만성기 뇌졸중 환자에게 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 호흡훈련이 폐 기능과 균형에 미치는 영향

김은자, PT, PhD[1], 백지영, OT, PhD[*2]
[1]경동대학교 물리치료학과, [*2]동신대학교 작업치료학과

Effects of Chest Cage Expansion Exercise and Powerbreed Breathing Training on Lung Function and Balance in Chronic Stroke Patients

Eun-Ja Kim, PT, PhD[1], Ji-Young Baek, OT, PhD[*2]
[1]*Dept. of Physical Therapy, Kyungdong University, Republic of Korea*
[*2]*Dept. of Occupation Therapy, Dong Shin University, Republic of Korea*

Purpose The purpose of this study is to investigate the effect of chest expansion exercise and breathing training combined with POWERbreathe equipment on lung function and balance in stroke patients. ***Methods*** The subjects of this study were a total of 16 stroke patients, 8 in the experimental group and 8 in the control group. All groups received Bobath treatment for 30 minutes once, 5 days a week, for 6 weeks. The experimental group's breathing training included chest expansion exercise and POWERbreathe training simultaneously. The control group applied general breathing training. Breathing training for all groups was conducted for 20 minutes, 5 days a week, for 6 weeks. Pulmonary function tests were conducted by measuring FVC, FEV^1, and FEV^1/FVC, and balance was assessed using the Functional Reach Test(FRT). ***Result*** In the lung function test before and after the intervention of the experimental group and the control group, FVC, FEV^1, and FEV^1/FVC were significantly improved in the experimental group, and there were significant differences in FVC, FEV^1/FVC in the comparison between groups, and in the FRT measurement of the balance test, the two groups All significantly increased, and there was no significant difference in comparison between groups. ***Conclusion*** Breathing training in stroke patients is effective in improving lung function and balance ability. However, breathing training combined with chest expansion exercise and POWERbreathe equipment is more effective in improving lung function and balance ability than general breathing training.

Key words Balance, Chest Expansion Exercise, Lung Function, POWERbreathe, Stroke.

Corresponding author Ji-young Baek(otwhite@hanmail.net)

Received date 30 August 2023
Revised date 20 September 2023
Accept date 08 October 2023

Ⅰ. 서 론

뇌졸중은 신경계 질환들 중 가장 빈도가 높은 질환이며, 뇌허혈 또는 출혈에 의해 발생되는 국소 또는 전반적으로 급성 임상적 이상으로 정의한다. 뇌졸중 환자의 50% 고혈압을 가지고 있으며, 이는 서구화된 식생활 변화가 원인이라고 할 수 있다. 또한 뇌졸중 후 58% 독립적 생활이 가능하고 30%의 환자는 보호자의 도움이 필요로 하는 삶을 살게 된다.[1)] 뇌졸중 후 48시간 이내에 심부건반사가 회복되고, 운동기능은 3~6개월에 능동적 운동이 가능하며, 근위부에서 원위부로 회복되는 경향을 보인다. 그리고 근위부 회복은 자세조절을 위해 매우 중요하다.[2)]

뇌졸중으로 인한 심각한 손상은 운동조절의 제한과 상실이다. 원위부 근육의 약화는 운동기능 장애뿐만 아니라 호흡근에도 영향을 미치게 된다.[3)] 뇌졸중의 일반적 증상인 편마비는 호흡의 들숨과 날숨의 작용에 필요한 운동 제어 기능을 손상시킨다. 그리고 신체 절반의 마비는 가로막과 호흡근의 약화와 비대칭적인 가슴우리 움직임으로 인해 호흡 생체 역학의 변화를 발생시키어 폐 환기의 효율성이 떨어지게 된다.[4)] 또한 운동기능 장애와 함께 가슴우리와 복부 근육의 긴장도 변화는 제한적 호흡 패턴을 발생시킨다.[5)]

