

Post COVID-19 목척수손상환자에 대한 인센티브 폐활량계를 동반한 호흡훈련의 효과 : 사례연구

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2022.10.2.41>

대한심장호흡물리치료학회지 제10권 제2호 2022.12. PP.41-46

■ 이지연¹, 김경희^{1*}

■¹ 천안재활병원

The Effect of Respiratory Training with Incentive Spirometry Training in a Post COVID-19 Patient with Cervical Spinal Cord Injury: A Case Study

Ji-Yeon Lee PT, PhD¹, Kyoung-Hee Kim PT^{1*}

¹CheonAhn Rehabilitation Hospital

Purpose: This study was designed to determine the effects of respiratory training on the respiratory function and quality of life of a patient with post-coronavirus disease 2019 (COVID-19) with cervical spinal cord injury. **Methods:** A case study design was used. A patient with post-COVID-19 with cervical spinal cord injury was enrolled and received general rehabilitation therapy (5 days per week). The Tri-ball incentive spirometry training was performed 5 times a week for 20 min for 8 weeks, gradually increasing the intensity and frequency according to the patient's condition. The respiratory function was evaluated using spirometry, and the patient's quality of life was assessed using the 36-item Short Form Health Survey (SF-36) before and 4 and 8 weeks after training. **Results:** After training, the respiratory function parameters, particularly forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume at 1 s (FEV₁), and peak expiratory flow (PEF), increased. The SF-36 score remarkably increased after training. **Conclusion:** The results of the application of incentive spirometry training to a patient with post-COVID-19 with cervical spinal cord injury showed that respiratory training is important for improving the respiratory function and quality of life.

Key words: Cervical Spinal Cord Injury, COVID-19, Incentive Spirometry, Respiratory Function, Quality of Life

Received: November 12, 2022 / **Revised:** November 26, 2022 / **Accepted:** November 27, 2022

I. 서론

척수 손상으로 인한 호흡 기능 장애는 가장 흔한 사망 원인이며 일반 인구보다 척수 손상 환자의 사망률을 높이는 데 기여합니다. 호흡 기능 장애의 정도는 손상 수준과 병변의 완전성에 따라 다릅니다. 일반적으로 호흡과 관련된 모든 근육의 마비는 C3 이상의 척수 병변에서 발생합니다(Berlowitz와 Tamplin, 2013). 가로막 신경은 C3, C4, C5로부터 운동 공급을 받으므로 C6 이상의 손상은 가로막 기능을 손상시킬 수 있습니다. 목 척수 손상으로 인한 사지마비환자에게서 손상 부위 이하의 신경마비는 운동능력 상실과 흡기근 및 호기근의 마비를 초래하고 신경손상과 경직성 증가, 만성적인 활동제한, 가로막의 피로도 증가로 제한성 폐질환의 형태를 나타내며, 폐활량, 흡기 예비량 및 호기 예비량 등의 폐용량이 감소되며, 일회 호흡량의 감소와 함께 빈 호흡을 보인다(Cardozo, 2007; Liaw 등, 2000).

척수 손상(SCI)이 있는 사람은 여러 가지 이유로 심각한 COVID-19 질병에 걸릴 위험이 있습니다(Henzel 등, 2020). SCI 병변이 더 높은 사람들은 종종 폐활량이 감소하고 폐를 효과적으로 청소하는 능력이 부족할 수 있다. 경부 병변이 높은 사람은 호흡 부전이 발생하고 장기적으로 인공호흡기에 의존하게 되어 집중 간호가 필요할 수 있다(Arora 등, 2012). 척수 손상 환자는 종종 앉아있는 생활 방식을 가지고 있으며 신체장애가 없는 사람에 비해 비만, 당뇨병 및 심혈관 질환과 같은 만성 건강 상태에 대한 위험이 더 높다. 또한 척수 손상 환자는 면역 체계가 손상되어 감염에 취약하고 심각한 COVID-19 질병의 위험이 증가할 수 있다(Kasinathan 등, 2015).

