

# 도수 소생기와 풍선을 이용한 공기 누적이 폐 기능에 미치는 즉각적인 효과 비교

류지윤<sup>1</sup> · 이동엽<sup>2‡</sup> · 홍지현<sup>2</sup> · 김진섭<sup>2</sup> · 김성길<sup>2</sup>

<sup>1</sup>선문대학교 물리치료학과 학생, <sup>2‡</sup>선문대학교 물리치료학과 교수

## A Comparison of Acute Effect of Air Stacking Using Resuscitator Bag versus Balloon on Pulmonary Functions

Ji-Yun Ryu, PT<sup>1</sup> · Dong-Yeop Lee, PT, Ph.D<sup>2‡</sup> · Ji-Heon Hong, PT, Ph.D<sup>2</sup>  
Jin-Seop Kim, PT, Ph.D<sup>2</sup> · Seong-Gil Kim, PT, Ph.D<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Physical Therapy, Sunmoon University, Student

<sup>2‡</sup>Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University, Professor

### Abstract

**Purpose** : To compare the immediate effects of air stacking maneuver using resuscitator bags and balloons.

**Methods** : Twenty healthy young adults participated in this study. Forced vital capacity (FVC) and peak cough flow (PCF) tests were performed at pre-intervention, and then, the maximum insufflation capacity (MIC), forced expiratory volume in 1 s (FEV<sub>1</sub>), FEV<sub>1</sub>/FVC, peak expiratory flow (PEF), and peak cough flow (PCF) were measured using the air stacking maneuver via resuscitator bags and balloons. Interventions were randomly performed, and a 40-min break was provided between interventions. The evaluation process in this study was conducted in accordance with the guidelines of the American Thoracic Society (ATS) 2019. To compare the three outcomes measured at pre-and post-interventions, repeated measures analysis of variance was performed.

**Results** : A significant difference was found in the MIC, FEV<sub>1</sub>, PEF, and PCF after the air stacking maneuver using resuscitator bags and balloons, whereas no significant difference was observed between resuscitator bags and balloons.

**Conclusion** : No significant difference was found in the immediate effect of the air stacking maneuver using resuscitator bags and balloons in this study. Air stacking maneuver using balloons can increase the success rate of the techniques by providing visual feedback on the amount of air insufflation when performed with balloon blowing exercise. Balloons are cheaper and easier to buy compared to manual resuscitator bags; therefore, education on the air stacking maneuver using balloons will have a positive effect on pulmonary rehabilitation.

---

**Key Words** : air stacking, balloon, maximum insufflation capacity, resuscitator bag

‡ 교신저자 : 이동엽, kan717@hanmail.net

논문접수일 : 2020년 12월 3일 | 수정일 : 2020년 12월 18일 | 게재승인일 : 2020년 12월 31일

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 필요성

신경근 질환 및 척수손상과 같은 제한성 폐질환을 가지고 있는 환자들은 중등도 혹은 중증의 호흡근 약화와 마비로 인해 호흡 기능에 제한을 일으키게 되며 진행성 호흡부전과 기도 보호 및 청결에 가장 중요한 기침 능력의 감소를 경험하게 된다(Morrow 등, 2018; Toussaint 등, 2009; Toussaint 등, 2016). 감소된 기침 능력은 호흡기 감염 및 무기폐와 같은 호흡기계 합병증의 발생률을 증가시키게 되고 환자들의 사망에 직접적인 영향을 미친다(Rafiq 등, 2018; Toussaint 등, 2016). 이러한 호흡기계 합병증을 예방하기 위해서는 최대 기침 유량이 최소 160~180 L/min 이상 되어야 기도로부터 분비물을 제거하여 기도 청결을 유지할 수 있다. 호흡근 약화를 동반하는 제한성 질환의 환자들은 얇은 호흡 패턴을 특징으로 가지며 허파를 최대한 팽창시키지 못하기 때문에 허파 유순도가 점진적으로 상실되며 기침 능력이 크게 감소하게 된다(Morrow 등, 2018). 근위축성 측삭경화증 (amyotrophic lateral sclerosis) 환자를 대상으로 시행한 연구에 따르면 최대 기침 유량이 1년에 25 % 이상 감소할 경우 사망률이 크게 증가한다고 하였다(Matsuda 등, 2019).

