J Korean Soc Phys Med, 2016; 11(4): 33-39
http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2016.11.4.33

Online ISSN: 2287-7215
Print ISSN: 1975-311X

Research Article

Open Access

순환식 유산소운동이 만성 뇌졸중 환자의 폐 기능 및 보행 지구력에 미치는 영향

박종준 · 최윤희[1] · 차용준[2†]

보니파시오병원 물리치료실, [1]대전대학교 대학원 물리치료학과, [2]대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

Effects of Circuit Aerobic Exercise on Gait Endurance and Pulmonary Function in Patients after Chronic Stroke

Jong-June Park, PT, MS · Yoon-Hee Choi, PT, MS[1] · Yong-Jun Cha, PT, Ph.D[2†]

Rehabilitation Center, Bonifacio Hospital
[1]Department of Physical Therapy, Graduate School of Daejeon University
[2]Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: July 12, 2016 / Revised: July 16, 2016 / Accepted: August 22, 2016
ⓒ 2016 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate whether a circuit aerobic exercise program positively affects pulmonary function and gait endurance in chronic stroke patients.

METHODS: Twenty-four chronic stroke patients were allocated equally and randomly to an experimental group (n=12) or a control group (n=12). All participants received 60 minutes of comprehensive rehabilitation treatment, the experimental group additionally performed a circuit aerobic exercise for 30 minutes, while the control group additionally performed a general aerobic exercise, i.e., gait training on the treadmill for 30 minutes. These 30-minute exercise sessions were held three times per week for six weeks. Pulmonary function was assessed using forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), and maximal voluntary ventilation (MVV), and gait endurance was assessed using the 6-minute walk test (6MWT).

RESULTS: In the both groups, FVC, FEV1, MVV, and 6MWT were significantly increased after training. Members of the experimental group showed significant improvements in FVC, FEV1, and MVV, and significantly greater improvements than controls ($p<.05$). However, 6MWT improvements were not significantly different in the two groups ($p>.05$).

CONCLUSION: The devised circuit aerobic exercise program offers an effective rehabilitation aerobic exercise for improving pulmonary function and gait endurance in patients after chronic stroke.

Key Words: Circuit aerobic exercise, Stroke, Pulmonary function, Endurance

†Corresponding Author : cha0874@dju.kr
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서 론

뇌졸중 환자는 뇌 손상으로 인한 다양한 장애를 가지게 되는데, 그 중 호흡 기능 장애는 생명과 가장 밀접한 관련이 있으며 다양한 기능 장애와도 상관성이 높은 장애 중 하나이다(Cho와 Lee, 2015; Jo 등, 2014). 뇌졸중 환자의 호흡 기능 저하는 마비측 근육의 미사용과 제한된 움직임에 의해 주로 발생되며, 근육의 전기적 활성 및 흉벽 움직임의 감소로 기인한다(Kelly 등, 2003; Kim과 Jung, 2013; Kolb와 Gibb, 2007). 특히, 집중적인 재활이 필요한 급성기 뇌졸중 환자들의 호흡 기능 저하에 의한 잦은 피로감 호소는 재활을 위한 운동프로그램 적용 시 큰 애로 사항으로 작용하고 있으며, 이는 뇌졸중 환자의 이동 및 보행을 위한 독립성 감소에도 부정적인 영향을 미치고 있다(Estenne 등, 1993; Kelly 등, 2003; Lord 등, 2004; Pang 등, 2005). 이에 뇌졸중 환자의 호흡 기능 개선을 위해 평지 및 계단에서의 보행, 트레드밀 위에서의 보행, 자전거 타기 등과 같은 다양한 유산소 운동들의 효과가 입증되어 실시되고 있다(Danks 등, 2016; Prasomsri 등, 2014; Strommen 등, 2016; Tanuma 등, 2016).

순환식 운동프로그램은 일정 시간 내에 다양한 운동들을 조합하여 구성한 운동 방법으로 운동 선수뿐만 아니라 치매 노인 또는 척수 손상 환자들을 대상으로 균형 능력 및 운동 수행도 등을 향상 시킬 목적으로 집중적으로 실시 되고 있는 운동이다(Jung, 2013; Rosety 등, 2016; Wang, 2016). 특히, 뇌졸중 환자를 대상으로 의자를 이용한 뻗기와 일어서기, 물건 들어올리기, 계단 오르내리기 등의 10가지 보행동작으로 구성된 순환식 운동프로그램은 뇌졸중 환자의 보행 및 균형 능력 향상에 효과적인 것으로 보고 되고 있다(Dean 등, 2000; Salbach 등, 2004).

