목척수손상환자의 호흡근훈련의 효과; 체계적 문헌고찰

https://doi.org/10.32337/KACPT.2022.10.2.25
대한심장호흡물리치료학회지 제10권 제2호 2022.12. PP.25-31

이지연[1], 전정우[2], 김진섭[3*]
[1]천안재활병원, [2]최재활의학과의원, [3]선문대학교 물리치료학과

Respiratory Muscle Training for Cervical Spinal Cord Injury: A Systematic Review

Ji-Yeon Lee PT, PhD[1], Jeong-Woo Jeon PT, PhD[2], Jin-Seop Kim PT, PhD[3*]
[1]*CheonAhn Rehabilitation Hospital*
[2]*Dr. Choi's Rehab & Pain Cilnic*
[3]*Department of Physical Therapy, Sun Moon University*

Purpose: This systematic review was designed to analyze studies examining the effects of respiratory muscle training on cervical spinal cord injury. **Methods:** Randomized controlled trials on the rehabilitation of patients with cervical spinal cord injury were searched using four databases: Physiotherapy Evidence Database (PEDro), PubMed, and Google Scholar. Five studies were selected according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis guidelines, and the PEDro scale was used for qualitative analysis. For rehabilitation, a protocol including respiratory training and physical activity was selected. **Results:** Of the 135 studies identified in the 2019-2022 period, three were finally selected. All studies performed respiratory muscle training for 30-40 min a day, 5 days a week, for 6-12 weeks. Performing a meta-analysis was difficult because of differences in the study design, and all studies reported significant improvement in respiratory function compared with that in the control group. **Conclusion:** The literature on various respiratory muscle training for cervical spinal cord injury is scarce. However, it is confirmed that respiratory muscle training has a positive effect on not only respiratory function but also neuroplasticity, cardiovascular autonomic function, and quality of life in patients with cervical spinal cord injury.

Key words: Respiratory Muscle Training, Cervical Spinal Cord Injury, Respiratory Function, Systematic Review

Received: November 13, 2022 / **Revised:** November 25, 2022 / **Accepted:** November 27, 2022

Ⅰ. 서 론

척수손상은 심각한 신체적 장애로 이어질 수 있어 환자의 삶의 질과 사회 참여에 영향을 줄 뿐만 아니라 가족과 사회에 큰 부담을 줄 수 있다(Brown 등, 2006). 척수손상은 손상 수준 이하의 근육이 마비되는데 상하지 마비 외 몸통과 호흡근육의 완전 또는 부분마비로 호흡기능 장애로도 이어진다. 호흡 기능 장애의 정도는 손상 수준에 따라 정도가 다르며, 일반적으로 C3 이상의 척수손상에서 호흡문제가 발생한다(Javed과 Bogdanov, 2010). 가로막 신경은 C3, C4, C5로부터 운동지배를 받아 C6 이상의 상위 손상의 경우 가로막 기능 결손을 가져와 호흡 기능장애를 보인다(Gounden, 1997; Schilero 등, 2009).

척수손상으로 인한 호흡 기능 장애는 척수손상 이후 가장 흔한 사망 원인이다. 상위척수손상으로 인한 호흡근육의 마비, 폐와 가슴벽의 기계적 특성의 변화는 가슴벽의 비정상적인 움직임을 만들고, 폐와 가슴벽 순응도를 감소시킨다. 특히, 갈비사이근과 배근의 마비는 안정 시 호흡량을 감소시키고, 날숨 힘이 약화되어 기침에 어려움을 유발한다(Berlowitz 등, 2016). 비효율적인 호흡은 특히 폐렴이나 기도막힘과 같이 호흡근육에 부하가 가해질 때 호흡근의 피로가 증가하며(Fugl-Meyer & Grimby, 1984), 잔류 용적은 상대적으로 증가한다.