코로나바이러스 질병-2019(COVID-19)는 중증 급성 호흡기 증후군 코로나바이러스-2(SARS-CoV-2)라는 새로운 바이러스에 의해 야기되는 심각한 건강 문제입니다(Li 등, 2020). COVID-19 감염에서 중증 질환의 위험 요인은 아직 완전히 명확

교신저자: 김경희

주소: 31140, 충남 천안시 서북구 쌍용대로 225 천안재활병원, E-mail: kyeong9653@naver.com

하지 않지만 남성, 고령자 및 동반 질환이 많은 사람은 중증 질환 발병 위험이 높은 것으로 보인다(Sun 등, 2016). COVID 19는 급성 호흡곤란 증후군과 유사한 빠르고 진행성의 호흡부전을 보이며, 2차 섬유증식과 함께 폐포 상피세포 및 내피 세포의 광범위한 손상으로 폐 섬유증 및 폐 고혈압으로 이어지는 만성 혈관 및 폐포 리모델링의 가능성을 가져올 수 있다. COVID 19와 관련한 폐 기능에 대한 연구들에 따르면 제한적 결함이 지속될 수 있으며 질병의 중등도에 따라 제한된 환기 결함을 가져올 수 있다고 하였다.

척수 손상 환자의 호흡 근육 훈련(RMT) 적응증으로 호흡 근육 기능 손상 및 호흡기 합병증 위험 증가가 자주 언급되었습니다(Derrickson 등, 1992; Liaw 등, 2000). Stiller와 Huff의 사지마비 환자의 RMT에 대한 검토에서 호흡근 훈련은 사지마비의 호흡근의 근력 및 지구력이 향상을 시켰다고 하였다(Stiller와 Huff, 1999). 특히 심한 호흡기능 저하를 보이는 목 척수 손상 환자의 호흡기능을 개선하기 위한 다양한 유형의 호흡근 훈련이 필요하다.

인센티브 폐활량계는 시각적 피드백을 통해 느리고 깊은 흡기를 수행하도록 하며, 그 흡기로 팽창된 폐의 용적을 유지하도록 도움을 준다(Basoglu 등, 2005; Sokol 등, 2015). 인센티브 폐활량계를 이용한 호흡운동은 알려진 부작용 없이 저렴하고 사용이 간편하며, 사용 훈련을 받은 후 감독이 필요하지 않기 때문에 유용하다. 또한 시각적 목표달성으로 환자가 최선을 다하도록 독려하여 환자의 순응도를 높인다.

따라서 본 사례연구의 목적은 COVID-19 감염이후 목 척수 손상 환자에게 간단히 적용시킬 수 있는 Tri-ball 인센티브 폐활량계를 이용한 호흡운동이 호흡기능에 미치는 영향을 알아보는 데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 71세 남성으로 키는 173cm, 몸무게는 65kg이며 2021년 6월 코로나 백신 AZ(아스트라제네카)투여 이후 근 약화와 피로감을 호소하여 B-MRI 후 특이소견 없었으나 7일 후 C-spine 상 C2~T1, T2 S1까지 myelopathy myelitis 소견으로, Tetraplegia d/t transverse myelitis(C2, AIS C), 재활 치료를 위해 내원하였다.

재활병원에서 재활치료를 받던 중 2022년 3월 28일 COVID-19 확진 판정을 받고, 병동에서 일주일 격리를 했다. 이후, 발열, 기침, 호흡곤란, 오한 등의 증상으로 원내에서 한 달간 호흡 집중치료를 시행하였다. 상태 호전으로 5월 9일부터 본



그림 1. Tri-ball 인센티브 폐활량계

격적으로 재활치료를 다시 참여하였다.

한글판 수정바텔지수(K-MBI)는 25점으로 ADL에서 전반적으로 최대도움을 받는 상태이다. 근력은 양쪽 어깨 굽힘근 G2/G2, 펴기 G1/G2 양쪽 팔꿈치 굽힘근은 G2/G2 손목, 손가락은 G1/G3이며 그 이외에서는 G1/G2이다. 근력 저하로 스스로 자세변경을 할 수 없으며, 앉은 자세에서 균형등급은 poor이다. 양쪽 어깨관절은 구축으로 관절움직임에 제한이 있다. 선정 대상자는 지시에 따라 연구 수행이 가능하며, 연구의 취지를 이해하고 자발적으로 참여에 동의한 후 연구에 참여하였다.