최근 뇌졸중 환자들에게 호흡 운동 재활이 강조되면서 호흡 기능 개선을 위한 재활프로그램에서 단일 유산소 운동 및 직접적인 호흡근 운동프로그램을 적용한 연구가 많이 이루어지고 있다(Prasomsri 등, 2014; Tanuma 등, 2016). 본 연구에서는 선행연구의 순환식 유산소 운동이 뇌졸중 환자의 균형능력과 보행능력 향상을 근거로 하여 뇌졸중 환자의 호흡 기능 및 보행 지구력 향상을 위해 어디에서나 간단하게 할 수 있는 순환식 유산소 운동 프로그램의 효율성을 밝히는 연구가 필요하다고 사료된다. 이에 본 연구는 순환식 유산소 운동프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 호흡 기능 및 보행 지구력 향상에 영향을 미치는지 파악하는데 주 목적이 있으며, 단일 유산소 운동방법인 트레드밀 위에서의 보행 훈련과 비교를 통해 순환식 유산소 운동프로그램의 효율성을 가늠해 보고자 실시하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구절차

본 연구는 뇌졸중으로 편마비 진단을 받은 후 6개월 이상 경과한 자로서, D광역시 소재 B재활병원에서 입원 치료를 받고 있는 24명의 편마비 환자를 대상으로 실시하였다.

연구에 참여한 대상자의 선정기준은 보조 기구 없이 독립적으로 10 m 이상 보행이 가능한 자, 계단 오르내리기가 가능한 자, 트레드밀 위에서의 보행을 30분 이상 실시할 수 있는 자, 연구자가 지시하는 내용을 잘 이해하고 따를 수 있는 인지 능력이 있는 자로 하였다. 뇌졸중 이외의 다른 신경학적 또는 정형외과적 문제가 있는 자, 폐 질환 및 심장 질환에 문제가 있는 자, 특별한 폐 기능 치료를 받는 자는 연구 대상에서 제외하였다.

대상자 선정 및 제외 조건의 선별 과정을 통해 최종적으로 선정된 대상자는 총 24명이었다. 24명을 대상으로 순환식 유산소 운동프로그램을 실시하는 실험군 12명, 트레드밀 위 보행 훈련을 실시하는 대조군 12명으로 배치하기 위하여 안이 보이지 않는 상자 안에 숫자가 적혀 있는 쪽지를 뽑아 무작위 배정하였다.

2. 중재 방법

모든 대상자는 신경발달치료(Neuro-developmental therapy)와 기능적 전기자극치료(Functional electrical stimulation) 등으로 구성된 신경계 물리치료를 1일 60분 받았으며, 추가적으로 실험군은 순환식 유산소 운동프

로그램을, 대조군은 트레드밀 위에서의 보행을 각 30분씩, 주 3회, 총 6주간 실시하였다.

1) 순환식 유산소 운동프로그램

순환식 유산소 운동프로그램의 세부과제는 치료실 내 20 m 왕복 보행, 1단계부터 5단계까지의 점진적 저항에 따른 고정식 상-하지 자전거(SUPER DYNAMIC SOL-3000, SG MED, KOREA) 타기, 7층 높이의 건물 계단 오르내리기(가로 27 ㎝ x 세로 17 ㎝의 계단 총 132계단)로 구성하였다. 하나의 과제당 약 10분씩 소요되며 이동시간을 포함하여 총 30분으로 진행하였다. 고정식 상-하지 자전거 타기의 운동 강도를 위한 단계 설정은 예비 심박수의 60% 범위 내에서 주차 별 점진적으로 증가시켰고, 피로감 호소 시 휴식 후 다시 운동을 실시하였다(Park과 Cha, 2014). 운동프로그램 내 모든 운동들은 환자의 동의 하에 하나의 과제를 수행하는 10분간 반복 운동이 이루어 질 수 있도록 하였다.