호흡근훈련(Respiratory muscle training; RMT)은 근력과 지구력 모두를 향상시키기 위해 들숨, 날숨 또는 둘 다의 특정 훈련을 포함한다. 호흡 근육은 근육에 가해지는 부하를 증가시키는 장치를 사용하여 팔다리 근육과 유사한 방식으로 훈련하여 호흡근 근력과 지구력을 증가시킬 수 있다. 선행연구에 따르면

교신저자: 김진섭
주소: 31460, 충남 아산시 탕정로 선문로221번길 70 선문대학교, E-mail: skylove3373@sunmoon.ac.kr

팔다리마비가 있는 사람들은 최대 노력의 작업동안 수행 능력을 향상시키기 위해 보조 호흡 근육을 들숨에서 목빗근, 날숨에서 큰가슴근을 주로 사용하며 근육의 강도는 훈련을 통해 향상된다(Estenne 등, 1989; Fujiwara 등, 1999). Gee 등(2019)은 팔다리마비가 있는 운동선수의 들숨근과 날숨근의 호흡근 훈련에 대한 폐, 심혈관 및 운동반응을 연구한 결과 호흡근 근력의 강화, 운동 폐용적의 감소 및 운동능력의 증가를 보였다. 음성 호흡훈련은 음악요법으로 사용되는데 호흡기능 장애가 있는 환자에게 호흡기능을 향상시키기 위해 노래연습에 참여하는 방법으로 사용된다. 음성호흡훈련은 호흡과정에서 가슴호흡과 배호흡을 결합하도록 교육하며, 가슴안, 배안, 가로막을 포함하는 특정 들숨 및 날숨 방법을 사용하여 대기용량을 늘리고 공기교환을 가속화하며, 호흡기능을 향상시킨다고 하였다(Tamplin 등, 2011; Zhang 등, 2022).

목척수손상환자의 호흡기능 저하에 따른 호흡재활의 중요성은 강조되고 있으나 관련 연구는 매우 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 목척수손상환자에게 적용된 RMT의 내용과 효과를 분석하고 제시하여, 목척수손상환자의 호흡재활 프로그램 효과분석을 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 목척수손상환자에게 호흡근 훈련의 효과에 대해 검증하고 최근 중재 경향을 알아보기 위해 수행된 문헌고찰 연구이다.

2. 연구 진행

1) 검색전략 수립

본 연구는 호흡근 훈련을 중재로 적용한 실험논문을 분석하고자 하였으며, 체계적 문헌 고찰 방법인 PRISMA 그룹에서 제안한 문헌고찰 보고지침에 따라 진행하였다.

2) 자료검색

본 연구의 문헌 검색은 국외 전자 데이터베이스(Pubmed 와 PEDro)를 기반으로 진행하였고, 추가적인 검색은 Google Scholar를 활용하였다. 본 연구는 2019년 1월 1일부터 2022년 9월 30일 사이에 출판된 연구들로 영어로 되어 있는 연구만으로 한정하였다.

3) 검색어 선정

본 연구의 검색으로는 사전 식별된 단어 “cervical spinal cord injury”, “spinal cord injury”, “SCI”, “quadriplegia”, “respiratory muscle training”, “respiratory rehabilitation”, “inspiratory”, “respiratory”, “breathing exercise”를 검색어로 설정하여 AND와 OR을 조합하여 검색하였다.

문헌검색은 본 연구자가 검색전략에 따라 1차적으로 수행하였고, 최종평가에 포함될 연구를 선택하여 진행하였다.

4) 문헌선택기준

문헌의 선정기준은 (1) 무작위배정 임상연구, 비 무작위 배정 임상연구, (2) 목척수손상환자를 대상으로 한 연구, (3) 호흡근 훈련이 재활중재에 포함되어 있는 연구, (4) 최소한 한 개 이상의 연구결과를 측정한 연구를 포함하였다. 제외기준은 (1) 영어로 출판되지 않은 연구, (2) 체계적 문헌 고찰 및 메타분석 연구 (3) 단일 사례 연구, (4) 원문을 확인할 수 없는 연구로 제외하였다.