편마비측 체간 근육의 약화는 가슴우리 움직임을 제한 시키어 자세조절 장애가 나타나게 된다. 이러한 자세조절 장애에 따른 균형능력 감소가 신체활동의 에너지 효율성도 감소시

http:dx.doi.org/10.17817/2023.09.20.1111835

킨다. 가슴우리에 위치한 뼈대 근육은 체간의 조절뿐만 아니라 호흡작용의 기능을 한다.[6] 뇌졸중 환자에서 가로막과 호흡근 약화는 폐기능 감소에 따른 신체활동의 지구력을 떨어뜨리게 된다. 이러한 임상적 증상으로 제한적 일상생활활동을 하게 되고 운동기능 회복에도 방해 요소로 작용한다.[7]

뇌졸중 환자의 일반적 재활치료는 균형 및 보행에 초점을 맞춘 신경가소성 및 운동조절 이론을 근거로 한다. 심폐 기능에 대한 평가와 훈련을 위한 치료목표설정은 대부분 우선순위에서 벗어난다. 일반적 재활치료와 파워브리드를 혼합한 훈련에서 폐기능과 호흡근 활성화에 긍정적 영향을 미치었다.[8] 만성기 뇌졸중 환자에게 파워브리드를 이용한 호흡 훈련 결과 가로막과 복부근의 강화 효과가 나타났다. 안정시 호흡작용에 관여하는 호흡근의 강화는 신체 활동의 지구력을 향상 시키어 이동의 일상생활활동 능력을 향상 시킨다. 그리고 가로막과 복부근 강화는 자세조절의 안정성에도 긍정적 영향을 미친다.[9]

가슴우리 확장 운동은 고유수용성신경근촉진(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, PNF) 호흡 운동을 기반으로 하는 호흡근 강화 치료법이다. 뇌졸중 환자에게 8주 동안 가슴우리 확장 운동을 실시한 결과 FVC와 FEV^1이 증가하였다. 가슴우리에 적용된 저항이 호흡 근육을 강화 시키어 폐 기능 향상에 효과적이었으며, 체간 조절 능력 또한 증가되었다.[6]

뇌졸중 환자에게 운동 기능 향상을 위한 재활치료가 임상에서 우선순위의 치료 목표이다. 그러나 호흡근은 신체 활동의 피로도 감소와 지구력 증가를 위해 훈련이 필요하며, 가슴우리와 복부에 위치하는 호흡근은 자세 조절을 위한 균형 유지와 조절에 영향을 미친다. 호흡근 훈련은 가슴우리 확장 운동과 파워브리드를 이용한 각각의 훈련 방법을 실시하고 있다. 본 연구에서는 가슴우리 확장 운동과 파워브리드를 이용한 복합훈련이 뇌졸중 환자의 폐 기능과 균형 능력 검사인 기능적 전방팔 뻗기에 미치는 영향을 알아보고자 하며, 향후 임상에서 뇌졸중 환자의 호흡 훈련 방법의 근거를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 대전에 위치한 D병원에서 외래 치료를 받는 뇌졸중 환자를 대상자로 하였고, 뇌졸중 진단을 받은 지 6개월 이상인 자, 한국형 간이정신상태판별검사(Mini Mental State Examination-Korean version) 24이상인 자, 폐질환 병력이 없는 자, 안면 마비가 없는 자, 독립적 보행이 가능한 자로 하였다. 연구의 대상자 중 가슴우리 변형이나 골절 병력이 있는자, 내분비계 질환이 있는 자, 호흡기계 훈련이 불가능한 자, 심혈관 질환이 있는 자는 제외하였다. 본 연구의 대상자는 제비뽑기를 하여 대조군 훈련군 8명, 실험군 8명으로 선정하였다. 연구 대상자에게 연구의 목적에 대하여 충분히 설명하고 대상자의 자발적 동의를 얻어 연구에 참여하였다.

2. 중재방법

본 연구의 대상자는 보바스치료를 30분씩, 주 5회, 총 6주간 실시하였고, 실험군은 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 호흡훈련을 하였고, 대조군은 일반적 호흡훈련을 실시하였다. 연구의 대상자는 호흡훈련 적용하는 동안 피곤함을 호소하거나, 어지러움과 기침, 치료사에 의해 이상 증상이 관찰되면 휴식을 하도록 하였다.

