

2019 연구보고서

특수건강진단 폐활량검사 판정 실태조사 및 표준화 방안

원용림 · 김은아 · 박종선 · 박가영

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



요 약 문

연구기간

2019년 02월 ~ 2019년 11월

핵심 단어

폐활량검사 판정, 예측식, 최고치 선택, 표준화

연구과제명

특수건강진단 폐활량검사 판정 실태조사 및 표준화 방안

1. 연구배경

폐활량검사는 수검자의 협조상태, 검사기의 보정상태, 온도·습도·기압의 변화, 검사자의 적합성 및 재현성 판단능력과 경험, 나이·성별·키 등 기본정보의 정확한 입력 여부 등에 따라 검사결과가 달라질 수 있으며, 정상참고치의 계산식, 최종결과의 선택방법, 정상/이상의 판단기준에 따라 최종판정결과가 달라질 수 있으므로 검사와 판정의 표준화가 필요하다. 산업안전보건연구원에서는 2002년부터 특수건강진단기관에서 이루어지는 폐활량검사의 신뢰성 확보를 위해 정도관리를 실시하고 있다. 폐활량검사분야 적합률은 2002년 72%에서 2018년 91%로 상승하였으나 평가항목에 판정분야는 포함되어있지 않으며 검사자의 검사능력향상에만 초점이 맞추어져 있으므로 폐활량검사의 신뢰성이 향상되었다고 확신하기 어렵다. 따라서 본 연구를 통해 폐활량검사 판정에 영향을 주는 요인들의 적용실태를 확인하고 폐활량검사 판정의 신뢰성 확보를 위한 표준화 방안을 제시하고자 한다.

2. 주요 연구내용

- 연구결과

폐활량검사의 결과해석에 영향을 주는 요인으로서 정상참고치 계산식(예측식)의 선택, 판정에 활용할 결과(최고치)의 선택, 관리대상자 선정기준의 적절성 부분을 중심으로 각 건강진단기관의 적용실태를 확인하였다.

검토대상 기관의 약 80%는 우리나라 근로자에게 적절하지 않은 예측식을 사용하고 있었으며, 예측식에 따라 폐활량검사의 정상/이상 판정률에 차이가 있음을 확인하였다.

판정에 활용할 결과를 선택하는 기준도 기관마다 차이를 보였는데, 미국흉부학회/유럽호흡기학회(ATS/ERS)에서 제안하였고 국제적으로 인정되고 있는 가이드를 따르는 기관은 28%에 불과했으며, 근거 없는 기준으로 선택하거나(36%) 정해진 기준 없이 결과를 선택하는 기관(36%)도 확인되었다.

관찰대상자 또는 질환의심자를 선정하는 기준은 대부분의 기관에서 노력성폐활량(FVC) 80%, 1초율 70%의 고정기준을 적용하고 있으나 80% 또는 70% 비율계산의 기준이 되는 예측식이 기관마다 차이가 있었고, 폐활량검사 결과가 정상범위에 있더라도 노화에 의한 자연 감소량 이상의 감소를 보이는 경우 추적관찰이 필요하나 이에 대한 기준이 없었다. 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자를 대상으로 조사한 결과, 2년 연속 FVC 또는 1초간 노력성 호기량(FEV₁) 이 연간 100 mL이상의 감소를 보인 근로자는 8.5~8.7% 수준으로 확인되었다.

- 시사점

폐활량검사에서 판정의 기준이 되는 예측식과 판정에 활용할 결과를 선택하는 기준이 특수건강진단기관마다 차이를 보였는데 이는 근로자가 어느 병원을 선택하는가에 따라 판정결과가 달라질 수 있음을 의미한다. 직업성 호흡기 질환의 선제적 예방을 위해 근로자가 명확하고 합리적인 기준에 따라 호흡기이상을 판정받을 수 있도록 판

정기준의 표준화가 필요하다.

3. 연구 활용방안

- 제 언

특수건강진단 폐활량검사에서 정상참고치를 계산하는 예측식은 ‘GLI 2012’ 식을 제안한다. 예측식계산의 기본이 되는 데이터가 오래되었다는 단점이 있으나 한국인의 데이터가 포함되어있으며 최신 통계기법의 적용으로 그동안 ‘대한결핵 및 호흡기학회’에서 권고되어온 ‘CHOI(최정근식)’ 보다 적절할 것으로 판단된다. 또한 최고치 선택기준에 따라 판정에 활용될 값이 달라질 수 있으므로 최고치 선택은 ATS/ERS의 권고에 따라 그래프의 적합성과 재현성을 고려한 값을 선택할 것을 제안한다. 관리대상자의 선정은 현재의 고정기준과 비교기준을 동시에 적용할 것을 제안하며, 비교기준으로는 2년 연속 FVC 또는 FEV₁이 연간 100 mL 이상 감소하는 경우로 제안한다. 비교기준의 적용은 진행성 폐질환의 조기발견을 가능하게하며 검진당시의 일시적 오류에 의한 판정오류를 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

- 활 용

- KOSHA GUIDE 및 근로자건강진단실무지침 개정을 위한 기초자료로 활용
- 특수건강진단기관 종사자 교육 자료로 활용

4. 연락처

- 산업안전보건연구원 직업건강연구실 직업건강연구부 원용림
- ☎ 052) 703. 0857
- E-mail herhand@kosha.or.kr

차례

I. 서론	1
1. 연구배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	6
II. 연구 방법	7
1. 연구대상 및 자료수집	7
2. 연구내용 및 방법	10
1) 예측식 및 최고치 선택기준 사용 실태 조사	10
2) 예측식 선택에 따른 판정결과의 변화 확인	10
3) 최고치 선택 오류에 따른 판정오류 확인	12
4) 연간 폐활량 변화량을 고려한 폐활량검사 결과의 해석	12
5) 폐활량검사 결과해석의 표준화를 위한 권고기준 제안	12
3. 통계분석	13
III. 연구 결과	14

1. 예측식 사용실태	14
2. 예측식 변화에 따른 폐활량 판정의 변화	16
1) 분석자료의 일반적 특성	16
2) 예측식 변화에 따른 폐활량판정의 변화	19
3. 최고치 선택기준 적용실태 및 최고치 선택 오류에 따른 판정오류 사례	37
1) 최고치 선택기준 적용실태	37
2) 최고치 선택 오류 사례	40
4. 연간 폐활량 감소량을 고려한 폐활량검사 결과의 해석	51
1) 분석대상 자료의 일반적 특성	51
2) 연간 폐활량 감소량	53
3) 고정기준에 따른 이상자 선정	57
4) 연간 감소량을 고려한 이상자 선정	59
IV. 제언	64
참고문헌	81

<표 차례>

<표 1> 수집자료	8
<표 2> 분석대상 자료 수	9
<표 3> 폐쇄 환기장애의 중증도 구분을 위한 예측치 대비 FEV ₁ 의 비율 (%)	11
<표 4> 특수건강진단기관의 폐활량검사 예측식 사용현황(2017년~2018년)	15
<표 5> 자료의 일반적 특성과 FVC, FEV ₁ 평균	16
<표 6> 연령대별 수검자 수	17
<표 7> 주요 3개 예측식별 일반적 특성과 FVC, FEV ₁ 평균	18
<표 8> 주요 3개 예측식 사용기관의 이상자 비율(남성, FVC, 80% 미만)	21
<표 9> 주요 3개 예측식 사용기관의 이상자 비율(여성, FVC, 80% 미만)	22
<표 10> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(남성, FVC)	23
<표 11> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(여성, FVC)	24
<표 12> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(남성, FEV ₁)	25
<표 13> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(여성, FEV ₁)	26
<표 14> 예측식 선택에 따른 예측치 변화의 예	28
<표 15> 예측식 변화에 따른 환기장애 판정비율의 변화	29
<표 16> 예측식 변화에 따른 환기장애 판정자 수의 변화	31

<표 17> 예측식 변화에 따른 판정의 일치율	32
<표 18> 연령대별 예측식 변화에 따른 판정의 일치율	33
<표 19> Cohen' s 카파계수	35
<표 20> 폐쇄 환기장애의 경우 예측식에 따른 증증도의 변화	35
<표 21> 최고치 선택기준 및 폐활량검사기의 최고치 자동선택기능 지원 여부에 따른 적용기관 수와 검진건수	38
<표 22> 판정에 활용할 결과는 누가 선택하는가?	39
<표 23> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 일반적 특성	51
<표 24> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 연령 분포 ...	52
<표 25> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별, 흡연경험 별 일반적 특성	52
<표 26> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 연도별 FVC, FEV ₁ 변화	53
<표 27> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별, 흡연경험 별 FVC의 변화	54
<표 28> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별, 흡연경험 별 FEV ₁ 의 변화	55
<표 29> 2014년~2018년 FVC와 FEV ₁ 의 흡연경험 및 연령대별 연간감소 율	56
<표 30> 고정기준을 적용한 환기장애의 판정 결과, 각 환기장애 해당인 원(전체 213,640명에 대한 비율)	57
<표 31> 폐활량검사상 환기장애에 따른 호흡기계 판정 결과(2018년)	58
<표 32> 연간 감소량에 따른 수검인원 분포(FVC)	60
<표 33> 연간 감소량에 따른 수검인원 분포(FEV ₁)	61
<표 34> FVC의 연간 100 mL이상의 연속감소가 확인된 근로자 중 호흡	

기계 정상(A)으로 판정된 수	63
<표 35> FEV ₁ 의 연간 100 mL이상의 연속감소가 확인된 근로자 중 호흡 기계 정상(A)으로 판정된 수	63
<표 36> 특수건강진단 1차 검사에서 폐활량검사를 실시해야하는 유해인 자	67
<표 37> 폐활량검사 대상 유해인자의 C1, D1 판정기준	68

[그림 차례]

[그림 1] 폐활량검사의 정확성에 영향을 미치는 요인	4
[그림 2] 폐활량검사의 해석 예(근로자건강진단 실무지침, 2018)	11
[그림 3] 예측식 변화에 따른 환기장애 판정비율의 변화	30
[그림 4] 1초율 70% 미만(폐쇄 환기장애)의 경우 중증도 변화	36
[그림 5] 폐활량검사의 적합성과 재현성 판단 기준(ATS/ERS, 2005) ..	41
[그림 6] FVC의 과대평가 사례	42
[그림 7] FVC의 과소평가 사례	43
[그림 8] FEV ₁ 미측정 및 FVC의 과소평가 사례	44
[그림 9] 막힘에 의한 FVC의 과소평가 사례	45
[그림 10] 조기중단에 의한 FVC의 과소평가 사례	46
[그림 11] 막힘으로 인한 FVC 판단 불가 및 FEV ₁ 재현성 부족 사례	·47
[그림 12] 외삽용적 기준 초과 및 조기중단 사례	48
[그림 13] 호기 중 유량변화로 인한 부적절한 FEV ₁	49
[그림 14] 센서오류에 의한 부적절한 검사 사례	50
[그림 15] 폐활량검사의 해석(근로자건강진단 실무지침, 2018)	64
[그림 16] 대부분의 특수건강진단기관에서 사용하는 폐활량검사의 해석 기준	65
[그림 17] KOSHA GUIDE(H-129-2014, 폐활량검사 및 판정에 관한 지침) 에서 제시한 환기기능 장애의 유형 판단기준	66
[그림 18] 폐활량검사 해석 흐름도(2016 폐기능검산지침, 대한결핵 및	

호흡기학회) 70

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

특수건강진단은 산업안전보건법 제43조 및 동법 시행규칙 제98조에 따라 고용노동부에서 정한 179종의 유해인자(유기화합물 108종, 금속류 19종, 산 및 알칼리류 8종, 가스 상태 물질류 14종, 허가대상 유해물질 12종, 금속가공유, 분진 7종, 물리적 인자 8종, 야간작업 2종)에 노출되는 업무에 종사하는 근로자에 대해 유해인자 노출에 의한 직업성질환을 조기에 발견하고 적절한 사후관리 또는 치료를 받도록 함으로써 근로자의 건강을 유지·보호하기 위한 목적의 건강진단이다. 179종의 유해인자 중 호흡기계 질환을 유발할 수 있다고 알려진 물질은 65종인데, 호흡기계 이상의 진단을 위해 유해인자에 따라 청진, 흉부방사선사진 촬영, 객담세포검사, 폐활량검사, 작업 중 최대호기유속연속측정, 비특이 기도과민검사, 흉부 전산화 단층촬영 등의 검사항목이 제시되고 있으며, 이중 폐활량검사를 반드시 실시해야하는 유해인자는 27종이다. 폐활량검사는 호흡기계 질환을 평가하는데 중요한 진단적 검사 중 하나로 수검자가 숨을 최대한 들이마신 후 내쉴 수 있는 공기의 양을 측정하는 검사이다. 폐활량검사에서는 수검자가 들이마시고 내쉬는 공기의 유량(flow)과 용적(volume), 시간(time) 등을 측정하며, 용적의 변화, 1초간 내뿜을 수 있는 공기의 양과 비율이 폐활량의 감소와 기도의 폐쇄여부를 확인하는 중요한 지표로 사용된다.

특수건강진단에서 폐활량검사의 궁극적인 목적은 유해물질 취급근로자의 호흡기질환 예방이다. 즉, 정확한 폐활량검사와 판정을 통해 호흡기의 기능적 이상을 판단하고 이상 징후 확인 시 추적관찰, 작업환경개

선, 보호구 착용강화 또는 작업 전환 등을 통해 근로자의 건강을 보호할 수 있어야 한다. 「2017년도 근로자건강진단 실시결과」 보고서에 따르면 2017년 전체 특수건강진단 수검자는 2,023,574명이었으며(고용노동부, 2018) 이중 38.8%에 해당하는 785,352명이 폐활량검사를 수검한 것으로 확인되었다.

폐활량검사에서의 ‘정상’은 검사결과가 통계적인 기법에 의해 계산된 참고값의 범위(정상참고치) 내에 포함된다는 개념이며, 임상적으로 중요한 의미를 갖는다(Quadrelli et al., 1999). 예측식은 정상참고치를 산출하기 위한 계산식을 의미하는데 같은 나이, 키, 성별이라도 인종에 따라 폐활량검사 결과가 달라지므로 수검자와 유사한 인종을 대상으로 만들어진 것을 선택해야한다. 폐활량검사 결과에 인종차이가 주는 기여도는 10% 정도로 보고되었으며(ATS, 1991), 미국에서는 코카시안을 대상으로 만들어진 예측식으로 아시아인을 검사할 경우 0.88의 factor값 적용이 권고되기도 하였다(ACOEM, 2011). 동일인종을 대상으로 만들어진 예측식이라도 표본 선정 시기 및 통계방법에 따라 식이 달라질 수 있으므로 주기적인 업데이트로 출생코호트를 배제하고 최신의 통계기법을 적용할 필요가 있다(Pellegrino et al., 2005; Quanjer et al., 2012).

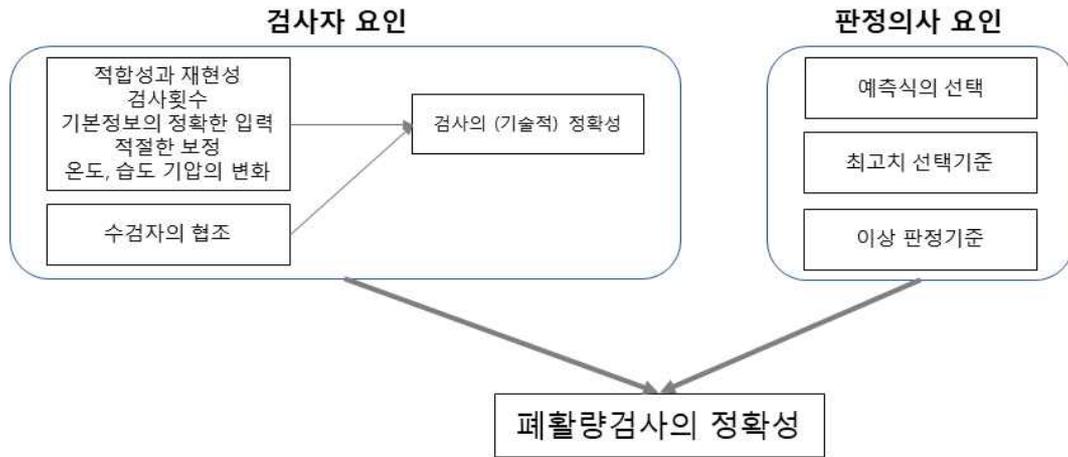
폐활량검사 최고치의 선택방법으로는 검사의 적합성과 재현성을 고려한 ‘Best value approach’ 방법이 참값에 가까우며 정확한 예측식의 공식 도출하거나 유해물질에 의한 폐활량의 변화, 예후의 판정에 적절하다고 보고되었다(ATS, 1979; Miller et al., 2010). 그러나 정도관리를 위해 한국산업안전보건공단에 제출된 자료를 검토해보면 판정에 활용할 결과를 일정한 기준 없이 임의로 선택하는 경우가 상당 수 확인되며, 검사자와 판정의사 모두 최종결과의 선택방법을 모르는 경우가 있었다.

직업성호흡기질환의 정확한 판단을 위해서는 노화에 의한 폐활량감소와 직업적인 요인에 의한 폐활량감소의 구분이 필요하며, 이를 위해서

는 배치전검진 또는 전년도 검진결과와 비교할 필요가 있음이 보고되었다(ACOEM, 2011; Quanjer et al., 2012; Redlich et al., 2014). 독일의 경우 폐기능이 50 mL/년 초과 시 추가 진단을 요하는 요관찰군으로 분류하고 있으며(DGUV, 2007), 영국의 경우 기존의 $FEV_1 < 80\%$, $FVC < 80\%$ 에 준하는 기준 뿐만 아니라, 폐기능이 연속된 2년간 200 mL 이상 감소하였을 경우(100 mL/년 이상 감소) 등에 대한 구체적인 기준을 제시하고 있다(HSE, 2016). 우리나라도 특수건강진단의 목적을 고려해볼 때, 독일과 유사하게 예방적인 의미의 50 mL/년의 기준이 적합하다는 의견이 제시되었다(명준표 등, 2016).

폐활량검사는 수검자의 협조상태, 검사기의 보정상태, 온도·습도·기압의 변화, 검사자의 적합성 및 재현성 판단능력과 경험, 나이·성별·키 등 기본정보의 정확한 입력 여부 등에 따라 검사결과가 달라질 수 있으며, 정상참고치의 계산식, 최종결과의 선택방법, 정상/이상의 판단기준에 따라 최종판정결과가 달라질 수 있으므로 검사와 판정의 표준화가 필요하다(Miller et al., 2005)[그림 1].

산업안전보건연구원에서는 2002년부터 특수건강진단기관에서 이루어지는 폐활량검사의 신뢰성 확보를 위해 정도관리를 실시하고 있다. 폐활량검사분야 적합률은 2002년 72%에서 2018년 91%로 상승하였으나 평가항목에 판정분야는 포함되어있지 않으며 검사자의 검사능력향상에만 초점이 맞추어져 있으므로 폐활량검사의 신뢰성이 향상되었다고 확신하기 어렵다.



