만족하는 3회의 검사를 얻는 것이 1차 목표이다. 수검자의 협조가 어려워 3회만으로 검사를 끝내기 어렵다면 검사를 반복하는데 8회를 초과할 필요는 없다.
- (5) ‘최대 8회 검사’의 의미를 적합성 또는 재현성을 만족하지 못하기 때문에 8회의 검사횟수를 채워야한다는 의미로 해석해서는 안 된다.

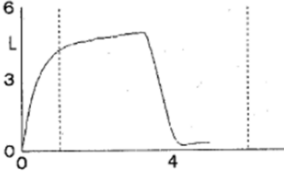
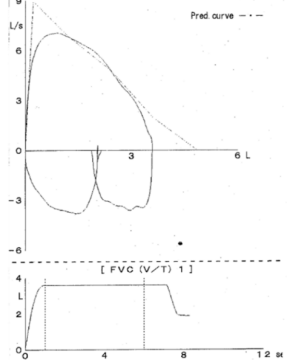
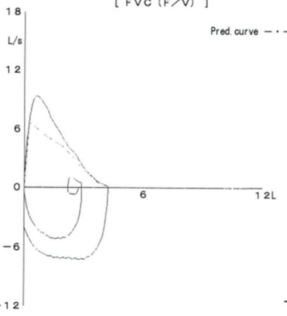
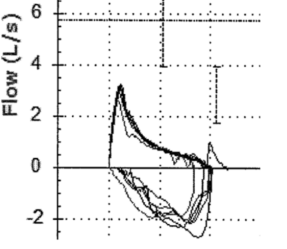


[그림 28] 적합성과 재현성 흐름도(대한결핵 및 호흡기 학회, 2016)

7. 검사자의견 작성

- (1) 검사를 종료했다면 수검자의 검사 협조도와 검사상 확인된 문제점에 대해 의견을 기술한다.
- (2) 수행한 검사 횟수와 상관없이 적합성과 재현성을 만족하는 검사를 3회 이상 얻었다면 검사의견의 기술은 필요 없으나 적합성 또는 재현성 기준을 일부라도 만족하지 못한다면 검사의견의 기술이 필요하다.
- (3) 검사자는 수검자의 어떤 부분이 협조가 안 되었는지, 발생한 문제로 인해 검사결과에 어떤 영향을 줄 수 있는지, 개선을 위해 어떤 조치를 했는지 등을 가능하면 상세히 기술하는 것이 좋다.
- (4) 관정의사는 검사자의 의견을 참조하여 폐활량검사 결과를 해석해야 한다.

<표 25> 검사의견 작성 예

검사사례	검사의견 작성 예
	끝까지 호기하도록 요청했으나 지속 힘들어함. 고평부 확인하지 못함
	호기를 유지하도록 독려했으나 협조가 안 되어 조기 중단됨, 실제 호기시간 1초 미만
	최대한 흡기 후 호기하도록 유도했으나 검사방법을 이해하지 못함, FIVC>FVC
	8회중 1회 검사에서 추가호기 발생하여 FVC가 크게 측정됨
기타	필터를 세게 물면 통증 호소함 필터를 물면 왼쪽으로 돌아가는 모습이 관찰되며 발음이 샘 건강에 이상 없다고 하나 호기 중 가슴통증 호소함

<표 26> 불필요한 검사의견

6초 호기가 안 되어 8회 실시: 적합성기준에 없는 불필요한 의견

여러 번 시도했으나 수치 차이남, 이해 부족하여 8회 실시함: 구체적이지 못한 의견

FVC 80% 미만, 1초율 70% 미만: 검사의 적합성과 관련 없는 의견

적합성 또는 재현성을 만족하지 못하나 문제없다고 기술한 경우

8. 검사결과의 선택

- (1) 판정에 활용할 검사 결과의 선택은 여러 번의 검사결과 중에서 각각의 검사결과에 관계없이 가장 큰 검사값을 뽑아 선택하는 “가장 큰 검사 값 선택방법”을 원칙으로 한다.
- (2) 결과값 선택 시 결과의 적합성과 재현성을 고려해야 한다.

9. 폐활량 검사결과의 기록

폐활량 검사는 수 년 간에 걸쳐 검사값들이 변화하는 경향을 추적 조사하는 것이 중요하므로 다음 각 호를 기록하여 보존한다.