기침의 강도는 숨을 깊게 들이마시는 능력, 성문을 폐쇄하고 허파 내 압력을 증가시키는 능력, 복부 근육의 수축으로 복부 내압을 증가시키는 능력과 직접적으로 연관이 있다(Torres-Castro 등, 2014). 강한 기침을 만들어 내기 위한 전략으로는 들숨의 양을 증가시키는 방법과 날숨 압력을 증가시키는 방법이 있다. 특히 ‘흡입’ 단계에서는 최대 들숨량의 85~90 % 들숨이 선행되어야만 강한 기침 유량을 생성해 낼 수 있다(Jeong & Yoo, 2015). 들숨의 양을 증가시키기 위한 방법으로는 주로 도수 소생기(resuscitator bag)를 이용한 공기 누적 기법 및 혀-인두 호흡법, 기계적 양압-음압 보조 장치 등을 사용하며 기계적 양압-음압 보조 장치는 들숨의 양과 날숨압을 동시에 상승시킬 수 있어 효과적이지만 비용이 많이 들고 자원이 제한적이며 숙달된 치료사의 보조가 필요하다는

단점이 있다(Spinou, 2020; Toussaint 등, 2009).

공기 누적 기법은 기침 전 최대 주입 용량을 달성하기 위해 도수 소생기를 이용하여 숨을 내쉬지 않고 추가적으로 공기를 주입하는 것으로 이후 증가 된 들숨량과 허파와 가슴 우리 용적의 되감기로 인해 단기간 강한 기침 유속을 만들어 낼 수 있으며, 심호흡을 대체하여 가슴 우리의 움직임 증가시켜 무기폐를 예방할 수 있다(Spinou, 2020; Toussaint 등, 2009; Torres-Castro 등, 2014). 따라서 공기 누적 기법은 주로 총 폐활량(total lung capacity)의 감소를 특징으로 나타내는 제한성 폐 질환 환자 및 호흡근의 근력 약화를 경험하는 환자의 허파의 유순도 증가와 기침 유량의 증가를 위해 사용하게 된다(Cha 등, 2016; Toussaint 등, 2016). 혀-인두 호흡 방법은 혀 인두 근육을 이용하여 소량의 공기를 연속적으로 허파로 주입하여 최대 들숨량을 달성하는 기술로 두 방법 모두 다른 기술에 비해 낮은 비용과 환자 스스로 사용 가능하다는 장점이 있다(Torres-Castro 등, 2016). 건강한 성인을 대상으로 공기 누적 기법의 즉각적인 효과를 분석한 Sarmiento 등(2017)의 연구에서는 공기 누적 기법을 시행한 후 들숨 용량(inspiratory capacity)에서 약 20.4 % 증가한 최대 주입 용량이 발생하였고 이와 함께 최대 기침 유량과 흉벽 움직임의 유의한 증가를 보고하였다. 신경근 질환(neuromuscular disease)을 가진 소아 환자에게 도수 소생기를 이용한 공기 누적과 혀-인두 호흡법의 즉각적인 효과를 비교한 Torres-Castro 등(2016)의 연구에서도 두 기술 모두 최대 들숨 용량과 최대 기침 유량의 유의한 증가를 보였고, 특히 공기 누적 기법에서 혀-인두 호흡법과 비교해 최대 들숨 용량의 유의한 증가를 보고하였다. 또한 An(2018)의 연구에서 목 척수손상 환자에게 공기 누적 기법을 시행하였을 때 허파 기능과 최대 기침 유량이 크게 개선되었고, Cha(2016)의 연구에서도 65세 이상 정상 성인을 대상으로 4주간 공기 누적 기법을 시행한 결과 노력성 폐활량 및 6분 걷기 검사, 최대 기침 유량에서 유의한 개선을 보였다.

