

무작위 속도 변화에 의한 트레드밀 보행훈련이 뇌졸중 환자의 폐기능에 미치는 영향

박성훈 · 차용준[†] · 최윤희²

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

Effects of Treadmill Walking Training with Randomized Walking Speed on Pulmonary Function in Persons with Chronic Stroke

Sung-Hun Park, PT, MS · Yong-Jun Cha, PT, Ph.D[†] · Yoon-Hee Choi, PT, MS²

Rehabilitation Center, Bonifacio Hospital

¹Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

²Department of Physical Therapy, Graduate School of Daejeon University

Received: August 22, 2016 / Revised: September 2, 2016 / Accepted: September 27, 2016

© 2016 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate which treadmill walking training mode is more effective strategy for improving pulmonary function of persons with chronic stroke.

METHODS: Twenty-one chronic stroke patients were allocated and randomly to an experimental group (treadmill training with randomized speed control, n=11) and a control group (treadmill training without speed change, n=10). All participants received 30 minutes of neurodevelopmental treatment. In addition, the two groups performed treadmill training for 20 minutes each time with or without speed change. Speed change was applied 40%, 50%, 60%, 70% of

Heart Rate Reserve. All the exercise programs lasted six weeks, with five times per week. Pulmonary function was assessed before and after exercise program by using forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), and maximal voluntary ventilation (MVV).

RESULTS: In the both groups, FEV1 was significantly increased after training ($p<.05$). Compared to the control group, the experimental group showed 11.9% larger amount of change ($p<.05$). In the experimental group, FVC and MVV were significantly increased after training (9.9%, 7.6%, respectively) ($p<.05$). But in the control group, there was no significant difference in the FVC and MVV after training.

CONCLUSION: Treadmill training with randomized speed control will be a better positive rehabilitation program than treadmill training without speed change to improve pulmonary function in persons with chronic stroke.

Key Words: Randomized speed control, Treadmill training, Pulmonary Function, Stroke

†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. 서론

뇌졸중은 뇌의 허혈 또는 출혈로 인하여 뇌기능의 국소적 또는 전반적 소실이 발생하는 것으로, 뇌 병변 부위나 손상 정도에 따라 감각, 운동, 인지, 언어 등 다양한 신경학적 장애가 발생 하는 질환이다(Kang과 Kim, 2016; Kelley와 Borazanci, 2009; Lee 등, 2000; Mercier 등, 2001). 뇌졸중으로 인한 편측 마비는 근육의 전반적인 약화와 위축을 초래하며(Duncan 등, 2002; Jung과 Lee, 2015), 뇌졸중에 의한 근육의 미사용과 제한된 움직임은 흥벽의 움직임과 호흡 조절 능력을 감소시킨다(Jo 등, 2014; Kolb와 Gibb, 2007).

뇌졸중 환자의 호흡 기능 저하는 생명유지와 직결된 중요한 문제 중 하나로 뇌졸중 발병 후 4-7주 이내에 발생한다(Edwards, 2002). 이와 같은 호흡 기능의 저하는 뇌졸중 환자의 유산소운동 시 피로를 유발하는 주요인으로 작용하고 있으며(Estienne 등, 1993), 일상생활 동작 수행에 제한을 줌으로써 뇌졸중 환자의 사회 복귀를 어렵게 만들고 있다(Lanini 등, 2003).

트레드밀 보행훈련은 뇌졸중 환자의 마비측 하지 체중지지를 상승으로 보행 대칭성을 향상시키고(Hesse 등, 2001) 부적절한 보행 습관에 의해 증가된 에너지 소비량과 심혈관계의 부담을 감소시키는데 효과적인 것으로 보고 되고 있어 보행 기능 및 심폐 기능을 동시에 향상시킬 수 있는 중재 방법으로 일반적으로 실시되고 있다(Cooper, 1982; Macko 등, 2005; Yoon, 2010). 특히 뇌졸중 환자의 최대산소섭취량 및 보행지구력 증가에 의한 폐기능 개선에도 탁월한 훈련 방법으로 제시되고 있다(Munari 등, 2016).