1) 일반적 호흡훈련

미국흉부학회(Amerian Thoracic Society, ATS)에서 권장하는 호흡운동 방법이며, 총 훈련시간은 30분이다. 바로 누운자세에서 양쪽 무릎을 세우고, 깊고 천천히 코로 숨을 들이 마시도록 하는 가로막 호흡을 하며, 입술을 오므리고 천천히 길게 숨을 내쉬도록 한다.[10] 1세트당 5회씩, 세트당 3분의 휴식, 총 20분간, 주 5회, 총 6주간 실시하였다.

2) 가슴우리 확장 운동

가슴우리 확장 운동은 고유 수용성 신경근 촉진 개념을 기반으로 하는 호흡훈련 방법이다. 대상자는 옆으로 누운 자세를 유지하는데, 양쪽 하지는 굽힘 자세를 유지하며, 무릎 사이에 배게를 위치하여 안정성을 유지하도록 한다. 치료사는 가슴우리를 양쪽 손으로 안 듯이 가장자리를 따라 전방과 후방에 위치하고, 대상자에게 충분히 숨을 내쉬도록 구두 지시하고 가슴우리를 내측과 꼬리 방향으로 날숨 끝 범위에서 신장력을 적용한다. 그런 다음 바로 들숨 주기 동안 저항을 적용하여 능동적 호흡운동을 수행할 수 있도록 한다. 이때 치료사에 의해 제공되는 저항은 가슴우리의 모든 움직임이 가능한 정도이며, 움직임 억제시키는 정도는 아니다.[11] 1세트당 5회씩, 세트당 3분의 휴식, 총 10분간, 주 5회, 총 6주간 실시하였다(Figure 1).

3) 파워브리드 호흡훈련

파워브리드(POWERbreathe K5-AP11003, APSUN Inc., Korea) 장비를 사용하여, 의자에 앉은 자세에서 훈련을 실시한다. 코에 집게를 물리고 장비를 입에 물고 있는 상태에서 날숨 시에는 저항이 없으나 들숨 시 손잡이 부분에 부하 조절 스프링이 있어 강도 조절이 가능하다. 훈련의 강도는 1회 훈련 시 30RM을 수행할 수 있는 강도에서 1세트당 5회씩, 세트당 3분의 휴식, 총 10분간, 주 5회, 총 6주간 실시하였으며, 들숨 시 마우스피스에 입을 최대한 밀착시키도록 하여 최대한

Figure 1. Chest expansion exercise

Figure 2. Powerbreed breathing training

깊게 흡입하고 날숨 시에 천천히 길게 불도록 하였다. 대상자에게 충분히 설명하고 시범을 보여준 다음 실행하였다(Figure 2).[12,13]

3. 측정방법

1) 폐 기능 검사

폐 기능 검사는 폐활량계(Pony Fx, Cosmed, Italy)를 사용하였다. 폐활량 측정은 대상자에게 충분한 이해를 할 수 있도록 설명하고, 시범을 보여준 다음 등받이가 없는 의자에 앉은 자세에서 실시하였다. 장비의 마우스피스를 최대한 입술에 밀착시키어 공기가 새어나가지 않도록 하고 코 마개도 부착하였다. 미국 흉부 학회의 치침에 의해 3회 이상 반복 측정하며, 재현성 있는 데이터 중 가장 큰 데이터를 선택하였다. 제한성 폐 질환 유무를 확인하기 위해 노력성 폐활량(Forced vital capacity:FVC), 폐쇄성 폐 질환 확인을 위해 1초간 노력성 호기량(Forced expiratory volume in 1 second: FEV^1), 노력성 폐활량에 대한 1초간 노력성 호기량의 비율(FEV^1/FVC)을 측정하였다.[14]

2) 기능적 전방 팔 뻗기 검사 (Functional Reach Test, FRT)