이렇듯 공기 누적 기법은 신경근 질환, 척수손상, 뇌졸중 환자 외에 노인 등과 같이 폐 기능의 감소를 경험하는 일반 성인에게도 즉각적인 기침 유량의 증가와 함께 전반적인 허파 기능을 개선시키는 등 많은 영향을 미치지만, 공기 누적 시 주로 사용하는 도수 소생기는 병원

외 개인이 구매하여 소지하는 경우가 드물고 인공 호흡 처치 시 사용하는 의료 장비라는 인식 때문에 접근성이 떨어진다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 시중에서 쉽게 구할 수 있는 풍선을 이용한 공기 누적 방법과 도수 소생기를 이용한 공기 누적 기술의 즉각적인 효과를 비교 분석하는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 충청남도 아산시 소재의 S 대학교에 재학 중인 건강한 성인 남녀를 대상으로 실시하였다. 모든 대상자는 연구의 방법과 목적에 대해 충분한 설명을 듣고 연구 참여에 자발적으로 동의하였으며 최근 5년 내 급성 혹은 만성 심장 질환, 허파 질환을 경험하였거나 신경근 장애 진단을 받은 자, 면역계 질환을 경험한 자, 급성 상기도 감염을 앓고 있는 자, 허파 기능 검사를 수행하기에 제한이 있는 자를 제외한 총 20명을 대상으로 선정하였다. 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects

(n=20)

Category	Subject
Age (yr)	24.50±1.79 <sup>a</sup>
Height (cm)	171.70±8.14
Weight (kg)	71.20±14.68
Gender (M/F)	14/6

<sup>a</sup>Mean±SD

### 2. 연구 절차

본 연구는 무작위 교차 실험 연구(randomize cross-over design)로 연구 참여 전 인터뷰를 통해 선정기준에 맞게 대상자를 선별한 후 나이 및 신장, 체중 등 대상자들에 대한 일반적 특성과 함께 노력성 폐활량 검사를 시행하

였다. 실험에 들어가기 1시간 전 흡연과 과식, 과도한 운동은 피하도록 하였으며 공기 누적 기술의 정확한 수행을 위해 도수 소생기와 풍선을 이용한 공기 누적 기술의 원리와 방법에 대한 동영상 시청 후 준비물을 통하여 중재 순서를 무작위로 정하였다. 기술의 효과가 중첩되는 것을 피하기 위해 중재 간 약 40분의 휴식기를



Fig 1. Air stacking maneuver using resuscitator bags

가지고 시행하였다.

1) 도수 소생기를 이용한 공기 누적

대상자에게 깊게 숨을 들이마신 후 성문을 닫아 숨을 잠시 멈추고 그 상태로 도수 소생기(Manual resuscitator bag, VADI Medical Technology Co., Taiwan)를 이용하여 최대 들숨 용량까지 2~3회 공기 누적을 실시할 것을 지시하였다. 공기 누적 시 성문을 잠시 열어 공기를 추가로 흡입할 것을 요청하였고 최대 공기를 누적인 상태에서 폐활량계를 통해 최대 주입 용량을 측정하였다. 이후 같은 방법으로 최대 유량 측정기를 이용하여 최대 기

침 유량 평가를 시행하였다(Fig 1).

2) 풍선(Balloon)을 이용한 공기 누적

대상자에게 숨을 최대한 들이마신 다음 풍선을 크게 부풀리고 코를 통해 2~3회 환기한 후 최대 들숨 용량까지 숨을 들이마실 것을 지시하였다. 그 상태로 입을 통해 풍선에 담겨있는 공기를 2~3회 추가 흡입하여 최대 공기를 누적인 상태에서 폐활량계를 통해 최대 주입 용량을 측정하였다. 이후 같은 방법으로 최대 유량 측정기를 이용하여 최대 기침 유량 평가를 시행하였다(Fig 2).