뇌졸중 환자의 기능 향상을 위해 실시되고 있는 트레드밀 보행훈련 프로그램은 동일 연령대의 일반 노인에 비해 환자의 질환별 특성을 고려하여 보다 느린 속도로 적용되고 있으며(Dobkin, 1999), 환자의 주관적 평가에 의존한 일률적인 속도 적용이 이루어 지고 있기 때문에(Kim, 2000), 뇌졸중 환자 각각의 기능적 상태를 충분히 고려하지 않은 트레드밀 보행훈련 프로그램이 적용되고 있다.

보행은 일반적으로 보행속도가 빨라질수록 에너지

소비량 또한 증가되며, 보행속도를 다양하게 변화시키는 것은 보행 양상과 심혈관계 상태, 근력, 운동협응, 자세조절능력을 개선시키는데 탁월한 효과가 있는 것으로 보고 되고 있다(Chan 등, 2013; McGregor 등, 2009). 하지만, 최근 뇌졸중 환자를 대상으로 실시한 트레드밀 보행훈련 속도에 관한 연구들은 훈련 속도(Lee, 2011)와 속도 증가 유, 무에 따른 종속변수들의 변화를 비교한 연구(Jeon 등, 2014; Lee, 2014)들이 주를 이루고 있다. 이와 같이 트레드밀 보행훈련 시 보행속도를 다양하게 변화시키는 훈련 프로그램 또한 뇌졸중 환자의 기능 개선에 긍정적 영향을 미칠 수 있을 것임에도 불구하고 이를 규명한 연구는 미흡한 실정이며, 무작위 순서 변화에 의한 트레드밀 보행훈련 효과를 입증한 연구도 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 무작위 속도 변화에 따른 트레드밀 보행훈련과 지속적인 속도에서의 트레드밀 훈련 프로그램이 뇌졸중 환자의 폐기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는데 일차적인 목적이 있으며, 두 훈련 프로그램 중 뇌졸중 환자의 폐기능 향상에 보다 더 효과적인 훈련 프로그램을 파악하는데 이차적인 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 진단을 받은 후 6개월 이상 경과한 자로서, D광역시 소재 B재활병원에서 입원 치료를 받고 있는 환자들을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 선정기준은 한국형 간이 정신 상태검사(Mini-Mental State Examination-Korea)가 24점 이상으로 인지기능에 손상이 없는 자, .8km/h 이상의 트레드밀 속도에서 20분간 보행을 수행할 수 있는 자(Wada 등, 2010), 최근 3개월 이내에 심장 및 폐 수술이력이 없는 자로 하였다(Munari 등, 2016). 총 108명의 뇌졸중 환자 중 최종적으로 대상자 선정기준에 부합한 연구 대상자는 총 21명이었다. 모든 연구 대상자들에게 실험 전 본 연구의 목적을 충분히 설명하였으며 자발적으로 실험에 동의하여 연구를 진행하였고 대전대학교 연구윤