2) 트레드밀 위에서의 보행 훈련

트레드밀은 WNT2000T (WELLENSSTRACK, KOREA)를 사용하였다. 트레드밀의 최초 시작 속도는 대상자가 5분간 보행을 안정적으로 유지할 수 있는 속도로 설정에서 시작하여, 독립성이나 안정성이 저하되지 않는 범위의 속도에서 대상자의 보행 능력에 따라 6주간 점진적으로 5%씩 증가시켰다(Pohl 등, 2002; Yang 등, 2008). 트레드밀의 속도 증가 시 대상자가 불안감을 호소하거나 안정된 걸음을 유지하지 못하고 비틀거리는 경우의 대상자는 다시 전 단계의 속도로 감속하였으며, 다음 번 훈련 시 마지막에 사용하였던 속도에서 다시 시작 할 수 있도록 하였다(Choi, 2007).

3. 측정 방법

1) 폐 기능 검사

폐 기능 검사는 90도 앉은 자세에서 실시하였으며, 폐활량 측정기인 SPIOMTER HI-801 (CHEST M.I.INC, JAPAN)을 이용하여 평가하였다. 본 연구에서는 폐 기능 지표 중 가장 일반적으로 측정되고 비교되는 지수인 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in one second; FEV1), 최대 수의적 환기량(maximal voluntary ventilation; MVV)을 데이터 분석 자료로 이용하였다(Ries, 1994; Roth, 1994). 모든 폐 기능의 측정은 코집게로 코를 막고 고무용 마우스피스를 입에 물게 한 상태로, 입으로만 호흡을 시키되 피험자의 입과 코로 공기가 새지 않음을 확인한 다음 실시하였으며, 검사자는 시종일관 피험자의 옆에서 최대의 노력을 발휘할 수 있도록 격려하였다. 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량은 2~3번의 평상 시 호흡 후에 측정하였으며, 약 2초 동안의 빠르고 완전한 들숨 이후 약 6초 동안 체내의 공기가 완전히 없어 질 수 있을 정도로의 날숨을 내쉴 때 측정하였다. 최대 수의적 환기량은 1분 동안 60~80회의 호흡빈도로 숨을 쉬는 동안 약 12초 동안 환기량을 측정하였으며, 가급적 깊고 빠른 호흡을 할 수 있도록 하였다. 3회 측정 후 가장 큰 값을 택하여 12초간의 환기량을 5배하여 1분치로 환산하였다(Park 등, 1977). 대상자 별 폐 기능 검사는 6주간의 훈련 전과 6주 훈련 직 후 총 3회씩 실시하였으며, 그 중 최대값을 데이터 분석에 사용하였다(Sutbeyaz 등, 2010).

2) 보행 지구력 검사

보행 지구력을 검사하기 위해 6분 보행 검사(6 minute walking test; 6MWT)를 실시하였다. 6분 보행 검사는 6분 동안의 총 보행 거리를 측정하는 것으로, 실내의 바닥 위에 출발점과 반환점까지 20 m의 거리에 기준점을 표시한 후 6분 동안 최대한 많이 반복하여 보행 하는 방법으로 측정자내 높은 신뢰도(r=.91)를 보이고 있는 측정 도구 이다(Mossberg, 2003). 객관적인 평가를 위하여 측정자는 매 분당 시간 경과를 알려주었다. 총 보행거리는 보행 출발점과 시작점 간의 반복 횟수를 포함하는 전체 보행 거리를 미터(m) 단위로 기록하였으며, 측정거리가 길수록 환자의 지구력이 높음을 의미한다(Enright과 Sherrill, 1998).

4. 자료 분석

측정하여 수집된 자료들은 윈도우용 SPSS ver. 18.0

통계프로그램을 이용해 분석하였다. 수집된 모든 자료들에 대한 정규성 검정 후, 두 군간 대상자의 일반적 특성 비교를 위해 독립 표본 t-test와 카이스퀘어 검정(X^2-test)을 실시하였다. 실험군과 대조군의 각 군내 중재 전과 중재 후의 폐 기능 지수와 보행 지구력에 대한 평균값 비교를 위해 대응 표본 t-test를, 두 군간 중재 전과 후의 두 지수에 대한 변화량을 비교하기 위해 독립 표본 t-test를 실시하였다. 통계적 유의성을 검증할 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

두 군간 일반적 특성인 성별, 마비 부위, 손상 요인, 나이, 발병 기간, 신장, 체중의 모든 변수에서는 유의한 차이는 없었으며(p>.05), 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 두 군의 중재 전과 후의 폐 기능 및 보행 지구력 비교

두 군의 중재 전과 후의 폐 기능 및 보행 지구력을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

폐 기능에서는 실험군과 대조군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 FVC, FEV1, MVV 평균 값이 통계적으로 유의한 증가를 보였다(p<.05). 두 군간 변화량은 실험군이 대조군에 비하여 FVC는 .22리터, FEV1은 .21리터, MVV는 7.06리터 유의한 증가를 보였다(p<.05).