- (1) 측정일자 및 시간
- (2) 검사대상자의 이름, 성별, 나이, 키, 몸무게, 인종
- (3) 폐활량계의 종류
- (4) 폐활량계의 보정기록
- (5) 검사자세
- (6) 예측식의 종류
- (7) 검사결과
- (8) 검사자의 이름

10. 폐활량검사 판정을 할 때 고려할 점

폐활량검사 판정 전에 폐활량검사의 적합성과 재현성의 판정기준에 따라 적합성과 재현성을 확인한다.

10.1 예측식(예측치 공식)의 선택

- (1) 폐활량검사 결과의 적절한 해석을 위해서는 수검자의 인종 또는 국적에 따라 적절한 예측식을 선택해야 한다.
- (2) 검사자는 사용 중인 폐활량검사기에서 적용 가능한 예측식의 종류와 변경방법을 알고 있어야 한다.

- (3) 정확한 예측치의 계산을 위해서는 폐활량검사를 시작할 때 나이, 키, 몸무게, 성별, 인종을 정확히 입력해야 한다.
- (4) <표 27>의 예측식은 한국인과 아시아 외국인 근로자를 대상으로 특수건강진단 폐활량검사 검사 결과해석 시 사용가능하다.

<표 27> 폐활량검사 시 FVC 예측식 적용기준

구분		예측식	보정계수 적용 시
한국인			
외국인	동북아시아 - 몽골, 중국	GLI 2012 -동북아시안식, 최정근식, Morris식	최정근식 \times 0.95
	중앙아시아 - 우즈베키스탄, 키르기스스탄		
	동남아시아 - 미얀마, 베트남, 인도네시아, 캄보디아, 태국, 필리핀, 라오스, 동티모르 남아시아 - 네팔, 파키스탄, 스리랑카, 방글라데시	GLI 2012 -동남아시안식	최정근식 \times 0.87

10.2 이상판정

- (1) 검사대상자의 FVC, FEV₁, 1초율이 정상 하의 한계치 미만일 때 이상으로 판정한다.
- (2) 폐활량검사의 FVC 또는 FEV₁이 정상 예측치보다 80% 미만이거나 1초율이 70% 미만일 때 이상으로 판정하며, 근로자건강진단 실무지침 제1권 특수건강진단 개요의 폐활량검사 기준을 참조하여 판정한다.

11. 환기기능 장애의 유형

11.1 폐쇄환기장애

- (1) 강제폐활량 검사에서 1초율이 정상 하의 한계치 미만 또는 70% 미만인 경우로 한다.

- (2) 강제폐활량이 감소하나 1초간 강제날숨량의 감소가 더 심하여 1초율이 정상보다 낮아지는데, 유량-용적곡선에서 처음 부분에 유량의 감소가 관찰되는 경우 대부분은 대기도의 폐쇄를 의미하며, 중간부분의 감소는 세기관지의 폐쇄를 의미한다.
- (3) 강제호기 1초 이내에 문제가 발생하거나 수검자가 최선의 노력으로 호기하지 않은 경우 판단에 주의가 필요하다.

11.2 제한환기장애

- (1) 강제폐활량이 정상의 아래 한계치 미만 또는 예측치의 80% 미만인 경우로 한다.
- (2) 제한환기장애의 정확한 진단을 위해서는 총폐활량의 측정이 필요하다.
- (3) 1초간 강제날숨량은 강제폐활량이 감소함에 따라 다소 감소할 수 있으나 1초율은 정상범위이거나 정상보다 증가할 수 있다.
- (4) 수검자가 최대한 흡기-호기 하지 않아 강제폐활량이 감소한 것과 구분이 필요하다.

11.3 혼합환기장애

- (1) 폐쇄환기장애와 제한환기장애가 동시에 있는 경우로 강제폐활량과 1초율이 정상의 아래 한계치 미만이거나 강제폐활량이 예측치의 80%미만이고 1초율이 70% 미만인 경우로 한다.
- (2) 정확한 제한성의 동반을 확인하기 위해서는 총폐활량의 측정이 필요하다.
- (3) 수검자가 최대한 흡기-호기 하지 않아 강제폐활량이 감소한 것과 구분이 필요하다.
- (4) 강제폐활량, 1초간 강제날숨량, 1초율이 모두 감소한다.

