

# Reliability and Validity of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Patients with COPD

Seugcheol Lee<sup>a</sup>, Seongkwang You<sup>a</sup>, Subin Yang<sup>b</sup>, Daesung Park<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, General Graduate School of Medical Sciences, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

<sup>b</sup>Department of Physical Therapy, Graduate school, Namseoul University, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Republic of Korea

**Objective:** The purpose of this study is to prove the reliability and validity of the Power breathe K5 and to compare it with pony FX. Power breathe K5 is one type of device can assess automatically Maximum inspiratory pressure (MIP), Peak inspiratory pressure, Peak inspiratory flow (PIF).

**Design:** Cross-sectional study.

**Methods:** Thirty-five COPD patients participated in the test to investigate for the intra rater reliability and concurrent validity. The tests MIP, Vital capacity (VC), PIF were measured by Powerbreathe K5 and Pony Fx. Data was analyzed by intraclass correlation reliability (ICC) value and a standard error of measurement and Bland-Altman plots for reliability and pearson correlation for validity.

**Results:** Intra rater reliability of the Powerbreathe K5 was very high at MIP (ICC=0.977 95%CI 0.956-0.989, SEM=8.665, MDC=0.295), PIF (ICC=0.966 95%CI 0.933-0.93, SEM=8.665, MDC=0.295), VC (ICC=0.949 95CI 0.902-0.974, SEM=0.042, MDC=0.116). The Powerbreathe K5 was significant correlation compared with Pony Fx in assessment for MIP ( $r=0.971$ ,  $p<0.05$ ) and vital capacity ( $r=0.534$ ,  $p<0.05$ ).

**Conclusion:** In this study, We investigated the clinical usefulness of the Powerbreathe K5 in evaluating the MIP, VC and PIF with COPD patients with high reliability and validity.

**Key Words:** COPD, Reliability, Validity, Respiratory function test

## 서론

2008년 국민 건강 연구조사에 따르면 국내의 만성폐쇄성 폐질환(Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) 환자는 GOLD 기준( $FEV_1/FVC<0.7$ ) 13.4%의 유병률을 보이며 남성 19.4% 여성 7%의 높은 유병률을 보인다[1].

만성폐쇄성폐질환이란 비가역적으로 기도가 폐쇄되거나 좁아지는 것을 말하며 만성기관지염, 폐기종을 가진 사람이 기도폐쇄가 있을 때 진단한다[2]. 만성폐쇄성폐질환을 진단 받게 되더라도 완전한 치료가 되지 않으며, 호흡과 관련된 폐기능의 저하로 운동을 피하게 되고 심폐지구력의 감소와 근위축을 초래하여 호흡곤란이 더욱 심해지게

된다[3,4]. 또한 스트레스와 일상생활 자립도의 중요한 역할을 하는 호흡근의 약화로 일상생활 자립도가 떨어지고 타인 의존도가 높아져 주의 사람들의 삶의 질이 낮아진다 [4-6].

만성폐쇄성폐질환 환자는 호흡근의 약화로 인하여 과탄산혈증, 야간산소불포화증, 호흡곤란과 이동 거리, 운동 지구력, 기능적인 움직임, 독립적인 보행능력이 감소한다 [7-11]. 또한 운동 시 건강한 성인보다 최대흡기압(Maximal Inspiratory pressure; MIP)을 역치 가까이 사용하기 때문에 흡기근 피로가 쉽게 일어나 급성 호흡곤란이 되는 위험을 초래할 수 있다[12,13]. 그러므로 만성폐쇄성 폐질환 환자에게 흡기근을 강화하고자 하는 연구가 최근

Received: Jan 4, 2021 Revised: Feb 7, 2021 Accepted: Feb 7, 2021

Corresponding author: Daesung Park (ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4258-0878>)

Department of Physical Therapy, General Graduate School of Medical Sciences, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon 35365, Republic of Korea. Tel: 82-42-600-6419 Fax: 82-42-600-6420 E-mail: daeric@konyang.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2021 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

시도되고 있다[14]. 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 호흡근 훈련의 이론적근거 메타분석에 호흡근 훈련이 만성폐쇄성폐질환 환자에게 긍정적인 효과가 있었다[15-20]. 메타분석 연구 결과에 따르면 만성 폐쇄성폐질환 환자에게 호흡근 훈련 적용이 운동 수행능력과 삶의 질을 크게 향상 하지 않았지만 호흡근의 힘과 지구력을 증가시키고 호흡곤란을 감소시킨다고 하였다[19-21]. 이전 논문들에서는 만성폐쇄성폐질환 환자에게 호흡근 훈련을 하기 전에 호흡근의 힘을 나타내는 최대흡기압을 측정한다. 최대흡기압은 호흡근의 훈련 강도를 정하는 데 사용되며 최대흡기압 측정은 호흡훈련 효과에 대하여 임상적으로 널리 사용하는 지표이다[22]. 따라서 최대흡기압의 평가는 환자의 호흡기능 평가, 호흡곤란 위험환자 식별, 호흡근 훈련효과 파악, 호흡근 위축정도를 정량화하는데 유용하다[23].