[그림 1] 폐활량검사의 정확성에 영향을 미치는 요인

1970년대 미국흉부학회(American Thoracic Society, ATS)와 유럽호흡기학회(European Respiratory Society, ERS)를 중심으로 시작된 폐활량검사 판정의 표준화 노력은 현재에도 진행 중이다. 그러나 ATS와 ERS가 최근(2010년)까지 제시해왔던 폐활량검사의 표준화를 위한 가이드는 일반인구집단의 호흡기질환을 정확히 진단하기 위한 자료이며, 근로자집단 대상의 폐활량검사는 일반인구집단 대상의 폐활량검사와 방법상으로는 동일하나 결과의 정확한 해석과 자료의 활용을 위해서는 예측식의 선택과 판정기준에서 좀 더 세밀한 접근이 필요하다고 하였다 (Redlich et al., 2014). 우리나라에서도 예측식 변화에 따른 판정의 변화를 확인하거나 외국인을 대상으로 만들어진 예측식을 한국인을 대상으로 만들어진 예측식과 비교하는 등 판정에 영향을 주는 요인을 분석하려는 시도는 있었으나(나승원 등, 2006; 오연목 등, 2006) 호흡기계 질환의 진단 및 치료 경과확인을 위한 검사결과 또는 수술 전 폐기능 평가를 위한 검사결과를 분석한 것으로 대부분이 건강한 근로자들을 대상으로 하는 특수건강진단 폐활량검사에 일반화하기에는 무리가 있다고 판

단된다.

근로자를 대상으로 하는 폐활량검사의 표준화는 미국직업환경의학회(American College of Occupational and Environmental Medicine, ACOEM)와 ATS가 주도하고 있다. ACOEM에서 2000년에 제시한 ‘Spirometry in the occupational setting’은 직업환경의학 측면에서의 폐활량검사를 체계적으로 정리하여 제시한 최초의 자료라고 할 수 있는데, 폐활량검사 방법과 장비의 표준화뿐만 아니라 예측식의 선택, 비교기준의 고려 등 검사와 판정 전 영역을 아우르는 내용을 제시하였으며 2011년에 갱신되었다. ATS에서도 2014년에 ‘Technical Standards: Spirometry in the Occupational Setting’을 제시했는데 기존의 보고 자료에 검사자교육과 검사자세, 결과의 해석 등을 보완하였으며, 특히 시간에 따른 폐활량의 감소를 어떻게 판단해야하는지를 중점적으로 다루었다. 그러나 ACOEM과 ATS의 자료가 근로자 건강진단에서의 폐활량검사를 다룬 가장 최신의 자료임에도, 미국인과 미국에서 많이 사용하는 검사장비에 초점이 맞추어져 있어 우리나라에 그대로 적용하는 것은 적절하지 않다.

우리나라에서는 2016년 명준표 등이 ‘근로자 건강진단 시 폐기능 검사의 적정성 평가 및 판정기준 개발’ 연구를 진행하였으나 근로자들 대상의 새로운 예측식 개발과 비교판정기준의 제안이 주요 내용이었으며, 현재 우리나라에는 ACOEM, ATS 등에서 제안하는 것과 같은 근로자 집단 대상의 폐활량검사 판정 표준화와 합리화를 위한 지침이 없고 관련 연구도 부족한 상태이다. 따라서 우리나라도 국제 기준을 준용하면서 우리나라 검진여건을 고려한 지침의 마련이 필요하며, 이를 위해 각 특수건강진단기관의 예측식 사용현황과 판정에 활용할 결과 값의 선택 기준, 판정기준 등 폐활량검사 결과의 해석에 영향을 줄 수 있는 요인들의 적용실태를 파악하고 그것들이 결과해석에 어느 정도 영향을 주었

는지 정량적으로 확인할 필요가 있다. 또한 근로자들이 일관된 기준으로 호흡기질환 평가를 받을 수 있도록 표준화방안의 제시가 필요하다.

2. 연구목적

본 연구를 통해 폐활량검사의 결과 해석에 영향을 주는 요인들(예측식, 최고치 선택, 판정기준)의 적용실태를 확인하고 판정에 주는 영향을 확인하여, 폐활량검사 결과가 일관된 기준으로 해석되도록 우리나라 검진여건을 고려한 권고기준을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 자료수집

본 연구는 산업안전보건법 시행령 제105조에 따라 특수건강진단기관에서 한국산업안전보건공단으로 제출된 특수건강진단 결과 중 폐활량검사 결과자료와 산업안전보건법 제43조에 따라 시행된 폐활량검사분야 정도관리 결과자료를 활용하여 진행하였다.

특수건강진단 폐활량검사 결과 DB자료는 예측식 변경에 따른 판정변화 확인, 연도별 폐활량변화 확인 등에 사용되며 2018년도 검사결과 및 2014년부터 2018년까지 5년 연속으로 폐활량검사를 수행한 자료를 사용하였다. 검사결과 중 중복, 외국인, 신체정보(나이, 성별, 키, 몸무게) 입력누락 또는 오류, 주요 결과(FVC, FVC%, FEV₁, FEV₁%) 입력누락 또는 오류(FEV₁>FVC) 자료는 제외하였다<표 1>. 모든 자료는 주민등록번호, 이름 등 개인을 특정할 수 없는 형태로 데이터베이스 관리자로부터 제공받았다.

폐활량검사 정도관리 결과자료는 240여개 특수건강진단기관에 대해 기관별로 무작위 선정된 5건의 폐활량검사 자료를 검토하였으며 각 검진기관별 예측식 사용실태 및 최고치 선택방법을 확인하였다.

본 연구는 산업안전보건연구원 생명윤리위원회의 승인을 받은 후 진행하였다(2019-IRB-7).

<표 1> 수집자료

<p>특수건강진단 폐활량검사 결과자료(DB)</p>	<p>나이, 성별, 키, 몸무게, 2014년~2018년의 노력성폐활량(FVC), FVC의 예측치대비 %(FVC%), 1초간 노력성 호기량(FEV₁), FEV₁의 예측치대 비 %(FEV₁%), 1초율(FEV₁/FVC%), 폐활량검사 판정결과, 호흡기계 판정결과, 검진일자</p> <p>(포함) 2018년 전체 폐활량검사자료 및 2014~2018년 5 년 연속 폐활량검사를 수행한 근로자의 자료 (제외) 중복, 외국인, 신체정보(나이, 성별, 키, 몸무게) 입력누락 또는 오류, 주요 결과(FVC, FVC%, FEV₁, FEV₁%) 입력누락 또는 오류(FEV₁>FVC) 자료</p>
<p>폐활량검사 정도관리자료</p>	<p>나이, 성별, 키, 몸무게, 예측식사용 현황, 최고치 선택기준, FVC, FVC%, FEV₁, FEV₁%, FEV₁/FVC%, 용적-시간곡 선, 유량-용적곡선</p>

FVC, forced vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second

각 연도별로 수집된 자료의 수와 제외된 자료의 수, 최종 선택된 자료의 수는 <표 2>와 같다. 폐활량검사 수검자 수는 매년 증가하였으며 5년 연속 수검자는 213,640명으로 확인되었다.

<표 2> 분석대상 자료 수

검진 연도	자료 수	분석 제외					최종
		중복 자료	외국인	결과입력 오류†	키, 몸무게 입력 오류	제외합계	
2014	768,992	111,503	60,741	5,143	232	177,619	591,373
2015	828,226	128,080	69,738	7,020	355	205,193	623,033
2016	894,842	130,952	79,291	10,125	469	220,837	674,005
2017	871,010	85,685	81,162	2,652	648	170,147	700,863
2018	1,008,218	140,069	94,013	1,784	260	236,126	772,092

† 결과입력오류 제외 기준:

- FVC, FVC%, FEV₁ 결과가 없는 자료
- FEV₁>FVC

※ 5년 연속 수검자료: 213,640건

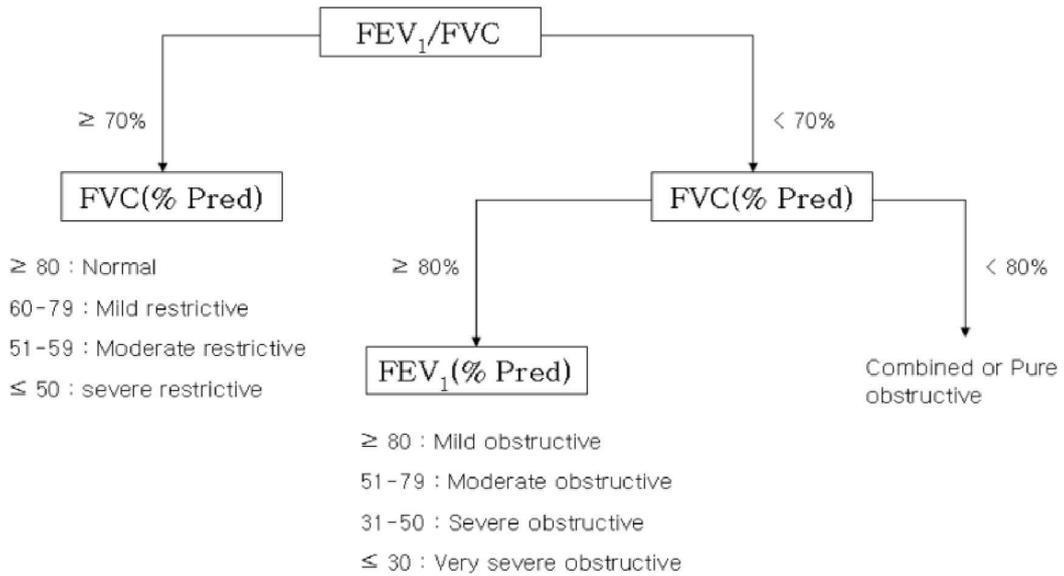
2. 연구내용 및 방법

1) 예측식 및 최고치 선택기준 사용 실태 조사

각 검진기관별 예측식 사용현황은 2017년~2018년에 폐활량검사분야 정도관리를 위해 제출된 폐활량검사 결과지의 기록내용에서 확인하였다. 최고치 선택방법은 2017~18년 정도관리 결과지와 특수건강진단 DB 자료를 비교하여 확인하였다. 판정에 활용할 결과 값의 선택자는 산업안전보건연구원 주관 세미나와 폐활량검사 실무교육에 참가한 검사자들을 대상으로 조사하였으며 기관당 1명의 자료만 반영하였다.

2) 예측식 선택에 따른 판정결과의 변화 확인

예측식의 변화에 따른 판정의 변화를 정량적으로 확인하기 위해 예측식 선택에 따른 폐활량검사 이상자 비율의 변화를 확인하고, 폐쇄 환기 장애로 확인된 경우 예측식에 따른 중증도의 변화를 확인하였다. 분석 대상 예측식은 국내에서 가장 많이 사용되는 외국인 대상의 예측식 2종(MORRIS, KNUDSON)과 우리나라 사람을 대상으로 만들어지거나 우리나라 사람이 포함된 예측식 2종(CHOI, GLI 2012)으로 선정하였다. 폐활량검사 이상 판정은 근로자건강진단실무지침의 판정 예에 따라 FVC 80%미만, 1초율 70% 미만을 기준으로 판단하였다[그림 2]. 폐쇄 환기장애를 보이는 경우 장애의 중증도 구분은 Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease(GOLD)에서 제안한 기준을 따랐다<표 3>.



[그림 2] 폐활량검사의 해석 예(근로자건강진단 실무지침, 2018)

<표 3> 폐쇄 환기장애의 중증도 구분을 위한 예측치 대비 FEV₁의 비율(%)

중증도	폐쇄 환기장애 (GOLD, 2007)
Mild	≥ 80%
Moderate	50~79%
Severe	30~49%
Very severe	<30%

3) 최고치 선택 오류에 따른 판정오류 확인

2017~18년 정도관리 자료와 특수건강진단 DB의 연계 검토를 통해 각 검진기관별 최고치 선택결과를 검토하고 부적절한 최고치 선택에 의한 판정오류를 확인하였다.

4) 연간 폐활량 변화량을 고려한 폐활량검사 결과의 해석

2014~18년 연속수검자 자료를 검토하여 전회 폐활량검사 결과와의 비교를 통한 판정결과와 현재 사용 중인 고정기준을 적용한 판정결과를 비교하였다. 비교기준은 2016년 명준표 등이 ‘근로자 건강진단 시 폐기능 검사의 적정성 평가 및 판정기준 개발’연구에서 제안한 연간 50 mL와 연간 100 mL를 기준으로 하였으며, 연간 감소량이 기준이상 증가한 경우를 ‘이상’으로 판단하였다. 고정기준에서는 현재 대부분의 특수건강진단기관에서 사용 중인 FVC 80% 미만 또는 FEV₁ 70% 미만을 ‘이상’ 판정의 기준으로 하였다.

5) 폐활량검사 결과해석의 표준화를 위한 권고기준 제안

이상의 분석결과와 문헌검토를 통해 우리나라 특수건강진단 폐활량검사의 결과해석에 적용가능한 권고기준을 제시하였다.

3. 통계분석

통계분석은 SPSS version 18.0(IBM, IL, U.S.)을 사용하였다. 수집 자료의 제 특성 분포를 파악하기 위한 기술통계, 빈도분석을 실시하였으며, 독립변수그룹 간 FVC와 FEV₁ 등의 평균치 비교를 위해 일원배치 분산분석을 실시하였다. 예측식 선택에 따른 폐활량검사 결과의 정상/이상 판정 율(%)의 비교를 위해 카이제곱검정을 실시했고, 예측식 선택에 따른 판정의 일치율을 확인하기 위해 카파분석을 실시하였다. 유의수준은 0.05미만으로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 예측식 사용실태

2017년~2018년 폐활량검사분야 정도관리 자료를 통해 각 기관별 사용 예측식을 파악하였으며, 특수건강진단 DB와 연계하여 각각의 예측식을 이용해 검사된 자료의 수를 확인하였다. 2018년 검진실적이 있는 기관 중 122개 기관(50.2%)에서 MORRIS 예측식을 사용하고 있었으며 전체 검진자료의 59.5%가 MORRIS 예측치를 기준으로 판정된 것으로 확인되었다. 한국인을 대상으로 만들어진 CHOI 예측식은 47개 기관(19.3%)에서 사용 중이었으며 전체 검진자료의 8.1%가 해당되었다. 2종류 이상의 예측식을 사용하는 기관, 즉 장비에 따라 다른 예측식을 설정하여 사용하는 기관은 25개 기관(10.3%)이었으며, 어떤 예측식을 사용하는지 확인이 불가능곳은 9개 기관(3.7%)이 있었다<표 4>. 한국인이 포함된 GLI 2012 예측식은 1개 기관에서 사용 중이었으며 24건의 자료만 확인되었다.

**<표 4> 특수건강진단기관의 폐활량검사 예측식 사용현황
(2017년~2018년)**

예측식	검진기관 수†	%	검사자료 수	%
MORRIS	122	50.2	459,082	59.5
KNUDSON	31	12.8	108,679	14.1
CHOI	47	19.3	62,410	8.1
기타(NHANES III, ASIA5, Forche, GLI 2012)	9	3.7	33,817	4.4
2종류 이상 사용	25	10.3	66,038	8.6
확인불가	9	3.7	42,066	5.4
합계	243	100	772,092	100

† 2018년 폐활량검사 실적이 있는 기관 모두 포함(현재 지정 반납한 기관도 포함됨)

2. 예측식 변화에 따른 폐활량 판정의 변화

1) 분석자료의 일반적 특성

예측식 변화에 따른 판정결과의 변화를 확인하기 위해 2018년 특수건강진단 DB의 폐활량검사자료를 활용하였으며 자료의 일반적인 특성과 연령대별 수검자 수는 <표 5> 및 <표 6>과 같다.

<표 5> 자료의 일반적 특성과 FVC, FEV₁ 평균

	전체	남	여
자료 수	772,092	700,571	71,521
나이	43.1±11.3	43.1±11.3	42.9±12.0
키	170.6±7.3	171.8±6.2	158.6±5.8
몸무게	72.1±12.5	73.5±11.9	58.6±9.9
FVC	4.3±0.8	4.4±0.7	3.1±0.5
FEV ₁	3.4±0.7	3.5±0.6	2.6±0.4

<표 6> 연령대별 수검자 수

연령대	전체	남	여
19세 이하	4,548	4,044	504
20~29세	109,862	95,497	14,365
30~39세	206,161	193,013	13,148
40~49세	214,355	195,562	18,793
50~59세	188,625	167,562	21,063
60~69세	46,212	42,709	3,503
70~79세	2,306	2,161	145
80세 이상	23	23	-
합계	772,092	700,571	71,521

사용빈도가 높은 3개 예측식별 수검자의 일반적 특성과 FVC, FEV₁의 평균을 비교하였다. 나이, 키, 몸무게 등 예측치 계산을 위한 기본항목과 FVC 및 FEV₁평균 모두 예측식간 통계적으로 의미 있는 차이를 보이는 것으로 분석되었으나 평균의 차이는 크지 않았다<표 7>.

<표 7> 주요 3개 예측식별 일반적 특성과 FVC, FEV₁ 평균

	남				여			
	MORRIS	KNUDSON	CHOI	p [†]	MORRIS	KNUDSON	CHOI	p [†]
자료 수	414,485	98,555	56,775		44,597	10,124	5,635	
나이	42.7±11.4	43.2±11.1	44.6±11.7	0.000	42.9±12.0	42.1±12.5	44.4±11.7	0.000
키	171.9±6.3	171.9±6.2	171.2±6.4	0.000	158.6±5.8	158.7±5.8	158.1±5.8	0.000
몸무게	73.6±12.1	73.3±11.8	73.0±12.1	0.000	58.6±9.9	58.5±9.8	58.1±9.6	0.000
FVC	4.4±0.7	4.4±0.7	4.3±0.7	0.000	3.1±0.5	3.1±0.5	3.1±0.5	0.000
FEV ₁	3.5±0.6	3.5±0.6	3.4±0.6	0.000	2.6±0.4	2.6±0.4	2.5±0.4	0.000

† One-way ANOVA

2) 예측식 변화에 따른 폐활량판정의 변화

사용빈도가 높은 MORRIS(122기관, 50.2%), CHOI(47기관 19.3%), KNUDSON(31기관, 12.8%) 예측식에 따라 FVC 80% 미만으로 평가된 사람들의 빈도수와 비율을 남성과 여성으로 구분하여 <표 8>과 <표 9>에 제시하였다. 남성의 경우 29세 이하 연령대는 MORRIS식을 사용하는 기관에서 비율이 높았고, 30세 이상 연령대에서는 CHOI식을 사용하는 기관에서 비율이 높았다. 전체적으로 CHOI식을 사용하는 기관에서 FVC 80% 미만으로 평가된 비율이 가장 높았다. 여성의 경우에는 39세 이하에서는 MORRIS식을 사용하는 기관이, 40~69세까지는 CHOI를 사용하는 기관이, 70세 이상에서는 다시 MORRIS식을 사용하는 기관이 FVC 80% 미만으로 평가된 비율이 높았으며, 남성과 마찬가지로 전체적으로 CHOI식을 사용하는 기관에서 FVC 80% 미만으로 평가된 비율이 가장 높았다. KNUDSON식을 사용하는 기관은 남성과 여성 모두 전 연령대에서 FVC 80% 미만인 사람의 비율이 가장 낮았다.

예측식 변화에 따른 FVC 80% 미만 비율을 <표 10>과 <표 11>에 제시하였다. <표 10>과 <표 11>을 통해 각 기관의 폐활량검사 결과를 특정 예측식으로 일괄 변경했을 경우의 판정 변화를 확인하였으며, 분석 대상 예측식은 사용빈도가 높은 3가지(MORRIS, CHOI, KNUDSON)와 한국인을 대상으로 만들어진 예측식 중 상용화된 장비에 설치 가능한 예측식(CHOI, GLI 2012)을 고려하여 선택하였다. 남성에서 FVC 80% 미만으로 확인된 경우는 19세 이하부터 39세까지는 MORRIS식을 적용한 경우가, 40세 이후 및 전 연령대에서는 CHOI식을 적용한 경우가 다른 예측식을 적용한 경우보다 높은 것으로 확인되었다. KNUDSON식은 20대를 제외하고 전체 연령대에서 가장 낮게 나타났다. 여성에서도 유사한 경향을 보였는데 여성은 19세 이하부터 29세까지는 MORRIS식, 30세 이후 및 전체 연령대에서는 CHOI식을 적용한

경우가 높았고 KNUDSON식을 적용한 경우 19세 이하부터 70세 이상까지 전 연령대에서 가장 낮은 비율을 보였다.