5) 문헌 선정과정

본 연구에서는 1차 검색전략에 의하여 연구들을 데이터베이스에 검색한 결과 총 593건의 출판 연구가 검색되었다. 1차 검색전략 이후, 출판 연도를 2019년부터 2022년까지로 설정한 결과 135건의 연구 결과가 검색되었고, 중복제거 후 문헌의 선정 및 제외기준에 맞추어 정리한 결과 문헌 내용을 확인하여 연구 3편이 최종 선정되었다.

6) 연구 질적 평가

본 연구의 연구논문에 대한 질적 평가는 PEDro 척도를 사용하였다. PEDro 척도는 11개의 평가 항목으로 구성되어 있으며 전체 10점 만점으로 한다. 항목에 대해 “Yes” 또는 “No”의 부합도에 따라 점수를 부여하여 9-10점은 높은 근거 수준 연구로 고려되고, 6-8점은 일반적으로 높은 근거 수준, 4-5점은 중간 정도의 근거수준, 3점미만은 낮은 근거 수준으로 고려된다.

Ⅲ. 연구결과

1. 문헌의 질적 평가

본 연구에 포함된 연구는 총 3편의 연구로 진행되었다. 목척수손상환자를 대상으로 RMT을 적용한 실험대조군 연구로 총 3편의 연구 모두 연구의 목적, 설계 방법이 잘 기술되어 있었으며, 대상자를 무작위 할당에 대한 내용이 기술되어 있었다. 3편 모두 대상자 눈가림을 하였고, 치료사 눈가림을 사용하였다고 명시한 연구는 1편, 평가자 눈가림을 사용한 연구는 2편이었다. 3편의 연구 모두 대상자의 중도탈락률이 15% 미만으로 연구를 하였다. 이상의 평가내용을 종합한 결과, 10점 만점에 10점인 연구가 1

표 1. PEDro 점수에 의한 연구 질적 평가

Study	Random Allocation	Concealed allocation	Baseline Similar	Blinding (Subject)	Blinding (Therapist)	Blinding (Assessor)	Measures for 〉 85%	Intention to Treat Analysis	Between-Group Difference Reported	Point Estimate and Variability Reported	Quality Score (0-10)
Zhang 등 (2022)	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	7
Boswell-Ruys 등 (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	10
Wang 등 (2021)	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	8

편, 7점인 연구가 2편이었다(표 1).

2. 중재 방법의 특성

목척수손상환자들에 적용한 RMT에 대한 분석 결과 2편의 연구에서는 RMT을 시행하였고 대조군과의 비교를 하였다. 남은 1편은 음성 호흡훈련을 호흡 물리치료와 비교 수행하였다. 음성 호흡훈련은 음악요법을 기반으로 짧은 멜로디로 시작하여 여러 음색 멜로디라인과 노래를 부르도록 하였다.

호흡운동 수행 시의 운동 빈도, 운동시간, 운동기간, 참여 대상자 등 문헌에서 이루어진 운동중재를 분석한 결과는 표 2와 같다. Zhang 등(2022)의 연구에서는 하루에 30분씩 주 5회, 12주간 훈련이 이루어졌고, Boswell-Fuys 등(2020)은 하루에 2번, 주 5일, 6주간 진행하였다. Wang 등(2021)의 연구는 하루 40분씩 매일, 10주간 훈련을 실시하였다.

3. 종속변수 및 연구결과

본 연구 결과 Zhang 등(2022)에 의하면 대조군과 비교하여 실험군은 음성 호흡훈련을 수행하였고 호흡기능 변수 노력성폐활량(Forced vital capacity; FVC). 전폐용량(Total lung capacity; TLC), 흡기용량(Inspiratory capacity; IC), 잔류용적(Reserve voulme; RV), 1초간 노력성 날숨량(FEV_1), 1초간 노력성 날숨량의 노력성 폐활량에 대한 비(FEV_1/FVC), 최대날숨중간유량(Maximal midexpiratory flow; MMF) 값에서 유의한 향상을 보였고, 신경섬유다발은 신경섬유다발의 수, 경로 길이, 두께 및 밀도가 증가함에 따라 다양화가 증가하는 경향을 보였다.

