척수 손상 환자에서 공기 누적 훈련이 폐 기능에 미치는 효과: 체계적 문헌고찰 및 메타분석

https://doi.org/10.32337/KACPT.2025.13.1.43
대한심장호흡물리치료학회지 제13권 제1호 2025.03. PP.43~50

■심정우[1]
■[1]세종충남대학교병원 재활의학과

Effects of Air Stacking Training on Pulmonary Function in Patients with Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis

Jung-Woo Shim PT, MS[1]

[1]*Department of Rehabilitation Medicine, Chungnam National University Sejong Hospital*

Purpose: This study aimed to investigate the effects of air stacking training (AST) on pulmonary function and cough efficiency in patients with spinal cord injury (SCI). Pulmonary function outcomes, including forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 s (FEV_1), and peak cough flow (PCF), were analyzed to evaluate the clinical effectiveness of AST. **Methods:** A systematic review and meta-analysis were conducted following the PRISMA guidelines. Three randomized controlled trials with 80 participants were included. Data were synthesized using both random-effects and fixed-effects models, and standardized mean differences (SMDs) and mean differences (MDs) were calculated. Heterogeneity was assessed using the I^2 statistic, and the risk of bias was evaluated using the Cochrane risk-of-bias tool. **Results:** The results showed no significant differences in all outcomes. For FVC, random-effects analysis revealed an SMD of 0.23 (95% CI, −0.32 to 0.77, p=0.41), and fixed-effects analysis showed an MD of 0.27 (95% CI, −0.08 to 0.62, p=0.13). For FEV_1, random-effects analysis revealed an SMD of 0.10 (95% CI, −0.34 to 0.54, p=0.67), and fixed-effects analysis showed an MD of 0.11 (95% CI, −0.33 to 0.55, p=0.63). For PCF, the random-effects analysis showed an SMD of −0.12 (95% CI, −0.56 to 0.32, p=0.58), and the fixed-effects analysis showed an MD of −16.31 (95% CI, −67.09 to 34.47, p=0.53). Heterogeneity was low (I^2=0%–33%). **Conclusion:** Although significant effects were not observed, AST demonstrated potential for improving pulmonary function and cough efficiency in patients with SCI. Further high-quality RCTs with larger samples and longer intervention periods are needed to validate these findings and optimize AST protocols.

Key words: air stacking training, cough efficiency, pulmonary function, spinal cord injury

Received: January 07, 2025 / **Revised:** January 07, 2025 / **Accepted:** January 31, 2025

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성

척수 손상은 전 세계적으로 연간 수십만 명에게 영향을 미치는 심각한 의학적 상태로, 특히 경수 손상 환자에서 높은 이환율과 사망률을 유발한다(Sanders 등, 2019). 척수 손상으로 인해 호흡근 마비와 폐확장 제한이 발생하며, 이는 점액 배출의 어려움과 함께 반복적인 폐 감염 및 호흡 부전을 초래한다(Tollefsen과 Fondenes, 2012). 따라서 척수 손상 환자에서 효과적인 호흡 재활은 생존율과 삶의 질 향상에 매우 중요한 요소로 간주된다(Raab 등, 2020).

호흡 재활의 다양한 방법 중 공기 누적 훈련(air stacking training, AST)은 호흡 근육을 강화하고 폐 용적을 개선하는 데 효과적이라고 알려져 있다(An과 Shin, 2018). 이 기법은 호흡 보조 장치를 사용하여 환자가 추가적인 흡기를 수행할 수 있도록 유도하며, 이를 통해 최대 흡기 용량을 늘리고 폐 순응도를 증가시킨다(Sarmento 등, 2017). 특히, 공기 누적 훈련은 기침 능력을 개선하여 폐 점액 제거를 돕고, 호흡기 합병증의 위험을 줄이는 데 기여할 수 있다(Reyes 등, 2020).

기존 연구들은 공기 누적 훈련이 척수 손상 환자에게 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 제시하였지만, 연구 결과는 일관되지 않으며, 대부분의 연구가 소규모로 수행되었다는 한계가 있다(An과

교신저자: 심정우
주소: 30099 세종특별자치시 보듬7로 20, 세종충남대학교병원, E-mail: sjw0812@naver.com

Shin, 2018). 또한, 중재 방법, 연구 설계 및 결과 측정 방법의 차이로 인해 효과를 종합적으로 평가하기 어려웠다(Jeong과 Yoo, 2015). 이에 따라 공기 누적 훈련의 효과를 명확히 평가하기 위해 체계적 문헌고찰과 메타분석이 필요하다.