예측식 변화에 따른 FEV₁ 80% 미만¹⁾과 70% 미만²⁾ 비율을 <표 12>와 <표 13>에 제시하였다. 남성과 여성 모두 CHOI식을 적용하는 경우 FEV₁ 80% 미만과 FEV₁ 70% 미만의 비율이 높게 나타났다.

1) FEV₁ 80%: Global Initiative for Chronic Lung Disease(GOLD)의 폐쇄 환기장애 분류기준(Mild)

2) FEV₁ 70%: American Thoracic Society/European Respiratory Society(ATS/ERS)의 폐쇄 환기장애 및 제한 환기장애 분류 기준(Mild)

<표 8> 주요 3개 예측식 사용기관의 이상자 비율(남성, FVC, 80% 미만)

연령대	MORRIS(122기관)				CHOI(47기관)				KNUDSON(31기관)			
	수검자 수(명)	FVC (Liter)	예측치대 비%	80% 미만, n(%)	수검자 수(명)	FVC (Liter)	예측치대 비%	80% 미만, n(%)	수검자 수(명)	FVC (Liter)	예측치대 비%	80% 미만, n(%)
19세 이하	2,718	4.61±0.63	99.1±17.0	316 (11.63)	367	4.72±0.62	96.6±13.8	26 (7.08)	510	4.60±0.64	99.0±13.6	33 (6.47)
20~29세	60,954	4.75±0.62	90.9±9.9	7,608 (12.48)	6,877	4.77±0.64	92.5±10.3	686 (9.98)	12,800	4.77±0.65	93.0±10.9	1,260 (9.84)
30~39세	116,574	4.63±0.61	91.3±10.1	14,137 (12.13)	13,814	4.64±0.63	91.1±10.5	1,829 (13.24)	27,166	4.66±0.64	93.5±11.1	2,652 (9.76)
40~49세	113,329	4.35±0.60	91.7±10.9	14,662 (12.94)	15,217	4.37±0.61	90.3±11.0	2,423 (15.92)	28,462	4.40±0.62	96.2±12.7	2,576 (9.05)
50~59세	94,552	4.04±0.59	91.6±12.0	14,763 (15.61)	14,888	4.06±0.59	89.3±11.6	2,937 (19.73)	23,884	4.11±0.62	99.0±15.4	2,299 (9.63)
60~69세	25,012	3.75±0.58	91.7±13.5	4,571 (18.28)	5,345	3.79±0.59	88.0±12.6	1,364 (25.52)	5,424	3.78±0.60	102.9±8.4	530 (9.77)
70세 이상	1,346	3.45±0.57	91.2±14.7	311 (23.11)	267	3.46±0.57	85.7±13.5	84 (31.70)	309	3.50±0.61	106.9±25.4	44 (14.01)
Total	414,485	4.38±0.67	91.5±11.1	56,368 (13.60)	56,775	4.35±0.69	90.3±11.2	9,349 (16.47)	98,555	4.41±0.69	96.1±13.6	9,394 (9.53)

<표 9> 주요 3개 예측식 사용기관의 이상자 비율(여성, FVC, 80% 미만)

연령대	MORRIS(122기관)				CHOI(47기관)				KNUDSON(31기관)			
	수검자 수(명)	FVC (Liter)	예측치대 비%	80% 미만, n(%)	수검자 수(명)	FVC (Liter)	예측치대 비%	80% 미만, n(%)	수검자 수(명)	FVC (Liter)	예측치대 비%	80% 미만, n(%)
19세 이하	345	3.26±0.46	88.3±11.9	84 (24.3)	35	3.30±0.40	92.3±9.8	2 (5.7)	93	3.11±0.41	87.4±10.5	21 (22.6)
20~29세	8,856	3.31±0.44	87.3±10.3	2,057 (23.2)	948	3.34±0.42	90.1±10.0	136 (14.3)	2,317	3.25±0.46	89.2±11.4	472 (20.4)
30~39세	8,085	3.28±0.45	90.7±10.6	1,146 (14.2)	839	3.29±0.46	90.9±10.4	108 (12.9)	1,948	3.28±0.47	93.5±12.7	234 (12.0)
40~49세	11,931	3.11±0.44	93.8±11.5	1,242 (10.4)	1,659	3.10±0.42	91.3±11.0	230 (13.9)	2,349	3.12±0.46	98.2±12.4	151 (6.4)
50~59세	13,126	2.87±0.41	94.0±12.4	1,555 (11.8)	1,796	2.87±0.45	90.1±12.1	312 (17.4)	2,886	2.88±0.44	98.3±13.5	218 (7.6)
60~69세	2,156	2.65±0.41	95.0±14.6	313 (14.5)	348	2.69±0.40	90.2±12.6	65 (18.7)	510	2.69±0.43	98.9±15.2	48 (9.4)
70세 이상	98	2.42±0.45	95.4±19.8	25 (25.5)	10	2.54±0.59	95.1±16.0	1 (10.0)	21	2.39±0.41	84.9±15.8	4 (19.0)
Total	44,597	3.09±0.48	92.0±11.9	6,422 (14.4)	5,635	3.07±0.48	90.6±11.3	854 (15.2)	10,124	3.09±0.49	95.2±13.3	1,148 (11.3)

<표 10> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(남성, FVC)

연령대	자료 수	FVC (Liter)	검진기관 선택		예측식							
					MORRIS		KNUDSON		CHOI		GLI 2012	
			예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)
19세 이하	4,044	4.63±0.62	98.7±16.2	413 (10.20)	85.5±9.8	1,177 (29.10)	97.1±11.0	225 (5.60)	90.5±9.8	565 (14.00)	94.1±10.7	371 (9.20)
20~29세	95,497	4.77±0.62	91.6±10.1	10,871 (11.40)	90.4±9.9	13,184 (13.80)	93.2±10.3	8,669 (9.10)	92.4±10.0	9,572 (10.00)	94.2±10.3	7,109 (7.40)
30~39세	193,013	4.65±0.62	92.0±10.4	21,810 (11.30)	92.4±10.2	19,771 (10.20)	95.7±10.9	12,598 (6.50)	91.0±10.3	26,268 (13.60)	95.0±10.4	13,025 (6.70)
40~49세	195,562	4.38±0.61	92.8±11.5	23,399 (12.00)	94.3±10.9	16,588 (8.50)	100.6±12.4	7,546 (3.90)	89.9±10.7	33,735 (17.30)	96.6±11.2	11,936 (6.10)
50~59세	167,562	4.07±0.60	93.2±13.2	24,030 (14.34)	96.0±11.9	13,677 (8.16)	106.3±14.5	4,457 (2.66)	88.4±11.3	37,206 (22.20)	98.9±12.3	9,293 (5.55)
60~69세	42,709	3.77±0.59	93.3±15.2	7,514 (17.59)	97.2±13.1	3,785 (8.86)	112.2±17.3	984 (2.30)	86.6±12.0	12,088 (28.30)	101.6±13.7	2,318 (5.43)
70세 이상	2,184	3.46±0.58	93.4±18.2	490 (22.44)	98.0±14.7	231 (10.58)	119.3±21.8	43 (1.99)	84.2±12.8	814 (37.27)	104.2±15.5	125 (5.72)
전체	700,571	4.39±0.68	92.6±11.8	88,527 (12.64)	93.8±11.2	68,413 (9.77)	100.4±13.9	34,522 (4.93)	90.0±10.9	120,248 (17.16)	96.7±11.5	44,177 (6.30)

<표 11> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(여성, FVC)

연령대	자료 수	FVC (Liter)	검진기관 선택		예측식							
					MORRIS		KNUDSON		CHOI		GLI 2012	
			예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)	예측치대비 %	80% 미만, n(%)
19세 이하	504	3.24±0.45	88.6±11.4	109 (21.6)	81.5±9.7	216 (42.9)	90.3±10.8	84 (16.7)	87.2±9.9	112 (22.2)	89.9±10.8	86 (17.1)
20~29세	14,365	3.31±0.45	88.2±10.5	3,028 (21.1)	86.0±10.1	3,907 (27.2)	93.4±10.9	1,525 (10.6)	89.5±10.1	2,468 (17.2)	90.3±10.5	2,289 (15.9)
30~39세	13,148	3.29±0.45	91.5±11.1	1,751 (13.3)	91.5±10.8	1,761 (13.4)	97.9±11.5	691 (5.3)	91.1±10.6	1,779 (13.5)	92.0±10.8	1,600 (12.2)
40~49세	18,793	3.12±0.44	94.6±11.9	1,826 (9.7)	96.9±11.5	1,198 (6.4)	101.9±12.1	587 (3.1)	91.8±11.0	2,502 (13.3)	95.4±11.3	1,472 (7.8)
50~59세	21,063	2.88±0.42	94.7±12.8	2,360 (11.2)	98.8±12.5	1,220 (5.8)	102.0±12.9	789 (3.7)	90.1±11.5	3,671 (17.4)	96.8±12.2	1,534 (7.3)
60~69세	3,503	2.67±0.42	95.4±14.8	482 (13.8)	102.2±14.1	168 (4.8)	103.4±14.2	144 (4.1)	89.6±12.4	748 (21.4)	100.3±13.7	211 (6.0)
70세 이상	145	2.40±0.45	94.6±18.5	33 (22.8)	104.7±18.1	11 (7.6)	103.0±17.6	11 (7.6)	88.0±15.2	44 (30.3)	103.0±17.4	12 (8.3)
전체	71,521	3.10±0.48	92.8±12.2	9,589 (13.41)	94.4±12.7	8,481 (11.86)	99.5±12.6	3,831 (5.36)	90.6±11.0	11,324 (15.83)	94.4±11.8	7,204 (10.07)

<표 12> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(남성, FEV₁)

연령대	자료 수	FEV ₁ (Liter)	검진기관 선택			예측식											
						MORRIS			KNUDSON			CHOI			GLI 2012		
			예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)
19세 이하	4,044	3.98 ±0.52	96.9 ±13.6	361 (8.9)	60 (1.48)	89.9 ±10.3	641 (15.85)	101 (2.50)	97.2 ±11.2	245 (6.06)	42 (1.04)	89.5 ±10.2	674 (16.67)	103 (2.55)	91.9 ±10.6	507 (12.54)	71 (1.76)
20~29세	95,497	3.99 ±0.52	92.3 ±10.6	10,616 (11.1)	1,543 (1.62)	94.5 ±10.68	7,717 (8.08)	1,109 (1.16)	92.6 ±10.6	10,443 (10.94)	1,562 (1.64)	90.6 ±10.1	13,311 (13.94)	1,956 (2.05)	91.5 ±10.3	11,712 (12.26)	1,735 (1.82)
30~39세	193,013	3.78 ±0.50	92.0 ±11.1	24,462 (12.7)	3,856 (2.00)	96.3 ±11.0	12,344 (6.40)	1,844 (0.96)	93.8 ±11.1	19,061 (9.88)	2,952 (1.53)	88.8 ±10.1	35,284 (18.28)	5,683 (2.94)	91.5 ±10.4	24,397 (12.64)	3,667 (1.90)
40~49세	195,562	3.47 ±0.49	92.6 ±12.4	27,869 (14.3)	5,578 (2.85)	98.5 ±12.0	11,276 (5.77)	2,196 (1.12)	97.0 ±12.6	15,550 (7.95)	2,941 (1.50)	87.9 ±10.7	43,030 (22.00)	8,744 (4.47)	92.5 ±11.3	24,351 (12.45)	4,618 (2.36)
50~59세	167,562	3.13 ±0.48	93.3 ±14.5	27,556 (16.5)	7,444 (4.44)	100.6 ±13.8	10,863 (6.48)	3,045 (1.82)	100.7 ±15.1	12,503 (7.46)	3,358 (2.00)	87.4 ±12.0	42,208 (25.19)	11,618 (6.93)	93.4 ±12.9	22,751 (13.58)	5,997 (3.58)
60~69세	42,709	2.81 ±0.49	94.4 ±16.9	7,678 (18.0)	2,748 (6.43)	102.2 ±16.1	3,399 (7.96)	1,303 (3.05)	104.6 ±18.4	3,410 (7.98)	1,267 (2.97)	87.4 ±13.8	11,595 (27.15)	4,090 (9.58)	94.4 ±14.8	6,486 (15.19)	2,275 (5.33)
70세 이상	2,184	2.50 ±0.48	96.8 ±19.9	410 (18.8)	171 (7.83)	104.8 ±19.0	208 (9.52)	85 (3.89)	109.9 ±23.4	188 (8.61)	71 (3.25)	88.8 ±16.2	596 (27.29)	264 (12.1)	95.4 ±17.1	363 (16.62)	163 (7.46)
전체	700,571	3.50 ±0.60	92.7 ±12.8	98,953 (14.1)	21,400 (3.05)	98.0 ±12.6	46,448 (6.63)	9,683 (1.38)	96.9 ±13.6	61,400 (8.76)	12,193 (1.74)	88.4 ±11.1	146,698 (20.9)	32,458 (4.63)	92.4 ±11.6	90,567 (12.9)	18,526 (2.64)

<표 13> 예측식 변화에 따른 판정의 변화(여성, FEV₁)

연령대	자료 수	FEV ₁ (Liter)	검진기관 선택			예측식											
						MORRIS			KNUDSON			CHOI			GLI 2012		
			예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)	예측치 대비%	80% 미만 n(%)	70% 미만 n(%)
19세 이하	504	2.87 ±0.39	88.9 ±10.4	86 (17.06)	26 (5.16)	88.8 ±10.6	93 (18.45)	27 (5.36)	89.1 ±10.6	86 (17.06)	24 (4.76)	88.3 ±10.5	99 (19.64)	29 (5.75)	89.9 ±10.7	79 (15.67)	22 (4.37)
20~29세	14,365	2.87 ±0.39	90.9 ±11.1	2,161 (15.04)	425 (2.96)	93.2 ±11.1	1,562 (10.87)	296 (2.06)	94.2 ±11.2	1,372 (9.55)	257 (1.79)	89.6 ±10.6	2,472 (17.21)	477 (3.32)	91.1 ±10.8	2,053 (14.29)	390 (2.71)
30~39세	13,148	2.79 ±0.38	93.8 ±11.8	1,424 (10.83)	253 (1.92)	98.3 ±11.6	699 (5.32)	130 (0.99)	97.5 ±11.5	778 (5.92)	141 (1.07)	90.6 ±10.6	2,023 (15.39)	332 (2.53)	93.2 ±11.0	1,398 (10.63)	239 (1.82)
40~49세	18,793	2.56 ±0.36	96.4 ±13.3	1,786 (9.50)	370 (1.97)	103.6 ±12.7	590 (3.14)	132 (0.70)	99.7 ±12.1	926 (4.93)	205 (1.09)	90.7 ±11.0	2,885 (15.35)	560 (2.98)	96.2 ±11.7	1,444 (7.68)	301 (1.60)
50~59세	21,063	2.32 ±0.34	97.1 ±14.9	2,368 (11.24)	607 (2.88)	106.3 ±14.1	649 (3.08)	191 (0.91)	99.3 ±13.0	1,343 (6.38)	346 (1.64)	89.9 ±11.8	3,951 (18.76)	946 (4.49)	97.1 ±12.8	1,689 (8.02)	429 (2.04)
60~69세	3,503	2.10 ±0.35	98.9 ±17.9	468 (13.36)	154 (4.40)	111.1 ±17.2	127 (3.63)	48 (1.37)	100.1 ±15.1	310 (8.85)	100 (2.85)	90.9 ±13.7	668 (19.07)	232 (6.62)	99.5 ±14.9	325 (9.28)	105 (3.0)
70세 이상	145	1.85 ±0.37	101.0 ±22.1	20 (13.79)	10 (6.90)	116.9 ±21.6	7 (4.83)	4 (2.76)	99.9 ±18.0	16 (11.03)	8 (5.52)	92.8 ±16.8	29 (20.00)	13 (8.97)	101.5 ±18.3	16 (11.03)	8 (5.52)
전체	71,521	2.57 ±0.44	95.1 ±13.7	8,313 (11.62)	1,845 (2.58)	101.6 ±14.0	3,727 (5.21)	828 (1.16)	98.0 ±12.5	4,831 (6.75)	1,081 (1.51)	90.2 ±11.3	12,127 (19.96)	2,589 (3.62)	95.0 ±12.2	7,004 (9.79)	1,494 (2.09)

각각의 예측식에 분석대상 자료의 남성과 여성 평균 키와 몸무게를 적용하였을 경우의 연령별 예측치의 변화를 확인하였다. KNUDSON 예측식은 남·여 모두 40세 이상에서 검토의 대상이 된 다른 예측식에 비해 FVC 예측치가 낮았으며 CHOI 예측식은 상대적으로 높은 예측치를 보였다. KNUDSON식과 CHOI식간 예측치는 남성에서 최대 1.17 L까지, 여성에서 1.42 L까지 차이가 확인되었다.

FEV₁은 남성에서 MORRIS식에 의한 예측치가 가장 낮았으며, CHOI식의 예측치가 가장 높았다. 여성은 40세 이하에서는 GLI 2012, 50세 이상에서는 KNUDSON식의 예측치가 낮았으며 30세 이상에서 CHOI식의 예측치가 가장 높았다<표 14>.

<표 14> 예측식 선택에 따른 예측치 변화의 예

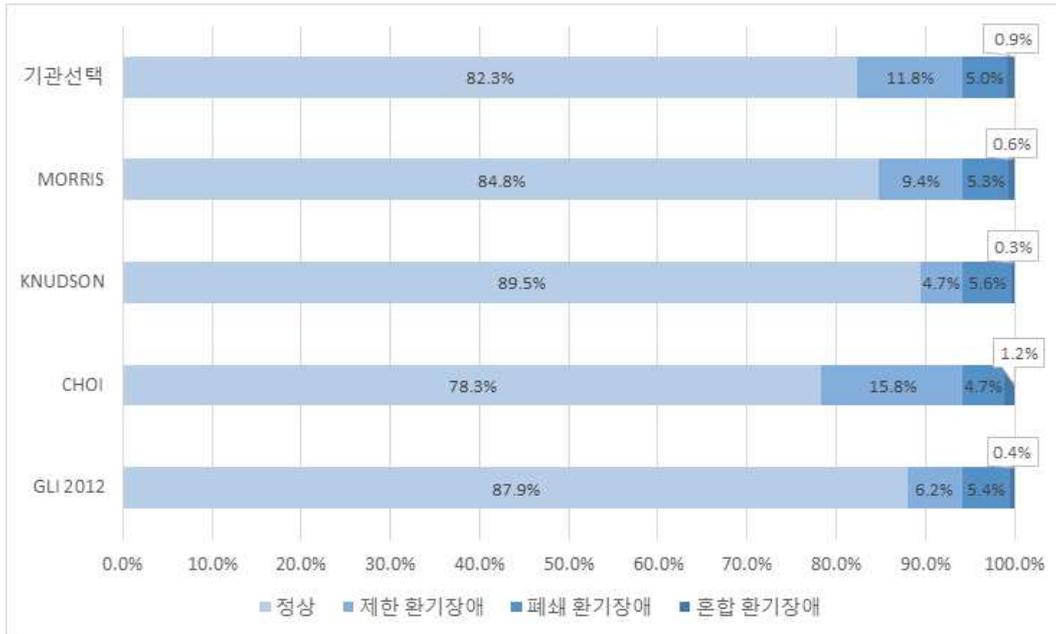
	나 이	FVC				FEV ₁			
		MORRIS	KNUDS ON	CHOI	GLI 2012	MORRIS	KNUDS ON	CHOI	GLI 2012
남성 171.8 cm, 73.5 kg	20	5.27	5.12	5.02	4.85	4.32	4.33	4.35	4.27
	30	5.02	4.82	4.98	4.82	4.00	4.03	4.23	4.12
	40	4.77	4.53	4.91	4.64	3.68	3.74	4.05	3.88
	50	4.52	4.23	4.84	4.41	3.36	3.45	3.83	3.61
	60	4.27	3.93	4.74	4.10	3.04	3.16	3.56	3.30
	70	4.02	3.63	4.63	3.76	2.72	2.87	3.23	2.95
	80	3.77	3.33	4.50	3.44	2.40	2.57	2.86	2.64
여성 158.6 cm, 58.5 kg	20	4.50	4.01	4.16	3.49	3.84	3.45	3.75	3.09
	30	4.25	3.71	4.11	3.50	3.52	3.16	3.62	2.98
	40	4.00	3.41	4.05	3.39	3.20	2.86	3.45	2.80
	50	3.75	3.11	3.97	3.18	2.88	2.57	3.23	2.57
	60	3.50	2.82	3.88	2.92	2.56	2.28	2.95	2.32
	70	3.25	2.52	3.77	2.63	2.24	1.99	2.63	2.05
	80	3.00	2.22	3.64	2.34	1.92	1.70	2.26	1.79

2018년 폐활량검사 수검자료를 통해 예측식 변화에 따른 환기장애 판정비율의 변화를 확인하였다. 현재 각 기관에서 사용 중인 예측식에 따라 판정했을 때 폐활량검사 정상소견(1초율 70%이상과 FVC 80%이상)을 보이는 근로자는 82.3%인데 CHOI식으로 변경할 경우 78.3%까지 감소하게 되며 KNUDSON식을 적용하면 89.5%로 증가한다. 또한 현재 제한 환기장애에 해당하는 사람은 11.8%이나 똑같은 근로자에게 KNUDSON식을 적용하면 4.7%까지 감소하며, CHOI식을 적용하면 15.8%로 증가하여 예측식에 따라 판정에 차이를 보일 수 있음을 확인하였다<표 15>[그림 3].