기존의 호흡근력을 측정하는 장비들은 호흡근의 최대준-정적 수축(Muller maneuver) 방식을 사용하였다[24].

최대 준-정적 수축은 호흡근 측정연구에 많이 사용되었지만 이 측정방식은 폐 부위의 일부분에 대해서만 호흡근 강도를 나타낸다[25-28].

본 연구에서 사용되는 전자식 흡기저항장치는 전자식으로 흡기 시 저항을 주는 장치이며 자동으로 최대흡기압, 최고흡기유속(Peak inspiratory flow; PIF)와 폐활량(Vital capacity; VC) 측정이 가능하다. 이 장비는 기존 측정 장비와 달리 호흡근의 동적 수축방식을 사용하기 때문에 호흡근의 강도를 총 폐용량에 걸쳐 출력할 수 있다. 그러므로 준-정적 수축방식보다 호흡근을 측정하는데 적절하다[29].

하지만 호흡근의 동적 수축방식으로 측정이 가능한 전자식 흡기저항장치 Powerbreathe K5는 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 한 신뢰도와 타당도 연구가 부족하다[30].

따라서 이 연구의 목적은 전자식 흡기저항장치가 만성폐쇄성폐질환 환자의 폐기능을 측정하는데 신뢰도와 타당도가 있는가에 대해 알아보려고 한다.

## 연구 방법

### 연구 대상

본 연구의 대상자는 호흡기내과 전문의에 의해 만성폐쇄성폐질환을 진단받은 환자 35명을 대상으로 하였다. 연구 대상자는 만 40세 이상인 자, 호흡기내과 전문의에 의해 만성폐쇄성폐질환 진단을 받은 자, 최근 일주일 이내 만성폐쇄성폐질환, 고혈압 등 복용 약물 상의 변동이 없는 자, 뇌혈관질환, 암, 정형외과적 질환, 신경 정신과적 질환이 없는 자로하였다. 최근 3개월 이내에 급성 심근경색, 뇌졸중 진단을 받은 자, 신경독성 약물 복용한 경험이나 일주일 이내 음주한 자, 6개월 이내 중양학적 병력이 있는 자, 산소요법을 시행 중이거나 경피적 산소포화도가 90% 미만인 자를 제외하였다.

### 연구 절차

본 연구에서 사용되는 전자식 흡기저항장치(Power breathe K5; POWERbreathe International Ltd., UK), (Pony Fx; Cosmed, Italy)를 사용하였다. 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 폐기능측정의 타당도를 알아보기 위해 초기 측정을 실시하였다. 초기 측정을 시행한 후 1일 후 검사 내 신뢰도를 알아보기 위해 대상자에게 전자식 흡기저항장치 Powerbreathe K5를 재측정하여 폐기능 측정값을 산출하였다(Figure 1). 실험 전 모든 대상자는 본 연구의 내용을 충분히 이해하고 연구 동의서를 작성하였고, 건양대학교 기관 생명윤리위원회의 심의(KYU-2020-183-01)를 받고 실시하였다.

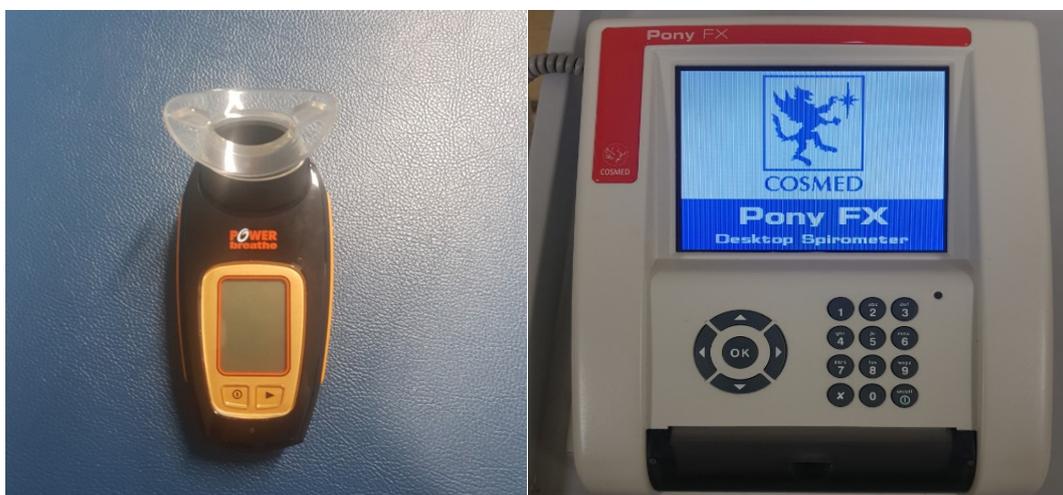


Figure 1. Assessment device (A: PowerBreathe K5, B: Pony Fx)