Boswell-Fuys 등(2020)의 연구에서는 훈련 6주 후 최대들숨압력(maximal inspiratory pressure; PImax) 값이 유의하게 증가하였고, 추적 관찰한 1년 후 호흡 설문(St George's Respiratory Questionnaire; SGRQ), 지각된 호흡곤란(Borg score) 결과 호흡기증상이 개선되었다고 보고했다. 하지만 호흡기능 FVC, FEV_1, IC, VC, TLC, 최대날숨유량(Peak expiratory flow; PEF) 값에서는 유의미한 변화를 보이지 않았고, 삶의 질(SF-36)은 실험군 대조군 모두 유의한 차이를 보였다.

Wang 등(2021)에 의하면 호흡근 훈련 후 호흡기능 평가 최대들숨압(Maximal inspiratory pressure; MIP)와 혈청 산화 스트레스(Thiobarbituric acid-reactive substances; TBARS)가 유의하게 증가했다. 심혈관 자율기능 평가변수에서 심호흡에 대한 심박수 반응(heart rate response to deep breathing; HRDB), 발살바에 대한 압력반사 민감도(Baroreflex sensitivity obtained by Valsalva maneuver; BRS-VM) 및 저주파/고주파 비(low frequency/high frequency ratio; LF/HF)은 유의하게 개선되었다.

LF와 HF의 파워비(LF/HF ratio)는 교감신경의 미주신경 균형의 지표로 여겨진다.

또한, 그룹 간 차이는 없었지만 중재 후 실험군의 삶의 질(Short form 36-item health survey, SF-36) 점수가 유의하게 향상되었다.

Ⅳ. 논 의

본 연구의 목적은 호흡근 훈련의 최신경향과 RMT이 목척수손상환자에게 미치는 영향을 알아보고 호흡근 훈련에 대한 기초자료를 제공하는데 있다. 선정된 3편의 연구를 확인한 결과 3편 모두 PEDro 점수 7점 이상으로 질적으로 높은 수준의 연구였다. 3편의 연구는 목척수손상환자를 대상으로 RMT의 효과를 호흡기능, 삶의 질, 호흡곤란, 심혈관 자율기능, 혈청 산화 스트레스, 신경섬유다발 가소성 평가를 통해 확인하였다.

호흡기능 변수는 3편의 연구 모두에서 평가지표로 사용되었으며, 중재 후 호흡기능의 향상을 보였다. RMT은 가로막이 들숨운동에 참여하는 정도를 증가시키고 폐활량을 확장하며 척수 손상 후 호흡 재활에 매우 효과적이다. 2편의 연구에서는 호흡기능