<표 15> 예측식 변화에 따른 환기장애 판정비율의 변화

1초율	FVC	기관선택	판정	예측식				p†
				MORRIS	KNUDSON	CHOI	GLI 2012	
70% 이상	80% 이상	635,578 (82.3%)	정상	654,599 (84.8%)	690,775 (89.5%)	604,580 (78.3%)	678,956 (87.9%)	0.000
	80% 미만	91,337 (11.8%)	제한 환기장애	72,316 (9.4%)	36,140 (4.7%)	122,335 (15.8%)	47,959 (6.2%)	
70% 미만	80% 이상	38,398 (5.0%)	폐쇄 환기장애	40,599 (5.3%)	42,964 (5.6%)	35,940 (4.7%)	41,755 (5.4%)	
	80% 미만	6,779 (0.9%)	혼합 환기장애	4,578 (0.6%)	2,213 (0.3%)	9,237 (1.2%)	3,422 (0.4%)	

† χ^2 -test



[그림 3] 예측식 변화에 따른 환기장애 판정비율의 변화

예측식 변경에 따른 판정의 변화를 2018년 폐활량검사 수검자료에 적용해 보면, 현재 각 기관에서 사용 중인 예측식을 MORRIS, KNUDSON, CHOI, 또는 GLI 2012식으로 일괄 변경 적용했을 때 정상에서 제한 환기장애로 판정이 변경되는 경우는 KNUDSON식의 경우 1,962건이었으며 CHOI식은 35,813건이었다. 제한 환기장애에서 정상으로 변경되는 경우는 KNUDSON식 57,104건, CHOI식 4,767건이었다. 폐쇄 환기장애에서 혼합 환기장애로 변경되는 경우는 KNUDSON식 42건, CHOI식 2,594건이었으며 혼합 환기장애에서 폐쇄 환기장애로 변경되는 경우는 KNUDSON식 4,606건, CHOI식 135건이었다<표 16>.

<표 16> 예측식 변화에 따른 환기장애 판정자 수의 변화

1초율	FVC%	기관 선택	기관 판정	판정 변경	예측식			
					MORRIS	KNUDSON	CHOI	GLI 2012
70% 이상	80% 이상	635,578 (82.3%)	정상	→ 제한 환기장애	9,984	1,962	35,813	3,142
	80% 미만	91,337 (11.8%)	제한 환기장애	→ 정상	28,938	57,104	4,767	46,465
70% 미만	80% 이상	38,398 (5.0%)	폐쇄 환기장애	→ 혼합 환기장애	355	42	2,594	166
	80% 미만	6,779 (0.9%)	혼합 환기장애	→ 폐쇄 환기장애	2,553	4,606	135	3,518
합계					41,830	63,714	43,309	53,291

카파분석을 통해 각 예측식간 판정의 일치율을 확인하였다. Cohen's 카파계수<표 19>에 따라 KNUDSON식과 GLI 2012식이 가장 높은 일치율을 보였으며 KNUDSON식과 CHOI식의 일치율이 가장 낮았다<표 17>.

연령대별 판정 일치율에서는 19세 이하 그룹에서 MORRIS식과 KNUDSON식의 일치율이 0.312로 가장 낮았다. CHOI식은 MORRIS식, GLI 2012식과 30대 또는 20대에서 일치율이 가장 높았으며 이후 연령대 증가와 함께 일치율은 낮아지는 것으로 확인되었다<표 18>.

**<표 17> 예측식 변화에 따른 판정의 일치율,
kappa-value(SE) & (95% CI)**

	KNUDSON	CHOI	GLI 2012
MORRIS	0.774(0.001) (0.772~0.776)	0.711(0.001) (0.709~0.712)	0.858(0.001) (0.856~0.859)
KNUDSON	-	0.563(0.001) (0.561~0.566)	0.875(0.001) (0.873~0.876)
CHOI	-	-	0.644(0.001) (0.641~0.646)

**<표 18> 연령대별 예측식 변화에 따른 판정의 일치율,
kappa-value(SE) & (95% CI)**

연령대	예측식	KNUDSON	CHOI	GLI 2012
19세 이하	MORRIS	0.312(0.013) (0.287~0.337)	0.560(0.013) (0.535~0.585)	0.426(0.014) (0.399~0.453)
	KNUDSON	-	0.619(0.018) (0.584~0.654)	0.799(0.015) (0.770~0.828)
	CHOI	-	-	0.764(0.014) (0.737~0.791)
20~29 세	MORRIS	0.71(0.003) (0.704~0.716)	0.748(0.003) (0.742~0.754)	0.705(0.003) (0.699~0.711)
	KNUDSON	-	0.774(0.003) (0.768~0.780)	0.849(0.003) (0.843~0.855)
	CHOI	-	-	0.811(0.003) (0.805~0.817)
30~39 세	MORRIS	0.765(0.002) (0.761~0.769)	0.816(0.002) (0.812~0.820)	0.828(0.002) (0.824~0.832)
	KNUDSON	-	0.654(0.003) (0.648~0.660)	0.882(0.002) (0.878~0.886)
	CHOI	-	-	0.701(0.002) (0.697~0.705)
40~49 세	MORRIS	0.763(0.002) (0.759~0.767)	0.707(0.002) (0.703~0.711)	0.892(0.002) (0.888~0.896)
	KNUDSON	-	0.510(0.002) (0.506~0.514)	0.854(0.002) (0.850~0.858)
	CHOI	-	-	0.623(0.002) (0.619~0.627)

연령대	예측식	KNUDSON	CHOI	GLI 2012
50~59 세	MORRIS	0.804(0.002) (0.800~0.808)	0.650(0.002) (0.646~0.654)	0.912(0.001) (0.910~0.914)
	KNUDSON	-	0.490(0.002) (0.486~0.494)	0.878(0.002) (0.874~0.882)
	CHOI	-	-	0.585(0.002) (0.581~0.589)
60~69 세	MORRIS	0.836(0.003) (0.830~0.842)	0.632(0.003) (0.626~0.638)	0.916(0.002) (0.912~0.920)
	KNUDSON	-	0.497(0.003) (0.491~0.503)	0.913(0.002) (0.909~0.917)
	CHOI	-	-	0.565(0.003) (0.559~0.571)
70세 이상	MORRIS	0.837(0.011) (0.815~0.859)	0.596(0.013) (0.571~0.621)	0.910(0.008) (0.894~0.926)
	KNUDSON	-	0.463(0.012) (0.439~0.487)	0.924(0.008) (0.908~0.940)
	CHOI	-	-	0.522(0.012) (0.498~0.546)

<표 19> Cohen' s 카파계수(Landis et al., 1977)

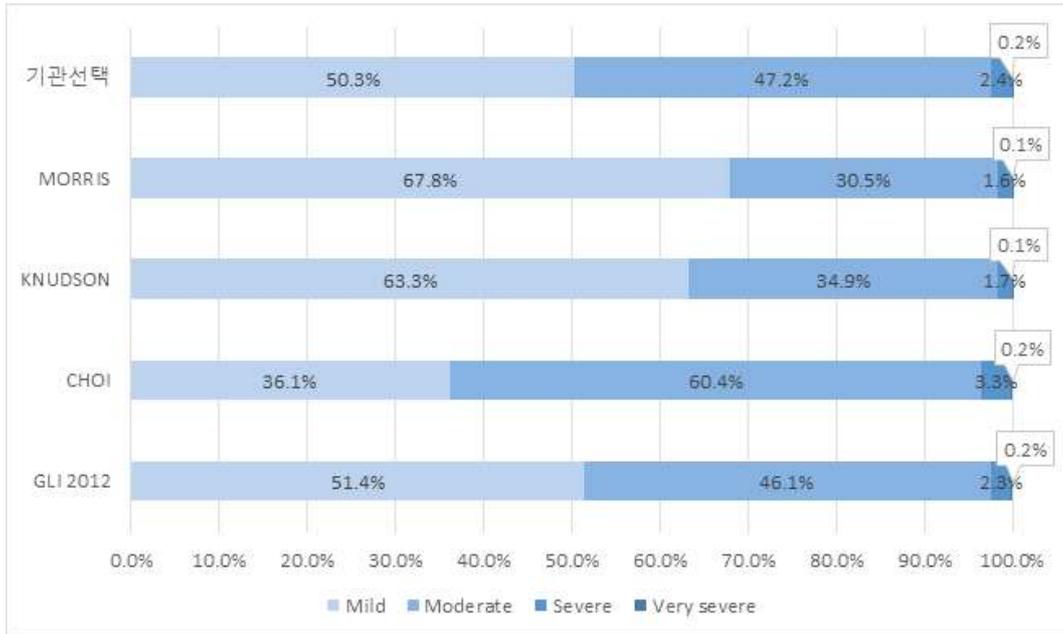
K	Strength of Agreement	일치도
0.00 - 0.20	Slight	약간의 일치도
0.21 - 0.40	Fair	어느 정도 일치도
0.41 - 0.60	Moderate	적당한 일치도
0.61 - 0.80	Substantial	상당한 일치도
0.81 - 1.00	Almost Perfect	완벽한 일치도

1초율 70%미만, FVC 80%이상으로 폐쇄 환기장애로 분류된 경우에 대해 예측식 변화에 따른 중증도의 변화를 확인하였다. 현재 각 기관의 예측식 선택에 따른 중증도 구분 결과와 비교해보면, MORRIS식과 KNUDSON식, GLI 2012식은 ‘Mild’가 증가하고 ‘Moderate’가 감소한 반면, CHOI식은 ‘Mild’가 감소하고 ‘Moderate’가 증가하는 반대 양상을 보였다<표 20>[그림 4].

<표 20> 폐쇄 환기장애의 경우 예측식에 따른 중증도의 변화

	기관선택	MORRIS	KNUDSON	CHOI	GLI 2012	p†
Mild	22,710 (50.3%)	30,619 (67.8%)	28,592 (63.3%)	16,316 (36.1%)	23,218 (51.4%)	0.000
Moderate	21,305 (47.2%)	13,788 (30.5%)	15,788 (34.9%)	27,272 (60.4%)	20,825 (46.1%)	
Severe	1,092 (2.4%)	719 (1.6%)	746 (1.7%)	1,480 (3.3%)	1,058 (2.3%)	
Very severe	70 (0.2%)	51 (0.1%)	51 (0.1%)	109 (0.2%)	76 (0.2%)	

† χ^2 -test



[그림 4] 1초율 70% 미만(폐쇄 환기장애)의 경우 중증도 변화

3. 최고치 선택기준 적용실태 및 최고치 선택 오류에 따른 판정오류 사례

1) 최고치 선택기준 적용실태

폐활량검사는 수검자당 최소 3회에서 최대 8회까지 검사가 시행되는데, 검사 결과 중 판정에 활용할 하나의 값(최고치)을 선택하는 기준을 조사하였다. 2017년~2018년에 폐활량검사분야 정도관리 자료로 제출된 검사결과지와 특수건강진단 DB의 제출 자료를 연계하여 확인하였다.

FVC와 FEV₁은 같은 결과지에 있지 않더라도 검사의 적합성과 재현성을 고려하여 가장 큰 값을 선택해야한다는 ATS/ERS의 권고를 따르는 기관은 확인대상기관의 28.0%뿐이었으며 다른 기관은 편의상 FVC가 가장 큰 결과지 하나를 선택해 판정에 활용하거나(28.9%), FVC와 FEV₁의 합이 가장 큰 결과지 하나를 선택해 판정에 활용(7.1%)하는 것으로 확인되었다. 정해진 기준이 없어 상황에 따라 또는 장비에 따라 선택기준이 달라지는 경우도 36.0%에 달했다<표 21>.

폐활량검사장비에 최고치 선택기능이 있는 경우와 없는 경우에 따라서도 선택방법에 차이를 보였는데, 자동선택기능이 지원되는 장비를 사용하는 기관 중 ATS/ERS의 권고를 따르는 기관은 64.6%인 반면 자동선택기능이 지원되지 않는 장비를 사용하는 기관에서는 13.1%로 큰 차이를 보였다. 자동선택기능 미지원 장비를 사용하는 기관에서는 FVC가 가장 큰 결과지 하나를 선택하는 경우가 44.7%로 가장 많았고 정해진 기준이 없는 경우가 36.8%였다<표 21>.

**<표 21> 최고치 선택기준 및 폐활량검사기의 최고치 자동선택기능
지원여부에 따른 적용기관 수와 검진건수**

최고치 선택기준†	전체		검사기의 최고치 자동선택기능			
			지원		미지원	
	적용 기관 수	검진건수	적용 기관 수	검진건수	적용 기관 수	검진건수
합계	225	772,092	65	143,565	160	628,527
ATS/ERS	63 (28.0%)	142,666 (18.5%)	42 (64.6%)	73,361 (51.1%)	21 (13.1%)	69,305 (11.0%)
FVC	65 (28.9%)	309,590 (40.1%)	6 (9.2%)	28,859 (20.1%)	59 (36.9%)	280,731 (44.7%)
FVC+FEV ₁	16 (7.1%)	52,041 (6.7%)	4 (6.2%)	4,776 (3.3%)	12 (7.5%)	47,265 (7.5%)
기준 없음	81 (36.0%)	267,795 (34.7%)	13 (20.0%)	36,569 (25.5%)	68 (42.5%)	231,226 (36.8%)

† ATS/ERS, 미국흉부학회와 유럽호흡기학회의 가이드를 따라 적합성을 고려하여 가장 큰 결과를 선택; FVC, FVC가 가장 큰 하나의 결과지를 선택; FVC+FEV₁, FVC와 FEV₁의 합이 가장 큰 하나의 결과지를 선택; 기준 없음, 정해진 기준이 없거나 장비에 따라 혼용

판정에 활용할 최종결과를 누가 선택하는가에 대한 조사를 실시하였다. 매년 산업안전보건연구원에서 주관하는 ‘폐활량검사 정도관리 세미나’ 및 ‘2019년 정기 정도관리교육 실무과정’ 참가자를 대상으로 조사되었다. 응답자의 73.7%는 검사자가 결과를 선택한다고 답하였고, 판정의사가 직접 선택한다는 답변은 7.6%에 불과했다. 검사기에서 자동으로 선택되는 결과를 따른다는 답변은 8.0%, 결과 선택자가 정해지지 않았다는 답변은 10.7% 이었다<표 22>.

<표 22> 판정에 활용할 결과는 누가 선택하는가?

결과 선택자	응답자
검사자	165(73.7%)
판정의사	17(7.6%)
검사기에서 자동으로 선택	18(8.0%)
정해지지 않음	24(10.7%)
합계	224

2) 최고치 선택 오류 사례

판정에 활용할 최고치를 선택할 때는 검사결과의 적합성과 재현성을 고려해야한다. FVC에 영향을 주는 부적합 요인은 조기중단, 추가호기, 막힘 등이 대표적이며 FEV₁에 영향을 주는 부적합요인은 호기 시작점에서 망설임, 1초 이내 기침 및 유량 다양성, 호기 시 마다 다른 수검자의 노력이 대표적이다.

우리나라를 포함하여 세계 거의 모든 국가에서 따르고 있는 미국흉부학회와 유럽호흡기학회의 폐활량검사 표준화 지침에서 제시하는 검사의 적합성기준은 FVC 또는 FEV₁의 값에 영향을 줄 수 있는 부적합 상황에 대한 것으로 기준을 만족하지 못할 경우 최종결과의 선택과 판정에 주의가 필요하다[그림 5].

빈번하게 확인되는 최고치 선택오류의 대표적인 사례를 제시하였다 [그림 6~14].

Within-manoeuvre criteria

Individual spirograms are "acceptable" if

They are free from artefacts [3]

Cough during the first second of exhalation

Glottis closure that influences the measurement

Early termination or cut-off

Effort that is not maximal throughout

Leak

Obstructed mouthpiece

They have good starts

Extrapolated volume <5% of FVC or 0.15 L, whichever is greater

They show satisfactory exhalation

Duration of ≥ 6 s (3 s for children) or a plateau in the volume–time curve or

If the subject cannot or should not continue to exhale

Between-manoeuvre criteria

After three acceptable spirograms have been obtained, apply the following tests

The two largest values of FVC must be within 0.150 L of each other

The two largest values of FEV₁ must be within 0.150 L of each other

If both of these criteria are met, the test session may be concluded

If both of these criteria are not met, continue testing until

Both of the criteria are met with analysis of additional acceptable spirograms
or

A total of eight tests have been performed (optional) or

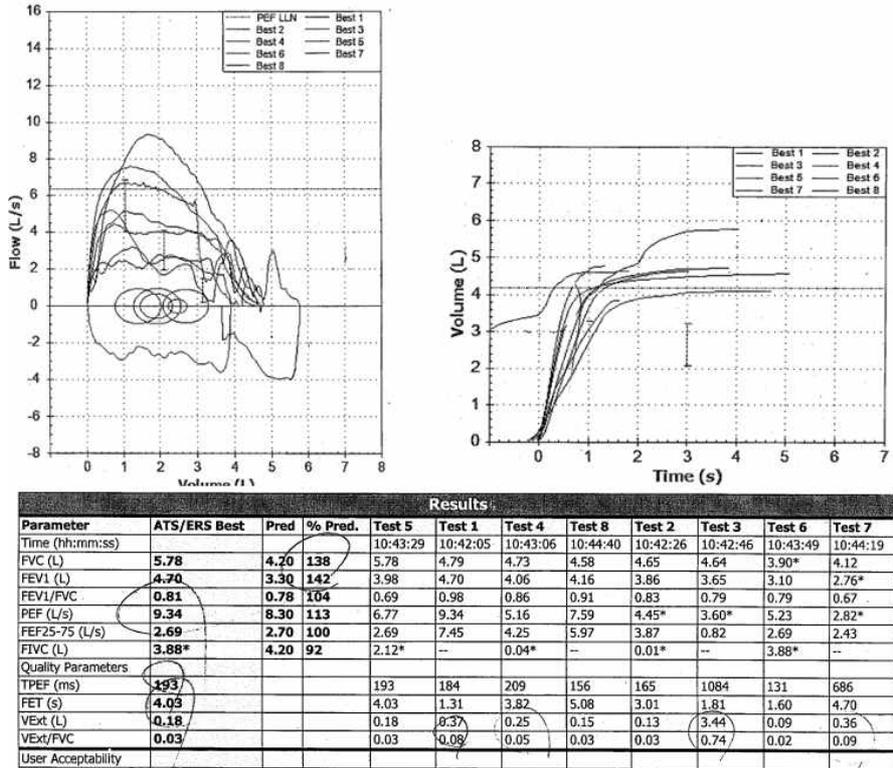
The patient/subject cannot or should not continue

Save, as a minimum, the three satisfactory manoeuvres

FVC: forced vital capacity; FEV₁: forced expiratory volume in one second.