보행 지구력 비교에서는 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 평균 값이 통계적으로 유의한 증가를 나타내었으나(p<.05), 두 군간 변화량에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 만성 뇌졸중 환자들에게 평지에서의 보행, 자전거타기, 계단 오르내리기의 세 가지 방법으로 구성된 순환식 유산소 운동프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 폐 기능 및 보행 지구력 향상에 영향을 미치는지 파악하는데 주 목적이 있으며, 일반적으로 실시되고 있는 유산소 운동의 한 방법인 트레드밀 위에서의 보행과의 훈련 효과 정도를 비교하여 순환식 유산소 운동프로그램의 효율성을 가늠하는데 이차적인 목적이 있다.

본 연구 결과, 두 군 모두 중재 후의 폐 기능(FVC, FEV1, MVV)이 중재 전의 폐 기능에 비하여 유의한 증가가 있었으며, 실험군의 변화량이 대조군에 비하여 더 유의한 증가가 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 실험군의 운동프로그램이 대조군에 비하여 상대적으로 다양한 운동들로 구성이 되어 있어 대상자로 하여금 운동 집중도 유지를 더 용이하게 하였기 때문에 폐 기능 개선에 더 효과적이었던 것으로 생각된다. 본 연구에서 유산소 운동 중재 후 뇌졸중 환자들의 폐 기능이 향상된 결과는, 트레드밀 위에서의 유산소 운동이 급성기 뇌졸중 환자들에게 유용한 중재이며 신체활동 향상에도 효과적이었다고 보고한 Strommen 등(2016)

Table 1. General characteristics of all the subjects

	Experimental group (n = 12)	Control group (n =12)	*p*
Sex (male/female)	8/4	8/4	.689
Affected side (right/left)	6/6	7/5	.698
Damage factor (hemorrhage/infarction)	6/6	6/6	1.000
Age (years)	60.67±5.80	61.50±8.20	.776
Onset time (months)	64.00±35.02	67.87±25.56	.769
Height (㎝)	161.42±8.15	164.67±11.46	.432
Weight (㎏)	63.17±8.69	65.25±10.15	.594

Values are expressed means ± standard deviations or numbers

Table 2. Comparison of pulmonary function and gait endurance before and after training within each group and between the two groups

		Experimental group (n = 12)	Control group (n = 12)	*t*
FVC (L)	Pre	2.21±.33	2.07±.21	1.221
	Post	2.71±.32	2.35±.24	3.092*
	t	-12.913*	-12.662*	
	change	.49±.13	.27±.07	4.991*
FEV1 (L)	Pre	2.15±.27	2.17±.42	-.180
	Post	2.62±.31	2.43±.41	1.241
	t	-13.125*	-7.660*	
	change	.47±.12	.26±.12	4.238*
MVV (L/min)	Pre	75.55±16.43	72.79±12.61	.461
	Post	89.22±17.52	79.41±11.94	1.604
	t	-7.874*	-7.641*	
	change	13.67±6.01	6.61±3.00	3.636*
6MWT (m/sec)	Pre	252.67±63.56	247.33±52.37	.224
	Post	289.25±71.14	269.33±50.47	.791
	t	-5.306*	-17.278*	
	change	36.58±23.88	22.00±4.41	2.080

Values are expressed as means ± standard deviations
FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume on 1 second; MVV, maximal voluntary ventilation; 6MWT, 6 minute walk test
*p<.05

의 연구와 유사한 결과를 보이고 있다. 또한 실험군의 훈련 전 FVC는 정상 FVC의 약 63.1%에 근접하였으나 훈련 후에는 정상 FVC의 약 77.4%로 증가하여 정상 평균 FVC 범주에 속하는 예측치인 80%에 가깝게 향상되어 순환식 유산소 운동이 효과적임을 알 수 있다(Koegelenberg 등, 2012). 실험군의 FEV1은 훈련 전에는 정상 FEV1의 약 71.6%에 해당되어 폐쇄성 환기 장애가 있는 것으로 판단하는 70% 미만에 근접하는 수치였으나(Koegelenberg 등, 2012), 중재 후에는 약 87.3%로 향상되어 순환식 유산소 운동은 뇌졸중 환자의 폐 기능 개선에 효과적인 중재 방법임을 입증하는 결과로 볼 수 있다.