편평한 바닥의 기준선에서 두 발을 어깨너비만큼 벌리고 건측 손을 주먹 쥐고 팔꿉관절 폄하여 어깨관절 90도 굽힘 하여 유지하는 동안 세번째 손허리뼈 지점에서 줄자의 시작점을 대고 바닥과 평행하게 하여 벽에 고정시킨다. 대장자는 팔을 전방으로 최대한 뻗도록 한다. 이 때 대상자의 세 번째 손허리뼈의 이동한 거리를 측정한다. 측정은 3번 반복 실시하여 평균값을 데이터로 사용하였다.[15]

4. 자료처리

연구의 모든 통계적 분석방법은 SPSS ver. 18.0을 이용하였다. 본 연구의 대상자의 일반적인 특성을 기술적인 통계를 통해서 기술하였으며, 실험군과 대조군의 중재 전 동질성 검사를 위해 독립표본 검정을 실시하였다. 연구의 중재 방법에 따른 중재 전, 후의 유의성 검증은 대응표본 검정을 하였고, 각 군 간 유의성 검증은 독립표본 검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 α=0.05 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같으며, 중재 전 두 집단의 동질성 분석한 결과 나이, 발병기간, FVC, FEV^1, FEV^1/FVC, FRT에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 1).

2. 중재 전,후 폐기능과 균형의 변화

중재 전,후의 폐기능 변화에서 실험군은 FVC, FEV^1, FEV^1/FVC의 유의한 차이가 나타났고($p<.05$), 균형의 FRT에서 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 대조군은 폐기능 변화에서 FVC, FEV^1, FEV^1/FVC 유의한 차이가 나타나지 않았고($p>.05$), 균형의 FRT에서 유의한 차이가 나타났다($p<.05$)(Table 2).

3. 집단 간 폐기능과 균형의 변화

집단 간 폐기능의 FVC, FEV^1/FVC 비교에서 유의한 차이가

Table 1. Baseline characteristics of participants allocated to the experimental and control group

Variables	Experimental group (n=8)	Control group (n=8)	p value
Age (years)	68.37±8.01	66.37±4.34	.71
Duration(mon)	27.75±4.30	29.50±5.43	.59
FVC(L)	2.02±0.77	2.03±0.88	.71
FEV^1(L)	1.32±0.49	1.39±0.59	.87
FEV^1/FVC(%)	70.80±14.28	70.20±20.13	1.00
FRT	24.87±4.54	19.75±4.39	.91

Table 2. Changes in lung function and balance before and after intervention

Variables	Experimental group (n=8)			Control group (n=8)		
	Pre	Post	p value	Pre	Post	p value
FVC(L)	2.02±0.77	2.29±0.71	.01	2.03±0.88	2.00±0.88	.39
FEV^1(L)	1.32±0.49	1.69±0.41	.01	1.39±0.59	1.40±0.81	1.00
FEV^1/FVC(%)	70.80±14.28	86.15±4.61	.01	70.20±20.13	71.82±13.76	.67
FRT	24.87±4.54	28.75±4.89	.01	19.75±4.39	23.00±5.42	.01

p<0.01; 0.01; significant differences between pre- and post-test in both the experimental and control group, FRT: Functional Reach Test

Table 3. Changes in lung function and balance between groups

Variables	Experimental group (n=8)	Control group (n=8)	p value
	Mean difference(Standard deviation)		
FVC(L)	0.26±0.26	-0.03±0.07	.00
FEV^1(L)	0.36±0.48	0.00±0.62	.07
FEV^1/FVC(%)	15.35±12.44	1.62±12.91	.02
FRT	3.87±3.09	3.25±1.48	.91

p<0.01; significant differences between pre- and post-test in both the experimental and control group, FRT: Functional Reach Test

나타났고(p<.05), FEV^1 비교에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05). 균형의 FRT 비교에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05)(Table 3).

Ⅲ. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자에게 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비를 이용한 호흡훈련을 실시하여 폐기능과 균형능력을 알아보고자 하였다. 연구의 결과 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비를 이용한 호흡훈련을 실시한 실험군에서 폐기능의 FVC, FEV^1, FEV^1/FVC에서 향상되었으며, 균형의 FRT 측성값이 향상 되었다. 그룹 간 폐기능 비교에서 FVC, FEV^1/FVC 차이가 있었으나 FEV^1는 차이가 없었고, 균형 측정의 FRT도 차이가 없었다.