[그림 5] 폐활량검사의 적합성과 재현성 판단 기준(ATS/ERS, 2005)

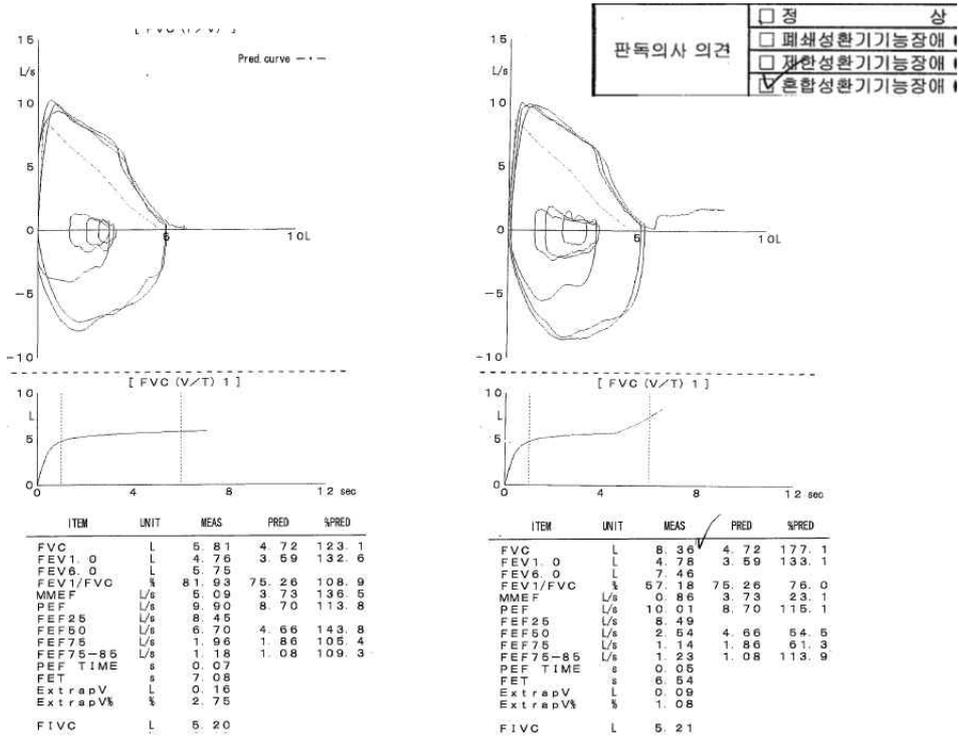
[사례 1] 추가호기에 의한 FVC의 과대평가



[그림 6] FVC의 과대평가 사례

추가호기가 발생한 경우 FVC값은 과대평가되므로 이를 최종결과에서 제외하고 판정을 해야 하나, 검사기에서 자동으로 선택된 FVC 5.78 L를 그대로 반영하였다. 또한 FEV₁의 최고치로 선택된 4.70 L는 외삽용적이 적정기준(0.15 L미만 또는 FVC의 5% 미만)을 만족하지 못하는 그래프의 결과이고, FEV₁의 재현성이 부족(0.15 이상 차이)하므로 최고치 선택에서 제외되어야 한다.

[사례 2] 추가호기에 의한 FVC의 과대평가

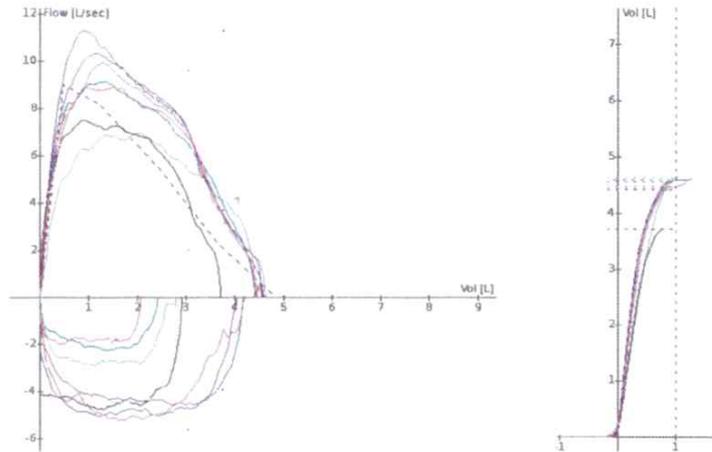


[그림 7] FVC의 과대평가 사례

추가호기를 고려하지 않고 FVC의 최고치로 8.36 L를 선택하였고, FVC의 과대평가로 1초율(FEV₁/FVC)이 낮아진 결과지를 최종판정에 활용하였다. 왼쪽의 그래프는 적합성을 만족하며, 그래프로 판단했을 때 폐활량검사는 정상소견으로 보이나 혼합 환기장애로 판정하였다.

[사례 3] 조기중단에 의한 FVC의 과소평가

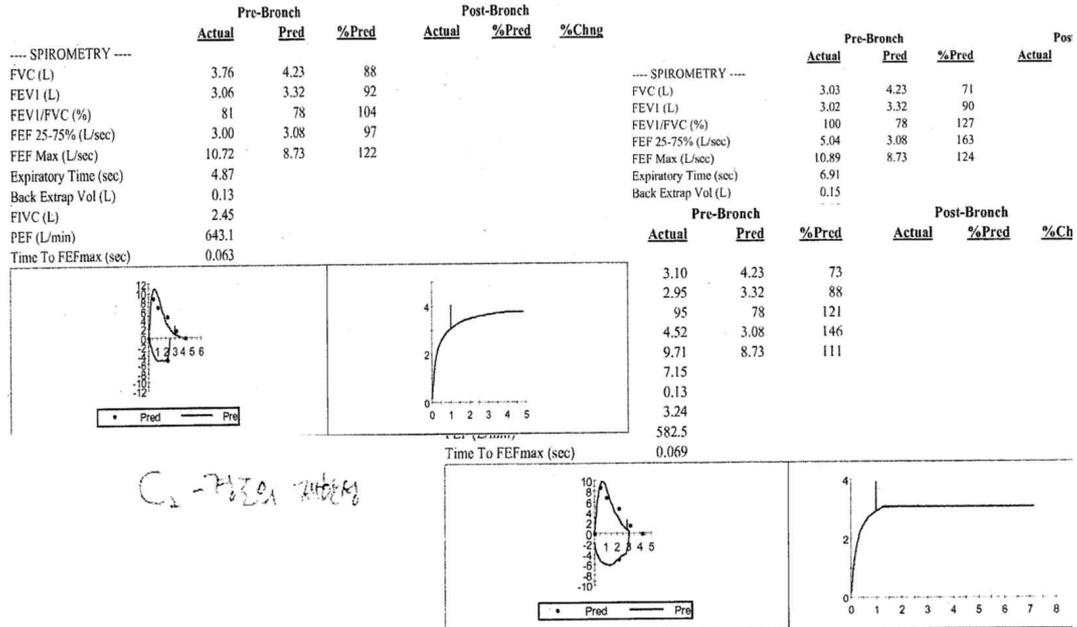
ACT1	ACT2	ACT3	ACT4	ACT5	ACT6	ACT7	ACT8
16-05-04	16-05-04	16-05-04	16-05-04	16-05-04	16-05-04	16-05-04	16-05-04
02:27 PM	02:27 PM	02:28 PM	02:28 PM	02:29 PM	02:29 PM	02:29 PM	02:29 PM



[그림 8] FEV₁ 미측정 및 FVC의 과소평가 사례

오른쪽의 용적-시간곡선(volume-time curve)에서 그래프가 1초 이전에 종료되는데 이는 호기시간이 1초도 되지 않음을 의미한다. 1초미만의 호기로 FEV₁이 측정되지 못했으며 고평부 미확인 및 조기중단으로 FVC값도 정확히 판단할 수 없는 자료이므로 폐활량검사 판정이 불가하나 ‘제한 환기장애’로 판정하였다.

[사례 4] 막힘에 의한 FVC의 과소평가

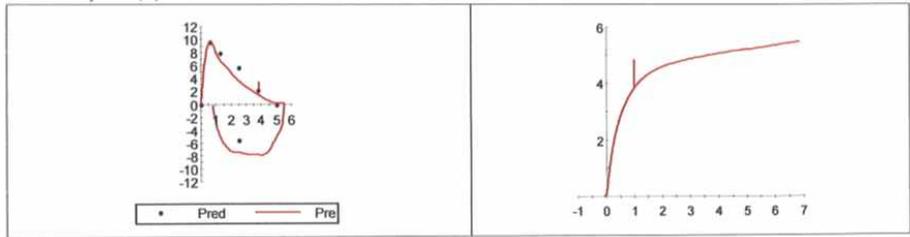


[그림 9] 막힘에 의한 FVC의 과소평가 사례

왼쪽 그래프의 결과는 FVC 3.76 L(88%), 1초율 81%로 정상소견을 보이나, 오른쪽의 FVC 3.10 L(73%), 1초율 95%의 결과를 선택하여 'C2 - 경도의 제한성'으로 판정하였다. 그러나 선택된 결과는 막힘에 의해 FVC가 과소평가된 그래프로 판정이 불가한 자료이다. 기관에서는 오른쪽 위의 3.03 L(71%)와 비슷한 결과가 측정되었기 때문에 3.10 L를 선택한 것으로 추정되나 3.03 L역시 막힘으로 FVC가 과소평가된 그래프의 결과이므로 비교할 수 있는 대상이 아니다.

[사례 5] 조기종단에 의한 FVC의 과소평가

--- SPIROMETRY ---	Pre-Bronch			Post-Bronch		
	Actual	Pred	%Pred	Actual	%Pred	%Chng
FVC (L)	5.49	5.03	109			
FEV1 (L)	3.86	4.17	93			
FEV1/FVC (%)	70	83	85			
FEF 25% (L/sec)	6.40	7.90	81			
FEF 75% (L/sec)	0.96	2.12	45			
FEF 25-75% (L/sec)	2.56	4.39	58			
FEF Max (L/sec)	9.67	9.54	101			
FIVC (L)	4.71					
FIF Max (L/sec)	7.87					
Back Extrapol Vol (L)	0.15					

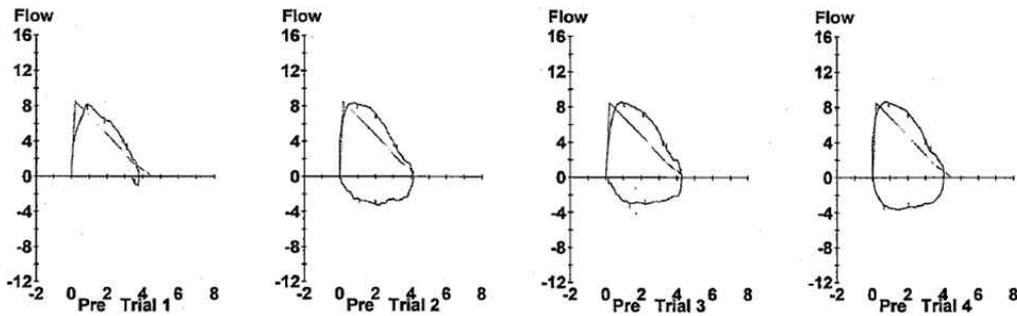


[그림 10] 조기종단에 의한 FVC의 과소평가 사례

호기시간이 6초를 넘었으나 용적-시간곡선으로 판단했을 때 수검자는 더 호기할 수 있는 상황으로 보인다. FVC 109%, 1초율 70%로 정상으로 판정하였으나 FVC가 정확히 측정되었다면 1초율은 70% 미만으로 감소될 수 있는 결과이다. 폐활량검사가 정확히 평가되려면 최대 FVC와 최대 FEV₁이 측정되어야하므로 호기시간이 6초를 넘었더라도 수검자가 더 호기할 수 있는 상황이라면 검사를 중단해서는 안 된다.

[사례 6] 막힘 및 FEV₁ 재현성 부족

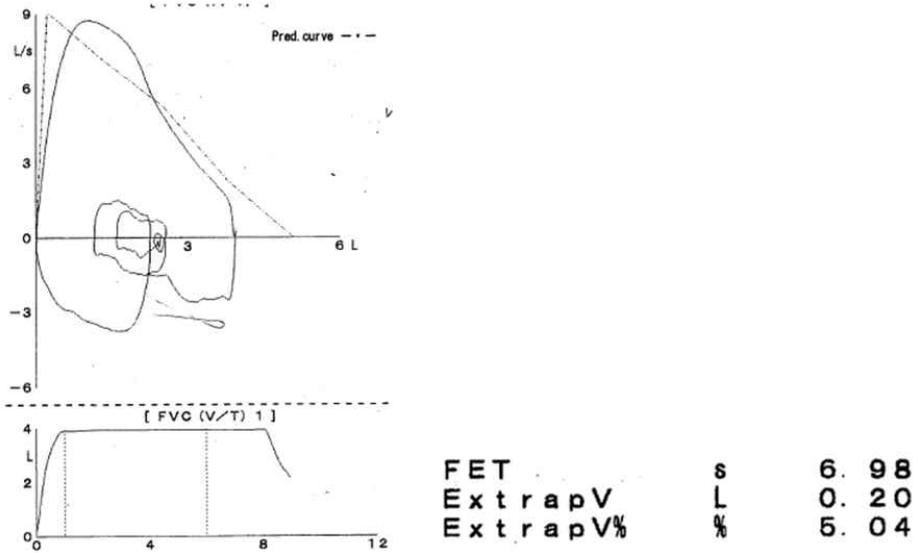
Best Data Spirometry		Ref	Pre	% Ref	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4
FVC	Liters	4.55	4.06	89	3.85	4.13	4.32	4.06
FEV ₁	Liters	3.26	4.06	124	3.84	4.05	4.26	4.06
FEV ₁ /FVC	%	72	100		100	98	99	100
FEF _{25-75%}	L/sec	3.19	6.64	208	6.14	6.22	6.59	6.64
PEF	L/sec	8.48	8.62	102	8.17	8.34	8.57	8.62
PEFT	Sec		0.09		0.11	0.10	0.12	0.09
FET100%	Sec		7.21		1.41	7.58	7.22	7.21
FVC	Liters	4.55	4.01	88	0.40	4.12	4.15	4.01
Vol Extrap	Liters		0.09		0.21	0.09	0.15	0.09
FVL ECode			000000		111	000	000	000



[그림 11] 막힘으로 인한 FVC 판단 불가 및 FEV₁ 재현성 부족 사례

막힘으로 FVC가 정확히 측정되지 못했으며 수치 간 차이를 보인다. 또한 FEV₁의 가장 큰 값(4.26 L)과 두 번째로 큰 값(4.06 L)의 차이가 0.15 이상이므로 재현성을 만족하지 못하는 그래프이다. FVC와 FEV₁의 정확한 값을 판단할 수 없으므로 판정이 불가능한 자료이다.

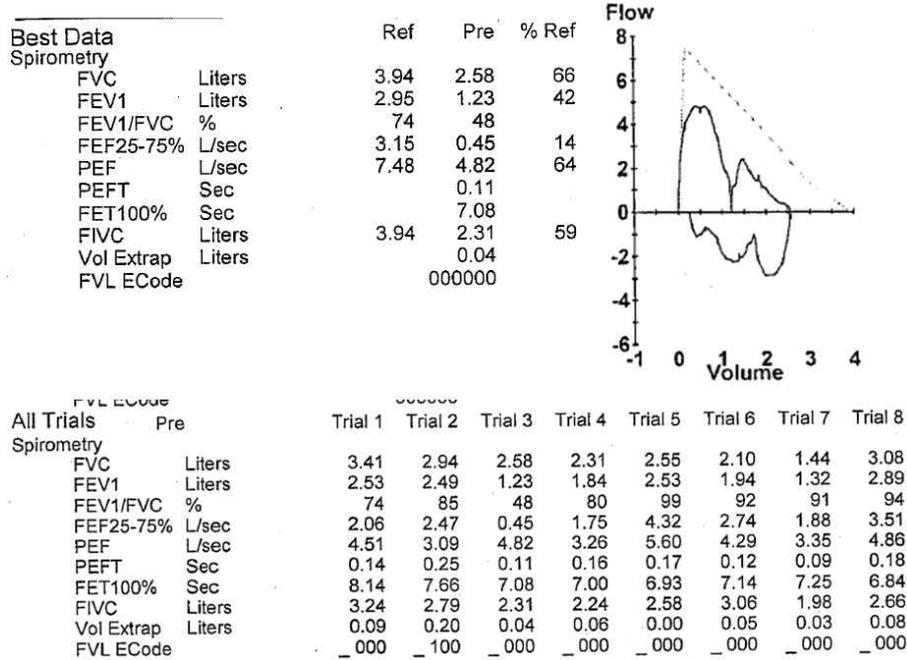
[사례 7] 외삽용적 기준 초과 및 조기중단



[그림 12] 외삽용적 기준 초과 및 조기중단 사례

외삽용적이 0.15 L 이상이거나 FVC의 5% 이상이면 호기 시작점에서 망설임이 있었음을 의미하며 시작점에서 문제가 있는 그래프는 FEV₁이 정확하지 않은 결과로 판단해야한다. 또한 그래프 모양으로 판단했을 때 조기중단에 해당하므로 FVC값이 과소평가되었을 가능성이 크다.

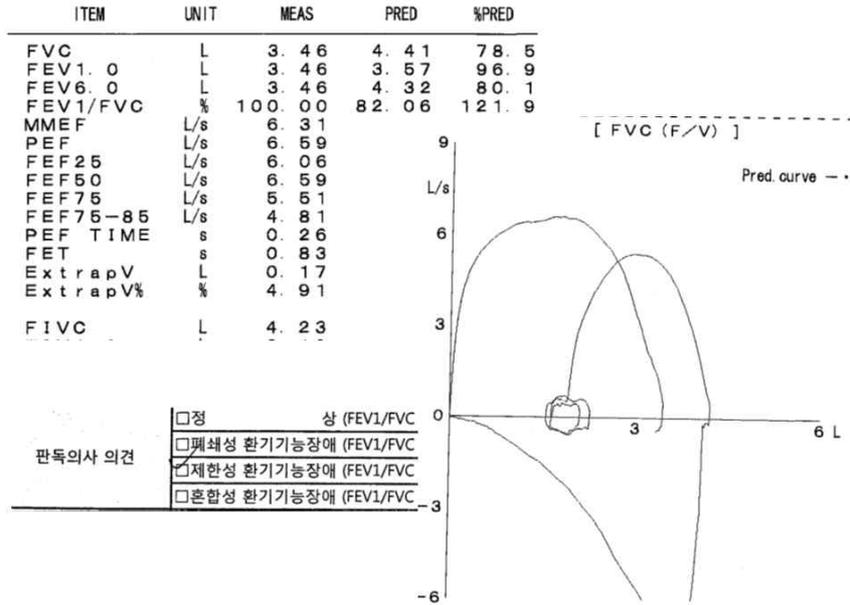
[사례 8] 호기 중 유량변화



[그림 13] 호기 중 유량변화로 인한 부적절한 FEV₁

‘Best data’로 선택된 그래프는 1초 이내에 숨을 멈췄다가 다시 호기 한 그래프로 FEV₁이 정확히 측정되지 못한 자료이며, FVC 2.58 L는 최고치인 3.41 L(Trial 1)과 큰 차이를 보인다. 최고치 선택의 근거가 없으며 판정에 활용이 불가능한 자료이다.