**Figure 2.** Assessment method (A: Powerbreath K5, B: Pony Fx)

## 측정 및 평가방법

### Powerbreath K5 측정 방법

전자식 흡기저항장치 Powerbreath K5의 실험 방법으로는 만성폐쇄성폐질환 환자를 등받이가 없는 고정된 의자에 발이 바닥에 닿게하고, 엉덩관절과 몸통이 수직 상에서 90도 각도로 편안하게 앉도록 하였다(Figure 2). 폐기능 측정을 하기 전 공기누출을 최대한 막기 위해 마우스피스 및 Powerbreath 전용 노우즈클립을 사용하였고 최대흡기압은 2~3초 동안 지속한 압력을 산출하였다. 대상자는 자신의 호흡빈도를 마음대로 할 수는 있지만 강하고 깊은 호흡을 하라고 교육하였으며 1회 측정은 장치프로그램에 설치된 음향신호를 통해 청각적으로 측정 완료될 수 있다. 대상자에게는 시간적 피드백은 주지 않고 강한 소리로 청각적 피드백을 주었다. 측정은 최소 3회를 하게 되며 3회의 측정 중 2개의 측정에서 최댓값이 10% 이내 일 경우 가장 큰 값을 데이터로 하였다. 실험 대상자는 처음 두 번의 측정을 연습해볼 기회를 주었으며 그 후 바로 3회의 측정을 하였다. 그리고 동일한 방법으로 1일 후 재측정을 시행하였다(Figure 3) [31]. Powerbreath K5를 이용한 폐기능 측정은 최대흡기유속, 폐활량(Vital capacity; VC)으로 구성하였다.

### Pony Fx 측정방법

검사자세는 허리와 어깨를 곧게 펴고, 다리는 어깨 넓이로 벌려 지면과 수직으로 놓이게 하여 Pony Fx 전용 노우즈클립을 이용하여 코를 막고 한 손으로는 측정도구를 잡아 마우스를 물게 하였다(Figure 2). 평가 전 역시 대상자들이 검사방법을 숙지할 수 있도록 반복적으로 교육을 실시하였으며, 최대흡기압을 먼저 측정한 후, 충분한 휴식을 취한 후에 폐활량을 측정하였다. 각 3회의 측정을 통하여

가장 높은 수치를 기록하였다(Figure 5)[31,32]. Pony Fx를 이용한 폐기능 측정은 최대흡기유속과 폐활량으로 구성하였다.

## 통계 방법

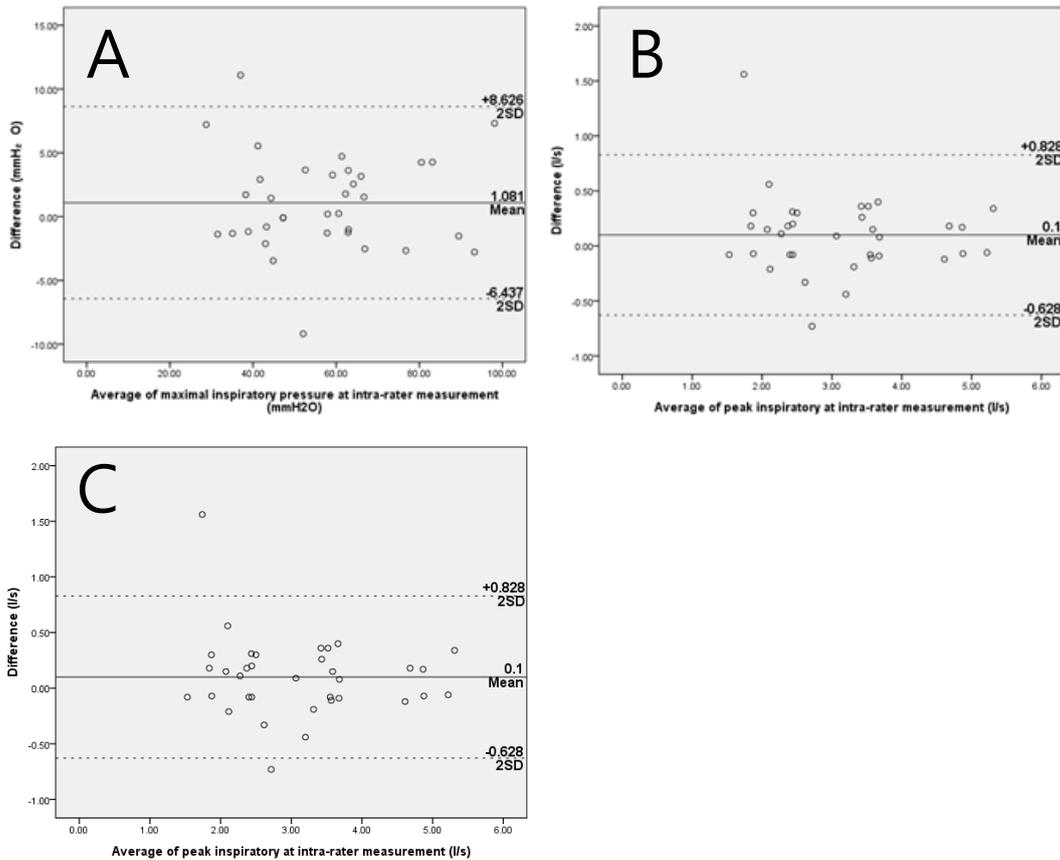
폐기능에 대한 전자식 흡기저항장치의 최대흡기압, 최대흡기유속과 폐활량 검사자 내 신뢰도를 설명하기 위하여 검사자 내 신뢰도(Intra-class correlation coefficient, ICC)를 이용하였다[33]. 신뢰수준은 ICCs  $\leq 0.25$  매우 부족, 0.26~0.49 적음, 0.50~0.69 중간, 0.70~0.89 높음, 그리고 0.90~1.00 매우 높음으로 설정하였다.