본 연구는 척수 손상 환자에서 공기 누적 훈련의 효과를 종합적으로 분석하여 폐 기능과 기침 능력 향상에 대한 임상적 유용성을 확인하고자 한다. 이를 통해 척수 손상 환자를 위한 호흡 재활의 방향성을 제시하고, 향후 연구 및 임상에 실제 기여할 수 있는 근거를 제공하는 데 목적이 있다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 척수 손상 환자를 대상으로 공기 누적 훈련의 효과를 종합적으로 평가하기 위해 정성적 및 정량적 분석을 수행한 체계적 문헌고찰 및 메타분석이다. 본 연구는 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 지침에 따라 진행되었으며, 연구 계획은 사전에 PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews)에 등록되었다(등록 번호: CRD42025633131).

2. 연구 진행

1) 검색전략 수립 및 자료검색

본 고찰의 핵심 질문은 PICOSD (Participants [P], Intervention [I], Comparison [C], Outcomes [O], Study Design [SD]) 전략에 따라 체계적으로 구성되었다.

2) 선정기준 및 제외기준

선정기준에서 (1) 참가자는 척수 손상 환자들이며, (2) 중재방법으로는 공기 누적 훈련이 포함되었다. (3) 비교대상으로는 일반적인 치료, 다른 호흡 재활 중재를 시행하는 대조군을 포함하였다. (4) 주요 결과는 폐 기능(forced vital capacity, FVC) (forced expiratory volume in 1 second, FEV_1), 기침 능력(peak cough flow, PCF)과 같은 호흡 관련 지표로 설정되었다. (5) 연구 설계는 무작위 대조 연구(randomized controlled trials, RCT)로 제한하였다. 제외 기준으로는 (1) 무작위 대조 임상연구가 아닌 연구, (2) 중재방법에 공기 누적 훈련이 포함되지 않은 연구, (3) 폐 기능, 기침 능력 등의 주요 결과를 보고하지 않은 연구, (4) 원문이 영어 또는 한글로 제공되지 않은 연구가 제외되었다.

3) 검색전략

본 고찰에서 검색한 연구들은 2024년 12월에 메타분석 경험이 있는 두 명의 연구자가 각각 독립적으로 수행하였다. 검색식은 P (Participants), I (Intervention), SD (Study Design)를 나타내는 용어를 결합하여 구성되었다. 사전에 정의된 키워드 (spinal cord injury) AND (air stacking training) AND (randomized controlled trials)와 색인 용어(index terms)를 포함하여 검색을 수행하였다. 검색은 국제적 전자 데이터베이스인 Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Cumulative Index of Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), Excerpta Medica Database (Embase), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE), Web of Science, Google Scholar를 대상으로 실시되었다.

4) 자료추출

앞서 언급한 전자 데이터베이스에서 검색된 연구들은 추출된 후 Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, Washington, USA)을 사용하여 중복된 연구를 제거하였다. 이후, PRISMA 가이드라인에 따라 각 연구의 제목과 초록을 검토하고, 적합한 연구는 원문을 검토하는 과정을 거쳤다. 만약 자료 선정에 이견이 발생한 경우, 두 연구자가 원문을 함께 검토하여 최종 선정 여부를 결정하였다.

5) 연구 질적 평가

RCT 연구의 경우, Cochrane Bias Method Group에서 개발한 7개 항목으로 구성된 비뚤림 위험 평가 도구(Risk of Bias, RoB)를 사용하여 평가를 진행하였다. 연구의 질 평가는 두 명의 연구자가 각각 비뚤림 위험을 낮음(+), 높음(-), 불확실(?)로 독립적으로 평가하였으며, 평가 결과가 일치하지 않는 항목에 대해서는 원문을 함께 검토하여 합의 과정을 거쳤다(Higgins 등, 2019).

6) 자료 합성의 전략

자료의 합성은 Cochrane에서 제공하는 체계적 고찰 소프트웨어 RevMan 5.4 (The Cochrane Collaboration, England)를 사용하여 분석되었다. 동일한 변수에 대해 분석이 가능하거나, 사전 및 중재 후 검사에서 양적 변수를 포함하는 경우 메타분석에 포함하여 수행하였다. 메타분석에는 최소 3개의 연구가 포함되어야 분석에 포함되었다. 효과 크기는 분석 모델에 따라 달리 적용되었다. 무작위효과모형(random effects model)에서는 연구 간 이질성을 고려하여 표준화된 평균 차이(standardized mean difference, SMD)를 사용하였으며, 고정효과모형(fixed effects model)에서는 동일한 단위로 보고된 결과에 대해 평균 차이

(mean difference, MD)를 사용하였다. 이를 통해 무작위효과모형은 연구 간 효과의 분포를, 고정효과모형은 단일 효과 크기를 각각 추정하였다. 선정된 연구들의 동질성은 I^2 통계치와 Cochrane의 Chi-squared test를 통해 확인하였다. I^2 값이 75% 이상이면 높은 이질성을, 40% 미만이면 낮은 이질성을 나타내는 것으로 간주하였다. 또한, 연구의 출판편향은 RevMan 5.4에서 제공하는 깔때기 도표(funnel plot)를 사용하여 평가하였다 (Duval 과 Tweedie, 2000).