<표 28> 폐활량검사 결과와 환기장애

판정	강제폐활량	1초간 강제날숨량	1초율(%)
정상	정상	정상	정상
폐쇄환기장애	낮거나 정상	매우 낮음	낮음
제한환기장애	낮음	낮음	높거나 정상
혼합환기장애	낮음	낮음	낮음

12. 감염 예방

12.1 평상시

- (1) 검사실은 가급적 실외로 통하는 창문이 있는 곳으로 정한다.
- (2) 창문이 없는 장소에는 다른 환기장치와 연결되지 않는 독립된 환기장치를 설치한다.
- (3) 출장검진으로 진행하는 경우에는 가급적 환기가 잘 되며 독립된 공간을 검사장으로 선정한다.
- (4) 원내의 검사실에서는 부유세균과 바이러스의 제거가 가능한 검증된 공기살균장치를 운용한다.
- (5) 수검자 1명 당 1개의 일회용인라인필터를 사용한다. 일회용인라인필터는 소독하여 재사용하지 않는다.
- (6) 일회용인라인필터는 성능성적서를 확인하여 세균과 바이러스 제거효율이 각각 30 L/min이상의 유량에서 99.9%이상인 제품을 사용한다.
- (7) 코마개는 일회용으로 사용한다.
- (8) 검사자는 마스크 등의 호흡보호구를 상시 착용하며, 손은 손소독제 등으로 주기적으로 소독한다.
- (9) 결핵 등 전염성 호흡기질환자를 파악하여 감염위험 시 검사를 연기한다. 검사를 진행해야 할 경우에는 제일 마지막 순서로 검사를 진행하며, 검사 즉시 센서와 검사기 주변을 소독하고 환기시킨다.
- (10) 검사기는 제조사의 권고에 따라 주기적으로 소독한다.
- (11) 센서의 오염에 대비하여 예비용센서를 보유한다.

12.2 호흡기 감염병 유행시

아래는 호흡기 감염병 유행 시기에 감염을 최소화하면서 폐활량검사를 진행하기 위한 방법임. 각 검사실의 실정에 맞게 적용 가능함.

12.2.1 검사 전

12.2.1.1 사전조사 및 검사여부 결정

- (1) 폐기능검사는 의사의 판단에 따라 필요하다고 인정되는 경우에만 실시한다.
- (2) 호흡기증상과 위험지역 방문 여부 등에 대한 사전조사를 실시한다.
- (3) 건강진단 당일 호흡기증상이 있거나 체온이 37.5℃ 이상이라면 의사 상담 후 검사 진행 여부를 결정한다.

12.2.1.2 검사장소

- (1) 내원하여 검사하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 검사실 내에는 공기살균장치와 환기시설(창문 또는 독립된 환기장치)이 있어야 한다.
- (3) 출장으로 검사를 진행할 경우 환기가 잘 되는 독립된 공간에서 진행한다.
- (4) 동시에 2대 이상의 검사기를 운영하는 경우 각각 독립된 공간을 확보하며, 독립된 공간 확보가 어려울 경우 1명씩 검사를 진행한다.

12.2.1.3 검사자

- (1) 검사자도 업무시작 전 발열 및 호흡기 증상을 확인하고 호흡기 증상이나 발열이 있다면 업무에서 제외한다.
- (2) 검사자의 숙련도, 피로도 등을 감안하여 충분한 인력을 확보하여 배정한다.
- (3) 고위험 기저질환[예, 당뇨병, 만성폐질환, 만성심장질환(고혈압 제외), 만성신장질환, 만성간질환, 면역저하제 복용자 등]을 가진 직원 또는 임신부는 폐활량검사업무에서 제외한다.

12.2.1.4 검사자 보호구

- (1) KF94 또는 N95등급 이상의 호흡기 보호구, 일회용 방수성 긴팔가운, 일회용 장갑을 착용한다.
- (2) 고글 또는 안면보호구를 착용한다.
- (3) 보호구 착용 전 손세정제 등을 이용해 손을 소독한다.

12.2.1.5 수검자

- (1) 폐활량검사 대기자는 마스크를 착용한 상태로 검사장소와 분리된 공간에서 2 m (최소 1 m)의 간격을 두고 대기한다.
- (2) 수검자는 폐활량검사기의 손잡이를 잡기 전 손세정제 등을 이용해 손을 소독한다.

12.2.1.6 일회용품의 사용

- (1) 일회용 인라인필터를 수검자 1인당 1개씩 사용한다. 일회용 인라인필터는 바이러스제거효율(30 L/min이상의 유량에서 99.9%이상 제거)이 확인된 제품을 사용하여야 하며 포장지는 미리 개봉해두지 않는다.

