



폐기능 검사의 해석과 올바른 흡입기의 사용

분당서울대학교병원 호흡기내과

임성윤 · 윤호일

Interpretation of Pulmonary Function Tests and Optimization of Inhalation Therapy

Sung Yoon Lim and Ho Il Yoon

*Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Department of Internal Medicine,
Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea*

Spirometry, also called office-based pulmonary function testing, is a useful tool for diagnosis and classification of lung disease. Here, we outline a simple stepwise approach for interpretation of spirometry results. The first step is to determine the forced expiratory volume in a one second/forced vital capacity (FEV1/FVC) ratio. If airflow is limited, a bronchodilator is administered followed by reassessment. The next step is to determine whether FVC is low; an observed decrease in FVC indicates a restrictive pattern. For patients with obstructive disease, inhalation medication is needed. Therefore, this review also describes the most appropriate inhalation device for each patient and the correct use of the device to maximize inhalation therapy benefits. (Korean J Med 2021;96:209-217)

Keywords: Spirometry; Pulmonary function tests; Inhaler medication

서 론

폐기능 검사는 폐의 기본적인 호흡 기능을 측정하는 검사로 호흡기 질환의 진단뿐만 아니라, 질병의 경과와 치료 효과를 판정하는 데 필수적인 검사이다. 특히 우리나라 40세 이상의 성인 남성에서 13%의 유병률을 보이는 만성 폐쇄성 폐질환은 폐기능 검사로 진단하는 질환이다[1]. 그러나 자신

이 만성 폐쇄성 폐질환을 갖고 있다는 사실을 인지하는 경우는 전체의 약 2.4%이며, 치료를 받고 있는 사람은 2.1% 수준이다[2]. 그 결과 진단과 치료가 늦어지며, 불량한 예후를 보이게 된다. 이처럼 만성 폐쇄성 폐질환에 대한 인지와 치료율이 낮은 이유는 폐기능 검사의 시행빈도가 매우 낮기 때문이다. 더불어 미세먼지로 인한 호흡기 질환의 조기 발견을 위해 폐기능 검사를 국가건강검진에 포함하고자 하는 시도

Received: 2021. 5. 18

Accepted: 2021. 5. 21

Correspondence to Ho Il Yoon, M.D.

Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Department of Internal Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, 82 Gumi-ro 173beon-gil, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea

Tel: +82-31-787-7036, Fax: +82-31-787-4052, E-mail: dextro@snuh.org

Copyright © 2021 The Korean Association of Internal Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가 진행되고 있는 상황이다. 따라서 본고에서는 폐기능 검사 중 폐활량 검사(spirometry)의 기본적인 원리와 이에 대한 해석에 대해 살펴보고자 한다.

아울러 만성 폐쇄성 폐질환을 포함한 가장 중요한 치료는 흡입기 치료이다 그러나 흡입기를 정확하게 사용하지 못하는 환자가 많으며, 더 큰 문제는 정확한 흡입기 사용 방법을 아는 의료진도 많지 않다는 점이다[3,4]. 국내에서 2007년 3월부터 2008년 2월까지 한국천식알레르기학회에서 133명의 일차 진료의를 대상으로 한 연구에 따르면 흡입기를 부적절하게 사용하는 빈도가 정량식 흡입기(pressurized metered dose inhaler, MDI)는 약 65%, 건조분말 흡입기는 약 80%로 매우 높았다[5]. 따라서 본 종설을 통해 환자에 따른 적절한 흡입기의 처방과 흡입기 종류에 따른 올바른 사용 방법을 함께 살펴보고자 한다.

본 론

폐활량 검사(spirometry)

폐기능 검사는 호흡 기능을 평가하기 위한 다양한 검사로 구성되어 있으며, VC 측정 및 기관지 확장제 가역성 검사를 비롯하여 폐확산능 검사, 폐용적 측정과 심폐운동운동 검사를 포함하고 있다. 특히 폐활량 검사는 폐기능을 평가하는 가장 대표적인 검사로, 폐기능 검사 중에서 검사 시간이 짧고, 검사 방법이 간단하여 중소병원에서도 시행할 수 있는 검사법이다.