측정오차의 정량화를 위해 표준 오차 측정(Standard deviation; SEM)을  $SD * \sqrt{(1-ICC)}$ 로 계산하였고, 대상자의 측정이 95% 신뢰수준에서 결정되는지 알아보기 위하여 최소 감지 변화값(Minimal detectable change; MDC)은  $1.96 * SEM * \sqrt{2}$ 로 계산하였다. 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 하였다[34].

Bland-Altman plots 및 95%CI는 두 측정치의 일치도를 관찰하는 방법으로서 측정치의 차이 값과 각 측정치의 평균을 두 축으로 하며 일반적으로 95% 신뢰구간 밖의 점들의 수를 통해 일치도를 평가하며 Bland-Altman plot의 기울기가 Y=0에 가까울수록 측정에 오류가 적다[35].

전자식 흡기저항장치의 폐기능 평가 타당도를 알아보기 위해 Pearson 상관계수를 사용하여 계산하였으며, 상관관계는 r은  $\leq 0.2$  상관관계가 없음, 0.2~0.4 약한 상관관계, 0.4~0.6 보통수준의 상관관계, 0.6~0.8 높은 수준의 상관관계, 0.8~1 강한 상관관계로 설정하였다.

산출된 데이터는 Windows SPSS ver 18.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.



**Figure 3.** Bland-Altman plots illustrating the measurement difference (A: maximal inspiratory pressure, B :peak inspiratory flow, C: vital capacity)

**연구 결과**

대상자의 일반적 특성으로는 남성 32명, 여성 3명으로 구성되었으며, 평균 연령 70.71세(최소 53세, 최대 86세), 평균 신장 165.91 cm, 평균 체중 59.45 kg, BMI는 21.57 kg/m 이었다(Table 1).

최대흡기압값의 평균은 초기측정에서 67.67±17.70 cm H<sub>2</sub>O, 재측정에서 56.59±17.78 cmH<sub>2</sub>O 였으며 두 측정간에 ICC는 0.977의 신뢰도를 보였고 95%CI 0.956에서 0.989, SEM 8.665, MDC 24.017을 보였다(Table 2). Bland-Altman 분석을 시행한 결과 최대흡기압의 초기측정과 재측정에서의 평균값 1.081 오차 구간은 -6.437 에서 8.626 였다(Figure 3).

최대흡기유속값의 평균은 초기측정에서 3.15±1.05 l /s, 재측정에서 56.59±17.78 l /s 였으며 두 측정간에 ICC는 0.966의 신뢰도를 보였고 95%CI 0.933에서 0.983, SEM 8.665, MDC 0.295를 보였다(Table 2). Bland-Altman 분석을 시행한 결과 최대흡기유속의 초기측정과 재측정에서의 평균값은 0.1 오차 구간은 -0.628 에서 0.828 였다(Figure 3).

**Table 1.** General characteristics of the subjects (n=35)

	Variables
Sex (male/female)	32/3
Age (year)	70.71±8.18
Weight (kg)	59.45±9.99
Height (cm)	165.91±6.87
BMI <sup>†</sup> (kg/m)	21.57±3.71

BMI : body mass index

폐활량 값의 평균은 초기측정에서 0.82±0.39 l /s, 재측정에서 0.82±0.36 l /s 였으며 두 측정간에 ICC는 0.949의 신뢰도를 보였고 95%CI 0.902에서 0.974 SEM 0.042, MDC 0.116을 보였다(Table 2). Bland-Altman 분석을 시행한 결과 폐활량의 초기측정과 재측정에서의 평균값은 -0.008 오차 구간은 -246에서 0.23 였다(Figure 3).