2. 운동 방법

대상자는 본원에서 진행되는 신경계 운동프로그램을 주 5회 참여를 하였고, 추가적으로 Tri-ball 인센티브 폐활량계를 이용한 호흡중재를 2022년 9월 5일부터 10월 30일까지 8주간 1일 20분씩 주 5회, 총 8주간 환자의 컨디션에 맞게 횟수 및 강도를 점진적으로 시행하였다(1~3주 5회 5세트, 4~6주 7회 5세트, 7~8주 7회 6세트, 각 세트당 1~2분간 휴식).

인센티브 폐활량계(Inspiro meter, HS-IM-1900, Korea)는 700, 1300, 1900mL/s의 세 개의 챔버와 마우스피스로 구성되어 있다(그림 1). 먼저 조용히 숨을 내쉬 후, 마우스피스를 통해 천천히 최대한 숨을 들이쉬고 가능한 오래 숨을 참도록 권장하였다. 흡기 흐름에 따라 볼이 올라가고, 지속적인 흡기 흐름에 의해 공이 매달려 올라가 있는 상태를 유지하도록 하였다.

3. 측정 방법

1) 호흡기능 검사

호흡중재의 효과를 비교하기 위해 호흡기능은 폐활량계(spirometry, COSMED, Italy)를 이용하여 훈련 전과 중재 4주

후, 중재 8주후 측정되었다. 호흡기능은 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(FEV₁), 1초간 노력성 호기량/노력성 폐활량(FEV₁/FVC), 최대 호기 유량(PEF)이 측정되었다. 측정은 각각 3회씩 수행되었으며, 최대값을 사용하였다. 검사는 환자가 사용하는 휠체어에 앉은 자세에서 등받이를 바로 세운 상태에서 마우스를 입에 물고 코를 막은 상태에서 코마개를 하고 평상시 호흡을 2-3회 반복한 후 빠르고 깊게 숨을 들이쉬고, 가능한 빨리, 최대한으로 끝까지 공기를 배출하도록 한 하였다. 정확성을 위해 연구원이 환자에게 충분한 설명을 하고 호흡기능 측정방법을 시연한 후 이루어졌다. 본 연구의 평가진행 과정은 2019 미국 흉부 학회(American Thoracic Society; ATS) 가이드라인을 참고하여 진행하였다(Graham 등, 2019)

2) 삶의 질 평가

건강관련 삶의 질 측정은 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36)를 사용하였다. SF-36은 총 36문항으로 구성되어 있으며 신체기능, 신체통증, 신체역할 제한, 감정역할 제한, 정신건강, 사회적 기능, 활력/피로, 일반적인 건강의 8개 항목으로 구성된다. 각 항목의 계산은 리커트 척도로 각 문항을 합산하고, 문항에 따라 1점부터 최고 6점까지 점수를 주었다. 점수화한 각 문항을 항목별로 합산하고, 합산 점수는 100점으로 환산하였다.

4. 분석 방법

FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, PEF는 각 회기(중재 전, 중재 4주 후, 중재 8주 후) 동안의 데이터를 이용하여 표로 나타냈다.

Ⅲ. 연구결과

1. 호흡기능의 변화

FVC는 중재 전과 4주 후, 8주 후에 1.94L(정상예측치 49%)와 2.00L(55%), 2.37L(60%)로 각각 측정되었다. FVC의 수치는 훈련이 진행됨에 따라 점차 증가하여 폐활량이 개선되는 것을

표 1. 중재 전 후의 호흡기능의 변화

	Before intervention	After 4-week	After 8-week
FVC	1.94(49%)	2.2(55%)	2.37(60%)
FEV ₁	1.65(52%)	1.74(55%)	1.82(58%)
FEV ₁ /FVC	85(111%)	79(103%)	76(100%)