뇌졸중 환자에게 중추신경발달 치료와 호흡훈련의 병행 치료는 폐기능과 균형능력 향상에 효과 있다. 일반적 호흡훈련보다는 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비를 혼합한 호흡훈련이 폐기능 향상에 더 효과적이다. 그리고 실험군과 대조군의 중재 방법에 따른 비교에서 FRT 측정값이 차이가 없었다. 이러한 결과는 호흡근 강화에 따른 체간의 안정성에 영향을 미치어 균형능력이 향상되었다고 생각된다.

뇌졸중으로 인한 환측 상지의 기능장애는 가슴우리의 비대칭 상태를 만들고,[16] 가슴우리와 복부에 위치한 호흡 근력은 약화되어 폐기능 장애가 발생된다. 따라서 호흡근에 직접적 부하를 제공할 수 있는 훈련이 더 효과적이다.[17]

가슴우리 확장 운동은 PNF의 신경생리학적 기전을 근거로 하는 호흡운동이다. 호흡근의 길이 변화에 저항하여 근방추를 통해 신장된 근육 섬유의 수축을 촉진하는 신장반사를 근거로 한다. 들숨 주기 동안 치료사의 직접적인 저항은 가슴우리의 내압과 복부의 내압을 증가시키어 가로막과 들숨 보조근육의 활성화를 유도하게 된다.[18] 또한 날숨 말에 치료사가 적용하는 신장력이 가슴우리 근육의 경직을 감소시킨다.[19] 따라서 가슴우리 확장 운동은 호흡근의 유연성과 근력 증가에 따른 가슴우리 움직임과 용적 향상에 효과가 나타난다.[20] 뇌졸중 환자에게 가슴우리 확장 운동을 적용하여 FVC, FEV^1,

FEV^1/FVC 증가되었으며, 중추신경계발달 치료와 함께 호흡훈련을 추가하는 것이 중요하다.[18]

뇌졸중 환자의 운동기능 회복을 위한 근력강화 훈련과 동일하게 호흡근 훈련도 장기적 적용이 필요하다. 약화된 호흡근 강화 훈련은 근육에 생리적 부하를 적용할 수 있는 장비를 이용하는 것이 적절하다.[21] 뇌졸중 환자에게 파워브리드 호흡장비를 이용한 훈련 결과 들숨근 강화에 따른 FVC, FEV^1, FEV^1/FVC 향상되었으며,[22] 호흡장비를 이용한 호흡훈련은 폐기능 향상에 효과가 있으나 대상자가 능동적으로 참여할 수 있는 복합훈련을 실시하는 것이 더 많은 훈련 효과를 기대할 수 있다.[23]

본 연구에서도 뇌졸중 환자에게 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비를 이용한 호흡훈련 결과 FVC, FEV^1, FEV^1/FVC 유의하게 증가하였다. 이와 같은 중재의 결과는 가슴우리 확장 운동에 따른 호흡근의 유연성과 근력이 폐기능을 향상시킨 것이라고 생각되며, 호흡장비인 파워브리드를 적용한 복합훈련을 실시하여 호흡근 강화에 더 많은 효과가 나타난 결과라고 판단된다. 본 연구의 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비의 동시 적용 호흡훈련은 호흡근에 직접적 부하를 적용시킬 수 있고 능동적 훈련 방법으로 폐기능 향상에 효과적이라고 생각된다.