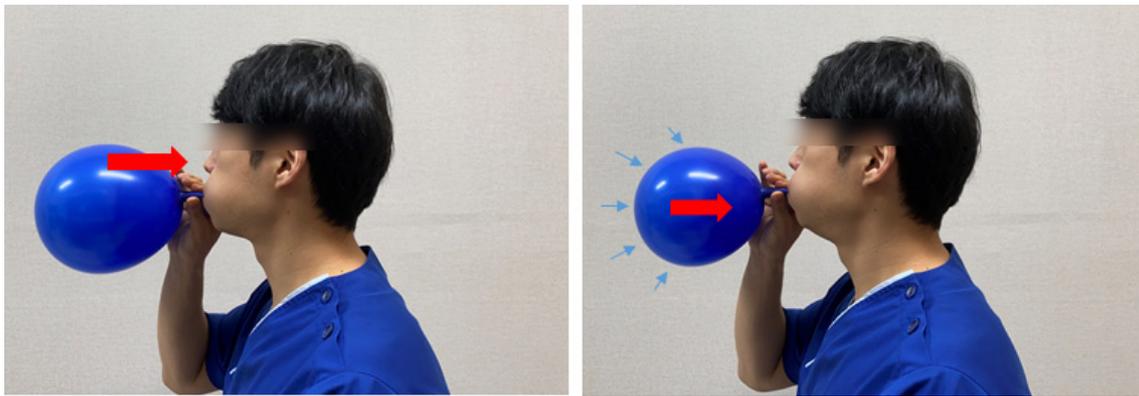


Fig 2. Air stacking maneuver using balloons

3. 연구 및 측정 장비

본 연구에서는 폐활량계(Pony FX, COSMED Inc., Italy)와 최대 유량 측정기 (Mini-wright peak flow meter, Clement Clarke, UK)를 이용하여 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 날숨량(FEV<sub>1</sub>), 1초율(FEV1/FVC), 최대 날숨 유량(PEF) 및 최대 기침 유량(PCF)을 평가하였다. 최대 주입 용량은 공기 누적 후 허파에 보유할 수 있는 최대 공기 용량으로 흉벽과 허파의 유순도를 나타내는 지표이며, 도수 소생기와 풍선을 이용한 공기 누적 시행 후 폐활량계를 이용하여 측정하였다(Katz 등, 2016).

측정자는 바르게 앉은 자세에서 코마개를 이용하여

코를 막아 공기가 새어 나가는 것을 방지하고 마우스피스 를 통해 약 2~3회 편하게 환기한 다음 최대한 크게 숨 을 들이마시고 빠르고 강하게 6초간 호흡을 내쉬며 폐활 량을 측정하였다. 최대 기침 유량은 마찬가지로 바르게 앉아 코마개로 코를 막은 후 최대 유량 측정기를 이용하 여 2~3회 호흡 후 최대한 강하게 기침하며 측정하였다. 모든 결과 값은 재현성 있는 결과가 3회 반복될 때까지 시행하여 그 평균값을 이용하였고 평가 후 다음 측정까 지 약 10분의 휴식 시간을 제공하였다. 본 연구의 평가 진행 과정은 2019 미국 흉부 학회(American Thoracic Society, ATS) 가이드라인을 참고하여 진행하였다 (Graham 등, 2019)(Fig 3, 4).



Fig 3. Spirometer



Fig 4. Peak flow meter

#### 4. 통계방법

본 연구의 모든 통계적 분석은 SPSS ver. 20.0 for windows program (SPSS INC. Chicago IL, USA) 프로그램을 사용하였다. 대상자들의 일반적인 특성을 비교하기 위해 기술통계를 이용하였고 정규성 검정을 위해 shapiro-wilk test를 사용한 결과 정규성을 만족하였다. 중재 간 비교를 위해 repeated measures ANOVA를 사용하였고 사후검정은 본페로니 검정(Bonferroni correction)을 사용하였다. 자료의 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 도수소생기와 풍선의 폐 기능 검사 비교

도수 소생기와 풍선을 이용한 공기 누적 후 최대 주입 용량과 1초간 노력성 날숨량은 유의한 차이를 보였다 ( $p < .05$ ). 사후 검정 결과 두 중재 모두 최대 주입 용량의 유의한 증가를 보였고( $p < .05$ ), 두 중재 간 비교에서 유의한 차이는 없었다( $p > .05$ )(Fig 5).