만성폐쇄성폐질환 환자 35명에게서 전자식 흡기저항장치의 타당도를 알아보기 위하여 Powerbreathe K5의 최대흡기압과 폐활량, Pony Fx의 최대흡기압과 폐활량의 상관관계를 산출하였다(Table 3). Powerbreathe K5 최대흡기

압과 Pony Fx 최대흡기압의 상관계수는 0.971이었고 Powerbreathe K5 폐활량과 Pony Fx 폐활량은 0.534의 상관계수를 보였고 Powerbreathe K5 최대흡기압과 Pony Fx 최대흡기압은 0.833의 상관관계를 보였다.

## 고찰

본 연구는 만성폐쇄성폐질환 환자 35명을 대상으로 전자식 흡기저항장치에 내제한 폐기능(최대흡기압, 최대흡기유속, 폐활량) 측정의 검사자 내 신뢰도를 확인하는 것이며 기존 폐기능 검사 장비와 비교하여 타당한 장비인지 알아보기 위하여 실시하였다. 연구 결과 전자식 흡기저항장치에 내제한 폐기능(최대흡기압, 최대흡기유속, 폐활량) 측정의 검사자 내 신뢰도는 높은 신뢰도가 나왔고 타당도를 알아본 결과, 최대흡기압에서 높은 양의 상관관계, 폐활량에서 보통 수준 양의 상관관계를 보였다.

전자식 흡기저항장치(Powerbreathe K5)는 전자식 흡기훈련도구며 동적 수축방식이기 때문에 총 폐용량에 걸쳐 최대흡기압, 최대흡기유속, 폐활량을 측정할 수 있다[29]. 본 연구는 선행연구들에서 뇌졸중 환자에게 흡기 훈련을 위해 필요한 최대흡기압력 측정을 하는 장비인 전자식 흡기저항장치의 신뢰도를 알아보기 위한 연구는 있었지만 만성폐쇄성폐질환 환자를 위한 전자식 흡기저항장치의 측정 신뢰도와 타당도 연구가 부족하여 본 연구를 진행하였다[36]. 기존에 임상에서 사용하는 준-정적수축방식의 표준 폐기능 측정 장비와 비교하여 동적 수축방식의 전자식 흡기저항장치가 만성폐쇄성폐질환을 가진 환자의 측정에 관한 연구로서 흡기훈련을 할 시 적절한 강도를 정할 수 있는가에 대해 본 장비에 내제한 측정이 신뢰할 수 있고

타당한지 확인하고자 하였다.

신뢰도를 알아보기 위하여 전자식 흡기저항장치 Powerbreathe K5로 초기측정을 하고 1일 후 재측정을 하여 검사-재검사 신뢰도를 알아보았다. 타당도는 기존 임상에서 사용하는 폐활량측정장비 Pony Fx와 비교하여 측정의 상관관계를 알아보았다. 측정방법은 미국흉부학회와 유럽호흡기학회에서 공동으로 개발한 가이드라인에 따랐다[24]. 최대흡기압은 흡기근의 힘을 간접적으로 나타내는 지표이다[37]. 본 연구결과에서 만성 폐쇄성폐질환 환자의 최대흡기압 평균은  $67.67 \pm 17.74$  cmH<sub>2</sub>O 였다. 반면 건강한 성인인 경우 최대흡기압이  $75 \pm 27$  cmH<sub>2</sub>O 였다[38]. 선행연구에서는 남녀비율이 같았고 본 연구의 대상자는 중증 만성폐쇄성폐질환이 연구에서 제외되고 남자가 32명, 여자 3명이라 평균에서 큰 차이를 보이지 않았다. 전자식 흡기저항장치에 내제한 최대흡기압의 신뢰도로는 ICC 0.977로 높은 신뢰도를 보였으며 95%CI도 0.956에서 0.989로 좁았다. 또한 SEM은 2.2693, MDC 7.466 였다. SEM은 평균값의 10% 미만이고 MDC가 측정값의 20% 미만인 경우 측정 오차가 적어 신뢰할 수 있다. Bland-Altman 분석은 초기측정과 재측정의 측정값 차이를 파악하기 위하여 두 측정에서 측정된 최대흡기압, 최대흡기유속, 폐활량의 차이 값을 보았다. Bland-Altman 분석을 시행한 결과 최대흡기압의 초기측정과 재측정에서의 평균값 1.081 오차구간은 -6.437 에서 8.626였다. 35번의 측정 간 2 SD에 포함하지 않은 plot은 단 2개뿐이었다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자를 대상으로 전자식 흡기저항장치의 신뢰도를 알아본 논문의 결과 최대흡기압의 검사-재검사 ICC 0.986, 95%CI 0.976~0.997, SEM 4.38, MDC 7.37 과 같이 높은