FVC : Forced vital capacity

FEV₁ : Forced expiratory volume at 1 second

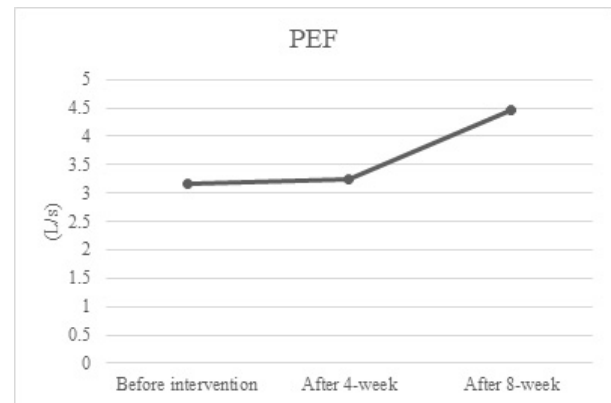


그림 2. 중재 전 후의 최대 호기 유량(PEF)의 변화

볼 수 있다. FEV₁은 중재 전과 4주 후, 8주 후에 1.65L(52%)와 1.74L(55%), 1.82L(57%)로 각각 측정되었다. FEV₁/FVC는 70% 미만일 때 COPD로 진단하는 지표이며, 이 대상자는 중재 전과 4주 후, 8주 후 111%와 103%, 100%로 각각 측정되어 제한성 질환으로 볼 수 있다(표 1).

PEF는 중재 전 3.16L/s, 4주 후에 3.23L/s로, 중재 8주 후에 4.45L/s로 증가하여 최대 호기 유량이 증가해 객담배출능력이 향상되었다는 의미를 가진다(그림 2).

2. 삶의 질의 변화

삶의 질(SF-36)의 8항목 중 신체역할 제한, 신체통증, 일반적인 건강, 활력/피로, 사회적 기능, 정신건강은 호흡 운동 전에 비해 4주 후 상당한 변화를 보였다(표 2). 반면, 신체기능, 감정역

표 2. 중재 전 후의 삶의 질(SF-36)의 변화

SF-36 scores	Before intervention	After 4-week	After 8-week
Mean increase in SF-36 scores (/100)			
Physical function	0	0	0
Role limitations _physical	0	12.5	12.5
Bodily pain	0	22.5	22.5
General medical health	0	20	20
Vitality	6.25	25	25
Social functioning	0	12.5	12.5
Role limitations _emotional	0	0	0
Mental health	40	65	65
Physical component score	0	13.75	13.75
Mental component score	11.56	25.62	25.62

할 제한 항목은 운동 전후의 시점에 따른 비교에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. SF-36 삶의 질을 신체적 요소 점수와 정신적 요소 점수로 구분하여 합산점수를 비교한 결과, 각각 중재 전(0점, 11.56점)과 4주 후(13.75점, 25.62점), 8주 후(13.75점, 25.62점)로 점수가 두드러지게 증가되어 호흡훈련 후 삶의 질이 향상되었음을 확인하였다.

IV. 논 의

목 척수 손상 환자들은 폐활량, 노력성 폐활량, 최대 흡기량과 최대 호기량의 감소가 나타나고, 비슷한 연령의 건강한 사람에 비하여 호흡기관의 현저한 저하를 보인다. 본 연구에서는 사례연구로 일반인과 폐활량을 비교하지 않았으나 평균 예측 값보다 낮은 FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, PEF값을 보였다. 이러한 호흡의 효율성과 기능의 변화는 흉벽 움직임 손상과 비대칭, 근육 마비 정도를 반영하므로, 심폐기능이 저하 되어있는 환자가 기능을 회복하기 위해서는 흉벽 확장과 환기, 폐 용량과 용적을 유지하기 위한 중재가 필요하다. 더욱이 대상자는 COVID-19 확진 자로서 척수손상으로 인한 호흡 부전의 징후와 COVID-19 증상이 겹칠 수 있다. COVID-19 감염의 많은 증상이 척수손상의 합병증과 겹칠 수 있기 때문에 COVID-19 감염이 있는 척수손상을 가진 사람은 더 심한 호흡문제를 가져와 결과적으로 호흡재활이 더 필요하다고 말할 수 있다. 본 연구는 목 척수 손상 환자의 COVID-19 감염이후 호흡훈련이 호흡기능과 삶의 질에 미치는 영향을 알아보는데 목적이 있다. 본 연구에서는 호흡훈련으로 Tri-ball 인센티브 폐활량계를 사용하여 환자에게 천천히 심호흡을 하여 들숨을 하도록 권장하는 동시에 지속적으로 도움이 되는 시각적 정보를 제공했다.