폐활량 검사는 대상자가 최대한 숨을 들이마신 후 세고 빠르게 내쉴 때 나오는 공기량을 측정하는 검사법으로 이를 통해 측정할 수 있는 두 가지 주요 지표는 1) 노력호기 중에 배출되는 유량을 측정하는 노력 폐활량(forced vital capacity, FVC)과 2) FVC 측정 과정 중 처음 1초간에 배출되는 유량을 측정하는 1초노력호기량(forced expiratory volume in one second, FEV1)이 있다. 천천히 내쉬는 공기량을 측정하는 VC와 달리, FVC는 세고 빠르게 내쉬는 공기량을 측정하기 때문에 빠르게 내쉬는 과정에서 기도가 빨리 닫히게 되어 FVC는 VC에 비하여 비슷하거나 적게 나온다. VC를 측정할 때, 검사 대상자의 협조가 필요하며, 검사자의 정확한 검사가 매우 중요하다. 부적절하게 실시한 방법은 마치 질병이 있는 것으로 해석될 수 있기 때문이다. 자세한 검사 방법과 검사 시 주의사항은 2016년 폐기능 검사 지침[6]에 있으며, 실제 폐기능 검사를 시행하는 동영상도 웹을 통해 시청할 수 있다 (<https://youtu.be/zO6FF6nhtJw>). 또한 폐활량 검사는 검사 대상자가 최대한 숨을 들이마시고 최대한 내쉬는 검사이므로 최근 3달 이내(안과, 개복, 개심) 수술, 심근경색, 뇌졸중 기흉이 병력이 있는 경우, 최근 1달 이내 객혈이 있었던 경우, 그리고 활동성 결핵 및 호흡기 감염이 있는 경우 폐활량 검사는 절대금기이다.

폐활량 검사 결과의 적합성

폐기능 검사 결과지에서 가장 먼저 검사 결과의 적합성 여부를 확인해야 한다(Fig. 1). 결과지에 있는 기류-용적

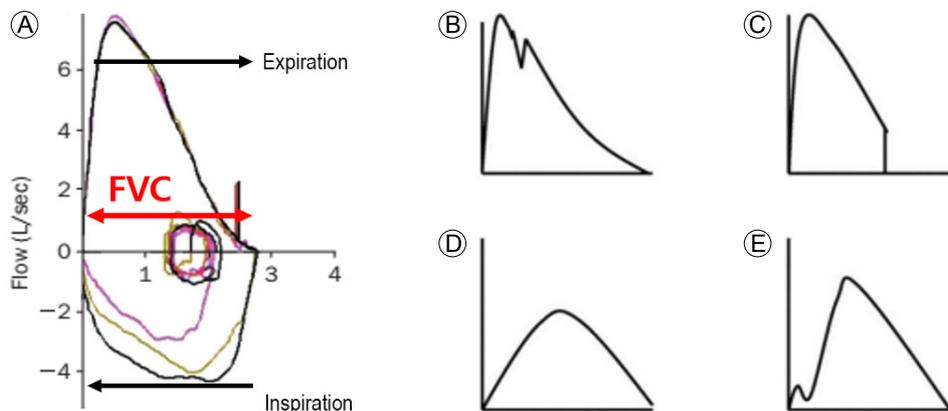


Figure 1. Acceptable and unacceptable flow-volume loops. (A) Normal, (B) cough, (C) early termination, (D) suboptimal effort, (E) hesitation to start. Reused from reference [6] with permission.

(flow-volume) 곡선은 최대한의 노력으로 흡기-호기를 시행하는 중에 용적(X축)과 기류(Y축)를 그린 고리 모양의 그림으로 이 곡선을 통하여 폐기능 검사의 적합성을 판정할 수 있다. X축 아래는 흡기 과정, X축 위는 호기 과정을 나타내고, 주로 호기 과정 중에서 부적절한 검사가 발생한다. 부적절한 검사의 가장 흔한 원인은 검사 대상자가 6초까지 호기를 지속하지 못하고 조기에 중단하는 경우 또는 호기 초기에 최대한의 노력을 하지 않는 경우에 발생한다. 폐기능 검사가 적절히 시행된 것으로 판정되면 1) FEV1과 FVC의 비율(FEV1/FVC), 2) 기관지 확장제 검사 반응 여부(bronchodilator response), 3) FVC의 백분율(FVC [%])을 순서대로 확인해야 한다(Fig. 2A) [7].

FEV1과 FVC의 비율(FEV1/FVC)

건강한 성인은 숨을 내쉬기 시작하여 3초 이내에 VC의 대부분을 내실 수 있으나, 만성 폐쇄성 폐질환과 같은 폐쇄성 질환이 있는 경우는 공기를 내쉬는 과정에 장애가 있어 호기 초기에 숨을 다 못 내쉰다. 정상 폐기능을 갖고 있는 경우 FVC 중 약 75-80%는 1초 안에 내실 수 있기 때문에 FEV1과 FVC의 정상 비율은 70% 이상이다. 그러나 기관지에 폐쇄성 질환이 동반되어 있는 경우에는 70% 미만으로 감소한다. 따라서 FEV1과 FVC의 비율이 70% 미만이라면 폐쇄성 환기장애가 있는 것을 의미한다. 폐활량 검사에서 폐쇄성 환기장애가 나타날 수 있는 대표적인 질환은 만성 폐쇄성 폐질환, 천식, 기관지 확장증 등이 있다. 실제로 만성 폐쇄성 폐질환의 진단 기준 중 하나는 기관지 확장제 사용 후, FEV1과 FVC의 비율 70 미만이다. 단, FVC 값이 나이에 따라 변화가 크기

때문에, 고령에서는 FEV1과 FVC의 비율을 60%로, 젊은 연령에서는 80%로 조정이 가능하다.