체간은 기능적 움직임을 위한 중심축으로서 역할을 하며, 원위부의 움직임을 효율적으로 수행하기 위한 근위부 안정성을 유지한다. 호흡근 중 긴장성 근(Tonic muscle)과 위상성 근(Phasic muscle)의 근활성화가 호흡기능과 자세조절에 관여하며, 호흡과 자세 메커니즘 사이 조정은 중추 신경계가 하고 호흡근 강화는 자세조절 향상의 효과로 나타난다.[24] 또한 호흡근 강화에 따른 근위부 체간 제어는 이동과 균형에 필요한 능동적 및 반응적 자세 조절을 가능하게 한다.[25]

뇌졸중 환자를 대상으로 가슴우리 확장 운동과 가슴우리 저항 운동을 적용한 후 TIS(Trunk Impairment Scale)가 유의하게 증가되었다. 이러한 결과는 각 운동방법 적용에 따른 호흡근 기능 향상으로 체간 조절 능력에 영향을 주었기 때문이다. 그러나 가슴우리 확장 운동 보다는 가슴우리 저항 운동이 호흡근의 근력과 지구력 향상에 더 많은 영향을 미치며, 체간 조절에 더 효과적이라고 할 수 있다.[6] 뇌졸중 환자에게 보바스치료와 가슴우리 확장 운동을 실시한 결과 TIS의 측정값이 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 가슴우리 확장, 호흡근력 강화, 체간조절, 균형감각에 효과가 나타난 것이다. 따라서 뇌졸중 환자의 치료계획에 호흡운동이 우선적으로 고려되어야 한다.[11] 만성기 뇌졸중 환자에게 날숨근 강화 위한 장비를 이용하여 훈련을 실시한 결과 균형능력이 향상되었다. 호흡근 훈련 방법에서 날숨근에 부하가 적용된 훈련이 체간 호흡근의 근력을 향상시키어 균형능력이 증가된 것이다.[26]

본 연구의 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비를 이용한 호흡훈련을 실시하여 기능적 전방 팔 뻗기 검사에서 유의한 변화가 나타났다. 선행연구의 균형 평가도구와 차이가 있었으나 균형능력 향상의 효과가 있었다. 본 연구에서 실험군과 대조군의 호흡훈련은 호흡근 강화에 따른 체간의 안정성이 균형능력을 향상시킨 결과라고 생각된다. 따라서 보바스치료와 함께 호흡근 훈련이 치료계획에 포함되어야 한다고 생각된다.

가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비를 동시에 적용한 호흡훈련은 체간의 근긴장에 영향을 미치어 유연성과 원활한 움직임을 가능하게 만들어 주었고, 호흡근에 적용된 부하가 선행 연구의 가슴우리 저항 운동보다 더 많은 근력 강화의 효과가 있다고 생각된다. 그리고 가슴우리 용적과 폐기능의 MIP(Maximum Inspiratory Pressure), MEP(Maximum Expiratory Pressure) 증가는 근위부 안정성 증가에 많은 영향을 미친다.[11]

본 연구의 결과 만성기 뇌졸중 환자에게 일반적 호흡훈련보다 가슴우리 확장 운동과 파워브리드 장비의 동시 적용 호흡훈련이 폐기능 증진에 더 효과적이며, 실험군과 대조군에게 적용된 호흡훈련은 실시하여 FRT 측정값이 증가된 것은 보바스치료와 동시에 호흡훈련을 추가하는 것이 균형능력 향상뿐만 아니라 폐기능 향상에 더 효과적이라고 판단된다.

연구의 제한점은 대상자 수가 적었고, 중재 방법에 따른 가슴우리 용적의 변화, 체간의 안정성, 폐기능 측정에서 MIP, MEP의 평가가 이루지지 않았다. 따라서 추후 연구가 필요하다고 판단된다.

References

1. Lee BW, Kwon HK, Lee HJ. Clinical pictures of stroke patients. Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. 2000;24(3):370-4.
2. Shin JB. Post-stroke complication. Korean Journal of Family Medicine. 2002;23(1):13-20.
3. Pollock RD, Rafferty GF, Moxham J, et al. Respiratory muscle strength and training in stroke and neurology: a systematic review. International Journal of Stroke. 2013;8(2):124-30.
4. Howard RS, Rudd AG, Wolfe CD, et al. Pathophysiological and clinical aspects of breathing after stroke. Postgraduate Medical Journal. 2001;77(913): 700-2.
5. Ptaszkowska L, Ptaszkowski K, Halski T, et al. Immediate effects of the respiratory stimulation on ventilation parameters in ischemic stroke survivors: A randomized interventional study (CONSORT). Medicine. 2019;98(38):