보행 지구력에서는 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후 유의한 향상을 나타내었다. 실험군은 중재 전에 비하여 중재 후 약 14.6%의 지구력 향상을 나타내었고, 대조군은 약 8.9% 향상을 나타내었다. 실험군이 대조군에 비해 5% 정도의 더 높은 향상을 나타내었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이와 같은 보행 지구력의 향상은 집중적인 유산소 운동이 아급성기 뇌졸중 환자의 폐 기능 및 보행, 균형, 삶의 질에 효과적이라고 보고한 Sandberg 등(2016)의 연구결과를 일부 지지하는 것으로 볼 수 있다. 또한 Marsden 등(2016)의 지역사회 활동과 관련한 12주간의 유산소 운동 프로그램이 뇌졸중 환자의 최대 산소 소비량을 12% 향상시켰으며 보행 지구력 향상에 효과적이었다는 연구결과는 두 군의 유산소 운동이 보행 지구력 향상에 긍정적인 영향을 미친 결과와 부분적으로 유사한 것으로 볼 수 있다.

종합적인 관점에서 보았을 때, 다양한 유산소 운동을 결합한 순환식 유산소 운동이 단순 유산소 운동에 비하여 폐 기능 개선에 더욱 효과적인 본 연구의 결과는, 뇌졸중이 폐활량과, 흡기량, 총폐용량, 최대 흡기량 등의 폐 기능 저하를 유발함을 고려하였을 때(Roth과

Noll, 1994), 뇌졸중 환자의 폐 기능 개선을 위한 임상적 측면에서 의미하는 바가 크다고 볼 수 있다. 또한 뇌졸중에 의한 심폐능력과 운동 능력의 감소는 재활 프로그램 참여를 지연시키고, 활동성을 저하시키는 것으로 보고 되고 있어(Roth, 1994), 순환식 유산소 운동프로그램은 뇌졸중 환자의 재활 프로그램 참여와 활동성 향상으로 환자의 기능 개선에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 중재 방법이 될 수 있을 것으로 본다.

본 연구는 유산소 운동 적용기간이 6주라는 비교적 짧은 기간의 중재라는 제한점이 있다. 따라서 순환식 유산소 운동 방법이 다양한 호흡 패턴을 가지는 모든 뇌졸중 환자들을 대상으로 일반화하기에는 다소 무리가 있을 수도 있겠지만, 본 연구에서 실시한 순환식 유산소 운동프로그램은 기존에 실시되어온 단순 반복 유산소 운동프로그램들을 조합하여 새로운 유산소 운동프로그램을 적용하였다는 점에서 연구 의의가 있으며, 순환식 유산소 운동프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 폐 기능 개선과 보행 지구력 향상에 효과적임을 입증하였다는 점에서 만성 뇌졸중 환자의 기능 개선을 위한 중재 방법으로서의 가치가 높을 것으로 판단된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 순환식 유산소 운동프로그램과 트레드밀 위에서의 보행 훈련을 통해 폐 기능과 보행 지구력에 미치는 효과에 대하여 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 만성 뇌졸중 환자의 폐 기능과 보행 지구력은 순환식 유산소 운동프로그램과 트레드밀 위에서의 보행 훈련 후 모두 향상 되었고, 순환식 유산소 운동프로그램은 폐 기능 증진에 더 효과적이었던 것으로 나타났다. 따라서, 순환식 유산소 운동프로그램은 만성 뇌졸중 환자의 폐 기능 및 보행 지구력 향상에 도움을 줄 수 있으며 만성 뇌졸중 환자의 효과적인 유산소 운동 중재방법의 하나로 적용 될 수 있을 것이라 생각된다.

References

Cho YH, Lee SB. Impact of respiratory muscle exercise on pulmonary function and quality of sleep among stroke patients. J Korean Soc Phys Med. 2015;10(4):123-31.