기관지 확장제 검사 반응 여부

기관지 확장제 검사는 속효 베타2 항진제 등의 기관지 확장제를 투여하기 전과 후를 비교하여 기류제한의 가역성 여부를 평가하는 검사다. 따라서 기준에 복용하거나 흡입하는 기관지 확장제와 관련된 약제를 일정 시간 중단하고 검사를 시행해야 한다. 속효 기관지 확장제(베타2 항진제 albuterol/salbutamol; 항콜린제인 ipratropium bromide)는 검사하기 전 6시간 이내, 테오필린은 12-48시간, 지속 베타2 항진제는 24-48시간 이내에는 사용하면 안 된다. 담배는 최소 검사 한 시간 전부터 검사가 끝날 때까지 피우지 말아야 한다. 기도 폐쇄의 가역성 변화에 대한 기준은 기관지 확장제 투여 후 FEV1 또는 FVC 두 값 중 하나 이상이 증가하는 정도가 기저치의 12% 이상이면 동시에 200 mL 이상 증가한 경우를 말한다.

FVC의 백분율(FVC [%])

폐활량 검사의 두 가지 주요 지표인 FEV1과 FVC의 정상 예측치는 성별, 나이, 인종, 신장에 따라 달라질 수 있으므로, 한국인의 표준화된 정상예측치와 비교한 백분율이 검사 결과지에 절대량과 함께 나타난다. FEV1과 FVC 두 지표 모두 백분율이 80% 이상인 경우를 정상으로 분류한다. FVC이 정상예측치의 80% 미만일 때, 제한성 환기장애를 의심할 수 있고, 추가적으로 총폐용량(total lung capacity)의 감소를 통해

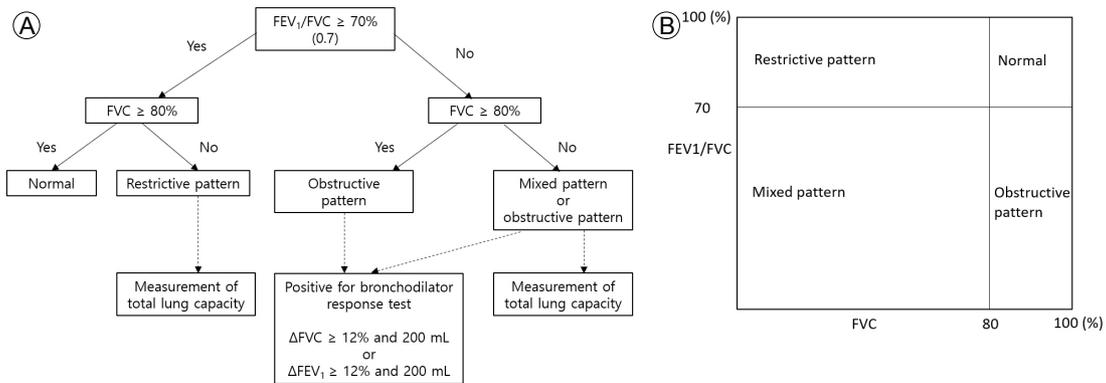


Figure 2. (A) Interpretation algorithm of spirometry. (B) Classification of ventilatory defect. Reused from reference [6] with permission.

제한성 환기장애가 있다고 판정할 수 있다. 폐활량 검사 시에 최대한 숨을 내쉬는 상태에서도 폐 속에는 일정량의 공기가 남아 있고, 이것을 잔기량(residual volume)이라 한다. 잔기량과 FVC를 합치면 총폐용량이 되는데, 폐활량 검사로는 잔기량이나 총폐용량을 측정할 수 없고 폐용적 검사를 통해 측정할 수 있다. 총폐용량을 측정하는 것이 제한성 환기장애 진단 기준이나 총폐용량을 측정 못하는 경우에는 노력성 폐활량으로 측정할 수 있다. 폐기능 검사에서 제한성 환기장애가 나타나는 대표적인 질환으로는 간질성 폐질환과 흉벽 질환, 신경-근골격계 질환 등이 있다.

폐활량 검사 결과 해석의 실제

용적 기류 곡선에서 호기곡선을 보고 적절한 검사 여부를 판정한 후, FEV₁과 FVC의 비율을 확인한다. 70% 미만인 경우 폐쇄성 환기장애가 있는 것이고, 기관지 확장제 투약 후, FVC 또는 FEV₁의 변화량으로 기관지 확장제에 대한 반응성

유무를 확인한다. 마지막으로 FVC의 백분율이 80% 미만이라면 제한성 환기장애 가능성이 높으므로 총폐용량을 측정해야 한다(Fig. 2).