Ⅲ. 연구결과

1. 문헌검색과 특징들

국제 데이터베이스를 통해 총 18건의 연구가 검색되었다. 중복된 연구를 제외하기 위해 Excel을 활용하여 검토한 결과, 2건의 중복 연구가 확인되어 제외되었다. 이후 제목과 초록을 기반으로 1차 스크리닝을 실시하여 6건의 연구를 추가적으로 제외하였다. 원문 검토를 통해 참가자 기준에 부합하지 않는 연구 2건과 연구 설계가 적합하지 않은 연구 5건이 추가로 제외되었다. 결과적으로 총 7건의 연구가 제외되었으며, 최종적으로 3건의 무작위 대조 연구(RCTs)가 정성적 및 정량적 분석에 포함되었다(An과 Shin, 2018; Jeong과 Yoo, 2015; Kim 등, 2010)(그림 1).

2. 문헌 질적 평가

3건의 RCT에 대한 방법론적 질 평가는 연구자 간 일치율이 100%로 나타났다. Risk of Bias (RoB) 평가 도구를 사용하여 7개 항목에 대해 비뚤림 위험을 평가한 결과는 다음과 같다. 무작위 순서 생성은 낮음(+: 1건), 불확실(?: 2건)으로 평가되었으며, 배정 순서 은폐는 모두 불확실(?: 3건)로 평가되었다. 참가자 및 연구자 눈가림은 높음(-: 3건), 결과 평가자 눈가림은 모두 불확실(?: 3건)로 나타났다. 불완전한 결과 자료는 모두 낮음(+: 3건), 선택적 결과 보고는 모두 불확실(?: 3건), 기타 비뚤림은 모두 낮음(+: 3건)으로 평가되었다(그림 2).

3. 공기 누적 훈련 방법

본 연구에 선정된 3건의 RCT에서는 총 80명의 척수 손상 환자가 참여하였다. 중재로는 공기 누적 훈련(air stacking training, AST)이 적용되었으며, 훈련 방법은 주로 수동 인공호흡기(manual resuscitator, Ambu-bag)를 이용하여 수행되었다. 훈련 과정에서는 환자가 장치를 통해 최대 흡기 용량에 도달할 수 있도록 연속적으로 공기를 추가로 공급받았으며, 최대 흡기 상태를 몇 초간 유지한 뒤 천천히 호기하도록 유도하였다. 훈련 중 환자의 상태를 지속적으로 관찰하였으며, 일부 연구에서는 환자에게 공기의 흐름을 느끼고 호흡을 조절하는 방법에 대한 교육