[사례 9] 센서오류



[그림 14] 센서오류에 의한 부적절한 검사 사례

센서를 반대로 물고 호기하여 FVC와 FIVC 결과가 뒤바뀐 자료이다. FVC 4.23 L(95.9%), FEV₁ 3.46 L(96.9%), 1초율(81.8%)로 폐활량검사 정상소견이나 제한 환기장애로 판정하였다. 대부분의 포터블 검사기는 유량-용적곡선(flow-volume curve)에서 x축 위는 호기로, 아래는 흡기로 인식하므로 센서를 바로 잡고 호기해야 정확한 정보가 기록된다.

4. 연간 폐활량 감소량을 고려한 폐활량검사 결과의 해석

1) 분석대상 자료의 일반적 특성

2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자료의 일반적 특성을 <표 23>에 성별, 연령대별 분포를 <표 24>에 정리하였다. 흡연경험별 일반적 특성은 <표 25>에 기술하였다. 흡연상태는 2018년 검사당시의 상태를 반영하였다.

<표 23> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 일반적 특성

	전체	남	여
자료 수	213,640	199,892	13,748
나이	45.3±9.4	45.2±9.3	47.4±10.1
키	170.8±7.0	171.7±6.1	157.8±5.6
몸무게	72.3±11.8	73.3±11.3	58.3±9.3

<표 24> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 연령 분포

연령대	전체	남	여
19세 이하	0	0	0
20~29세	9,145	7,986	1,159
30~39세	60,054	58,150	1,904
40~49세	72,335	68,304	4,031
50~59세	61,944	56,096	5,848
60~69세	9,734	8,952	782
70~79세	423	399	24
80세 이상	5	5	0
전체	213,640	199,892	13,748

<표 25> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별, 흡연경험별 일반적 특성

흡연 구분	남				여			
	비흡연	과거 흡연	현재 흡연	p†	비흡연	과거 흡연	현재 흡연	p†
자료 수	55,170	62,572	82,150		13034	241	473	
나이	44.5 ±10.2	47.7 ±8.8	43.6 ±8.6	0.000	48.0 ±9.8	36.4 ±10.0	36.6 ±9.5	0.000
키	171.4 ±6.3	171.4 ±6.0	172.1 ±6.1	0.000	157.6 ±5.5	160.0 ±5.6	160.7 ±5.5	0.000
몸무게	73.1 ±11.3	73.4 ±10.4	73.4 ±12.0	0.000	58.2 ±9.2	59.4 ±10.3	60.0 ±12.6	0.000

† One-way ANOVA

2) 연간 폐활량 감소량

2014년~2018년 연도별 FVC와 FEV₁의 변화를 <표 26>에 제시하였으며, 남·여 모두 연도별 감소 경향을 확인하였다.

<표 26> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 연도별 FVC, FEV₁ 변화

검사항목	검사연도	전체 (n=213,640)	남 (n=199,892)	여 (n=13,748)
FVC	2014년	4.35±0.73	4.44±0.66	3.08±0.46
	2015년	4.32±0.73	4.41±0.66	3.05±0.46
	2016년	4.28±0.72	4.36±0.65	3.04±0.46
	2017년	4.27±0.72	4.36±0.65	3.04±0.47
	2018년	4.27±0.72	4.35±0.66	3.03±0.46
	p [†]	0.000	0.000	0.000
FEV ₁	2014년	3.51±0.62	3.58±0.57	2.56±0.41
	2015년	3.47±0.61	3.54±0.57	2.53±0.41
	2016년	3.42±0.61	3.49±0.56	2.51±0.41
	2017년	3.40±0.60	3.46±0.56	2.49±0.42
	2018년	3.38±0.60	3.44±0.57	2.48±0.41
	p [†]	0.000	0.000	0.000

† χ^2 -test for trend

2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별 및 흡연경험에 따른 FVC와 FEV₁의 연도별 평균을 <표 27>과 <표 28>에 각각 제시하였다. 흡연경험은 2018년 검사당시의 상태를 반영하여 구분하였다.

남·여 모두에서 흡연경험에 따라 평균의 차이가 확인되었고, 연도별 감소경향은 남성근로자에서는 흡연과 상관없이 FVC와 FEV₁ 모두 감소 경향을 확인할 수 있었으나, 여성근로자에서는 FVC는 비흡연자에서만, 그리고 FEV₁은 비흡연자와 현재흡연자에서 확인되었다.

<표 27> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별, 흡연경험 별 FVC의 변화

	남				여			
	비흡연	과거흡연	현재흡연	p [†]	비흡연	과거흡연	현재흡연	p [†]
자료 수	55,170	62,572	82,150		12,822	241	473	
2014년	4.41 ±0.77	4.40 ±0.66	4.48 ±0.65	0.000	3.06 ±0.46	3.23 ±0.41	3.31 ±0.46	0.000
2015년	4.39 ±0.67	4.37 ±0.66	4.44± 0.65	0.000	3.04 ±0.45	3.21 ±0.45	3.27 ±0.47	0.000
2016년	4.35 ±0.67	4.33 ±0.65	4.40 ±0.64	0.000	3.03 ±0.46	3.23 ±0.46	3.28 ±0.46	0.000
2017년	4.34 ±0.67	4.32 ±0.65	4.39 ±0.65	0.000	3.02 ±0.46	3.27 ±0.47	3.29 ±0.47	0.000
2018년	4.33 ±0.67	4.32 ±0.65	4.39 ±0.65	0.000	3.02 ±0.46	3.23 ±0.46	3.27 ±0.46	0.000
p [‡]	0.000	0.000	0.000		0.000	0.479	0.257	

† One-way ANOVA

‡ χ^2 -test for trend

<표 28> 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자의 성별, 흡연경험 별 FEV₁의 변화

	남				여			
	비흡연	과거흡연	현재흡연	p [†]	비흡연	과거흡연	현재흡연	p [†]
자료 수	55,170	62,572	82,150		12,822	241	473	
2014년	3.60 ±0.59	3.52 ±0.57	3.60 ±0.57	0.000	2.54 ±0.40	2.72 ±0.38	2.80 ±0.42	0.000
2015년	3.57 ±0.59	3.48 ±0.57	3.56 ±0.57	0.000	2.52 ±0.40	2.69 ±0.40	2.75 ±0.43	0.000
2016년	3.52 ±0.57	3.44 ±0.56	3.51 ±0.56	0.000	2.50 ±0.41	2.71 ±0.41	2.75 ±0.41	0.000
2017년	3.49 ±0.58	3.41 ±0.56	3.48 ±0.56	0.000	2.48 ±0.41	2.73 ±0.43	2.75 ±0.43	0.000
2018년	3.47 ±0.57	3.38 ±0.56	3.46 ±0.56	0.000	2.46 ±0.41	2.69 ±0.42	2.72 ±0.42	0.000
p [‡]	0.000	0.000	0.000		0.000	0.952	0.013	

† One-way ANOVA

‡ χ^2 -test for trend

2014년~2018년 5년간 FVC와 FEV₁의 연간 감소율을 흡연경험 및 연령대별로 확인하여 <표 29>에 제시하였다. 흡연상태는 2018년 검사 당시의 상태를 반영하였다. 감소율은 단순선형회귀분석의 기울기로 확인하였으며 (20~29세, FVC, 과거흡연 및 현재흡연) 그리고 (70세 이상, FVC, 비흡연, 과거흡연, 현재흡연) 그룹을 제외하고 통계적으로 의미 있는 감소율을 확인할 수 있었다. 전 연령대에 걸쳐 FVC는 연간 21 mL, FEV₁은 연간 34 mL의 비율로 감소하였다.

<표 29> 2014년~2018년 FVC와 FEV₁의 흡연경험 및 연령대별 연간감소율(mL/year[†])

연령대	FVC			FEV ₁		
	비흡연	과거흡연	현재흡연	비흡연	과거흡연	현재흡연
20~29세	-0.001	-0.007‡	-0.012‡	-0.025	-0.034	-0.039
30~39세	-0.018	-0.021	-0.019	-0.033	-0.036	-0.035
40~49세	-0.021	-0.024	-0.023	-0.031	-0.035	-0.036
50~59세	-0.023	-0.026	-0.025	-0.031	-0.035	-0.039
60~69세	-0.023	-0.028	-0.026	-0.031	-0.037	-0.041
70세 이상	-0.023‡	-0.023‡	-0.028‡	-0.035	-0.028	-0.047
평균	-0.019	-0.024	-0.021	-0.031	-0.035	-0.037
전체평균	-0.021			-0.034		

† 기울기는 단순선형회귀분석에 의해 계산됨

‡ 통계적 의미 없음, $p \geq 0.05$

3) 고정기준에 따른 이상자 선정

FVC 80%미만, 1초율 70% 미만의 고정기준을 환기장애 판단에 적용했을 경우 이상자 수 및 비율을 확인하였다. 연도별로 제한 환기장애는 7.7~11.8%, 폐쇄 환기장애는 3.9~5.8%, 혼합 환기장애는 0.4~0.9%로 나타났으며, 환기장애 판정자 합계는 2014년 12.0%에서 2018년 18.5%로 상승하였다<표 30>.

<표 30> 고정기준을 적용한 환기장애의 판정 결과, 각 환기장애 해당인원(전체 213,640명에 대한 비율)

	환기장애 합계	제한 환기장애 : FVC 80% 미만	폐쇄 환기장애 : 1초율 70%미만	혼합 환기장애 : FVC 80% 미만 & 1초율 70% 미만
2014년	25,557(12.0%)	16,497(7.7%)	8,298(3.9%)	762(0.4%)
2015년	26,691(12.5%)	17,059(8.0%)	8,711(4.1%)	921(0.4%)
2016년	29,213(13.7%)	18,647(8.7%)	9,511(4.5%)	1,055(0.5%)
2017년	30,985(14.5%)	18,797(8.8%)	11,019(5.2%)	1,169(0.5%)
2018년	39,420(18.5%)	25,155(11.8%)	12,322(5.8%)	1,943(0.9%)

2014년~2018년 5년 연속 수검자료 중 2018년 자료에서 U 판정을 받은 81명을 제외하고 213,559명에 대해 폐활량검사상 환기장애에 따른 호흡기계 판정 결과의 분포를 확인하였다. 213,559명 중 176,112명이 건강관리상 사후관리가 필요 없는 근로자(A)로 판정되었고 37,447명(17.5%)은 요관찰자(C) 내지 유소견자(D)로 판정되었다.

폐활량검사상 제한 또는 폐쇄 환기장애, 혼합 환기장애로 분류됨에도 건강한 근로자(A)로 판정된 케이스는 5,311건이 확인되었다<표 31>.

<표 31> 폐활량검사상 환기장애에 따른 호흡기계 판정 결과(2018년)

	A	C1	C2	D1	D2	합계
정상	170,801	136	2,952	27	246	174,162
제한 환기장애 : FVC 80% 미만	3,584	693	20,725	9	129	25,140
폐쇄 환기장애 : 1초율 70% 미만	1,634	673	9,739	23	248	12,317
혼합 환기장애 : FVC 80% 미만 & 1초율 70% 미만	93	141	1,502	8	196	1,940
합계	176,112	1,643	34,918	67	819	213,559

4) 연간 감소량을 고려한 이상자 선정

2016년 명준표 등은 ‘근로자 건강진단 시 폐기능 검사의 적정성 평가 및 판정기준 개발’ 연구를 통해 연간 50 mL 또는 연간 100 mL 이상의 폐활량감소를 관찰대상자 선정에 적용하는 안을 제시한바 있는데, 이 비교기준을 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자료에 적용하여 관찰대상자로 선정되는 비율을 확인하였으며 <표 32>와 <표 33>에 제시하였다.

FVC와 FEV₁의 감소량 기준을 연간 50 mL 이상으로 설정할 경우 연간 수검인원의 40~48% 정도가 추적관찰이 필요한 경우로 분류되며, 연간 100 mL 이상으로 설정할 경우엔 32~38%, 연간 200 mL 이상으로 설정할 경우엔 15~23% 정도가 해당된다.

<표 32> 연간 감소량에 따른 수검인원 분포(FVC)

		14-15년	15-16년	16-17년	17-18년	14-18년 (5년 평균)
증가		93,246 (43.6%)	89,651 (42.0%)	100,024 (46.8%)	101,456 (47.5%)	80,612 (37.7%)
감 소	50 mL 미만	23,306 (10.9%)	23,839 (11.2%)	24,834 (11.6%)	24,735 (11.6%)	63,662 (29.8%)
	50~100 mL미만	17,463 (8.2%)	18,156 (8.5%)	18,350 (8.6%)	18,495 (8.7%)	41,516 (19.4%)
	100~150 mL미만	16,845 (7.9%)	17,838 (8.3%)	17,111 (8.0%)	17,264 (8.1%)	17,110 (8.0%)
	150~200 mL미만	13,271 (6.2%)	13,816 (6.5%)	12,835 (6.0%)	12,943 (6.1%)	6,350 (3.0%)
	200 mL 이상	49,509 (23.2%)	50,340 (23.6%)	40,486 (19.0%)	38,747 (18.1%)	4,390 (2.1%)
Total						213,640 100.0%

<표 33> 연간 감소량에 따른 수검인원 분포(FEV₁)

		14-15년	15-16년	16-17년	17-18년	14-18년 (5년 평균)
증가		85,890 (40.2%)	80,734 (37.8%)	894,83 (41.9%)	92,420 (43.3%)	55,497 (26.0%)
감 소	50 mL 미만	27,615 (12.9%)	28,624 (13.4%)	29,805 (14.0%)	29,937 (14.0%)	78,526 (36.8%)
	50~100 mL미만	21,164 (9.9%)	21,940 (10.3%)	22,378 (10.5%)	22,263 (10.4%)	54,144 (25.3%)
	100~150 mL미만	22,443 (10.5%)	23,407 (11.0%)	22,439 (10.5%)	22,387 (10.5%)	17,408 (8.1%)
	150~200 mL미만	14,910 (7.0%)	15,513 (7.3%)	14,276 (6.7%)	13,843 (6.5%)	5,209 (2.4%)
	200 mL 이상	41,618 (19.5%)	43,422 (20.3%)	35,259 (16.5%)	32,790 (15.3%)	2,856 (1.3%)
Total						213,640 100.0%

FVC와 FEV₁에 대해 연속으로 100 mL 이상의 폐활량감소를 보이는 경우를 확인하여 <표 34>와 <표 35>에 각각 제시하였다.

FVC의 경우 14-15년 검사에서 100 mL이상 감소된 케이스는 79,625명 이었으며 이중 67,143명이 호흡기계 정상(A)으로 판정되었다. 79,625명 중 2016년 폐활량검사에서도 100 mL 이상 감소를 보인 근로자는 18,531명 이었으며 이중 14,529명(78.4%)이 A판정을 받았다. 3년 연속 연간 100 mL 이상의 감소를 보인 근로자는 2,837명이었고 이중 2,088명(73.6%)이 A판정을 받았으며, 4년 연속 연간 100 mL 이상의 감소를 보인 근로자는 292명이었고 이중 184명(63.0%)이 A판정을 받았다.

FEV₁의 경우 14-15년 검사에서 100 mL이상 감소된 케이스는 78,971명 이었으며 이중 66,403명이 호흡기계 정상(A)으로 판정되었다. 78,971명 중 2016년 폐활량검사에서도 100 mL 이상 감소를 보인 근로자는 18,207명 이었으며 이중 14,224명(78.1%)이 A판정을 받았다. 3년 연속 연간 100 mL 이상의 감소를 보인 근로자는 2,875명이었고 이중 2,123명(73.8%)이 A판정을 받았으며, 4년 연속 연간 100 mL 이상의 감소를 보인 근로자는 317명이었고 이중 199명(62.8%)이 A판정을 받았다.

FVC와 FEV₁의 감소양상은 유사하게 관찰되었으며 2년간 연속으로 100 mL 이상 감소된 근로자는 FVC의 경우 5.4%~8.7%, FEV₁의 경우 5.6%~8.5% 이었다.

**<표 34> FVC의 연간 100 mL이상의 연속감소가 확인된 근로자
중 호흡기계 정상(A)으로 판정된 수**

	14-15년	15-16년	16-17년	17-18년
정상판정자 수	67,143/79,625	14,529/18,531	2,088/2,837	184/292
/100 mL 이상	-	67,590/81,994	12,537/15,955	1,264/1,875
연속 감소자 수	-	-	58,061/70,432	8,446/11,587
	-	-	-	53,828/68,954

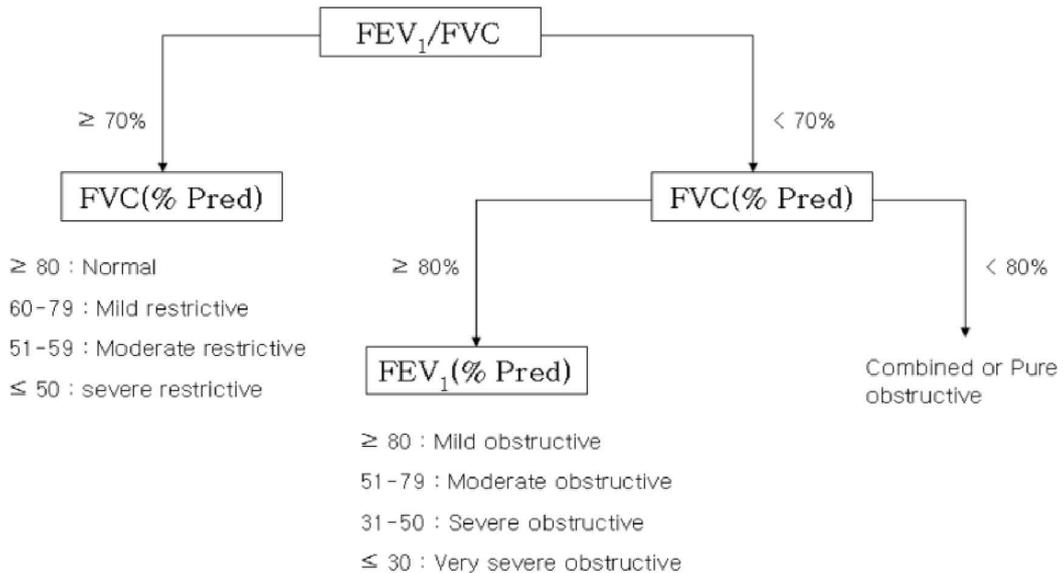
**<표 35> FEV1의 연간 100 mL이상의 연속감소가 확인된 근로자
중 호흡기계 정상(A)으로 판정된 수**

	14-15년	15-16년	16-17년	17-18년
정상판정자 수	66,403/78,971	14,224/18,207	2,123/2,875	199/317
/100 mL 이상	-	67,824/82,342	12,899/16,477	1,400/2,012
연속 감소자 수	-	-	59,213/71,974	8,673/11,907
	-	-	-	53,525/69,020

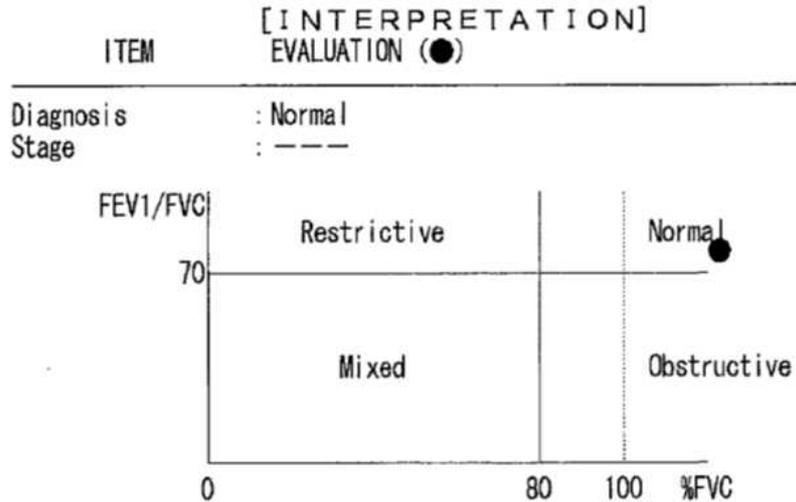
IV. 제언

첫째, 특수건강진단 폐활량검사 결과 해석의 표준화가 필요하다.