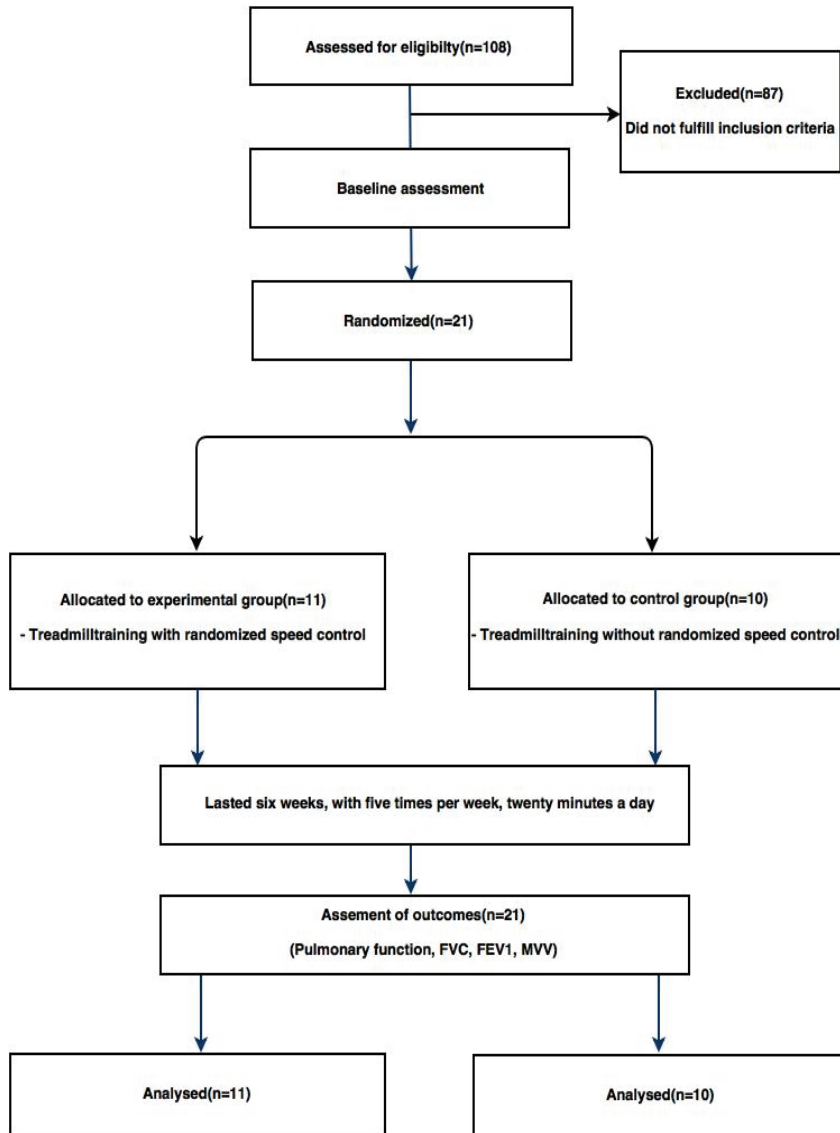


Fig. 1. Study flowchart

리심의위원회의 승인 후 본 연구를 실시하였다.

21명(남: 13명, 여: 8명, 평균 연령: 59.3세)의 연구 대상자들은 무작위 속도 변화 트레드밀 보행훈련군(실험군, n=11)과 지속적인 일정 속도에서의 트레드밀 보행훈련군(대조군, n=10)으로 단일 맹검법을 이용하여 무작위 배치하였으며, 중재 전과 6주간 중재 후의 폐기능을 각각 측정하였다(Fig. 1).

2. 중재방법

모든 연구 대상자는 근력강화운동, 관절가동운동이 포함된 신경발달치료를 1일 30분 시행 하였으며, 추가적으로 실험군은 무작위 속도 변화 트레드밀 보행훈련을, 대조군은 지속적인 일정 속도 트레드밀 보행훈련을 20분씩, 주 5회, 총 6주간 실시하였다.

중재 전 대상자들에게 설명 및 시범을 통하여 트레드밀 훈련방법을 충분히 숙지할 수 있도록 하였고, 본

연구에 참여하지 않은 임상 경력 5년 이상의 물리치료사 1명이 트레드밀 속도조절을 하였다.

1) 무작위 속도 변화 트레드밀 보행훈련

무작위 속도 변화의 적용을 위해 심박수측정기 (PM-45, beurer, Germany)를 이용하여 안정 시 심박수와 최대심박수(220-나이)를 측정하였다. 미국 스포츠의학회에서 제시한 뇌졸중 환자의 적정 유산소운동 강도인 예비심박수(최대심박수-안정시심박수)의 40~70% 구간에서의 트레드밀 보행훈련 적용을 위해 Karvonen 공식[목표 심박수 = 운동 강도(%)×(최대심박수-안정심박수)+안정심박수]을 이용하여 각 대상자 별 예비심박수의 40%, 50%, 60%, 70%에 해당되는 트레드밀 속도를 최종적으로 산출하였다(Armstrong, 2006; Karvonen, 1957). 산출된 네 가지의 트레드밀 속도를 5분 단위로 무작위 순서로 변화시켜 트레드밀(TRAK KA-200T, Life Gear, Korea) 위에서 보행훈련을 20분 동안 실시하였다.