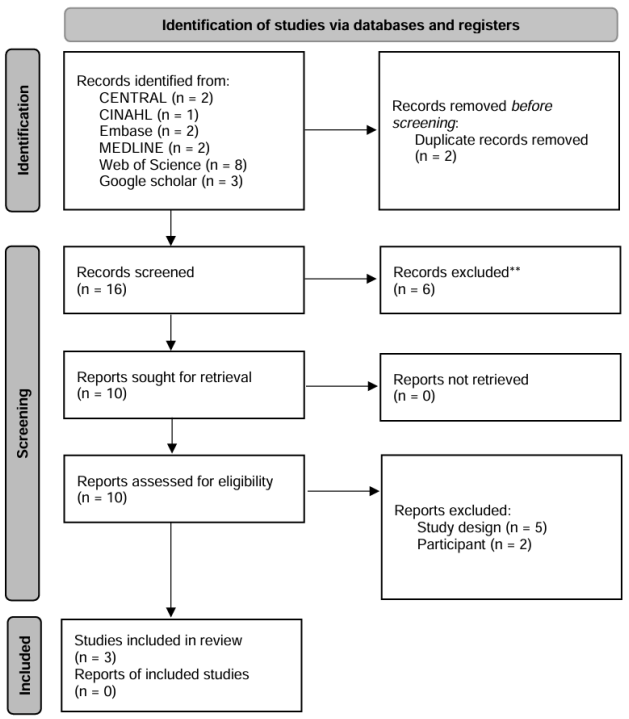

그림 1. PRISMA Flow Diagram

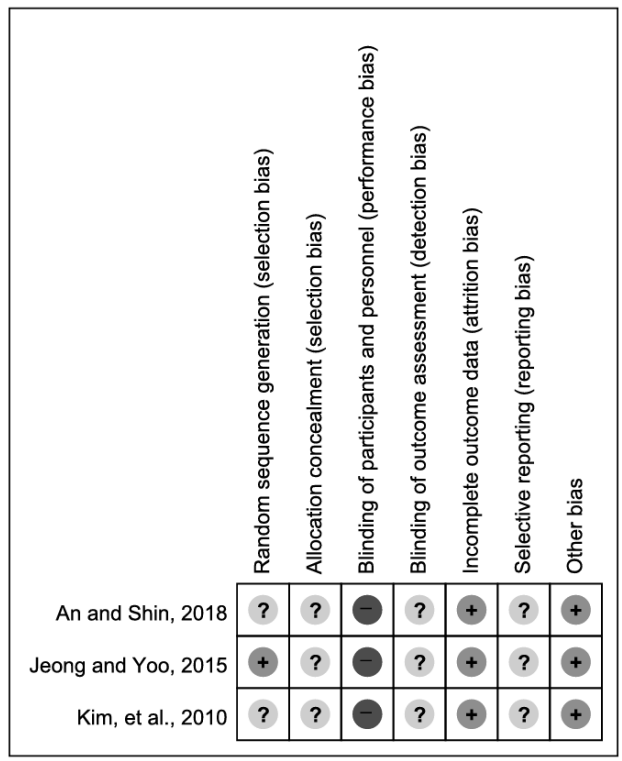

그림 2. Risk of bias summary

표 1. 포함된 연구들의 특성

Study	Sample size	Duration	Intervention	Outcone	Conclusion
An과 Shin, 2018	EG=12 CG=12	4weeks	EG: Performed air stacking with an Ambu bag and mask (15 reps/set, 3 sets/session, 15 min/session, 3 sessions/week) for 4 weeks. CG: Used an incentive spirometer for deep inhalation (same frequency and duration). Both groups performed inspiratory muscle strengthening exercises.	Pulmonary function : FVC(L), FEV_1(L) Cough effciency : PCF(L/min)	This study suggests that AST improves pulmonary function, respiratory strength, and PCF in CSCI patients and should be included in respiratory rehabilitation programs.
Jeong과 Yoo, 2015	EG=14 CG=12	6weeks	EG: Performed 20 air stacking repetitions twice daily, 5 days/week, for 6 weeks. CG: Performed 20 incentive spirometry repetitions twice daily, 5 days/week, for 6 weeks.	Pulmonary function : FVC(L), FEV_1(L) Cough effciency : PCF(L/min)	AST effectively improves pulmonary function and cough efficiency in cervical spinal cord injury patients.
Kim 등, 2010	EG=15 CG=15	4weeks	EG: Performed air stacking with an Ambu bag (10–15 reps/session, twice daily, 5 days/week) for 4 weeks. CG: Performed basic therapeutic exercises (ROM, stretching, strengthening) for 30 minutes/session, twice daily, 5 days/week, for 4 weeks.	Pulmonary function : FVC(L), FEV_1(L) Cough effciency : UPCF(L/min)	Air stacking exercise has positive effects on the improvements of cough functions and that of pulmonary functions such as lung volume, lung elasticity in patients with cervical cord injury.

EG; exprimental group. CG; control group, FVC; forced vital capacity, FEV_1; foced expiratory volume in 1 second, PCF; peak cough flow, AST; air stacking training, CSCI; cervical spinal cord injury. ROM; range of motion, UPCF; unaided peak cough flow

이 병행되었다. 중재 기간은 연구마다 4주에서 6주로 차이가 있었다. 포함된 연구들의 특성은 다음과 같다(표 1).

4. FVC에 대한 공기 누적 훈련의 효과

선정된 3건의 RCT 연구에서 80명의 척수 손상 환자를 대상으로 FVC를 평가한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 무작위효과 모형(Random Effect Model)에서는 SMD 0.23(95% CI: -0.32 to 0.77, p=0.41)로 나타났으며, 이질성은 χ^2=2.97, df=2, I^2=33%로 평가되었다. 이는 연구 간 약간의 이질성이 존재함을 시사하지만, 효과 크기는 유의하지 않았다(그림 3). 한편, 고정효과 모형(Fixed Effect Model)에서는 MD 0.27(95% CI: -0.08 to 0.62, p=0.13)로 나타났으며, 이질성은 χ^2=2.20, df=2, I^2=9%로 낮은 수준을 보였다(그림 4). 고정효과