※ 유럽호흡기학회에서는 호흡기 감염병 유행 시기에 폐활량검사를 실시해야한다면 600~700 L/min(10~11.7 L/s)의 유량에서 바이러스와 세균의 제거능력이 확인된 제품의 사용을 권고하고 있다.

- (2) 일회용 코마개를 사용한다.

12.2.1.7 기타 주의사항

- (1) 검사와 상관없는 사람의 불필요한 검사실 출입을 금지한다.
- (2) 검사실 내에 음료수를 포함해 음식물을 두지 않는다.

12.2.2 검사 중

- (1) 검사자는 상시 마스크를 착용하며 수검자는 검사자의 설명이 끝날 때 까지 마스크를 벗지 않는다.
- (2) 검사 진행 중 수검자는 마스크를 벗어서 내려놓지 말고 손에 들고 검사를 받는다. 휴대전화 등 개인소지품도 검사기 주변에 올려두지 않는다.
- (3) 검사자와 수검자는 같은 방향을 바라보고 앉아서 검사를 진행하며 수검자의 호기가 검사자 방향으로 향하지 않도록 주의한다.
- (4) 검사자는 수검자와의 불필요한 신체접촉을 피한다. 자세교정과 수검자 독려 등이 필요한 경우 가능한 말로 설명한다.
- (5) 수검자가 검사 중 기침을 하는 경우에 대비하여 미리 휴지 등을 제공하고 기침이 나면 휴지로 입을 막고 기침하도록 설명한다.

12.2.3 검사 후

- (1) 일회용인라인필터의 제거 시 필터 포장지 등을 활용하여 필터를 감싼 후 제거하고 수검자의 타액이 손에 묻지 않도록 주의한다.
- (2) 사용된 일회용인라인필터, 일회용코마개, 일회용장갑, 수검자가 가지고 있던 휴지 등은 의료폐기물로 분리 배출한다.
- (3) 일회용 장갑은 검사기 표면소독까지 완료 한 후 제거하며, 손세정제 등을 이용해 손을 소독한다.
- (4) 환기 및 표면소독
 - (가) 환기와 표면소독을 위해 검사 후 다음 검사까지 최소 15분 이상의 간격이 둔다.
 - (나) 표면소독은 오염가능부위를 70% 에탄올 등으로 닦아 낸다.
 - 검사기 손잡이, 센서 외부 등
 - 검사 중 수검자의 손이 닿았거나 신체접촉이 가능한 위치
 - 센서 내부는 손닿는 부위만 알코올 솜 등으로 닦아준다(와이어, 메쉬 등 센서 내부 부품에 소독액이 묻을 경우 검사기 오작동의 원인이 될 수 있음).
- (5) 센서의 오염이 의심되는 경우 즉시 예비용 센서로 교체하고 다시 보정한다.
- (6) 1일 검사 종료 후 센서를 소독한다. 센서의 소독방법과 주기는 검사기 제조사의 권고를 따를 수 있다.

지침 개정 이력

□ 개정일 : 2021. 10.

- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 원용립
- 개정사유 : 근로자대상 폐활량검사 방법과 결과의 적합성 확인방법 등을 구체화하고 다양한 사례를 제시하여 실무에서 쉽게 참고할 수 있도록 하기 위함
- 주요 개정내용
 - 검사 전 확인사항 추가
 - 검사기 보정방법 및 오류 판단기준 추가
 - 폐활량검사 문진표 제시, 호흡곤란정도의 구분은 mMRC(modified Medical Research Council) 제시
 - 원활한 검사진행을 위해 수검자에게 설명할 내용 및 검사 유도방법 제시
 - 검사결과의 적합성과 재현성 판단기준 및 판단사례 제시
 - 검사 중 호흡기감염을 최소화하기 위한 방법 추가

□ 개정일 : 2023. 11. 29.

- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 이화연
- 개정사유 : 폐활량검사는 강제폐활량(Forced vital capacity, FVC) 예측치의 80% 이상을 정상으로 해석하나, 예측치를 계산하는 공식(예측식)의 선택 기준이 없어 기관마다 결과해석 기준이 다르며, Knudson 등 부적절한 예측식을 적용하여 검사결과가 부정확하게 해석되는 사례가 다수 확인됨. 따라서 근로자 대상 폐활량검사 시 결과해석을 위한 예측식 선택 기준을 제시함
- 주요 개정내용
 - 한국인과 아시아 외국인 근로자 각각에 적용 가능한 예측식 제안
 - 제안한 예측식을 적용할 수 없는 경우 보정계수 적용