표 2. 본 연구에 포함된 연구결과

연구자	대상자	그룹	중재기간	결과측정	결론
Zhang 등 (2022)	C-SCI (ASIA A or B, C4 and C5 injuries)	Intervention group (n=13)	Vocal Respiratory Training - singing in melody intervals and lines - singing chosen short songs - 30 min per day - 5 times per week/ 12 weeks Respiratory physiotherapy	respiratory function - VC - TLC - IC - RV - FEV_1/FVC - MMF Neural plasticity (DTI-Neuro Fibers)	중재 후, 그룹 간 비교에서 VC, TLC, IC, RV, FVC, FEV_1/FVC, MMF 값에서 유의한 차이를 보임 그룹 내 비교에서, 실험군의 안쪽 시상핵의 분수 이방성, 섬유 수, 신경로 길이, 시상핵, 시상의 복측 뒤핵, 시상 시상 요로, 시상의 후두정엽, 시상의 외측 전두엽, 후두엽의 배쪽 겉질, 설측회, 설측회, 배안쪽 두정후두구, 위쪽 후두두회, 하후두회, 하회 및 옆쪽 후두 피질 신경다발의 활성화가 현저하게 나타남.
		Control group (n=13)	- Breathing control exercise - pursed lip breathing - 30 min per day - 5 times per week/ 12 weeks		
Boswell-Ruys 등 (2020)	Tetraplegia (SCI-induced tetraplegia between C4 and C8 with respiratory deficits	sham RMT (n=32)	Sham RMT device - twice daily - 5days a week for 6weeks.	PImax PEmax Lung function - FEV_1 - FVC - IC - PEFc - VC - TLC quality of life - SF-36ww - EQ-5D vas Perceived breathlessness (Borg score) respiratory health - SGRQ	훈련 6주 후, 대조군에 비해 실험군은 PImax와 SGRQ에서 유의미한 향상을 보임 실험군은 삶의 질(EQ-5D vas)과 지각된 호흡곤란(Borg score)에서 유의미한 향상을 보임 그룹 간 비교에서 호흡기능변수에서는 유의미한 차이를 보이지 않음
		active RMT (n=30)	Active RMT device - Three to five sets of 12 breaths - twice daily - 5days a week for 6weeks.		
Wang 등 (2021)	acute cervical SCI	RMT (n=20)	Respiratory muscle training using Dofin Respiratory Trainer equipment - 40-min high intensity home respiratory muscle training every day for 10 weeks	respiratory function - MIP - MEP - RSBI cardiovascular autonomic function - HRDB - VM - BRS	실험군은 호흡기능(MIP, minute volume, Tidal volume, RSBI) 에서 유의하게 증가함. 실험군은 중재 후 HRDB, BRS-VM, LF/HF ratio, HRDB at 6 month에서 유의한 변화를 보임. TBARS는 중재 1,3,6개월 후 그룹 간 비교에서 유의한 차이를 보임. 그룹 간 비교에서 6개월 추적관찰시 일회 호흡량(p = .005)과 RSBI(p = .031)에서 그룹간 유의한 차이를
		No RMT (n=24)	Respiratory muscle training using the same Dofin Respiratory Trainer equipment, but with no pressure load.		

연구자	대상자	그룹	중재기간	결과측정	결론
					보임 HRDB, BRS-VM 및 LF/HF 비율로 측정한 RMT후 심혈관 자율 기능이 유의하게 개선됨 그러나 6개월 추적 관찰에서 HRDB만이 두 그룹 간에 유의한 차이를 보임
			- 40-min respiratory training every day for 10 weeks	Oxidative stress - TBARS	실험군은 중재 1개월 후 MIP가 크게 향상되었고, MEP는 어느 시점에서든 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않음 6개월 후 추적관찰 결과 실험군의 SF-36점수는 유의하게 감소하였으나 JOA 회복율은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않음

Data are presented as n, mean±SD.
ASIA: American Spinal Cord Injury Association; CSCI: cervical spinal cord injury; DTI: diffusion tensor imaging; $FEV_{1.0}$: forced expiratory volume in one second; FVC: forced vital capacity; IC: inspiratory capacity; MMF: maximal mid-expiratory flow rate; RV: residual capacity;
TLC: total lung capacity; VC: vital capacity; VRT: voice breathing training, RMT: respiratory muscle training.
EG: Experimental group, CG: control group,
MIP, maximal inspiratory pressure; MEP, maximal expiratory pressure;
RSBI: rapid shallow breathing index
HRDB: heart rate response to deep breathing
VM: Valsalva maneuver
BRS: baroreflex sensitivity
TBARS: thiobarbituric acid-reactive substances
JOA: Japanese Orthopedic Association (JOA) cervical spine myelopathy function evaluation score
the St George Respiratory Questionnaire (SGRQ).
QoL was measured using the Short Form Health Survey: walk/wheel (SF-36ww) validated for people with SCI and the EuroQol-Five Dimensional Visual Analogue Scale (EQ-5D VAS)

평가에서 호흡근 근력으로 각각 MIP 혹은 PImax를 평가비교했다. PImax는 들숨근 수축으로 나타나는 최대 압력으로 최대 들숨압은 폐용량과 호흡의 약화를 알 수 있다. 2편 모두 대조군과 비교하였을 때 실험군에서 MIP 및 PImax는 유의한 변화를 나타냈으나 MEP, PEmax는 차이를 보이지 않았다고 하였다. 유의미한 변화를 나타냈다.