폐쇄 환기장애(Fig. 3)

폐활량 검사에서 FEV₁/FVC가 66%로 70% 미만으로 폐쇄 환기장애가 있다고 해석한다. 흡입제 투약 전과 후 FEV₁은 2,320 mL에서 2,670 mL로 350 mL 증가(15% 증가)하였으므로 기관지 확장제 반응 양성이다. FVC는 97%로 제한성 환기장애는 없다. 기류-용적곡선에서는 최고 호기 기류속도가 감소하고 정점 이후 호기 초기에 하강곡선이 하방으로 급격히 감소하여 하방으로 오목함(scooped out)이 증가한다. 기관지 확장제 투여에 반응이 있어 확장제 흡입 후 하방으로 치우친 곡선 경사가 약간 완만해지면서 오목함이 둔화된다.

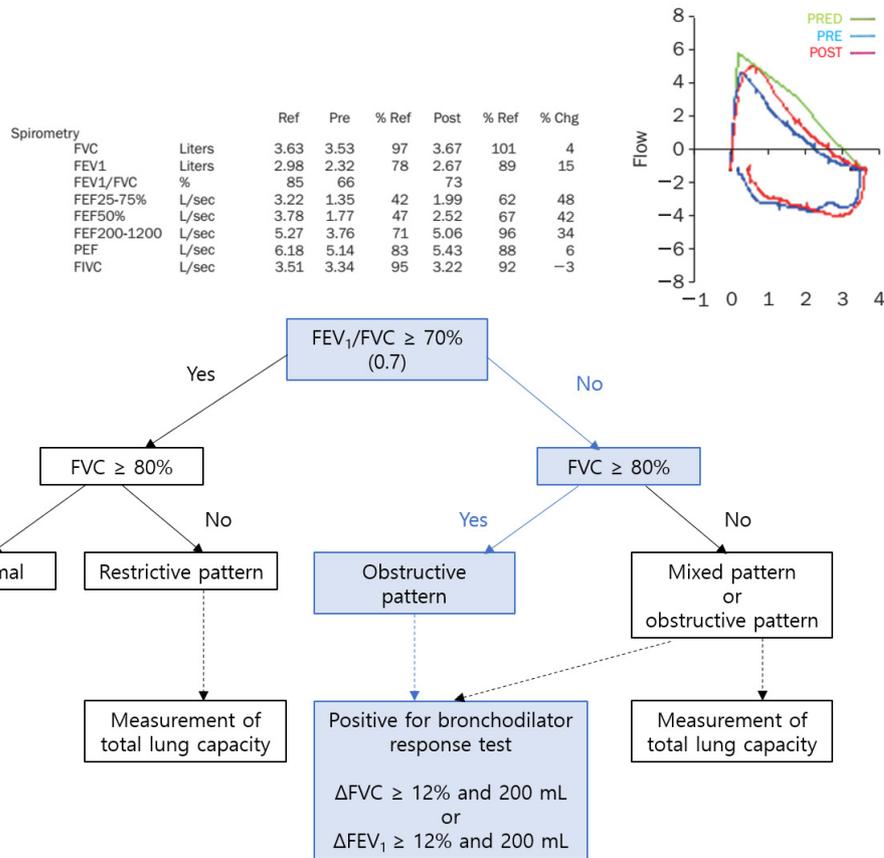


Figure 3. Spirometry result showing obstructive defect. Reused from reference [6] with permission.