본 사례의 결과, 호흡기능 FVC, FEV₁이 중재 전과 비교하여 4주 후, 8주 후 증가하였다. 본 사례연구는 목 척수 손상 환자에게 호흡훈련을 수행하고 호흡기능을 향상시킬 수 있음을 보여준다. 척수손상 환자에게 호흡근 훈련 6주간 감독된 호흡근 훈련 무작위 임상 시험의 결과, 중재 그룹의 척수 손상 환자가 가짜 치료를 받은 척수 손상 환자의 참가자보다 다음 해에 호흡기 합병증이 훨씬 더 적은 것으로 나타났다(Boswell-Ruys 등, 2020). 또한, 흡기근 훈련은 척수손상 환자의 흡기 근육의 힘과 지구력뿐만 아니라 폐활량과 흡기 능력(각각 VC 및 IC)을 향상시키고(Gee 등, 2019; Tamplin와 Berlowitz, 2014), Sokol 등(2015)은 Cystic Fibrosis가 있는 대상자에게 저항 호흡 인센티브 폐활량계를 사용한 운동을 수행하여 운동 후 FVC, FEV₁, PEF에서 상당한 증가가 있었다고 보고했다. 또 다른 선행연구에서도 흡기근 훈련은 건강한 사람의 가로막 수축두께를 증가시키고 폐활량을 증가시킨다고 하였다(Enright 등, 2006, 본 연구에서도 8주간

의 중재 기간 동안 FVC, FEV₁의 향상을 보였고, 이는 선행연구의 결과와 일치하였다.

객담 배출의 어려움은 폐렴 등의 합병증이 발생할 가능성이 높으며 본 사례의 COVID-19 감염 이후 측정된 PEF값은 3.16L/s (정상예측치의 39%)로 중재 8주 후 4.45 L/s(55%)로 향상되었다. Gee 등(2019)은 목 척수 손상 환자에게 호흡근 운동을 6주간 적용한 결과, 심폐기능 및 운동능력이 향상되었고 호흡근 운동 6주 후 PEF가 9% 증가했으며 추적 관찰 시에도 계속 상승했다고 보고했다. 본 연구의 PEF 결과는 기존의 연구결과와 일치하며, 운동 후 값이 정상 기준치의 55%로 비교적 낮지만, 대상자가 C2 수준의 이하의 목 척수 손상이라는 점을 고려하였을 때 큰 향상을 보인 것으로 볼 수 있다. 이 결과는 중재 후 FVC, FEV₁의 증가로 충분한 양의 공기를 흡입하게 하여 보조 최대 호기 유량 증가에 관여한 것으로 보이며, 기침능력을 향상시켜 폐 감염 등의 위험을 줄일 수 있다는 것을 말해준다(Chatwin 등, 2003).

대상자의 삶의 질 SF-36는 중재 전과 비교하였을 때 신체적 건강요소 13.75점, 정신적 건강요소가 25.62점으로 약 14점이 올랐다. Boswell-Ruys 등(2020)은 세인트조지호흡 설문지(SGRQ)를 통해 현재의 호흡기 건강에 대해 질문했을 때 호흡운동 군의 56%가 호흡기 건강이 개선된 반면 위약 운동 군은 27%를 보고했으며, 삶의 질(EuroQol-5D)과 지각된 호흡곤란(Borg scores)에서 유의한 개선을 관찰했다. 또 다른 최근 연구에서도 만성 척수 손상 환자의 호흡 훈련 후 기침 능력, 호흡, 언어 능력 및 전반적인 삶의 질이 향상되었다고 하였다(Legg Ditterline 등, 2018). 본 연구의 대상자의 삶의 질 점수도 향상되었지만 선행연구에 비해 큰 변화를 보였다. 이는 대상자가 COVID-19 감염 이후로 목 척수 손상으로 인한 순수한 상태로 보기 어렵다. COVID-19 감염으로 저하된 신체 상태에서 본 연구에 참여하면서 낮은 삶의 질 점수가 호흡운동 중재가 병행되면서 회복되어 큰 변화를 가져온 것이라 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 1명의 대상자로 진행된 연구라는 점에서 목 척수 손상 환자의 COVID-19감염으로 인한 다양한 증상과 중재에 대한 효과를 일반화하기 어렵다. 또한, 호흡기능문제와 지각된 호흡곤란지수(Borg scale)와 같은 호흡곤란 증상을 고려한 평가가 이루어지지 않았다. 이러한 제한점을 보완하여 향후 많은 수의 대상자를 통해 실험 연구가 이루어진다면 목 척수 손상 환자의 COVID-19 이후의 호흡운동의 효과를 명확히 할 수 있을 것이다. 결론적으로, 목척수손상 환자에게 Tri-ball 인센티브 폐활량계를 이용한 호흡운동이 호흡기능과 환자의 삶의 질 향상에 긍정적인 변화를 가져올 수 있음을 시사한다.