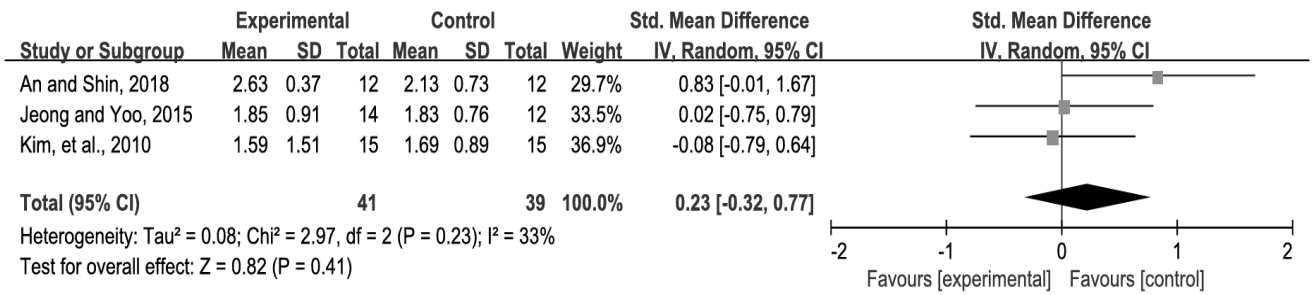

그림 3. FVC에 대한 Forest plot(무작위효과 모형)

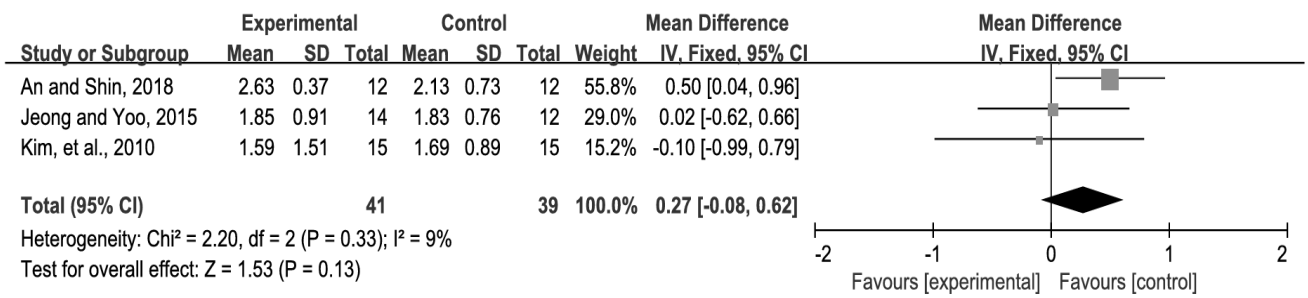

그림 4. FVC에 대한 Forest plot(고정효과 모형)

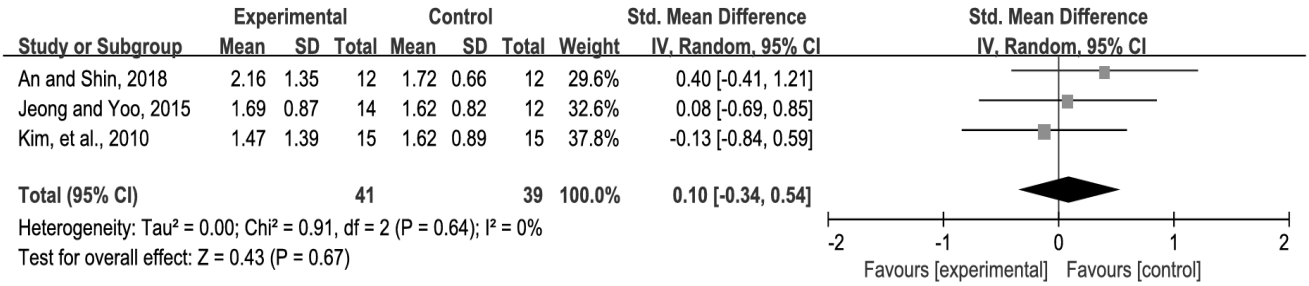

그림 5. FEV_1에 대한 Forest plot(무작위효과 모형)

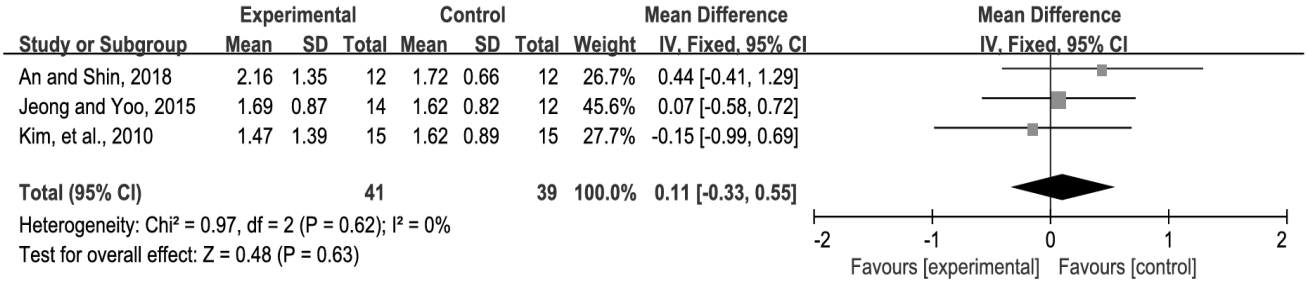

그림 6. FEV_1에 대한 Forest plot(고정효과 모형)