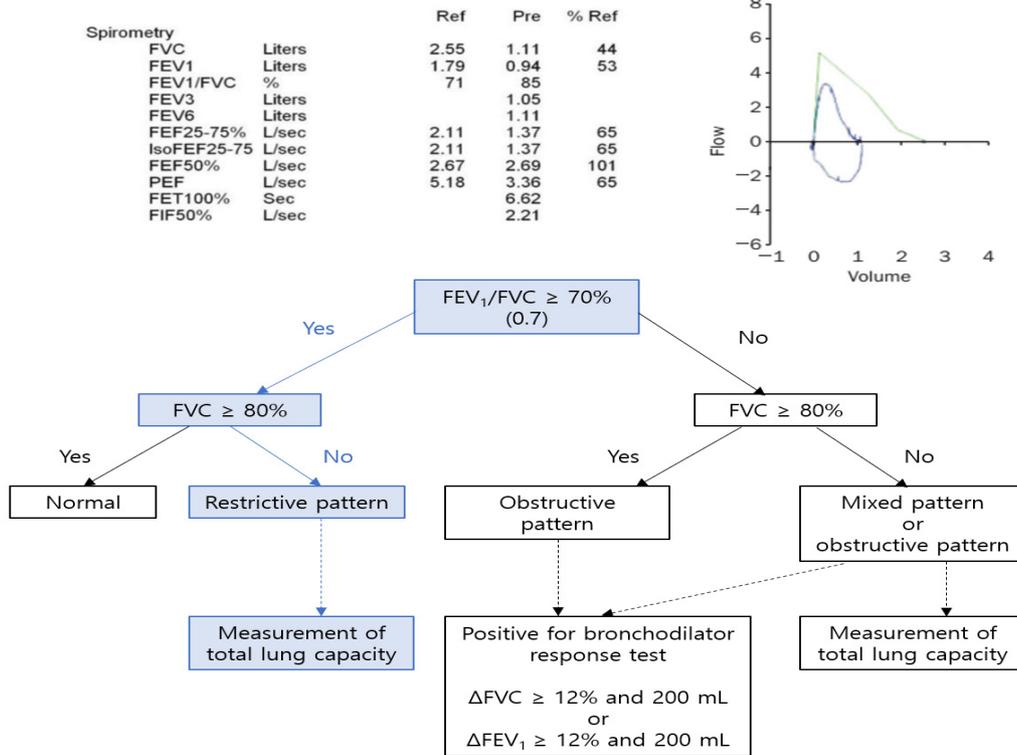


Figure 4. Spirometry result showing restrictive defect. Reused from reference [6] with permission.

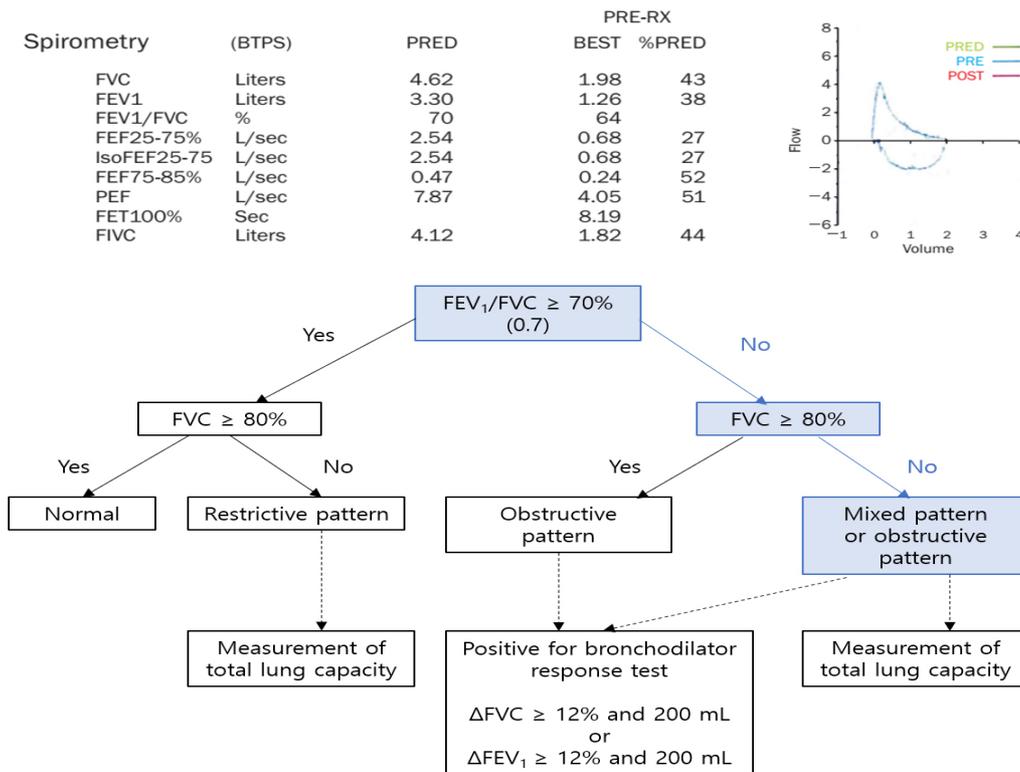


Figure 5. Spirometry result showing mixed defect. Reused from reference [6] with permission.

제한 환기장애(Fig. 4)

FEV1/FVC 85%로 70% 이상이며, FVC는 44%로 감소되어 있어 제한 환기장애를 의심할 수 있다. 정확한 진단을 위해 TLC의 측정이 필요하다. 기류-용적 곡선에서는 VC가 감소하여 폭이 좁은 모양이며, 기류 속도는 영향을 받지 않아 최고 호기 속도는 높고 하강곡선은 급격한 경사를 이루는 직선을 보이고 있다.

혼합 환기장애(Fig. 5)

FEV1/FVC 64%로 감소되어 있고, FVC도 43%로 감소하여 혼합 환기장애 의심이 된다. 폐활량 검사에서 폐쇄 및 제한 환기장애 둘 다 FVC가 감소할 수 있으므로 정확한 제한 환기장애 동반 여부를 확인하기 위해서는 TLC의 측정이 필요하다. 기류-용적 곡선은 폐쇄와 제한 환기장애에서 보이는 특징을 모두 가지고 있어 하방으로 오목한 경사가 나타나면서 폭이 좁아져 있다.

흡입기의 종류와 적절한 흡입기의 선택

흡입기는 여러 종류가 있으며 약제 형태에 따라 1) MDI,

2) 건조분말 흡입기(dry powder inhaler, DPI), 3) 연무용분무기(soft mist inhaler) 3종류로 나눌 수 있다(Fig. 6) [3,8,9].