근로자건강진단 실무지침에는 폐활량검사의 해석에 대해 ‘대략적인 기준. 시행 검사실마다 판독기준의 차이가 있음. 아래는 한 기관의 판독 기준임.’ 이라는 설명과 함께 [그림 15]의 해석 흐름도를 제시하고 있다. 1초율 70%를 기준으로 정상(70% 이상)과 이상(70% 미만)으로 구분한 후 FVC의 예측치 대비 %를 확인하여 80% 이상이면 폐쇄 환기장애로 80% 미만이면 혼합 또는 폐쇄 환기장애로 판단하는데 대부분의 특수건강진단기관에서는 일반적으로 [그림 16]처럼 간단히 구분하는 방법을 사용하고 있다.



[그림 15] 폐활량검사의 해석(근로자건강진단 실무지침, 2018)



[그림 16] 대부분의 특수건강진단기관에서 사용하는 폐활량검사의 해석 기준

KOSHA GUIDE(H-129-2014, 폐활량검사 및 판정에 관한 지침)에서는 환기기능 장애의 유형 판단기준을 [그림 17]과 같이 제시하고 있다. FVC 80% 또는 1초율 70%의 기준이 아닌 정상 of 아래한계치(Lower Limit of Normal, LLN)를 확인하며, 제한 환기장애에서는 노력성폐활(FVC)이 아닌 총폐활량(Total Lung Capacity, TLC)을 확인하도록 하고 있다.

특수건강진단 대상 유해인자 중 1차에서 폐활량검사를 실시해야 하는 유해인자는 27종으로<표 36> 연간 70~90만 명의 근로자가 폐활량검사를 받고 있으며 매년 증가추세에 있다. 각각 유해인자에 대한 C1과 D1 판정기준이 근로자 건강진단 실무지침에 기술되어있으며 대부분은 임상결과 참고치, 호흡기 이상증후, 호흡기 장애 등을 판단하여 판정하도록 되어있다<표 37>.

14. 환기기능 장애의 유형

14.1 폐쇄성 환기기능 장애

- (1) 노력성 폐활량 검사에서 1초율이 정상에 비해 한계치 미만인 경우로 한다.
- (2) 노력성 폐활량이 감소하나 1초량의 감소가 더 심하여 1초율도 정상보다 낮아지는데, 대부분의 유량-용적곡선에서 처음 부분에 감소가 있는 경우 대기도의 폐쇄를 의미하며 중간부분의 감소는 세기관지의 폐쇄를 의미한다.

14.2 제한성 환기기능 장애

- (1) 노력성 폐활량 검사에서 총폐활량이 정상에 비해 한계치 미만인 경우로 한다.
- (2) 총폐활량과 노력성 폐활량이 감소하는데 1초량은 폐활량이 감소함에 따라 다소 감소할 수 있으나 1초율은 정상범위이거나 정상보다 증가한다.

14.3 혼합성 환기기능 장애

- (1) 노력성 폐활량 검사에서 총폐활량과 1초율이 정상에 비해 한계치 미만인 경우로 한다.
- (2) 노력성 폐활량과 1초량이 모두 감소하는데 1초율도 정상보다 감소한다.

표 1 | 폐활량검사 결과와 환기기능 장애

판정	노력성 폐활량	1초량	1초율(%)
정상	정상	정상	정상
폐쇄성 환기기능 장애	낮거나 정상	매우 낮음	낮음
제한성 환기기능 장애	낮음	낮음	높거나 정상
혼합성 환기기능 장애	낮음	낮음	낮음

[그림 17] KOSHA GUIDE(H-129-2014, 폐활량검사 및 판정에 관한 지침)에서 제시한 환기기능 장애의 유형 판단기준

**<표 36> 특수건강진단 1차 검사에서 폐활량검사를 실시해야하는
유해인자**

글루타르알데히드	니켈 및 그 화합물
디에틸렌트리아민	광물성 분진
말레익 언하이드라이드(무수말레인산)	면 분진
메틸렌 비스페닐 이소시아네이트	미네랄 오일미스트(광물성 오일)
베릴륨	산화철(분진 및 흡에 한정함)
코발트(분진 및 흡에 한정함)	석면분진
톨루엔-2,4-디이소시아네이트	안티몬과 그 화합물
톨루엔-2,6-디이소시아네이트	알루미늄과 그 화합물
프탈릭언하이드라이드(무수 프탈산)	용접 흡
헥사메틸렌 디이소시아네이트	유리섬유 분진
황화니켈	카드뮴과 그 화합물
(무기)주석과 그 화합물	크롬과 그 화합물
곡물 분진	텅스텐과 그 화합물
나무 분진	

<표 37> 폐활량검사 대상 유해인자의 C1, D1 판정기준

	C1	D1
1. 톨루엔-2,4-디이소시아네이트 2. 톨루엔-2,6-디이소시아네이트	- 천식이 의심되나 폐기능 검사 소견이 정상이거나...	- 폐활량검사상 폐쇄성 폐기능이상 이 있거나 전년도에 비하여 FEV ₁ 이 20% 이상 감소 한 경우
3. 면분진	- 주말을 보내고 작업첫날 실시한 폐활량검사에서 1초량(FEV ₁)은 정상 범위(80%이상), 작업 전 후의 1초량 (FEV ₁) 감소율이 5%이상 10% 미만 이거나... - 주말을 보내고 작업첫날 실시한 폐활량검사에서 1초량(FEV ₁)이 예측치의 80% 미만인 경우	- 주말을 보내고 작업첫날 실시한 폐활량검사에서 1초량(FEV ₁)은 정상 범위(80%이상) 이고 작업 전후의 1 초량(FEV ₁) 감소율이 10%이상이거나... - 1초량(FEV ₁)이 예측치의 60~79% 이면서 작업 전후의 1초량(FEV ₁) 감소율이 5%이상이거나... - 1초량(FEV ₁)이 예측치 보다 60% 미만으로 감소한 경우
4. 나무분진 5. 용접 흙	- 자각증상조사에서 천식이 의심되나 임상검사 및 폐기능검사 소견이 정상이고, 폐활량이나 노력성폐활량이 예측치의 60-80% 또는 1초율이 60-70%를 보이는 경우	- 폐활량검사상에 폐쇄성폐기능 이상이 있거나 전년도에 비하여 FEV ₁ 이 20%이상 감소한 경우 - 폐활량이나 노력성폐활량이 예측치의 60%이하이면서 1초율이 60% 이하인 경우
6. 석면분진	- 노력성폐활량(FVC)이 예측치의 60~80%에 해당하거나 1초율 (FEV ₁ /FVC)이 60-70%를 보이고...	- 폐활량이나 노력성폐활량이 예측치의 60%이하이면서 1초율 (FEV ₁ /FVC)이 60%이하이고...
그 외 21종	- 임상검사 결과 참고치를 벗어나거나, 임상진찰결과 호흡기... 등의 이상증후를 보이고...	- 임상검사 또는 임상 진찰결과, 호흡기장해... 등이 있고...

미국흉부학회, 유럽호흡기학회, 미국직업환경의학회 등에서는 폐활량 검사 판정의 표준화 및 근로자의 정확한 호흡기질환 평가를 위해 여러 자료를 제시해왔는데 폐활량검사의 정확한 결과해석에 영향을 주는 주요 문제로 예측식의 부적절한 선택, 판정에 활용할 결과 값의 부적절한 선택, FVC 80% 및 1초율 70%의 고정기준 적용, 이전결과의 비교를 고려하지 않은 판정 등을 들었다.

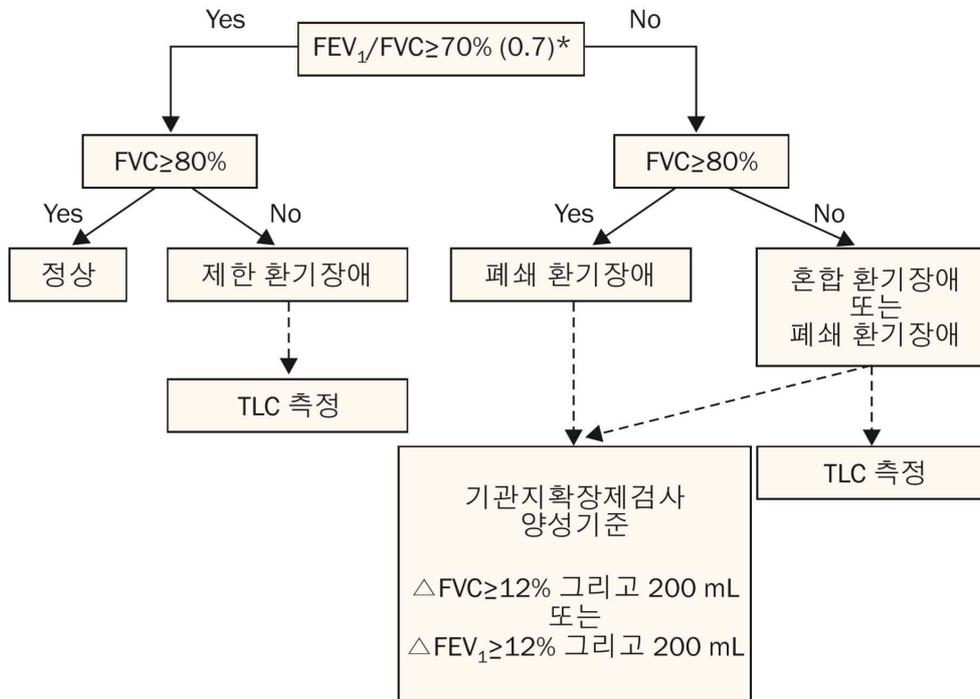
현재 근로자 건강진단 시 판정지침으로 활용되는 근로자 건강진단 실무지침이나 KOSHA GUIDE에는 예측식 선택기준이 없으며, 판정에 활용할 결과 값의 선택기준도 모호하게 설명되어있다. 27종 중 근로자건강진단 실무지침에 폐활량검사에 대한 해석기준이 비교적 구체적으로 제시되어있는 6개 유해인자도 예측치 대비 %를 기준으로 하고 있는데, 예측식 선택에 대한 구체적인 언급이 없으므로 병원에 따라 다양한 예측식을 적용하고 있는 실정을 감안하면 적절한 판정기준은 아니라고 판단된다<표 37>. 이전결과와의 비교판정기준을 제시하고 있는 유해인자는 4종(톨루엔-2,4-디이소시아네이트, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트, 나뭇부진, 용접흡)에 불과하고 모두 D1판정기준이다.

또한 KOSHA GUIDE에 기술된 것처럼 환기기능 장애를 판단할 때 정상치의 아래한계치와 총폐활량을 고려하는 것은 대한결핵 및 호흡기학회에서 제시한 해석흐름도 [그림 18]과 일치하는 것이기는 하나 정상치의 아래한계치의 구체적인 계산방법이 제시되지 못하고 있으며, 총폐활량은 폐활량과 잔기량(Residual volume)을 합한 값으로 현재 대부분의 특수건강진단기관에는 잔기량을 측정할 수 있는 폐기능검사기가 없어 현실과 맞지 않는 지침으로 판단된다.

판정기준이 명확하지 못하면 동일한 이상증후를 보이는 근로자라도 관리대상으로의 선별여부가 달라질 수 있다. 검진기관 또는 의사의 판단에 따라 사업주에게 또는 근로자에게 유리한 판정을 이끌어 낼 우려

가 있으며, 근로자는 제때 관리를 받지 못해 질병으로 이환될 수도 있다.

본 보고서에서는 현재 근로자 건강진단 시 호흡기계의 기능적 이상을 판단하기 위해 실시하는 폐활량검사의 해석 표준화를 위해 현재의 문제점을 판단해보고 우리나라 검진 현실에 적합한 기준을 제시하고자 한다.



*젊은 연령에서는 0.75~0.8 정도로 상향가능

△FVC: FVC 변화량, △FEV₁: FEV₁ 변화량

[그림 18] 폐활량검사 해석 흐름도(2016 폐기능검사지침, 대한결핵 및 호흡기학회)

둘째, 적절한 예측식의 선택이 필요하다.

2017년~2018년 정도관리 자료를 검토한 결과 현재 특수건강진단기관에서 폐활량검사에 사용하고 있는 예측식의 종류는 7가지 정도로 파악되었다<표 4>. MORRIS식이 50.2%로 가장 많았고 Forche식처럼 1개 기관에서 사용되는 예측식도 있었다.

문제는 특수건강진단기관에서 예측식을 선택하는 기준이 전혀 없다는 것이다. MORRIS식을 사용하는 기관은 대부분 장비가 처음 입고될 때 기본설정이 MORRIS식이었기 때문에, 그리고 아무도 변경에 대해 얘기 해주지 않았고 관련 기준도 없기 때문이라고 얘기하고 있다. 반면 KNUDSON식을 사용하는 기관은 과거 미국의 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서 제시했던 근로자 대상의 폐활량검사 평가는 KNUDSON식이 적절하다는 자료를 근거로 선택한 후 현재까지 사용하고 있는 상황으로 판단된다. 그러나 현재 OSHA에서는 1999년 미국의 국민건강영양조사 결과를 토대로 만들어진 NHANES III식이 발표된 이후 NHANES III식을 근로자 대상 폐활량검사의 기본 예측식으로 정하였다(OSHA, 2013). 특수건강진단기관에서도 NHANES III식을 사용하는 기관이 있으나 NHANES III식은 Caucasian, African-american, Hispanic 3인종을 대상으로만 계산된 식이므로 아시아인 또는 우리나라 근로자에게 적용하는 것은 적절하지 못하다. 현재까지 확인된 바로는 대부분의 건강진단기관은 예측식 선택의 근거를 가지고 있지 않으며 선택의 필요성을 인지하지 못하고 있다고 판단된다. 검토대상 243곳 중에 적용가능 인종에 아시아인이 포함되지 않았음에도 이를 선택하여 사용하는 기관이 160곳, 동일한 검진기관에서 장비에 따라 예측식 설정이 다른 기관이 25곳이며 예측식을 확인하지 못하는 기관도 9곳이나 된다는 사실이 이를 증명하고 있다.

예측식간 예측치의 차이가 오차범위 이내여서 어떤 예측식을 선택하

건 동일한 판정결과를 기대할 수 있다면 예측식 선택의 의미는 없을 것이다. 그러나 2018년 폐활량검사자료를 검토한 결과 CHOI식을 사용하는 기관에서 FVC가 80% 미만인 케이스는 남성에서 16.5%로 KNUDSON식을 사용하는 기관 9.5%보다 7%p 높았으며, 여성에서도 CHOI식 사용기관 15.2%, KNUDSON식 사용기관 11.3%로 차이를 보였다. 연령대에 따른 차이도 확인되었는데 60~69세 남성의 경우 15.7%p, 70세 이상에서는 17.7%p의 차이까지 확인되었다<표 8~9>. 2018년 검진 자료의 남성과 여성 평균 키와 몸무게를 4종류의 예측식에 대입하여 20~80세까지 예측치를 비교해본 결과에서도 예측식간 예측치의 차이가 확연히 드러났다. 전반적으로 CHOI식의 예측치가 높았으며 남성 FEV₁을 제외하고 KNUDSON식의 예측치가 낮은 편이었다.

특수건강진단 폐활량검사에 사용될 예측식을 한가지로 통일했을 경우 현재 각 검진기관의 예측식선택에 따른 판정결과가 어떻게 변할 것인지를 확인하였다. 앞서 제시했던 자료와 유사한 변화양상을 보였는데, CHOI식을 선택할 경우 정상 판정비율과 폐쇄 환기장애 판정비율은 줄어들고 제한 환기장애와 혼합 환기장애 판정비율은 증가했으며 MORRIS식, KNUDSON식, GLI 2012식을 선택할 경우에는 반대로 정상과 폐쇄 환기장애 판정비율이 증가하고 제한 환기장애와 혼합 환기장애 판정비율은 감소하였다. 이는 CHOI식의 FVC예측치가 다른 예측식에 비해 높게 설정되어있기 때문으로 판단되는데 <표 16>의 예측식 변경에 따른 판정결과의 변화를 보면 CHOI식을 선택했을 때 정상에서 제한 환기장애로 변경되는 근로자는 35,813명으로 다른 예측식에 비해 많았다. 폐쇄 환기장애에서 혼합 환기장애로 변경되는 근로자가 가장 많은 것도 같은 이유로 판단된다. 반면 FVC예측치가 상대적으로 낮은 다른 예측식에서는 예측치 대비 %가 증가하므로 제한환기장애에서 정상으로, 혼합 환기장애에서 폐쇄 환기장애로 변경될 가능성이 높아진다.

카파분석을 통해 확인한 각 예측식간 판정 일치율은 전반적으로 높은 편이었으며 CHOI식과 KNUDSON식의 일치율이 가장 낮은 것으로 나타났다<표 17>. 예측식 변화에 따른 판정 일치율은 연령대별로 다르게 확인되었는데 MORRIS식과 CHOI식은 10대에서 상대적으로 낮은 일치율을 보이다 30대에서 가장 높아졌으며 이후 연령 증가에 따라 감소하였다. GLI 2012식 역시 10대에서는 MORRIS식과 일치율이 낮았으나 이후 연령증가에 따라 일치율이 증가하여 60대에서는 0.916의 높은 일치율을 보였다. CHOI식은 40대 이후부터 다른 예측식들과의 일치율이 상대적으로 낮게 측정되었는데 상대적으로 높은 예측치 설정이 주요 원인으로 판단된다.

10대에서 전반적으로 일치율이 낮은 것은 예측식마다 적용 가능한 연령이 다르기 때문으로 판단된다. MORRIS식은 19~90세, KNUDSON식은 6~85세, CHOI식은 18~70세, GLI 2012식은 3~95세를 대상으로 만들어진 예측식이며, 수검자의 연령이 포함되지 않은 예측식은 나이에 따른 정확한 예측치의 계산이 불가하다. 2018년 폐활량검사 수검자의 0.6%(4,548명)가 10대로 우리나라에서 10대가 특수건강진단을 받는 사례가 많지는 않으나 정확한 평가를 위해서는 적절한 예측식의 선택이 필요하다.

이상의 결과는 동일한 나이와 신체조건임에도 예측식에 따라 예측치가 달라지며 이는 근로자가 어느 병원에서 검사를 받는가에 따라 폐활량판정이 달라질 수 있음을 의미한다.

셋째, 판정에 활용할 값으로 무조건 큰 값을 선택해선 안 된다.