**Table 2.** Intra-rater reliability between measures for the variables. (n=35)

Variables	Mean ± SD		ICC	95%CI	SEM	MDC
	1 <sup>st</sup> test	2 <sup>nd</sup> test				
Maximal inspiratory pressure (cmH <sub>2</sub> O)	67.67±17.74	56.59±17.78	0.977	0.956~0.989	2.693	7.466
Peak inspiratory flow (ℓ/s)	3.15±1.05	3.11±1.04	0.966	0.933~0.983	0.193	0.534
Vital capacity (ℓ/s)	0.82±0.39	0.82±0.36	0.949	0.902~0.974	0.084	0.232

SD : standard deviation, ICC : intraclass correlation coefficient, 95%CI : 95% confidence interval, SEM : standard error of the mean, MDC : minimal detectable change

**Table 3.** Pearson correlation coefficient

Variables	Powerbreathe VC	Pony Fx MIP	Pony Fx VC
Powerbreathe MIP	0.833**	0.971**	0.722**
Powerbreathe VC		0.808**	0.534**
Pony Fx MIP			0.704**

MIP : maximal inspiratory pressure, VC : vital capacity, \* : p<0.05 \*\* : p<0.01

신뢰도를 보인 것과 일치했다[36]. 전자식 흡기저항장치의 최대흡기압 타당도는 기존 측정 장비인 준-정적수축방식의 폐활량 측정 장비와 비교하여  $r=0.971(p<0.05)$ 로 높은 양의 상관관계를 보여 타당도가 높다고 말할 수 있다. 본 논문과 달리 중증 만성폐쇄성폐질환 환자 35명을 대상으로 전자식 흡기저항장치와 실험실 내 폐기능 검사 장비 (Jaeger Masterlap pneumotachograph) 최대흡기압의 타당도를 알아본 선행논문에서의 타당도는  $r=0.98(p<0.05)$ 였으며 본 연구와 같이 타당도가 높았다[32]. 이전 연구에서는 전자식흡기저항장치의 최대흡기압의 평균이  $19.3\pm 6.8$  cmH<sub>2</sub>O 로 본 연구의 평균과 차이가 있었다. 본 연구는 이전 연구와 달리 중증 만성폐쇄성폐질환을 제외하였기 때문에 이러한 평균 차이가 있다고 사료된다. 최대흡기유속은 일정 시간 동안 최대로 흡기를 할 때 흐름 속도를 말한다[39]. 본 연구에서 최대흡기유속의 평균은  $3.15\pm 1.05$  l/s이며 두 측정간 신뢰도는 ICC 0.966, 95%CI 0.933~0.983, SEM 1.43, MDC 5.34 와 같이 높은 신뢰도를 보였다. Bland-Altman 분석을 시행한 결과 최대흡기유속의 초기측정과 재측정에서의 평균값 0.1 오차 구간은 -0.628 에서 0.828 였다. 최대흡기유속측정도 35번의 측정 간 2 SD 에 포함하지 않은 plot은 2개뿐이었다. 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 최대흡기유속과 최대 자발성 환기량의 상관관계를 알아본 이전 연구에서 최대흡기유속은 만성폐쇄성폐질환의 경증( $n=17$ ), 중등증( $n=20$ ), 중증( $n=22$ )으로 나뉘었으며 각각  $4.7\pm 1.2$  l/s,  $4.5\pm 1.9$  l/s,  $3.0\pm 1.2$  l/s 였다[40]. 본 연구에서의 최대흡기유속의 평균은 이전 연구의 중증에 가까웠지만 이전 연구의 평균연령은 만 53±5 세 였으며 본 연구의 평균연령은 만 70.71±8.18세로 노화로 인한 최대흡기유속의 저하로 인한 차이로 이전 연구의 중증 대상자의 최대흡기유속과 본 연구의 대상자의 최대 흡기유속 평균값이 비슷한 것으로 사료된다. 전자식 흡기 저항장치의 폐활량의 신뢰도를 알아보았을 때 두 측정간 신뢰도는 ICC 0.949, 95%CI 0.902~0.974, SEM 0.84, MDC 2.32 를 보였고 Bland-Altman 분석을 시행한 결과 폐활량의 초기측정과 재측정에서의 평균값 -0.008 오차 구간은 -0.246 에서 0.23 였다. 이처럼 높은 신뢰도를 보였지만 뇌졸중 환자를 대상으로 한 선행연구에서와는 다르게 SEM과 MDC의 기준에 미치지 못하였다[36]. 폐활량의 타당도는 준-정적수축방식인 폐기능측정장비 Pony Fx의 상관관계를 알아보았을 때 폐활량  $r=0.534$  으로 보통 수준의 양의 상관관계를 보였다. 폐활량의 신뢰도는 SEM과 MDC의 기준에 미치지 못하였으며 타당도에서도 보통수준의 양의 상관관계를 보여 연구자는 데이터에서 특이값이 심한 대상자가 있는지 확인하였으나 특이사항 없었고 전자식 흡기저항장치의 측정 과정에서 3 cmH<sub>2</sub>O 정도의 약한 압력이 만성폐쇄성폐질환 환자의 폐활량 측정 신뢰도

와 타당도에 영향을 주었을 것이라 생각한다[30].