최대 날숨 유량과 최대 기침 유량 또한 공기 누적을 시행하였을 때 유의한 증가가 나타났다( $p < .05$ ). 사후검정 결과 두 중재 방법 모두 유의한 증가를 보였고( $p < .05$ ), 중재 간 비교에서는 유의한 차이가 발견되지 않았다 ( $p > .05$ )(Fig 5).

1초율은 공기 누적 방법에 따른 유의한 변화가 없었다 ( $p > .05$ )(Table 2).

Table 2. Comparison of the resuscitator bag and balloon (n=20)

	Baseline	Resuscitator bag	Balloon	F	p
FVC/MIC	5.30±1.36	5.71±1.40	5.77±1.55	11.524	.001*
FEV <sub>1</sub>	4.12±1.03	4.51±1.05	4.58±1.12	15.906	.001*
FVC1%	77.70±7.32	78.80±5.78	79.45±6.95	2.556	.102
PEF	8.51±2.71	9.66±3.03	9.63±2.89	8.184	.015*
PCF	500.50±141.14	533.00±138.49	527.00±132.43	5.813	.014*

\* $p < .05$ , FVC; forced vital capacity, MIC; maximum insufflation capacity, FEV<sub>1</sub>; forced expiratory volume in 1 second, FVC1%; FEV<sub>1</sub>/FVC, PEF; peak expiratory flow, PCF; peak cough flow

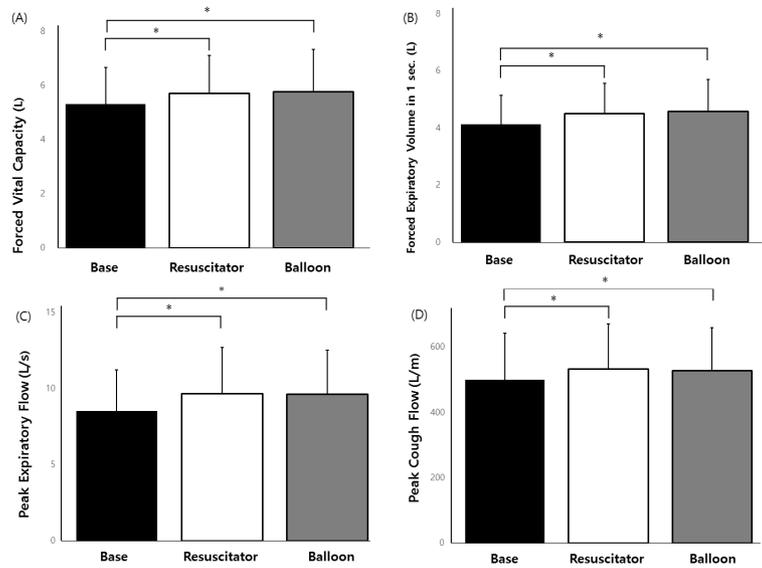


Fig 5. Comparison of pulmonary function according to the use of resuscitator bag or balloon.

#### IV. 고찰

본 연구는 폐 기능의 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 도수 소생기를 이용한 공기 누적 기법과 풍선을 이용한 공기 누적 기법을 시행한 후 최대 주입 용량 및 최대 기침 유량의 차이를 비교 분석해 보고자 하였다. 그 결과 두 중재 모두 폐활량의 유의한 증가를 보였고 1초간 노력성 날숨량, 최대 날숨 유속 및 최대 기침 유량 또한 유의하게 증가하였다. 도수 소생기와 풍선을 비교하였을 때 모든 지표에서 유의한 차이는 없었다.