2) 지속적인 일정 속도 트레드밀 보행훈련

지속적인 일정 속도의 적용은 환자의 상태에 따라 보행의 독립성이나 안정성이 저하되지 않은 최소한의 속도 .8km/h로 보행을 시작하였고(Wada 등, 2010), 대상자별 운동자각지수(Rating of perceived exertion: RPE) 12~14점(약간 힘들)을 유지할 수 있는 속도로 설정하여 적용 하였다(Borg, 1998; Kim, 2011). 실험군과 동일한 트레드밀 위에서 지속적으로 20분 동안 보행훈련을 실시하였다.

3. 측정 방법

1) 호흡 기능 측정

폐활량측정기(Spirometer HI-801, CHEST MI INC, Japan)를 이용하여 노력성폐활량(forced vital capacity, FVC), 1초간노력성호기량(forced expiratory volume in 1 second, FEV1), 최대수의적 환기량(maximal voluntary ventilation, MVV)을 측정하였다. 노력성폐활량과 1초간노력성호기량은 폐의 기능을 알아보기 위해 사용되는 일반적 지표이며(Roth 등, 1995), 최대수의적환기량

은 흡기근의 지구력을 평가하는 지표로 사용된다(Ries, 1994). 대상자별 폐 기능 검사는 6주간의 훈련 전과 후 각 3회씩 실시하였으며, 그 중 최대값을 데이터 분석에 사용하였다(Sutbeyaz 등, 2010).

(1) 노력성폐활량

의자에 앉아서 상체를 앞으로 약 15도 기울이고 폐쇄순환법을 사용하기 위해 코집계를 착용하였다. 마우스 피스를 물고 입술로 감싼 후 최대흡기 후 최대의 힘으로 공기를 내실 수 있도록 유도하였으며, 대상자가 끝까지 내실 수 있도록 계속적으로 격려 하였다. 검사 시행자는 환자의 입술이 잘 감싸져 있는지, 마우스피스를 막고 있는 것이 없는지 확인하여 최대한 공기 누출이 발생하지 않도록 실시하였다. 2~3번의 평상 시 호흡 후에 측정하였으며, 약 2초 동안의 빠르고 완전한 들숨 이후 약 6초 동안 체내의 공기가 완전히 없어 질 수 있을 정도의 날숨을 내실 때 측정하였다.

(2) 1초간노력성호기량

노력성폐활량 검사와 동일한 자세 및 조건에서 최대한 숨을 들이 쉰 후, 힘껏 내뱉게 하여 측정된 수치를 기록하였다. 정확한 제로시점을 확인하고 최대 노력곡선에서 얻어진 것인지 확인하기 위하여 노력성호기량의 5% 미만, 최대호기유량(peak expiratory flow rate, PEFR) 도달 시간이 120ms 미만이 되도록 설정하였다.

(3) 최대수의적환기량

노력성폐활량 검사와 동일한 자세 및 조건에서 12초간 약 15~20회의 흡기와 호기의 반복을 통하여 환자가 스스로 할 수 있는 최대의 환기량을 측정하였다. 가급적 깊고 빠른 호흡을 할 수 있도록 하였다.

4. 분석 방법

수집된 자료는 윈도우용 SPSS ver. 18.0 프로그램을 사용하여 통계처리 하였다. 모든 자료에 대한 정규성 검정을 실시하였으며, 대상자들의 일반적 특성은 기술통계를 이용하여 산출하였다. 각 군내 중재 전과 후의 평균차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하

Table 1. General characteristics of all the subjects

	Experimental group (n=11)	Control group (n=10)	<i>p</i>
Sex (male/female)	6/5	7/3	.491
Affected side (right/left)	6/5	4/6	.845
Damage factor (hemorrhage/infarction)	6/5	4/6	.529
Age (years)	61.27±10.88	57.40±10.02	.408
Onset time (months)	61.10±35.56	64.90±31.68	.789
Height (cm)	166.10±8.44	164.50±9.22	.684
Weight (kg)	67.00±8.96	66.20±13.11	.871

Values are expressed means ± standard deviations or numbers

였고, 두 군간 중재 전과 후의 변화량을 비교하기 위하여 독립표본 *t*-검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준 (α)은 .05로 설정하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

두 군의 일반적 특성은 Table 1과 같으며, 두 군간 성별, 나이, 신장, 체중, 유병 기간, 마비 유형, 마비 부위에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