모형 결과에서도 실험군과 대조군 간 유의미한 차이는 확인되지 않았다. 두 분석 모두에서 FVC에 대해 실험군과 대조군 간의 효과 크기는 통계적으로 유의하지 않았으며, 연구 간 이질성을 고려한 분석에서 동일한 결론에 도달하였다.

5. FEV_1에 대한 공기 누적 훈련의 효과

선정된 3건의 RCT 연구에서 80명의 척수 손상 환자를 대상으로 FEV_1을 평가한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 무작위효과 모형(Random Effect Model)에서는 SMD 0.10(95% CI: -0.34 to 0.54, p=0.67)로 나타났으며, 이질성은 χ^2=0.91, df=2, I^2=0%로 평가되었다. 이는 연구 간 이질성이 없음을 시사하지만, 효과 크기는 유의하지 않았다(그림 5). 한편, 고정효과 모형(Fixed Effect Model)에서는 MD 0.11(95% CI: -0.33 to 0.55, p=0.63)로 나타났으며, 이질성은 χ^2=0.97, df=2, I^2=0%로 낮은 수준을 보였다. 고정효과 모형 결과에서도 실험군과 대조군 간 유의미한 차이는 확인되지 않았다(그림 6). 두 분석 모두에서 FEV_1에 대해 실험군과 대조군 간의 효과 크기는 통계적으로 유의하지 않았으며, 연구 간 이질성을 고려하거나 동일한 평균 효과를 가정한 분석 모두에서 유사한 결과를 보였다.

6. PCF에 대한 공기 누적 훈련의 효과

선정된 3건의 RCT 연구에서 80명의 척수 손상 환자를 대상으로 PCF를 평가한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 무작위효과 모형(Random Effect Model)에서는 SMD -0.12(95% CI: -0.56 to 0.32, p=0.58)로 나타났으며, 이질성은 χ^2=0.65, df=2, I^2=0%로 평가되었다. 이는 연구 간 이질성이

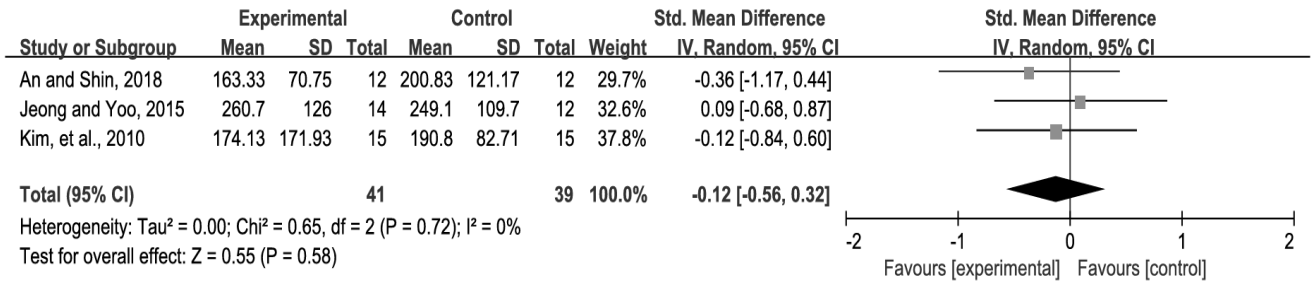

그림 7. PCF에 대한 Forest plot(무작위효과 모형)

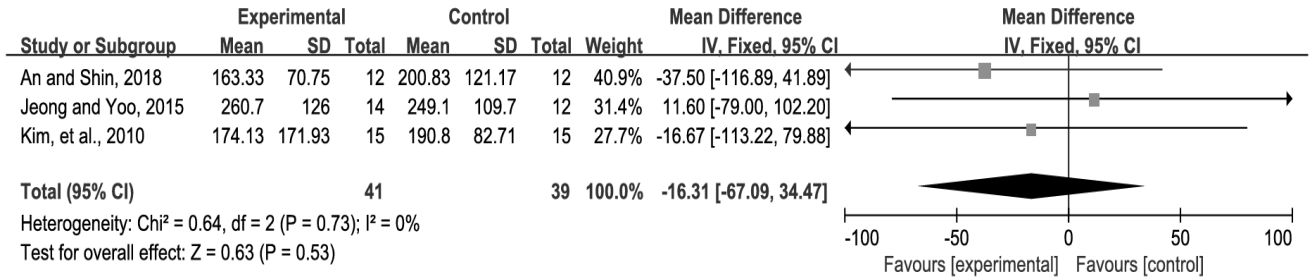

그림 8. PCF에 대한 Forest plot(고정효과 모형)