공기 누적 기술은 최대 들숨량까지 호흡을 마신 후 추가적으로 공기를 주입하는 기술로 흉벽과 폐의 유순도 및 운동 범위를 증가시키고 허탈 된 폐의 분절을 확장시키며 순간적인 기침 유량의 증가를 가져오게 된다 (Cleary 등, 2013). 뒤시엔느 근이영양증(Duchenne muscular dystrophy) 환자를 대상으로 도수 소생기를 이용하여 공기 누적 기술을 사용하였을 시 최대 기침 유량이 약 50 %까지 증가하였고 처음 평가한 최대 기침 유량이 90 L/min 이상인 환자들의 유량을 160 L/min 이상으로 증가시켰다. 160 L/min 이상의 기침 유속은 기침 제한이 있는 환자들의 기도 청결 능력을 확인하는 척도

로써 인공호흡기 제거와 기관절개술(tracheostomy) 시행의 기준이 될 수 있으므로 임상적으로 중요한 결과라고 할 수 있다(Toussaint 등, 2016). 또한, 상위 수준의 목 척수손상 환자들은 가로막신경(Phrenic nerve)의 손상으로 인하여 호흡의 약 65 % 담당하는 횡격막의 마비를 경험하며 호흡 기능 장애 및 호흡부전의 위험에 쉽게 노출될 수 있다. 매년 발생하는 척수손상 환자 중 목 척수손상은 절반 이상의 비율을 보이고, 이러한 상부 목 척수손상이 아니더라도 호흡의 약 35~40 %를 담당하는 호흡 보조근의 마비를 동반하기 때문에 호흡부전 발생위험이 증가하게 된다(Hachmann 등, 2017). An(2018)의 연구에서는 목 척수손상 환자를 대상으로 호흡 근 강화 훈련 전 공기 누적 기법을 실시한 그룹과 강화 폐활량계(incentive spirometry) 훈련을 받은 그룹을 비교한 결과 공기 누적을 시행한 그룹에서 노력성 폐활량, 1초간 노력성 날숨량, 최대 흡기 압력에서 유의한 증가를 보였다고 하였다. 이러한 신경근 질환 및 척수손상 환자뿐 아니라 정상 성인들의 허파 기능도 남성은 27세 여성은 20세부터 점차 감소하게 되며 65세 이상 정상 성인의 약 15 %에서 제한성 호흡 패턴을 보이게 된다. 또한, 제한성과 폐쇄성의 특성을 동시에 가지는 혼합성 호흡 패턴

으로 범위를 확대하게 되면 약 28 % 성인이 혼합성 호흡 패턴을 가지며 허파 기능의 감소를 경험하게 된다 (Lee 등, 2000; Scarlata 등, 2008). 이렇게 호흡 능력의 저하를 경험하는 65세 이상 노인을 대상으로 공기 누적 운동의 효과를 확인한 Cha(2016)의 연구에서도 일반적인 호흡 운동만 시행하였을 때 보다 공기 누적 기법을 병행하였을 때 노력성 폐활량 및 1초간 노력성 날숨량, 최대 기침 유량, 6분 걷기 검사에서 유의한 증가를 보였다고 하였다.

공기 누적 기술이 단독으로 또는 일반적인 호흡 운동들과 함께 시행하였을 때 폐 기능에 긍정적인 영향을 미친다는 것은 이미 선행 연구들로 인해 밝혀져 있는 사실이다. 하지만 공기 누적 시 사용하는 도수 소생기는 개인이 소지하고 있는 경우는 드물고 외래 환자 및 호흡 재활을 받지 않는 사람들은 접근하기 어렵다. 특히 심장 혹은 배 수술 후 환자, 과도한 비만 환자, 제한성 폐질환을 가지고 있는 환자 등은 입원 기간이 짧고 가정에서의 생활이 길며, 호흡 재활을 쉽게 경험하지 못하기 때문에 공기 누적 기법을 사용하기 힘들지만, 선행 연구들에 따르면 이러한 대상자들 또한 공기 누적 기법을 시행하였을 시 허파 기능에 유의한 향상을 보고하였다(Barcelar 등, 2014; Marbate 등, 2019). 풍선은 시중에서 쉽게 구할 수 있는 도구로 질병에 이환 되지 않은 사람이나 고령의 노인과 같이 지역사회 호흡 재활이 필요한 사람들도 가볍게 접근할 수 있고 풍선을 부는 날숨 운동과 공기 누적 운동을 동시에 시행할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 풍선이 나타내는 시각적인 요소는 허파 안에 추가적으로 주입되는 공기의 양을 시각적으로 보여주어 시각적 되먹임 효과를 나타내므로 기술의 이해도 및 수행도를 높일 수 있다고 사료된다(Giggins 등, 2013). 본 연구에서는 도수 소생기와 풍선을 이용한 공기 누적 기법의 비교에서 유의하지는 않았지만 풍선을 사용하였을 시 최대 주입 용량이 증가하는 모습을 보였다. 이는 도수 소생기를 이용한 공기 누적 기법이 안면 마스크를 사용하기 때문에 기술의 숙련도에 따라 공기의 누출이 발생할 수 있고, 풍선을 사용하였을 시 시각적 되먹임 효과로 인해 최대 주입 용량이 증가한 것으로 사료된다(Iskandar 등, 2019).