MDI

MDI는 가장 오랫동안 사용되어 온 흡입기 형태로 약물추진을 위해 고압가스의 추진제(propellant)가 포함되어 있어 사용 전 반드시 3-4회 정도 흔들고 사용해야 한다[10]. 흡입기 분사버튼을 누르면 추진체가 흡입약제와 함께 분사되기 때문에 분사속도가 매우 빨라 환자의 약물 흡입 노력이 적게 필요한 장점이 있다. 그러나 약물분사와 동시에 환자가 숨을 천천히 깊게 들며 마시는 두 가지 동작이 조화를 이루지 못할 경우, 분사된 약물이 폐가 아닌 인후부에 침착이 되어 효과가 떨어질 수 있다. 따라서 분사버튼을 누르면서 흡입을 하는 두 동작이 조화(hand-breath coordination)를 맞추기 어려운 노인에서는 사용하기 어렵다. 흡입과 분사의 시점을 잘 맞추지 못하는 노인 환자는 보조 흡입기구(spacer, chamber)가 도움이 될 수 있다[9,11]. 보조 흡입기구는 MDI와 연결할 수 있는 일종의 작은 통으로 분사된 약물이 통 안에 저류되어 약물속도가 현저히 줄어들고 저류 동안 약물입자에 묻어 있던 추진제가 증발되어 약물입자 크기가 줄어들어 폐 침착이 증가된다[12,13].

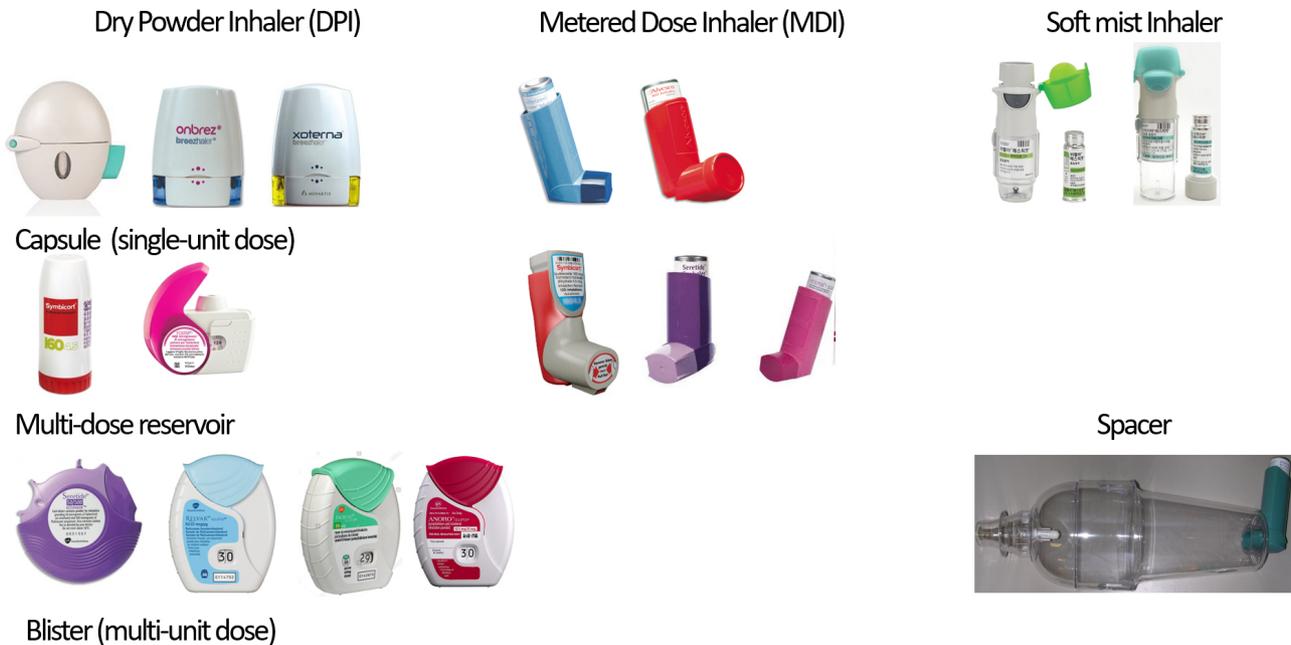


Figure 6. Various types of inhaler medication.

건조분말 흡입기

건조분말 흡입기는 환자가 공기를 들이 마시는 흡입력 (inspiratory flow)에 의해 약물이 분사된다. 환자의 흡입력에 의해 약물이 분사되므로 MDI에서 요구되는 약물 분사를 위한 추진제가 필요 없으며, 흡입기 분사버튼을 누르면서 숨을 들이 마시는 동조과정도 필요하지 않은 장점이 있다. 그러나 약물 흡입 시 용기 자체에서 발생하는 기류저항으로 약물분사를 위해서는 충분한 흡입력이 필요하다. 또한 분말 형태의 약제는 환자가 발생시키는 전단력(shearing force)에 의해 입자 형태로 해체되기 때문에 이를 위해 환자가 빠르게 세계 흡입을 해야 한다[3]. 이로 인해 호흡곤란이 심한 환자, 폐기능 저하가 심한 만성 폐쇄성 폐질환자 등에서는 사용이 어려울 수 있다.