거의 없음을 시사하지만, 효과 크기는 유의하지 않았다(그림 7). 한편, 고정효과 모형(Fixed Effect Model)에서는 MD -16.31 (95% CI: -67.09 to 34.47, p=0.53)로 나타났으며, 이질성은 χ^2=0.64, df=2, I^2=0%로 낮은 수준을 보였다. 고정효과 모형 결과에서도 실험군과 대조군 간 유의미한 차이는 확인되지 않았다(그림 8). 두 분석 모두에서 PCF에 대해 실험군과 대조군 간의 효과 크기는 통계적으로 유의하지 않았으며, 연구 간 이질성을 고려하거나 동일한 평균 효과를 가정한 분석 모두에서 유사한 결과를 보였다.

7. 출판편향

본 고찰에서는 적격성 기준에 따라 체계적 고찰 및 메타분석을 위해 총 3건의 연구가 포함되어 분석되었다. 그러나 Cochrane Review에서는 합성된 연구의 수가 10개 미만인 경우 출판 편향 분석이 적절하지 않다고 권고하고 있으므로, 본 연구에서는 출판 편향 분석을 수행하지 않았다.(Page 등, 2019).

Ⅳ. 고 찰

척수 손상 환자는 주로 횡격막, 늑간근과 같은 주요 호흡 근육의 마비로 호흡에 문제가 발생하며, 이는 폐 용적 감적감소, 점액 배출 장애, 그리고 반복적인 폐 감염과 같은 합병증으로 이어질 수 있다(Baydur과 Sassoon, 2018; Schilero 등, 2009). 특히, 최대 흡기 능력과 최대 기침 능력의 감소는 호흡기 합병증의 주요 위험 요인으로, 이는 장기적인 삶의 질 저하와 사망률 증가와 연관된다(Berlowitz 등, 2016). 따라서, 척수 손상 환자에게 호흡치료는 폐용적의 확장과 기침능력의 향상으로 필요한 요소로 작용한다. Torres-Castro 등, (2014)의 연구에서는 척수 손상 중 완전 손상 마비 환자에게 공기 누적 훈련을 통해 기침능력을 위한 최대호기노력(maximal expiratory effort, MEE)에 유의미한 효과를 보인다고 하였다.

본 연구는 척수 손상 환자를 대상으로 공기 누적 훈련의 효과를 평가하기 위해 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 수행하였다. 선정된 3건의 무작위 배정 연구를 분석한 결과, FVC, PCF, FEV_1에서 실험군과 대조군 간의 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았다. 무작위효과 모형에서 FVC는 SMD 0.23(95% CI: -0.32 to 0.77, p=0.41), PCF는 SMD -0.12(95% CI: -0.56 to 0.32, p=0.58), FEV_1은 SMD 0.10(95% CI: -0.34 to 0.54, p=0.67)로 나타났다. 고정효과 모형에서는 FVC가 MD 0.27(95% CI: -0.08 to 0.62, p=0.13), PCF가 MD -16.31(95% CI: -67.09 to 34.47, p=0.53), FEV_1이 MD 0.11(95% CI: -0.33 to 0.55, p=0.63)로 평가되었으며, 두 모형 모두에서 유의미한 결과는 관찰되지 않았다.

이러한 결과는 몇 가지 요인에 의해 영향을 받았을 가능성이

있다. 첫째, 포함된 연구들의 중재 기간이 대부분 4-6주로 짧아 장기적인 효과를 평가하기에 충분하지 않았을 수 있다. 둘째, 총 80명의 소규모 참가자를 대상으로 한 분석은 통계적 검출력을 제한하였으며, 결과의 일반화 가능성에도 한계를 부여하였다. 셋째, 포함된 연구들 간 중재 방법, 평가 도구, 대상자 특성의 차이가 결과의 이질성을 증가시켰다. 실제로 FVC의 무작위효과 모형에서 이질성(I^2)은 33%로 관찰되었으며, 이는 연구 간 차이를 반영하는 것으로 해석될 수 있다.