본 연구의 결과로 전자식 흡기저항장치의 높은 신뢰도와 타당도를 확인할 수 있게 되었다. 이 장비는 휴대가 간편하고 사용하기가 쉬우며 가격이 비교적 저렴한 장점이 있고 총 폐용량에 걸쳐 흡기근의 강도를 확인할 수 있다. 또한 흡기근 훈련도 가능한 장비이므로 임상에서 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 폐기능 평가와 흡기근 훈련에 널리 사용될 것으로 사료된다.

본 연구에서는 폐기능 측정지표로 최대흡기유속, 폐활량만 사용하였다. 이들 3가지 지표들의 측정값들은 Pony FX와 Powerbreathe K5를 이용한 측정값들 사이 높은 신뢰성이 입증되었다. 그러나 이들 3가지 지표들에 대한 신뢰성 검증에서 높은 상관관계가 입증되었다 할 지라도, Powerbreathe K5가 만성폐쇄성폐질환 환자의 폐기능을 정확히 알아 볼 수 있는 폐기능 검사장비로서 충분하다고 할 수 없다.

또한 기존 장비는 폐기능을 측정할 수 있는 여러 변수들을 측정할 수 있는 반면에 본 연구에서 흡기근 강화를 위해 사용한 Powerbreathe K5는 그렇지 못하던 단점이 있다. 예를 들어 노력성폐활량(forced vital capacity; FVC)에 대한 일초간 노력성 날숨량(forced expiratory volume in 1 second; FEV<sub>1</sub>)의 비율 지표인 FEV<sub>1</sub>/FVC (%)를 측정 할 수 없다.

그러므로 향후에는 Powerbreathe 기존 장비가 갖춘 검사지표 이외에 폐기능 측정지표인 노력성폐활량과 일초간 노력성날숨량이 추가로 측정될 수 있는 장비개발이 요구되며 개발된 장비의 검사지표들이 기존의 검사장비와 높은 상관관계가 입증되는 지 알아보는 연구가 필요하다.

## 결론

본 연구에서 만성폐쇄성폐질환 환자에게 폐기능 평가를 위한 전자식 흡기저항장치의 신뢰도와 타당도를 알아보았다. 이전에 폐기능을 평가하는 장비는 고가이며 휴대나 사용에 어려움이 있고 측정만을 위한 장비인 단점과 준-정적 수축방식으로 폐의 일부분의 압력만 출력하였다. 본 연구의 결과로 전자식 흡기저항장치의 높은 신뢰도와 타당도를 알 수 있게 되었다. 이 장비는 휴대가 간편하고 사용하기가 쉬우며 가격이 비교적 저렴한 장점이 있고 폐의 총 폐용량에 따라 흡기압을 측정할 수 있다. 또한 흡기근육 강화운동도 가능한 장비이므로 임상에서 만성폐쇄성 폐질환 환자에게 폐기능 평가와 흡기근 훈련에 널리 사용될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Yoo KH, Kim YS, Sheen SS, Park JH, Hwang YI, Kim SH, et al. Prevalence of chronic obstructive