e17128
6. Song GB, Park EC. Effects of chest resistance exercise and chest expansion exercise on stroke patients' respiratory function and trunk control ability. Journal of Physical Therapy Science. 2015;27(6):1655-8.
7. Kim BR, Chun MH, Kang SH. Change of respiratory function following rehabilitation in acute hemiplegic stroke patients. Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. 2009;33(1):21-8.
8. Jo MR, Kim NS. Combined respiratory muscle training facilitates expiratory muscle activity in stroke patients. Journal of Physical Therapy Science. 2017;29(11): 1970-3.
9. Kim BR, Kang JI, Kim YN, et al. Effects of respiratory muscle strengthening exercise on respiratory function and activities of daily living in stroke patients. The Journal of Korean Physical Therapy. 2017;29(1):1-6.
10. Jones AY, Dean E, Chow CC. Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. Physical Therapy. 2003;83(5):424-31.
11. Nair SP, Gardas SS, Mithaiwala R. Efficacy of chest expansion resistance exercise on respiratory function, trunk control and dynamic balance in patients with chronic stroke: A Comparative study. Bulletin of Faculty of Physical Therapy. 2021;26(23):1-8.
12. Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. Journal of Sports Sciences. 2002;20(7): 547-90.
13. Klusiewicz A, Borkowski L, Zdanowicz R, et al. The inspiratory muscle training in elite rowers. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2008;48(3):279-84.
14. Shin SO, Kim NS. Correlation between muscle strength, pulmonary function and respiratory muscle in children with cerebral palsy. Journal of The Korean Society of Physical Medicine. 2016;11(2):123-30.
15. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. Journal of Gerontology. 1990;45(6):M192-7.
16. Park HJ, Ryu IT, Chang WN. Effects of the Paretic Palmar Contact Enhancement Program on Postural Alignment, Balance, and Gait in Stroke Patients. Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2022;26(3):1-10.
17. Gu B, Kim SJ, Kim HK, et al. Effects of Web-based Remote Breathing Exercise Program on the Pulmonary Function and Respiratory Muscle Strength of University Students. Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2021;25(3):33-40.
18. Kim CB, Shin JH, Choi JD. The effect of chest expansion resistance exercise in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. Journal of Physical Therapy Science. 2015;27(2):451-3.
19. Minoguchi H, Shibuya M, Miyagawa T. Cross-over comparison between respiratory muscle stretch gymnastics and inspiratory muscle training. Internal Medicine. 2002;41(10):805-12.
20. Kim CB, Choi JD. Effects of chest expansion resistance exercise on chest expansion and maximal inspiratory pressure in patients with stroke. Journal of The Korean Society of Physical Medicine. 2015;10(1):15-21.
21. Battaglia E, Fulgenzi A, Ferrero ME. Rationale of the combined use of inspiratory and expiratory devices in improving maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure of patients with chronic obstructive pulmonary disease. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2009;90(6):913-8.
22. Lee SY, Han JT. The effect of resistance inspiratory muscle training on respiratory function in stroke. Journal of Korean Physical Therapy Science. 2020;27(3):1-11.
23. Lee SR, Lee JM, Lee JE, et al. Effects of respiratory muscle strengthening training on pulmonary function in persons with stroke: A preliminary study. The Journal of Korean Academy of Physical Therapy Science. 2012;19(4):47-52.
24. Saunders SW, Rath D, Hodges PW. Postural and respiratory activation of the trunk muscles changes with mode and speed of locomotion. Gait & Posture. 2004;20(3):280-90.
25. Hodges PW, Heijnen I, Gandevia S C. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. The Journal of Physiology. 2001;537(3):999-1008.
26. Kim MH, Lee WH, Yun MJ. The effects on respiratory strength training on respiratory function and trunk control in patient with stroke. The Journal of Korean Society of Physical Therapy. 2012;24(5):340-7.