2. 두 군의 중재 전과 후의 호흡 기능 비교

두 군의 중재 전과 후의 호흡 기능을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 노력성폐활량에서는 실험군은 중재 후의 평균 값이 중재 전의 평균 값에 비하여 유의한 증가를 보였으나($p<.05$), 대조군에서는 통계학적으로 유의한 증가는 보이지 않았다. 1초간노력성호기량에서는 실험군과 대조군 모두 중재 후의 평균 값이 중재 전에 비하여 통계학적으로 유의한 증가를 보였고($p<.05$), 실험군의 변화량이 대조군에 비하여 .22리터 유의한 증가를 나타내었다($p<.05$). 최대수의적환기량은 실험군에서 중재 후의 평균 값이 중재 전의 평균 값에 비하여

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

		Experimental group (n=11)	Control group (n=10)	<i>t</i>
FVC (L)	Pre	2.42±.65	3.11±1.13	-1.698
	Post	2.66±.68	3.17±1.12	-1.250
	<i>t</i>	-6.575*	-.917	
	change	.24±.12	.06±.19	2.565*
FEV1 (L)	Pre	1.92±.39	2.44±.71	-2.026
	Post	2.18±.38	2.48±.73	-1.148
	<i>t</i>	-4.125*	-4.523*	
	change	.26±.21	.04±.23	3.301*
MVV (L/min)	Pre	85.98±25.89	85.48±39.23	.034
	Post	92.54±27.24	85.88±39.91	.442
	<i>t</i>	-10.042*	-.630	
	change	6.56±2.16	.40±2.01	6.757*

Values are expressed as means ± standard deviations

FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume on 1 second; MVV, maximal voluntary ventilation

* $p<.05$

통계학적으로 유의한 증가를 보였다($p < .05$).

IV. 고 찰

본 연구는 대상자별 각각의 운동 강도에 맞추어 산출된 무작위로 속도가 변화되는 트레드밀 위에서의 보행 훈련과 환자가 편안하게 생각하는 지속적인 일정 속도에서 실시한 트레드밀 훈련간의 중재 전과 후의 뇌졸중 환자의 폐기능에 미치는 영향을 비교하여 뇌졸중 환자의 폐기능 개선에 더욱 효과적인 트레드밀 보행훈련 프로그램을 파악하는데 주 목적이 있다.

본 연구 결과, 노력성폐활량과 최대수의적환기량에서는 실험군에서 중재 후 유의한 증가가 있었지만, 대조군에서는 유의한 증가가 없었다. 1초간노력성폐활량은 두 군 모두 유의한 증가가 있었고, 실험군이 더 많이 증가하였다. 이와 같은 결과는 무작위 속도 변화 트레드밀 보행훈련이 지속적인 일정 속도에서의 트레드밀 보행훈련 보다 뇌졸중 환자의 폐기능 개선에 더 효과적임을 의미하며, 무작위 속도 변화는 예측이 불가능한 속도이기 때문에 뇌졸중 환자의 운동 집중을 더욱 유발하였기 때문으로 판단된다(Jang 등, 2014).

Pang 등(2005)은 뇌졸중 환자의 보행속도가 이전 속도에 비하여 증가 되었다는 것은 부적절한 보행 습관에 의해 증가된 에너지 소비량과 심혈관계 부담을 감소시켜 폐기능이 향상됨을 의미한다고 하였다. 이는 본 연구에서 무작위 속도 변화가 뇌졸중 환자의 보행속도 증가에 기여하였기 때문에 본 연구 대상자의 폐기능 또한 향상된 것으로 판단된다. Martin 등(1993)은 건강 성인과 육상선수를 대상으로 보행속도와 산소소비량의 상관관계를 파악한 결과, 보행속도가 증가 되거나 감소되느냐에 따라 보폭이 변화됨으로써 산소소비량이 변화된다고 하였으며, 보행속도가 증가될수록 산소소비량 또한 증가된다고 하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 무작위로 다양하게 속도가 변화되는 보행훈련이 보행속도 향상에 더 효과적이었으며 보행속도 향상이 산소소비량을 증가시켰기 때문에 실험군의 폐기능을 더 유의하게 개선 시킨 것으로 판단된다.