Choi HH. Modified speed-dependent treadmill training plus body weight support enhances cardiorespiratory function in ambulatory chronic hemiparetic stroke patients. Journal of Adapted Physical Activity & Exercise. 2007;15(4):223-43.

Danks KA, Pohlig R, Reisman DS. Combining fast walking training and a step activity monitoring program to improve daily walking activity after stroke: a preliminary study. Arch Phys Med Rehabil. 2016; 97(9):185-93.

Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81(4):409-17.

Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. Am J Respir Crit Care Med. 1998;158(1):1384-7.

Estenne M, Gevenois PA, Kinnear W, et al. Lung volume restriction in patients with chronic respiratory muscle weakness: the role of microatelectasis. Thorax. 1993;48(7):698-701.

Jo MR, Kim NS, Jung JH. The effects of respiratory muscle training on respiratory function, respiratory muscle strength, and cough capacity in stroke patients. J Korean Soc Phys Med. 2014;9(4):399-406.

Jung EJ. Effects of oriented circuit exercise on balance and cognition in mild dementia. Master's Degree. Daegu University. 2013.

Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, et al. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84(12):1780-5.

Kim NS, Jung JH. The effects of breathing retraining on asymmetry of diaphragm thickness in stroke patients.

J Korean Soc Phys Med. 2013;8(2):263-9.

Koegelenberg CF, Swart F, Irusen EM, et al. Guideline for office spirometry in adults, 2012. S Afr Med J. 2013;103(1):52-62.

Kolb B, Gibb R. Brain plasticity and recovery from early cortical injury. Dev Psychobiol. 2007;49(2):107-18.

Lord SE, McPherson K, McNaughton HK, et al. Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive? Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(2):234-9.

Marsden DL, Dunn A, Callister R, et al. A home- and community-based physical activity program can improve the cardiorespiratory fitness and walking capacity of stroke survivors. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2016;25(10):2386-98.

Mossberg KA. Reliability of a timed walk test in persons with acquired brain injury. Am J Phys Med Rehabil. 2003;82(5):385-90.

Pang MY, Eng JJ, Dawson AS. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. Chest. 2005;127(2):495-501.

Park HK, Kim KJ, Sung HS, et al. Studies on the indirect measuring method of the maximum voluntary ventilation. Korean J Physiol Pharmacol. 1977;11(2):45-50.

Park TY, Cha YJ. The effect of aerobic exercise using a fixed upper and lower limb ergometer on the body composition of adult hemiplegic patients. Journal of Rehabilitation Research. 2014;18(3):323-34.

Pohl M, Mehrholz J, Ritschel C, et al. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. Stroke. 2002;33(2): 553-8.

Prasomsri J, Jalayondeja C, Bovonsunthonchai S, et al. Walking and stair climbing abilities in individuals after chronic stroke with and without mental health problem. J Med Assoc Thai. 2014;97(7):10-5.

Ries AL. The importance of exercise in pulmonary rehabilitation. Clin Chest Med. 1994;15(2):327-37.

Rosety I, Pery MT, Diaz AJ, et al. Circuit resistance training increased antioxidant status in adults with chronic spinal cord injury. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(1):382.

Roth EJ, Noll SF. Stroke rehabilitation. 2. Comorbidities and complications. Arch Phys Med Rehabil. 1994;75(5):42-6.

Roth EJ. Heart disease in patients with stroke. Part II: impact and implications for rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 1994;75(1):94-101.

Salbach NM, Mayo NE, Wood-Dauphinee S, et al. A task-orientated intervention enhances walking distance and speed in the first year post stroke: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2004;18(5):509-19.

Sandberg K, Kleist M, Falk L, et al. Effects of twice-weekly intense aerobic exercise in early subacute stroke: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil. 2016;97(8):1244-53.

Strommen AM, Christensen T, Jensen K. Intensive treadmill training in the acute phase after ischemic stroke. Int J Rehabil Res. 2016;39(2):145-52.

Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, et al. Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2010;24(3):240-50.

Tanuma A, Fujiwara T, Yamaguchi T, et al. After-effects of pedaling exercise on spinal excitability and spinal reciprocal inhibition in patients with chronic stroke. Int J Neurosci. 2016; in press.

Wang TY. Effects of high intensity circuit training on body composition, cardiopulmonary fitness and metabolic syndrome markers in middle aged male. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(1):988-9.

Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, et al. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. Gait Posture. 2008;28(2):201-6.