현재 우리나라에서 시판되는 건조분말 흡입기는 처방 단위의 약물이 약통에 저장된 상태에 따라 캡슐형(capsule, single-unit dose), 저장형(multi-dose reservoir), 블리스터(bliester, multi-unit dose) 흡입기로 나누어진다(Fig. 3) [3]. 캡슐형은 1회 흡입 분량이 캡슐 안에 포장되어 있고, 매번 흡입 직전마다 환자가 직접 캡슐을 흡입기에 넣고 깨트려서 흡입하는 방식이다. 약 캡슐을 먹지 말고 흡입기에 넣어 흡입하도록 교육하는 것이 중요하다. 저장형, 블리스터형 흡입기는 한 달 분량의 약물이 흡입기에 내장되어 있고, 흡입기마다 다른 방

법으로 1회 흡입 분량이 흡입기에 장전되거나 개봉되어 여러 번 사용할 수 있다. 제조사에 따라 약물을 사용하기까지의 준비과정에서 각각 차이가 나므로 개별 약물 사용법에 대한 교육을 제공해야 한다.

연무형 흡입기

연무형 흡입기는 가장 최근에 개발된 흡입 용기로 약물분사를 위한 추진제나 환자의 흡입력이 필요 없으며 스프링에 의한 탄성력으로 약물이 분사된다. MDI에 비해 천천히(정량식 vs. 연무형 0.2초 vs. 1.2초) 분사되기 때문에 분사 시점을 맞추기 어려운 환자들에게 유리하며, 2마이크로 크기 이하의 초세립입자가 연무 형태로 분사되므로 인후부에 침착이 적고 말초기도로 약물 전달이 증가되는 장점이 있다. 그러나 연무형 흡입기는 한달간 사용 후 카트리지를 교체하는 과정이 필요한데, 고령 또는 인지기능이 떨어진 환자는 본인이 직접 조립하기 어렵다는 단점이 있다.

흡입 용기의 적절한 선택

각 환자에게 사용 가능한 적절한 흡입제를 처방하는 것은 매우 중요하다. 적절한 흡입 용기를 선택하기 위해서 1) 환자가 충분한 흡입력(inspiratory flow)이 있는지, 2) 분사와 동시에

Table 1. Appropriate selection of inhalation devices [14]

| Inspiratory flow (≥ 30 L/min) | | Inspiratory flow (< 30 L/min) | |
|--|--|--|--|
| Coordination between device actuation and patient inhalation (+) | Coordination between device actuation and patient inhalation (-) | Coordination between device actuation and patient inhalation (+) | Coordination between device actuation and patient inhalation (-) |
| Metered dose inhaler (± spacer) | Metered dose inhaler + spacer | Metered dose inhaler (± spacer) | Metered dose inhaler + spacer |
| Dry powder inhaler | Dry powder inhaler | | Nebulizer |
| Soft mist inhaler | Soft mist inhaler | Soft mist inhaler | Soft mist inhaler |

Table 2. Correct use of inhalation devices

| Metered dose inhaler (MDI) | Dry powder inhaler (DPI) |
|--|--|
| Shake the inhaler while keeping it upright. | Do not shake before inhalation. |
| | Breathe out gently (away from inhaler). |
| | Put mouthpiece in mouth (without biting) and close lips to form a good seal. |
| Breathe in steadily and deeply. | Breathe in rapidly and strongly. |
| Hold breath for about 5 seconds, or as long as comfortable. While holding breath, remove inhaler from mouth. Breathe out gently. | |

흡입을 조화롭게 동조(coordination)가 가능한 지를 고려해야 한다(Table 1) [12-14]. 흡입력이 있고 동조가 가능하면 MDI, 건조 분말 흡입기 모두 가능하고, 동조가 어려우면 MDI + 보조 흡입기구 또는 건조 분말 흡입기를 처방해야 한다. 흡입력이 떨어지는 환자라면 동조 여부에 따라 MDI에 보조 흡입기구 추가를 결정해야 한다. 연무형 흡입기는 흡입력과 동조 가능 여부와 무관하게 모든 환자에서 적용 가능하다.