Kelly 등(2003)의 뇌졸중 환자는 최대산소섭취율과 보행속도, 보행 지구력이 정상인 대비 약 50%에 해당한다고 보고한 연구결과를 볼 때, 본 연구에서 무작위 속도 변화 보행훈련 프로그램이 뇌졸중 환자의 폐기능 개선에 더 효과적이었던 연구결과는 임상적으로 유의미한 연구 결과가 될 수 있을 것으로 본다. 또한 David 등(2006)과 Sutbeyaz 등(2010)의 연구결과에 의하면, 일반 평지 및 실외에서의 보행, 계단에서의 보행, 체중지지를 감소시키는 등의 보행 환경의 변화는 에너지소비를 및 산소섭취율에 영향을 미친다고 하였으며, 실외 혹은 계단에서의 보행과 같은 보다 어려운 환경에 처할 수록 에너지 소비 및 산소섭취율을 증가시킨다고 하였다. 이는 본 연구에서의 무작위로 다양하게 속도가 변화되는 보행 환경이 지속적인 속도에서의 보행보다 상대적으로 더 어려운 환경을 제공하였기 때문에 폐기능 개선에 더 효과적인 결과가 있었던 것으로 사료된다.

본 연구에서의 제한점은 시간적 공간적 제약으로 인해 많은 대상자를 확보할 수 없어 검정력을 분석할 수 없었다는 점과 6주 동안의 비교적 짧은 중재 기간을 적용하였다는 점이 본 중재의 효과를 일반화하여 해석하기에는 신중함이 필요하다. 하지만 본 연구는 기존에 실시되어온 지속적이고 예측 가능한 속도 증가가 아닌 무작위 속도 증감에 의한 예측 불가능한 즉, 보다 어려운 환경에서 실시한 트레드밀 보행훈련 프로그램의 효과를 밝혔으며 뇌졸중 환자의 폐기능 개선에 보다 효과적인 트레드밀 보행훈련 프로그램을 제시하였다는 점에서 의의가 클 것으로 본다. 향후 연구에서는 본 연구에서의 제한점을 보완한 보다 다양한 범위에서 무작위 방법으로 속도가 변화되는 트레드밀 보행훈련 프로그램의 효과를 밝힐 연구들이 이루어진다면, 본 연구는 무작위 속도 변화 운동 프로그램을 일반화 할 수 있는 연구의 기초자료로 널리 이용 될 수 있을 것으로 본다.

V. 결 론

본 연구는 무작위 속도 변화에 의한 트레드밀 보행훈련과 지속적인 일정 속도에서의 트레드밀 보행훈련이

뇌졸중 환자의 폐 기능에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 지속적인 속도를 적용한 대조군에 비하여 무작위 속도 변화를 적용한 실험군에서 폐 기능이 유의하게 증가하였다. 따라서, 무작위 속도 변화 트레드밀 보행훈련은 지속적인 일정 속도에서의 트레드밀 보행훈련보다 뇌졸중 환자의 폐기능 향상에 더 효과적인 보행훈련 프로그램이 될 수 있을 것으로 본다.