V. 결 론

본 연구는 목척수손상 환자의 COVID-19 감염 이후 Tri-ball 인센티브 폐활량계 훈련이 호흡기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 연구 결과 호흡기능(FVC, FEV₁, PEF 모두 향상되었고, 삶의 질 점수도 증가하였다. 따라서 본 연구는 목 척수손상 환자의 COVID-19 감염이후 재활치료 접근에 있어 호흡운동이 호흡기능 향상과 삶의 질 향상에 크게 기여하므로 호흡운동이 중요하다는 근거로 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Arora S, Flower O, Murray NP, et al. Respiratory care of patients with cervical spinal cord injury: a review. *Crit Care Resusc*, 14(1);64-73, 2012.
- Basoglu OK, Atasever A, Bacakoglu F. The efficacy of incentive spirometry in patients with COPD. *Respirology*, 10(3);349-353, 2005.
- Berlowitz DJ, Tamplin J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev*, (7), 2013.
- Boswell-Ruys CL, Lewis CRH, Wijesuriya 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.
- Cardozo CP. Respiratory complications of spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*, 30(4);307-308, 2007.
- Chatwin M, Ross E, Hart N, et al. Cough augmentation with mechanical insufflation/ exsufflation in patients with neuromuscular weakness. *Eur Respir J*, 21(3);502-508, 2003.
- Derrickson J, Ciesla N, Simpson N, et al. A comparison of two breathing exercise programs for patients with quadriplegia. *Phys Ther*, 72(11);763-769, 1992.
- Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, et al. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Phys Ther*, 86(3);345-354, 2006.
- 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.
- Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. 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, 2019.
- Henzel MK, Shultz JM, Dyson-Hudson TA, et al. Initial assessment and management of respiratory infections in persons with spinal cord injuries and disorders in the COVID-19 era. *J Am Coll Emerg Physicians Open*, 1(6);1404-1412, 2020.
- Kasinathan N, Vanathi MB, Subrahmanyam VM, et al. A review on response of immune system in spinal cord injury and therapeutic agents useful in treatment. *Curr Pharm Biotechnol*, 16(1);26-34, 2015.
- 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.
- Li B, Zhang S, Zhang R, et al. Epidemiological and Clinical Characteristics of COVID-19 in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Pediatr*, 8;591132, 2020.
- Liaw MY, Lin MC, Cheng PT, et al. Resistive inspiratory muscle training: its effectiveness in patients with acute complete cervical cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(6);752-756, 2000.
- Sokol G, Vilozni D, Hakimi R, et al. The Short-Term Effect of Breathing Tasks Via an Incentive Spirometer on Lung Function Compared With Autogenic Drainage in Subjects With Cystic Fibrosis. *Respir Care*, 60(12);1819-1825, 2015.
- Stiller K, Huff N. Respiratory muscle training for tetraplegic patients: A literature review. *Aust J Physiother*, 45(4);291-299, 1999.
- Sun X, Jones ZB, Chen XM, et al. Multiple organ dysfunction

tion and systemic inflammation after spinal cord injury: a complex relationship. J Neuroinflammation, 13(1);260, 2016.

Tamplin J, Berlowitz DJ. A systematic review and meta-anal-

ysis of the effects of respiratory muscle training on pulmonary function in tetraplegia. Spinal Cord, 52(3);175-180, 2014.