폐활량검사는 최소 3회에서 최대 8회까지 검사를 실시하는데 그 후 판정에 활용할 결과 값을 선택하는 과정이 필요하다. ATS/ERS, ACOEM, NIOSH, OSHA, 대한결핵 및 호흡기학회 등에서는 판정에 활용할 최고치의 선택은 검사의 적합성과 재현성을 고려하여 가장 큰 값을 선택해야하며 같은 그래프로부터 측정된 결과가 아니어도 된다는 점을 설명하고 있다. 하지만 특수건강진단기관의 최고치 선택은 다양한 방법으로 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다<표 21>.

주목할 만한 점은 폐활량검사기의 성능에 따라 선택방법이 달라진다는 것인데 ATS/ERS의 기준을 따르고 있는 기관의 63.3% 이상은 자동선택기능이 지원되는 장비를 사용하는 기관이며, 자동선택기능이 지원되지 않는 장비의 경우 편의상 FVC가 가장 큰 결과지 하나를 선택하거나 정해진 기준이 없는 경우가 많았다는 점이다. 자동선택기능이 없는 장비는 대부분 결과지가 낱장으로 출력되어 검사횟수만큼 결과지가 생기는데 전체 결과를 한눈에 확인하기 어려워 그래프의 적합성이나 재현성판단, 결과 값 선택이 다소 불편하다는 단점이 있다. 향후 장비 교체시 고려가 필요한 부분이다.

결과 선택과 관련한 몇 가지 문제점들이 있는데, 첫 번째는 검사의 적합성과 재현성을 우선으로 고려하지 않는다는 점이다. 적합성과 재현성이 부족한 검사는 FVC 또는 FEV₁이 과대 또는 과소평가된 자료이므로 결과 값이 아무리 크게 나와도 최종결과 선택에서 우선 제외되어야 한다. 본 보고서에서 제시한 몇 가지 사례들은 적합성 또는 재현성이 부족한 결과임에도 최고치로 선정되어 부적절한 판정이 이루어진 예이다. 두 번째는 대부분의 판정의사는 그래프를 확인하지 않고 FVC %와 1초율(%)만으로 판정을 한다는 것이다. 그래프는 수검자의 호흡이 기록된 자료이다. 폐활량검사의 적합성 평가와 결과의 해석에서 수검자의

호흡을 이해하지 못한다면 정확한 판단은 불가능하다. 제시된 사례들은 모두 그래프만으로도 적합한 검사가 아님을 확인할 수 있는 것들로, 그래프를 이해하고 판정과정에서 한번이라도 그래프를 확인했다면 쉽게 최고치 선택에서 제외가 가능했을 사례들이다. 마지막으로 판정에 활용할 결과 값을 검사자가 선택한다는 점이다. 응답기관의 73.7%가 판정에 활용할 결과를 검사자가 선택한다고 답하였고 의사가 직접 선택하는 기관은 7.6%뿐이었다<표 22>. 검사결과가 적합성과 재현성 기준을 충족하여 가장 큰 값을 선택해도 괜찮은 상황이라면 선택의 주체가 누가 되더라도 값은 같을 것이다. 그러나 수검자의 협조가 어려워 적합성 또는 재현성을 만족하지 못한 상태라면 최종결과는 수검자의 문진내용과 현재 건강상태, 검사자의견 등을 종합적으로 고려하여 선택할 필요가 있다.

넷째, 연간 폐활량의 변화량을 고려한 관찰대상자 선정이 필요하다.

폐활량은 일반적으로 10대 후반에서 20대 초반까지 증가하며 그 후 서서히 감소하는데, Redlich 등(2014)은 비흡연자에서 FEV₁의 일반적인 감소율을 연간 30 mL 정도로 보고하였고, Quanjer 등(2012)은 인종, 성별, 키 등에 따라 감소율에 차이를 보이는데 30세에서 62세 사이에 연간 32~46 mL의 감소를 보인다고 보고하였다. 2014년~2018년 5년 연속 폐활량검사 수검자를 대상으로 성별 및 흡연경험에 따른 감소량을 확인한 결과 여성의 FVC 결과에서 과거 및 현재흡연자, 그리고 여성의 FEV₁ 결과에서 과거흡연자를 제외하고 연도에 따라 감소하는 경향을 확인하였고<표 27~28>, 연간 감소량은 흡연여부와 연령대에 따라 약간의 차이를 보였는데 5년 평균 감소량은 FVC의 경우 21 mL/년, FEV₁의 경우 34 mL/년 이었다<표 29>.

주기적으로 폐활량검사를 받는 근로자에서 정상적으로 예측가능한 감소량 이상의 ‘과도한’ 감소가 확인되는 경우, 폐활량이 정상범위에 있더라도 관찰이 필요한데, 이는 진행성 폐질환을 초기에 확인할 수 있다는 점에서 큰 의미가 있다(Redlich et al., 2014). 2016년 명준표 등이 제안한 연간 50 mL 또는 100 mL이상의 폐활량감소를 관찰대상자 선정기준에 적용했을 경우 연간 수검인원의 32~48%가 추적관찰이 필요한 경우로 분류되며, 연간 200 mL이상 감소를 적용하면 15~23%가 관찰대상자에 해당된다. 5년 평균 100 mL 이상 감소기준을 적용하면 12~13%가 해당하나 우리나라 검진 현실에서 5년 이상의 폐활량검사결과를 추적관찰 하는 것은 어려운 것으로 판단된다. 연간 100 mL 이상 연속으로 감소한 사례를 확인한 결과, FVC가 2년 연속 연간 100 mL 이상 감소한 근로자는 수검자의 8.7%, FEV₁이 2년 연속 연간 100 mL 이상 감소한 근로자는 수검자의 8.5% 수준이었다. 2년 연속 연간 100 mL 이상 감소

를 보임에도 정상으로 판정된 사람은 FVC, FEV₁ 모두 78%수준이었으며, 4년 연속 연간 100 mL 이상의 감소를 보임에도 정상 판정을 받은 사람은 FVC, FEV₁ 모두 63%수준이었다. 폐활량이 정상 범위에 있더라도 노화에 의한 자연감소이상의 비율로 감소한다면 적절한 조치가 필요할 것으로 판단되는데, 해당 근로자들의 정확한 현재 건강상태를 파악하는 것은 불가능했으나 감소율이 연평균 60~90 mL를 초과하는 경우 질병이환율 및 사망률 증가와 관련 있음이 보고되기도 하였으므로 (Beeckman et al., 2001; Sircar et al., 2007) 관리대상자로 선정함이 적절할 것으로 판단된다.

폐활량검사의 해석에 80% 내지 70%의 고정비율을 사용하면 나이, 키, 성별, 인종에 따른 바이어스로 인해 일부 연령대에서 위음성이 생길 수 있으므로 국제적으로는 정상치의 아래한계치 적용이 권고되고 있다. 그러나 정상치의 아래한계치가 자동으로 계산되는 검사기 모델은 한정되어있으며 일부 예측식에 대해 계산프로그램이 보급되어있으나 사용이 번거롭다는 단점이 있다. 현재는 폐활량의 이상 판정기준인 FVC 80%, 1초율 70%의 재검토가 필요한 시점이긴 하나 실무에서 쉽게 적용가능하며 직관적인 판단이 가능한 고정기준을 적용하여 판단하는 것이 더 합리적이라고 판단되며 이에 대한 보완으로 연간 변화량을 고려한 관찰대상자 선정기준을 적용하는 방안의 검토가 필요하다.

이상의 내용을 바탕으로 폐활량검사 결과해석의 표준화를 위해 다음 세 가지를 제안한다.

1) 특수건강진단 폐활량검사를 위한 예측식은 'GLI 2012'식을 제안한다.

Global Lung Function Initiative(GLI)는 유럽호흡기학회의 TF-team으로 활동하며 세계 73개 센터로부터 폐활량검사 데이터를 받아 전 연령대, 전체 인종에 적용 가능한 예측식을 만드는 것이 목표였으며, 1차로 2012년에 Caucasian, African-American, North East Asian, South East Asian에 대한 예측식을 발표했다. North East Asian에는 우리나라 사람과 중국 북부의 일부지역 자료가 적용되었는데 2001년 만들어진 CHOI식(최정근식, Dr.Choi식, Korean식)의 데이터가 그대로 반영되었다. GLI 2012식과 CHOI식의 가장 큰 차이점은 통계방법에 있다. CHOI식은 대부분의 다른 예측식과 마찬가지로 회귀분석방법을 이용하였으며 GLI 2012식은 LMS방법(LMS method)을 사용하였는데 기존 회귀분석이 가진 한계점을 극복한 방법으로 평가되고 있다(명준표 등, 2016).

예측식의 선택에 있어서 MORRIS식, KNUDSON식처럼 아시안을 포함하지 않는 예측식은 우선적으로 배제하였다. 한국인을 대상으로 만들어진 예측식은 관련 연구자들에 의해 지속적으로 발표되고 있지만 현재 특수건강진단기관에서 사용되는 폐활량검사기에서 선택 가능한 예측식은 CHOI식과 GLI 2012식 정도이다. CHOI식과 비교한 GLI 2012식의 장점은 3~95세까지 전 연령대에 적용가능하다는 것, 그리고 동남아시안 선택이 가능하다는 것이다. 외국인 근로자의 상당수를 차지하는 동남아시안을 위한 폐활량예측식이 없어 결과의 해석에 많은 어려움이 있는데 이를 보완할 수 있는 예측식이라 판단된다. GLI 2012식의 가장 큰 단점

은 일부 폐활량검사기 모델에 설치가 불가하다는 점이다. 최신 모델의 폐활량검사기는 문제없으나 일부 구형모델의 경우 현재는 적용이 어려운 상황이다.

그간 우리나라에서도 예측식의 중요성과 통일의 필요성을 제시한 자료는 많이 있었다. 그러나 통일의 필요성만을 강조했다 뿐 구체적인 선택에 대해 제시하지는 못했다. 대한결핵 및 호흡기학회에서는 2005년 CHOI식이 발표된 직후 학회차원에서 사용을 권고하기도 했으나 현재는 CHOI식에 대한 재평가가 필요하다는 의견이 제시되고 있다. 예측식은 새로운 통계기법의 발달, 출생코호트의 배제 등을 이유로 끊임없이 변한다. 현재 특수건강진단 폐활량검사 판정의 표준이 없는 상황에서 특정예측식이 ‘질병을 더 잘 예측한다’ 또는 ‘민감도와 특이도가 높다’는 등의 과학적 근거를 제시하는 것은 불가하다. 보다 과학적이고 검증된 새로운 예측식을 기다리며 지금처럼 다양한 예측식을 검진에 사용하기 보다는 현 시점에서 가장 적합한 예측식이 무엇인지 고민하고 즉시 적용하는 것이 필요하다.

2) 최고치 선택은 ATS/ERS의 권고를 따를 것을 제안한다.

객관적인 데이터로 제시하지는 못하였으나 최고치 선택기준에 따라 판정에 활용될 결과 값이 변경될 수 있으며, 본문에 제시된 부적절한 결과선택에 의한 판정오류 사례들이 지속적으로 확인되고 있으므로 그 래프의 적합성과 재현성을 고려하여 최고치를 선택하는 방법이 필요하다.

3) 관찰대상자의 선정은 현재의 고정기준과 비교기준을 동시에 적용할 것을 제안한다.

폐활량검사의 해석에 고정기준 대신 정상치의 아래 한계치를 적용하고 동시에 비교기준을 적용하는 것이 세계적인 추세이기는 하나, 특수건강진단기관에서의 적용 편의성과 검사장비의 성능 등을 고려해 FVC 80%, 1초율 70%의 고정기준을 유지하는 것이 적절할 것으로 판단되며, 연속적으로 과도한 감소가 관찰되는 경우 폐활량이 정상범위에 있더라도 관찰대상에 포함시키는 것이 필요한데 비교기준으로는 2년 연속 FVC 또는 FEV₁이 100 mL/년 이상 감소하는 경우를 제안한다. 1년간의 변화량만을 확인하는 것은 검사과정에서의 측정오류나 검사당시 수검자의 건강상태에 의한 일시적인 감소가 반영될 수 있으나, 2년 연속 자료를 확인하면 이런 오류를 상당부분 감쇄시킬 수 있을 것으로 판단되며, 진행성 폐질환의 조기발견을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 고용노동부. 2017년도 근로자건강진단 실시결과. 2018.
- 나승원, 오지선, 홍상범, 심태선, 임채만, 고윤석, 이상도, 김우성, 김동순, 김원동, 오연목. 폐기능검사 해석에 정상하한치 변화와 새 해석흐름도가 미치는 영향. *Tuberculosis and Respiratory Diseases* 2006;61:129-136.
- 대한결핵 및 호흡기학회. 폐기능 검사 지침. 2016.
- 명준표, 구정완, 김형렬, 이해은, 조범석, 이지원, 이이령. 근로자 건강진단 시 폐기능 검사의 적정성 평가 및 판정기준 개발. *산업안전보건연구원*, 2016. (2016-연구원-767)
- 산업안전보건연구원. 근로자건강진단 실무지침. 2018.
- 오연목, 홍상범, 심태선, 임채만, 고윤석, 김우성, 김동순, 김원동, 김영삼, 이상도. 폐활량측정법의 새로운 정상예측식이 폐활량측정법 장애 양상 및 질병 중증도 해석에 미치는 영향. *Tuberculosis and Respiratory Diseases* 2006;60:215-220.
- American College of Occupational and Environmental Medicine. Spirometry in the Occupational Health Setting. *Jr Occup Environ Med* 2000;42(3):228-245.
- American College of Occupational and Environmental Medicine. Spirometry in the Occupational Health Setting-2011 Update. *Jr Occup Environ Med* 2011;53(5):569-584.
- American Thoracic Society. Lung function testing: Selection of reference values and interpretative strategies. *Amer Rev Resp Dis* 1991;144(5):1202-1218.

- Beeckman LA, Wang ML, Petsonk EL, et al. Rapid declines in FEV1 and subsequent respiratory symptoms, illnesses, and mortality in coal miners in the United States. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163:633 - 639.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (German Social Accident Insurance). Guidelines for Occupational Medical Examinations. 2007.
- Gold WM. Pulmonary function testing. In: Murray JF, Nadel JA editors. *Textbook of respiratory medicine.* 3rd ed., WB Philadelphia: Saunders, 2000, p.781-881.
- Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric Reference Values from a Sample of the General U.S. Population. *Am J Resp Crit Care Med;* 159:179-187, 1999.
- Health and Safety Executive. Health surveillance for those exposed to respirable crystalline silica (RCS) - Guidance for occupational health professionals (amended January 2016), Available from URL; <http://www.hse.gov.uk/pubns/books/healthsurveillance.htm>.
- Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 1977;33(1):159-174.
- Malo JL, Moira CY, Bernstein DI. *Asthma in the workplace.* Fourth edition. CRC Press, 2013, p. 17-18.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *European Resp Jr* 2005;26(2):319-338.

- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Enright P, van der Grinten C, Gustafsson P, Jensen R, Macintyre N, McKay RT, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J. Standardisation of lung function testing; the authors' replies to readers' comments. *European Resp Jr* 2010;36(6):1496-1498.
- Nathan SP, Lebowitz MD, Knudson RJ. Spirometric testing. Number of tests required and selection of data. *Chest* 1979;76(4):384-388.
- Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Spirometry testing in occupational health program(OSHA 3637-03 2013). 2013.
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, Coates A, van der Grinten CP, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pedersen OF, Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests. *European Resp Jr* 2005;26(5):948-968.
- Quadrelli S, Roncoroni A, Montiel G. Assessment of respiratory function: influence of spirometry reference values and normality criteria selection. *Respiratory Medicine* 1999;93(8):523-535.
- Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, Enright PL, Hankinson JL, Ip MS, Zheng J, Stocks J.; ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for 3-95-yr age range: the global lung function equations. *European Resp Jr* 2012;40(6):1324-1343.
- Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL, Townsend MC, Eschenbacher WL, Von Essen SG., Sigsgaard, T, Weissman DN; 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.

Sircar K, Hnizdo E, Petsonk E, Attfield M. Decline in lung function and mortality: implications for medical monitoring. *Occup Environ Med.* 2007;64:461-466.

Vestbo J, Hurd SS, Agusti AG, Jones PW, Vogelmeier C, Anzueto A, Barnes PJ, Fabbri LM, Martinez FJ, Nishimura M, Stockley RA, Sin DD, Rodriguez-Roisin R. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: GOLD Executive Summary. *Amer Jr Resp Critical Care Med.* 2013;187(4):347-365.

<Abstract>

Status of spirometry assessment at special health examination and standardization plan

Objectives: This study aims to explore the application status of factors that may affect spirometry results (reference equation criteria, best value selection criteria, interpretation criteria) and to suggest a plan for standardization in order to ensure credibility of spirometry.

Methods: Best value selection criteria to be used for the use status and assessment of reference equation by each examination institutions was identified using the 2018 special health examination spirometry results. Change in assessment results according to the change in reference equation and erroneous cases of best value selection were identified. Furthermore, the spirometry results of patients who underwent the test yearly between 2014 and 2018 were also examined in order to compare the results between comparative assessment based on previous year's spirometry results and fixed criteria that are being used currently. Lastly, the above results were combined to suggest a recommendation criteria for the standardization of spirometry assessment.

Results: Around 80% of target institutions used reference equation criteria that are not suitable for Korean workers, and there was a discrepancy in the assessment ratio for normal/abnormal result based on reference equation criteria.

The criteria for selection of results to be used for assessment differed between institutions. Only 28% of the target institutions followed internationally accepted guideline proposed by American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS). The 36% of the target

institutions selected results based on criteria without justification, and another 36% selected without no criteria at all.

The criteria for selecting subjects to be observed or suspected to have a disease are forced vital capacity(FVC) 80%, forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity(FEV1/FVC) 70% in most centers. However, the reference equation that serves as reference for the calculation of 80% or 70% ratio differed between institutions. Furthermore, though follow-up is necessary in cases of showing a decreased function greater than predicted decrease due to aging even if the spirometry results were within normal limits, there were no criteria for such practice. Upon examination of subjects who underwent yearly spirometry between 2014 and 2018, 8.5-8.7% of the subjects showed greater than 100 mL decrease yearly of FVC or FEV₁ over two consecutive years.

Conclusions: The reference equation for spirometry as well as the criteria used for the selection of results to be used for the final assessment differed between special health examination centers. This implies that spirometry results can vary based on the health examination center selected by the patient. In order for prevention of work-related respiratory disease and diagnosis of respiratory diseases based on clear and reasonable standards, the standardization of assessment criteria is crucial. We here suggest ‘GLI 2012’ as the reference equation. For the selection of best value, we suggest to choose the value that considers the acceptability and reproducibility of the graph, as per ATS/ERS recommendation. For the selection of subjects to be observed, we suggest to apply the current fixed criteria as well as the comparative criteria concomitantly and to include the cases that decrease 100 mL or more per year in FVC or FEV₁ for 2 consecutive years as comparative criteria.

Key Words: special health examination, spirometry, reference equation, best value selection

〈〈연구진〉〉

연구 기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 원 용 림 (차장, 직업건강연구실)

공동연구원 : 김 은 아 (실장, 직업건강연구실)

박 종 선 (차장, 직업건강연구실)

박 가 영 (과장, 직업건강연구실)

〈〈연구기간〉〉

2019.02.19.(IRB심의회) ~ 2019.11.30.

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

산업안전보건연구원장

특수건강진단 폐활량검사 판정 실태조사 및 표준화 방안

(2019-연구원-1533)

-
- 발 행 일 : 2019년 11월 30일
 - 발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고 재 철
 - 연구책임자 : 안전보건공단 산업안전보건연구원 원 용 림
 - 발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
 - 주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
 - 전 화 : (052) 703-0857
 - F A X : (052) 703-0335
 - Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
-