References

- Armstrong L. Guidelines for exercise testing and prescription. American college of Lippincott Williams & Wilkins. 2006.
- Borg G. Human Kinetics Borg's perceived exertion and pain scales. USA. Champaign. 1998.
- Chan L, Chin LM, Kennedy M, et al. Benefits of intensive treadmill exercise training on cardiorespiratory function and quality of life in patients with pulmonary hypertension. *Chest*. 2013;143(2):333-43.
- Cooper K. The Aerobic Program for Total Well-Being. New York. Bantam Books Cooper. 1982.
- David D, Regnaud JP, Lejaille M, et al. Oxygen consumption during machine-assisted and unassisted walking: a pilot study in hemiplegic and healthy humans. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(4):482-9.
- Dobkin BH. An overview of treadmill locomotor training with partial body weight support: a neuro physiologically sound approach whose time has come for randomized clinical trials. *Neuro Rehabil Neural Repair*. 1999;13(3):157-65.
- Duncan PW, Homer RD, Reker DM, et al. Adherence to post-acute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke*. 2002;33(1):169-77.
- Edwards S. Neurological physiotherapy (2nd ed). USA. Churchill Livingstone. 2002.
- Estenne M, Gevenois PA, Kinnear W, et al. Lung volume restriction in patients with chronic respiratory muscle weakness: the role of micro atelectasis. *Thorax*. 1993;48(7):698-701.
- Hesse S, Werner C, Paul T, et al. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(11):1547-50.
- Jang GH, Ann JU, Lee SH, et al. Comparison of brain activation according to walking speed on treadmill. *Korean Society for Precision Engineering*. 2014;5:1255.
- Jeon GY, Choi WJ, Lee SW, et al. The effect of a combined functional electrical stimulation with progressive speed treadmill training for gait and balance performance in stroke survivors. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2014;53(3):365-83.
- Jo MS, 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 JR, Lee WH. The study of asymmetrical of the serratus anterior and lower trapezius muscles in chronic stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2015;10(4):81-90.
- Kang KW, Kim TY. Effects of a combined functional electrical stimulation with action observation training for balance and gait performance in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med* 2016;11(2):93-102.
- Karvonen MJ, Kentala E, Muatala O, et al. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957;35(3):307-15.
- Kelley RE, Borazanci AP. Stroke rehabilitation. *Neurol Res*. 2009;31(8):832-40.
- 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 JH. Effects of treadmill gait and STS exercise on cardiopulmonary function, muscular cross-sectional area and insulin resistance for patients with stroke.

- Graduate School of Physical Therapy. Doctor's Degree. Yong-in University. 2011.
- Kim JY. The Kinematic and kinetic analysis of treadmill gait with various inclination and speed. Graduate School of Physical Education. Doctor's Degree. Ewha Womens University. 2000.
- Kolb B, Gibb R. Brain plasticity and recovery from early cortical injury. *Dev Psychobiol.* 2007;49(2):107-18.
- Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(1):109-13.
- Lee BW, Keon HG, Lee HJ, et al. Clinical pictures of stroke patients. *Ann Rehabil Med.* 2000;24(3):370-4.
- Lee JM. The effects of ambulation and balance according to different velocity of treadmill ambulation training in post-stroke patient. Master's Degree. Catholic University of Daegu. 2014.
- Lee JS. Effects of Fast-speed treadmill training with on balance and walking ability of patients with chronic stroke. *Kor J Neural Rehabil.* 2011;1(2):31-9.
- Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke.* 2005;36(10):2206-11.
- Martin PE, Heise GD, Morgan DW, et al. Interrelationships between mechanical power, energy transfers, and walking and running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(4):508-15.
- McGregor SJ, Busa MA, Yaggie JA, et al. High resolution MEMS accelerometers to estimate VO₂ and compare running mechanics between highly trained inter-collegiate and untrained runners. *PLoS One.* 2009;4(10):7355.
- Mercier L, Audet T, Hebert R, et al. Impact of motor, cognitive, and perceptual disorders on ability to perform activities of daily living after stroke. *Stroke.* 2001;32(11):2602-8.
- Munari D, Pedrinolla A, Smania N, et al. High-intensity treadmill training improves gait ability, VO₂peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2016; in press.
- Pang MY, Eng JJ, Dawson AS, et al. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. *Chest.* 2005;127(2):495-501.
- Ries AL. The importance of exercise in pulmonary rehabilitation. *Clin Chest Med.* 1994;15(2):327-37.
- Roth EJ, Noll SF. Stroke rehabilitation. 2. Comorbidities and complications. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75(5):42-6.
- Roth EJ, Nussbaum SB, Berkowitz M, et al. Pulmonary function testing in spinal cord injury: correlation with vital capacity. *Paraplegia.* 1995;33(8):454-7.
- 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.
- Tuner SL, Easton C, Wilson J, et al. Cardiopulmonary responses to treadmill and cycle ergometry exercise in patients with peripheral vascular disease. *J Vasc Surg.* 2008;47(1):123-30.
- Yoon H. An influence of aerobic exercise for obese students with mental retardation on their body composition, anthropometry, cardiopulmonary endurance and training avoidance. Master's Degree. Chosun University. 2010.
- Wada Y, Kondo I, Sonoda S, et al. Preliminary trial to increase gait velocity with high speed treadmill training for patients with hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil.* 2010;89(8):683-7.