흡입기의 올바른 사용 교육

흡입기 사용 시 환자들이 가장 흔하게 범하는 오류는 약물 흡입 전 충분히 숨을 내쉬지 않는 것과 약물 흡입 후 숨을 참지 않는 것이다. 특히 흡입 후 숨을 오래 참을수록 약물이 폐 안으로 침착할 시간을 줄 수 있으므로 흡입 후 흡입기를 떼고 숨을 최소 5-10초간 참도록 해야 한다[5]. 스테로이드 약제가 포함된 흡입기의 경우, 흡입 후 구강에 남은 약제에 의해 구내염/구강 칸디다증 또는 목이 쉬는 합병증이 발생할 수 있어, 흡입 후 반드시 입안을 잘 헹구거나 양치를 통해 남은 약제를 제거하도록 교육해야 한다. 또한 건조분말 흡입기 내 약물은 습도가 높은 경우 약제가 굳어서 분산이 되지 않을 수 있기 때문에 흡입기 사용 시 입구에 숨을 내쉬지 않도록 교육이 필요하다. 이외 흡입 용기 별로 사용 시 주의해야 할 사항을 표 2에 기술하였다. 서울특별시 아토피·천식 교육정보센터(www.atopyinfocenter.co.kr)나 경기도 아토피·천식 교육정보센터(www.e-allergy.org)에서 제공하는 흡입제 사용법 동영상과 교육용 책자 등을 활용하면 교육 효과를 더욱 높일 수 있을 것이다.

결 론

폐활량 검사는 일차 의료에서 비교적 쉽게 시행할 수 있는 검사로 호흡곤란의 원인을 파악하고 치료 방향을 결정하는 데 매우 유용한 검사법이다. 특히 성인 남성에서 약 10%의 유병률을 보이는 만성 폐쇄성 폐질환은 폐기능 검사로 진단하며, 질병의 경과 및 치료 효과를 폐기능 검사로 판단한다. 그러나 국내에서 만성 폐쇄성 폐질환에 대한 인지와 치료율은 매우 낮은 상황으로 향후 폐기능 검사를 확대해서 시행해야 할 것으로 생각한다. 또한 폐쇄성 폐질환의 가장 중요한 치료인 흡입기를 부정확하게 사용하는 환자들이 많다고 한다. 이는 일차의료에서 흡입기의 사용법을 교육하는

의료진이 많지 않기 때문이다. 흡입기의 종류가 매우 다양하므로 의료진은 환자의 특성에 따라 흡입기를 처방해야 하며, 흡입기의 올바른 사용법 및 주의사항에 대해서도 숙지하는 것이 필요할 것으로 생각한다. 폐기능 검사의 해석을 통해 만성 폐쇄성 폐질환을 조기에 발견하고 흡입기의 사용방법 교육을 통해 흡입 복약 순응도를 높인다면, 만성 폐쇄성 폐질환 환자들의 삶의 질이 개선될 뿐 아니라 사망률 역시 개선될 것으로 기대한다.

중심 단어: 폐기능 검사; 폐활량 검사; 흡입기

REFERENCES

1. Park YB, Rhee CK, Yoon HK, et al. Revised (2018) COPD clinical practice guideline of the Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Disease: a summary. *Tuberc Respir Dis (Seoul)* 2018;81:261-273.
2. Yoo KH, Kim YS, Sheen SS, et al. Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in Korea: the fourth Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2008. *Respirology* 2011;16:659-665.
3. Jeong JW. Inhalation therapy in respiratory diseases. *Korean J Fam Pract* 2012;2:304-310.
4. Plaza V, Giner J, Rodrigo GJ, Dolovich MB, Sanchis J. Errors in the use of inhalers by health care professionals: a systematic review. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2018;6:987-995.
5. Jeong JW, Chang YS, Kim CW, et al. Assessment of techniques for using inhalers in primary care physicians. *Allergy Asthma Respir Dis* 2011;31:116-123.
6. An official technical statement for a standardized pulmonary function testing 2016. [Internet]. Seoul: The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases, c2016 [cited 2016 Jul 25]. Available from: <https://www.lungkorea.org/bbs/index.html?code=guide&category=&gubun=&page=3&number=3487&mode=view&keyfield=&key=>.
7. Langan RC, Goodbred AJ. Office spirometry: indications and interpretation. *Am Fam Physician* 2020;101:362-368.
8. Geller DE. Comparing clinical features of the nebulizer, metered-dose inhaler, and dry powder inhaler. *Respir Care* 2005;50:1313-1322.
9. Yoo KH. Inhalation medications in chronic airway disease. *J Korean Med Assoc* 2013;56:625-631.
10. Stein SW, Thiel CG. The history of therapeutic aerosols: a chronological review. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2017;30:20-41.
11. Kim SJ, Shin YS. Inhaler competency and medication ad-

- herence in older adults and adults with obstructive lung disease. *Korean J Adult Nurs* 2015;27:665-672.
12. Riley J, Krüger P. Optimising inhaler technique in chronic obstructive pulmonary disease: a complex issue. *Br J Nurs* 2017;26:391-397.
13. Rogliani P, Calzetta L, Coppola A, et al. Optimizing drug delivery in COPD: the role of inhaler devices. *Respir Med* 2017;124:6-14.
14. Dekhuijzen PN, Vincken W, Virchow JC, et al. Prescription of inhalers in asthma and COPD: towards a rational, rapid and effective approach. *Respir Med* 2013;107:1817-1821.