- pulmonary disease in Korea: the fourth Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2008. *Respirology*. 2011;16:659-65.
2. Riley CM, Scirba FC. Diagnosis and Outpatient Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Review. *JAMA*. 2019;321:786-97.
  3. Lee HJ, Lim YJ, Jung HY, Park HK. Sleep Disturbance, Physical Activity and Health Related Quality of Life in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of the Korean Gerontological Society*. 2011;31:607-21.
  4. Marquis K, Debigaré R, Lacasse Y, LeBlanc P, Jobin J, Carrier G, et al. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:809-13.
  5. Decramer M, Demedts M, Rochette F, Billiet L. Maximal transrespiratory pressures in obstructive lung disease. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1980;16:479-90.
  6. Lee SH, Lee HJ, Park DS. Effects of deep and slow breathing on stress stimulation caused by high-intensity exercise in healthy adults. *Psychol Health Med*. 2020:1-12.
  7. Bégin P, Grassino A. Inspiratory muscle dysfunction and chronic hypercapnia in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1991;143:905-12.
  8. Heijdra YF, Dekhuijzen PN, van Herwaarden CL, Folgering HT. Nocturnal saturation and respiratory muscle function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 1995;50:610-2.
  9. Nici L, ZuWallack RL. Pulmonary rehabilitation: future directions. *Clin Chest Med*. 2014;35:439-44.
  10. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;153:976-80.
  11. Pang MY, Eng JJ, Dawson AS. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. *Chest*. 2005;127:495-501.
  12. O'Donnell DE, Bertley JC, Chau LK, Webb KA. Qualitative aspects of exertional breathlessness in chronic airflow limitation: pathophysiologic mechanisms. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155:109-15.
  13. Rochester DF. Respiratory disease: attention turns to the air pump. *Am J Med*. 1980;68:803-5.
  14. Schultz K, Jelusic D, Wittmann M, Krämer B, Huber V, Fuchs S, et al. Inspiratory muscle training does not improve clinical outcomes in 3-week COPD rehabilitation: results from a randomised controlled trial. *Eur Respir J*. 2018;51.
  15. Killian KJ, Jones NL. Respiratory muscles and dyspnea. *Clinics in chest medicine*. 1988;9:237-48.
  16. Hamilton AL, Killian KJ, Summers E, Jones NL. Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152:2021-31.
  17. Smith K, Cook D, Guyatt GH, Madhavan J, Oxman AD. Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: a meta-analysis. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145:533-9.
  18. Lötters F, van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Respir J*. 2002;20:570-6.
  19. Geddes EL, Reid WD, Crowe J, O'Brien K, Brooks D. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Respir Med*. 2005;99:1440-58.
  20. Geddes EL, O'Brien K, Reid WD, Brooks D, Crowe J. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review. *Respir Med*. 2008;102:1715-29.
  21. Geddes EL, O'Brien K, Reid WD, Brooks D, Crowe J. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: An update of a systematic review. *Respiratory Medicine*. 2008;102:1715-29.
  22. Romer LM, McConnell AK. Inter-test reliability for non-invasive measures of respiratory muscle function in healthy humans. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:167-76.
  23. Laroche CM, Moxham J, Green M. Respiratory muscle weakness and fatigue. *Q J Med*. 1989;71:

- 373-97.
24. Costabel U, Hunninghake GW. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2002;166: 518-624.
  25. Jo MR, Kim NS. The correlation of respiratory muscle strength and cough capacity in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2016;28:2803-5.
  26. Kocahan T, akinoğlu B, Mete O, Hasanoğlu A. Determination of the relationship between respiratory function and respiratory muscle strength and grip strength of elite athletes. *Medical Journal of Islamic World Academy of Sciences*. 2017;25:118-24.
  27. Kim NS. Correlation between grip strength and pulmonary function and respiratory muscle strength in stroke patients over 50 years of age. *J Exerc Rehabil*. 2018;14:1017-23.
  28. Formiga MF, Campos MA, Cahalin LP. Inspiratory Muscle Performance of Former Smokers and Nonsmokers Using the Test of Incremental Respiratory Endurance. *Respiratory Care*. 2018;63: 86-91.
  29. Minahan C, Sheehan B, Doutreband R, Kirkwood T, Reeves D, Cross T. Repeated-sprint cycling does not induce respiratory muscle fatigue in active adults: measurements from the powerbreathe® inspiratory muscle trainer. *J Sports Sci Med*. 2015;14:233-8.
  30. Silva PE, de Carvalho KL, Frazão M, Maldaner V, Daniel CR, Gomes-Neto M. Assessment of Maximum Dynamic Inspiratory Pressure. *Respir Care*. 2018; 63:1231-8.
  31. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26:319-38.
  32. Langer D, Jacome C, Charususin N, Scheers H, McConnell A, Decramer M, et al. Measurement validity of an electronic inspiratory loading device during a loaded breathing task in patients with COPD. *Respir Med*. 2013;107:633-5.
  33. Rankin G, Stokes M. Reliability of assessment tools in rehabilitation: an illustration of appropriate statistical analyses. *Clinical rehabilitation*. 1998;12: 187-99.
  34. kellar SP, Kelvin E. Munro's Statistical methods for health care research. 6 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
  35. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-10.
  36. Lee KB, Kim MK, Jeong JR, Lee WH. Reliability of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Post-Stroke Patients. *Med Sci Monit*. 2016;22:191-6.
  37. Smyth RJ, Chapman KR, Rebuck AS. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents. Normal values. *Chest*. 1984;86:568-72.
  38. Gil Obando LM, López López A, Avila CL. Normal values of the maximal respiratory pressures in healthy people older than 20 years old in the City of Manizales - Colombia. *Colomb Med (Cali)*. 2012;43: 119-25.
  39. Sharma G, Mahler DA, Mayorga VM, Deering KL, Harshaw O, Ganapathy V. Prevalence of Low Peak Inspiratory Flow Rate at Discharge in Patients Hospitalized for COPD Exacerbation. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2017;4:217-24.
  40. Ryu HM, Choi HJ, Jo YB, Kim KB, Chung JH, Lee KH, et al. The Role of MIFR in Determining MVV in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Korean J Med*. 1996;50:537-44.