공기 누적 훈련의 기전은 흡기 근육을 활성화하고 폐 용적을 증가시켜 폐 순응도를 개선하며, 이를 통해 기침 능력과 호흡기 합병증 예방에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 이러한 훈련은 제한성 폐질환과 같은 신경근육 질환, 척수 손상질환에 효과적이라고 알려져 있으며(Chowdhury과 Hossain, 2024; Pellegrino 등, 2021; Torres-Castro 등, 2014), 실제 임상에서도 널리 사용되어지는 호흡 치료 방법이다. 본 연구에서도 FVC와 PCF에서 실험군이 대조군에 비해 개선되는 경향이 관찰되었으며, 이는 공기 누적 훈련이 임상적으로 잠재적인 유용성을 가질 가능성을 시사한다. 그러나 이러한 경향이 통계적으로 유의미하지 않은 이유는 중재 강도와 기간의 제한, 연구 설계상의 편향 위험, 그리고 소규모 샘플 크기 때문일 가능성이 크다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가진다. 포함된 연구의 수와 샘플 크기가 제한적이었으며, 이는 결과의 신뢰성과 일반화 가능성을 저하시킬 수 있다. 또한, 대부분의 연구에서 참가자와 연구자 눈가림이 이루어지지 않아 비뚤림 위험이 존재하였다. 선택적 결과 보고와 같은 기타 비뚤림 요소도 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 마지막으로, 연구 간 중재 프로토콜과 평가 도구의 차이가 결과 해석을 어렵게 만든 요소로 작용하였다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 척수 손상 환자에서 공기 누적 훈련의 효과를 평가하기 위한 최초의 체계적 문헌고찰 및 메타분석 중 하나로, 향후 연구를 위한 중요한 기초 자료를 제공한다. 공기 누적 훈련의 효과를 명확히 평가하기 위해 대규모 다기관 무작위 배정 연구가 필요하며, 장기적인 중재 효과를 분석하고, 다양한 임상 지표를 포함하여 다각적으로 평가할 필요가 있다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 척수 손상 환자에서 공기 누적 훈련의 효과를 평가하기 위해 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 수행하였다. 분석 결과, 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았으나, 실험군에서 FVC와 PCF가 개선되는 경향이 관찰되었다. 이러한 결과는 공기 누적 훈련이 임상적으로 유용할 가능성을 시사하며, 이를 입증하기 위한 고품질의 대규모 연구가 필요하다 사료된다.

참고문헌

An SK, Shin WS. 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, 2018.

Baydur A, Sassoon C. Respiratory dysfunction in spinal cord injury: physiologic changes and clinically relevant therapeutic applications. J Pulm Respir Med, 8(2);453, 2018.

Berlowitz DJ, Wadsworth B, Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. Breathe, 12(4);328-340, 2016.

Chowdhury K, Hossain M. Evidence Based Chest Physiotherapy for Spinal Cord Injury (Tetraplegia). Medi Clin Case Rep J, 2(4);517-521, 2024.

Duval S, Tweedie R. Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. Biometrics, 56(2);455-463, 2000.

Higgins JP, Savović J, Page MJ, et al. Assessing risk of bias in a randomized trial. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, 205-228, 2019.

Jeong JH, Yoo WG. 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, 2015.

Kim MK, Cho MS, HwangBo G. The efficacy of pulmonary rehabilitation using air stacking exercise in cervical cord injured patients. J Korean Soc Phys Med, 5(4);597-604, 2010.

Page MJ, Higgins JP, Sterne JA. Assessing risk of bias due to missing results in a synthesis. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, 349-374, 2019.

Pellegrino GM, Corbo M, Di Marco F, et al. Effects of air stacking on dyspnea and lung function in neuromuscular diseases. Arch Phys Med Rehabil, 102(8);1562-1567, 2021.

Raab AM, Brinkhof MW, Berlowitz DJ, et al. Respiratory function and respiratory complications in spinal cord injury: protocol for a prospective, multicentre cohort study in high-income countries. BMJ Open, 10(11);e038204, 2020.

Reyes A, Castillo A, Castillo J. Effects of expiratory muscle training and air stacking on peak cough flow

in individuals with Parkinson's disease. Lung, 198;207-211, 2020.

Sanders LM, Hortobágyi T, la Bastide-van Gemert S, et al. Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. PLoS One, 14(1);e0210036, 2019.

Sarmento A, Resqueti V, Fregonezi G, et al. Assessment of gas compression and lung volume during air stacking maneuver. Eur J Appl Physiol, 117;189-199, 2017.

Schilero GJ, Spungen AM, Bauman WA, et al. Pulmonary function and spinal cord injury. Respir Physiol Neurobiol, 166(3);129-141, 2009.

Tollefsen E, Fondenes O. Respiratory complications associated with spinal cord injury. Tidsskr Nor Laegeforen, 2012.

Torres-Castro R, Vilaró J, Vera-Uribe R, et al. Use of air stacking and abdominal compression for cough assistance in people with complete tetraplegia. Spinal Cord, 52(5);354-357, 2014.