우리의 연구 결과 도수 소생기를 이용한 공기 누적과

풍선을 이용한 공기 누적이 모두 효과적이었으며 최대 주입 용량 및 최대 날숨 유속, 최대 기침 유량 생성에 긍정적인 영향을 미쳤다. 또한 풍선은 도수 소생기보다 접근성이 좋고 시각적 되먹임 효과로 인해 기술의 수행도 또한 증가할 것으로 사료된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 건강한 정상 성인을 대상으로 실시하여 다양한 연령층 및 호흡 기능이 저하된 환자들에게 일반화시킬 수 없다. 둘째, 공기 누적 기술의 이해도 및 숙련도에 따라 효과가 다르게 나타날 수 있다. 셋째, 본 논문은 공기 누적 후 즉각적인 효과를 관찰한 논문으로 풍선을 이용한 공기 누적이 장기적인 운동 효과에 대한 연구가 필요하다. 따라서 추후 연구에서는 이러한 점들을 보완한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 도수 소생기를 이용한 공기 누적과 풍선을 이용한 공기 누적 방법을 폐활량계와 최대 유량 측정기를 이용하여 비교하였다. 결과적으로 두 가지 방법 모두 최대 주입 용량의 증가와 함께 1초간 노력성 날숨량, 최대 날숨 유량, 최대 기침 유량이 유의하게 증가하였으며 도수 소생기와 풍선 간의 유의한 차이는 발견되지 않았다. 일반적으로 많은 질환은 호흡 능력의 약화를 일으켜 호흡기계 합병증의 위험을 증가시키게 되고, 환자들뿐만 아니라 고령의 성인들 또한 호흡 기능의 약화를 경험하게 된다. 이때 공기 누적 기법은 허파의 유순도를 증가시켜 호흡 기능의 개선을 가져오는 방법으로 기타 호흡 운동과 병행하면 큰 효과를 볼 수 있다. 따라서 본 연구의 결과 도수 소생기와 풍선 간의 유의한 차이가 발견되지 않았으므로 폐활량과 허파 유순도 감소로 인해 호흡 재활이 필요한 환자 중 자발적으로 풍선을 부풀릴 능력이 있는 대상자들의 병원 및 지역사회 호흡 재활에서 시중에서 쉽게 구할 수 있는 풍선을 이용한 공기 누적 기법을 시행할 경우 호흡 기능에 긍정적인 영향을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- An SK, Shin WS(2018). Effect of air stacking training on pulmonary function, respiratory strength and peak cough flow in persons with cervical spinal cord injury. *Phys Ther Rehabil Sci*, 7(4), 147-153. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2018.7.4.147>.
- Barcelar JM, Aliverti A, Rattes C, et al(2014). The expansion of the pulmonary rib cage during breath stacking is influenced by age in obese women. *PLoS One*, 9 (11), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110959>.
- Cha HG, Choe YW, Kim MK(2016). The effects of air stacking exercise on pulmonary function in elderly adults. *J Korean Soc Phys Med*, 11(4), 55-64. <https://doi.org/10.13066/kspm.2016.11.4.55>.
- Cleary S, Misiaszek JE, Kalra S, et al(2013). The effects of lung volume recruitment on coughing and pulmonary function in patients with ALS. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*, 14(2), 111-115. <https://doi.org/10.3109/17482968.2012.720262>.
- Giggins OM, Persson UMC, Caulfield B(2013). Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*, 10(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-60>.
- Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al(2019). Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*, 200(8), e70-e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>.
- Hachmann JT, Grahn PJ, Calvert JS, et al(2017). Electrical neuromodulation of the respiratory system after spinal cord injury. *Mayo Clin Proc*, 92(9), 1401-1414. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2017.04.011>.
- Iskandar K, Nugrahanto AP, Ilma N, et al(2019). Use of air stacking to improve pulmonary function in Indonesian Duchenne muscular dystrophy patients: bridging the standard of care gap in low middle income country setting. *BMC Proc*, 13(11), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s12919-019-0179-4>.
- Jeong JH, Yoo WG(2015) Effects of air stacking on pulmonary function and peak cough flow in patients with cervical spinal cord injury, *J Phys Ther Sci*, 27(6), 1951-1952. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1951>.
- Katz SL, Barrowman N, Monsour A, et al(2016). Long-term effects of lung volume recruitment on maximal inspiratory capacity and vital capacity in Duchenne muscular dystrophy. *Ann Am Thorac Soc*, 13, 217-222. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201507-475BC>.
- Lee JM, Kim EJ, Kang MJ, et al(2016). The influence of aging on pulmonary function tests in elderly Korean population. *Tuberc Respir Dis*, 49(6), 752-759. <https://doi.org/10.4046/trd.2000.49.6.752>.
- Matsuda C, Shimizu T, Nakayama Y, et al(2019). Cough peak flow decline rate predicts survival in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve*, 59, 168-173. <https://doi.org/10.1002/mus.26320>.
- Marbate RB, Diwate AD, Das AK(2019). An experimental study to check immediate effect of stacked breathing exercise on peak expiratory flow rate in cardiac surgery patient-pilot study. *Clin Pract*, 16(5), 1259-1265.
- Morrow B, Argent A, Zampoli M, et al(2018). Cough augmentation techniques for people with chronic neuromuscular disorders. *Cochrane Database Syst Rev*, Printed Online. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013170>.
- Rafiq MK, Bradburn M, Proctor A, et al(2015). A preliminary randomized trial of the mechanical insufflator exsufflator versus breath stacking technique in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*, 16(7-8), 448-455. <https://doi.org/10.3109/21678421.2015.1051992>.
- Sarmento A, de Andrade AF, Lima ÍN, et al(2017) Air stacking: a detailed look into physiological acute effects on cough peak flow and chest wall volumes of healthy