최근 여러 연구에 따르면 RMT는 4-12주간의 훈련을 통해 MIP, MEP 및 FVC를 기반으로 호흡 기능을 크게 향상시킬 수 있다(Raab 등, 2019; Shin 등, 2019; Ushiku 등, 2019). Raab 등(2019)은 C4-T12 수준의 척수손상 환자를 대상으로 최소 10회의 개별화된 들숨근 훈련이 MIP 7% 증가와 MEP가 6.8% 증가를 관찰했다.

삶의 질, 호흡곤란은 2편의 연구에서 평가되었다. 1편의 연구에서는 훈련 6주 후 호흡증상, 삶의 질, 지각된 호흡곤란에서 유의하게 개선되었으며, 1년 후 추적관찰에서도 유의한 증가를 보였다고 보고하였다. 다른 1편은 6개월 후 추적관찰 평가 시 실험군의 삶의 질(SF-36) 점수가 감소하였으나 그룹 간 차이는 없었다고 했다. 그룹 간 차이는 없었으나 2편의 연구가 상반된 결과를 보였다.

Mueller 등(2013)은 삶의 질(12-Item Short Form Survey, SF-12)의 신체적 구성 요소에서 향상을 발견했으며, Van Houtte (2008)은 호흡훈련 후 호흡기능 장애지수에서 상당한 개선을 확인했다. Litchke (2010)은 삶의 질에서 활력점수는 증가하고 신체 통증은 감소한다는 사실을 발견했다. 반면, Tamplin 등(2013)의 연구에서는 삶의 질 평가를 사용하여 삶의 질에 큰 변화가 없었다. 이처럼 기능적인 결과로 호흡곤란, 삶의 질 및 호흡기 합병증에 대한 RMT의 효과에 대한 지표로 결론을 짓기에는 심리적 상태에 변화를 줄 다른 요인들이 많다고 생각된다.

심혈관 자율기능 변수 HRDB, BRS-VM, LF/HF 비에서 실험군에서 상당한 변화가 관찰되었다. 급성 목척수손상환자의 심

혈관 자율 기능 개선은 중요하다. 최근 Legg Ditterline 등(2018)은 RMT이 호흡 및 심장 자율기능을 모두 개선하여 만성 척수손상환자의 심혈관 스트레스 반응을 개선한다고 하였다. HRDB의 개선은 환자가 호흡 근육의 힘을 얻음에 따라 심호흡 및 발살바 기법과 관련된 노력이 증가했기 때문일 수 있다. BRS-VM는 동맥 경직과 관련이 있는데 RMT 후 절대피크, 최저 수축기 혈압의 변화 없이 BRS가 증가한 것은 혈관 경직의 역전 상황을 보인 것으로 볼 수 있다.

Zhang 등(2022)의 연구에서는 음성 호흡훈련 시 노래 활동을 함께 호흡근 훈련을 수행하게 하였고, 실험군은 호흡근과 혀근을 지속적으로 조절하면서 높은 피질 신경 신호에 의해 이마 관자엽과 겉질아래 핵의 신경섬유가 활성화되었다. 신경섬유의 증가는 호흡과 관련된 높은 수준의 신경 조절과 관련된 섬유다발이 다양화의 경향을 나타낸다. 이는 척수 손상 후 호흡기 기능 장애가 있는 개인에게 호흡근 훈련 시 노래 활동을 병행해 볼 필요성을 제시할 수 있다.

하지만 본 연구에서는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 데이터베이스를 다양하게 활용하지 못하였다. 둘째, 최근 4년의 연구, 영문으로 된 연구, 실험 대조군 연구로 선정기준을 좁히다 보니 최종 선정된 연구의 편수가 부족하였다. 마지막으로, 대상자가 목척수손상환자 군이지만 손상수준이나 현 상태에 따른 대상자 분류 없이 중재에 대한 효과만 보았다. 향후에는 이러한 부분을 개선하여 목척수손상환자의 호흡근 훈련의 효과에 대해 더 명확하게 검증할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 목척수손상환자를 대상으로 호흡근 훈련의 효과와 훈련내용에 대해 연구를 실시하였다. 결과적으로 목척수손상환자에게 호흡근 훈련은 호흡기능과 호흡건강 관련 변수에 긍정적인 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

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

Boswell-Ruys CL, Lewis CRH, Wijeysuriya NS, et al. Impact of respiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and quality of life in individuals with tetraplegia: a randomised clinical trial. Thorax, 75(3);279-288, 2020.

Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, et al. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. Respiratory care, 51(8);853-870, 2006.

Estenne M, Knoop C, Vanvaerenbergh J, et al. The effect of pectoralis muscle training in tetraplegic subjects. Am Rev Respir Dis, 139(5);1218-1222, 1989.

Fugl-Meyer AR, Grimby G. Respiration in tetraplegia and in hemiplegia: a review. Int Rehabil Med, 6(4);186-190, 1984.

Fujiwara T, Hara Y, Chino N. Expiratory function in complete tetraplegics: study of spirometry, maximal expiratory pressure, and muscle activity of pectoralis major and latissimus dorsi muscles. Am J Phys Med Rehabil, 78(5);464-469, 1999.

Gee CM, Williams AM, Sheel AW, et al. Respiratory muscle training in athletes with cervical spinal cord injury: effects on cardiopulmonary function and exercise capacity. J Physiol, 597(14);3673-3685, 2019.

Gounden P. Static respiratory pressures in patients with post-traumatic tetraplegia. Spinal Cord, 35(1);43-47, 1997.

Javed M, Bogdanov A. Oral dantrolene and severe respiratory failure in a patient with chronic spinal cord injury. Anaesthesia, 65(8);855-856, 2010.

Legg-Ditterline BE, Aslan SC, Randall DC, et al. Effects of Respiratory Training on Heart Rate Variability and Baroreflex Sensitivity in Individuals With Chronic Spinal Cord Injury. Arch Phys Med Rehabil, 99(3); 423-432, 2018.

Litchke L, Lloyd L, Schmidt E, et al. Comparison of two concurrent respiratory resistance devices on pulmonary function and time trial performance of wheel chair athletes. Therapeutic Recreation Journal, 44(1);51, 2010.

Mueller G, Hopman MT, Perret C. Comparison of respiratory muscle training methods in individuals with motor and sensory complete tetraplegia: a randomized controlled trial. J Rehabil Med, 45(3);248-253, 2013.

Raab AM, Krebs J, Pfister M, et al. Respiratory muscle training in individuals with spinal cord injury: effect of

training intensity and volume on improvements in respiratory muscle strength. Spinal Cord, 57(6);482-489, 2019.

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

Shin JC, Han EY, Cho KH, et al. Improvement in pulmonary function with short-term rehabilitation treatment in spinal cord injury patients. Scientific Reports, 9(1);1-8, 2019.

Tamplin J, Brazzale DJ, Pretto JJ, et al. Assessment of breathing patterns and respiratory muscle recruitment during singing and speech in quadriplegia. Arch Phys Med Rehabil, 92;250-256, 2011.

Tamplin J, Baker FA, Grocke D, et al. Effect of singing on respiratory function, voice, and mood after quadriplegia: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil, 94(3);426-434, 2013.

Ushiku C, Suda K, Matsumoto S, et al. Time Course of Respiratory Dysfunction and Motor Paralysis for 12 Weeks in Cervical Spinal Cord Injury without Bone Injury. Spine Surg Relat Res, 3(1);37-42, 2019.

Van-Houtte S, Vanlandewijck Y, Kiekens C, et al. Patients with acute spinal cord injury benefit from normocapnic hyperpnoea training. J Rehabil Med, 40(2); 119-125, 2008.

Wang, HC, Lin YT, Huang CC, et al. Effects of Respiratory Muscle Training on Baroreflex Sensitivity, Respiratory Function, and Serum Oxidative Stress in Acute Cervical Spinal Cord Injury. J Pers Med, 11(5);377, 2021.

Zhang XY, Yu WY, Teng WJ, et al. Effect of vocal respiratory training on respiratory function and respiratory neural plasticity in patients with cervical spinal cord injury: a randomized controlled trial. Neural Regen Res, 17(5);1065-1071, 2022.