- subjects. *Respir Care*, 62(4), 432-443. <https://doi.org/10.4187/respcare.05189432>.
- Scarlata S, Pedone C, Fimognari FL, et al(2008). Restrictive pulmonary dysfunction at spirometry and mortality in the elderly. *Respir Med*, 102(9), 1349-1354. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2008.02.021>.
- Spinou A(2020). A review on cough augmentation techniques: assisted inspiration, assisted expiration and their combination. *Physiol Res*, 69, S93-S103. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934407>.
- Toussaint M, Boitano LJ, Gathot V, et al(2009). Limits of effective cough augmentation techniques in patients with neuromuscular disease. *Respir Care*, 54(3), 359-366.
- Toussaint M, Pernet K, Steens M, et al(2016). Cough augmentation in subjects with Duchenne muscular dystrophy: comparison of air stacking via a resuscitator bag versus mechanical ventilation. *Respir Care*, 61(1), 61-67. <https://doi.org/10.4187/respcare.04033>.
- Torres-Castro R, Vilaro J, Vera-Urbe R, et al(2014). Use of air stacking and abdominal compression for cough assistance in people with complete tetraplegia. *Spinal Cord*, 52(5), 354-357. <https://doi.org/10.1038/sc.2014.19>.
- Torres-Castro R, Vilaro J, Vera-Urbe R, et al(2016). Acute effects of air stacking versus glossopharyngeal breathing in patients with neuromuscular disease. *J Med Med Res*, 14(3), 1-8. <https://doi.org/10.9734/BJMMR/2016/23192>.