

속도변화 보행 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 심폐기능에 미치는 영향

서동열, 양용필*
동신대학교 물리치료학과

The Effect of Speed-Change Gait Training on Cardiopulmonary Function of Stroke Patients

Dong-Yel Seo, Yong-Pil Yang*
Department of Physical Therapy, Dongshin University

요약 본 연구는 보행 훈련시 심박수의 변화에 따라 보행속도를 조절하여 뇌졸중 환자의 심폐기능의 변화를 알아보고자 하였다. 대상자는 만성 뇌졸중 환자 20명을 무작위로 실험군과 대조군으로 분류하여 연구를 진행하였다. 실험군은 심박수 측정기를 착용한 상태로 트레드밀에서 심박수의 변화에 따라 보행속도를 증가 또는 감소시키면서 보행훈련을 실시하였고, 대조군은 대상자의 주관적인 속도에 의해 보행훈련을 실시하였다. 보행훈련 사이에 10분 간격으로 1분씩 휴식시간을 부여했으며 주 3회씩 총 6주간 중재를 실시하였다. 대상자들의 중재이후의 변화를 살펴보기 위하여 폐활량(VC), 호기예비용적(Erv), 흡기예비용적(Irv) 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(FEV1), 최대 호기 속도(PEF)를 측정하여 심폐기능의 변화를 확인하였다. 연구결과 폐활량, 호기예비용적, 호기예비용적에서 집단과 시기사이에서 상호작용을 나타내었으며 주효과인 집단 및 시기 간 유의한 차이도 나타났다($p < .05$). 1초간 노력성 호기량, 노력성 폐활량, 최대 호기 속도에서는 그룹과 시기사이에서 상호작용이 나타나지 않았다. 주 효과에서는 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았으나 ($p > .05$) 시기 간에는 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 연구결과 보행과정에서 심박수의 변화에 따라 속도를 변화시켜 훈련을 시행할 경우 심폐기능의 유의한 향상을 보인 것으로 보아 보행 훈련시 속도변화를 통해 훈련을 할 경우 심폐기능의 유의한 변화를 이끌어 낼 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract This study examined the changes in the cardiopulmonary functions of stroke patients by adjusting the s heart rate during walking training. This study was conducted on 20 chronic stroke patients. The experimental group conducted walking training by varying the walking speed according to the change in heart rate on the treadmill. In contrast, the control group conducted walking training by the subjective speed of the subject. The walking training was conducted for 32 minutes, three times a week, for a total of six weeks. The changes after the intervention of the subjects were determined by measuring the VC, ERV, IRV, FVC, FEV1, and PEF. The study revealed interactions between the groups and timing in the VC, ERV, and IRV($p < .05$). There were no interactions between the groups and timing in FEV1, FVC, and PEF. The main effects showed no significant differences between the groups ($p > .05$) but showed significant differences between periods ($p < .05$). These results suggest that the cardiopulmonary function was improved significantly when the training was conducted by changing the pace of the heart rate in the walking process, leading to significant changes in the cardiopulmonary function.

Keywords : Aerobic exercise, Cardiopulmonary function, Gait Training, Gait Speed, Stroke

*Corresponding Author : Yong-Pil Yang(Dongshin Univ.)

email: raonpt@dshu.ac.kr

Received January 26, 2021

Accepted May 7, 2021

Revised February 24, 2021

Published May 31, 2021

1. 서론

뇌졸중은 국소적으로 신경학적 손상이 발생한 뇌혈관 질환으로 신체 구조 및 기능 손상으로 감각 저하, 비정상적인 균형능력, 근육약화 등이 나타나며 다양한 기능장애 및 보행 장애를 일으키게 된다[1,2].

뇌졸중 환자에게 보행은 단순한 이동 능력에서 벗어나 사회적 참여를 위한 필수적인 능력이다[3].

지역사회에서 요구되는 보행능력은 불규칙한 지면과 다양한 장애물이 존재하는 환경에서 낙상의 위험이 없어야 하며 턱을 오르내리고 건물목에서 보행자 신호시간 동안 안전하게 이동할 수 있는 보행속도와 심폐기능을 포함한 신체 지구력이 필요하다[4].

뇌졸중 환자들은 감소된 활동과 율동적이지 못한 운동 양상으로 인해 전체적인 활동량이 줄어들게 된다[5]. 활동량의 감소는 신체기능에 영향을 주게 되어 호흡기능, 심혈관기능, 근골격기능의 저하를 가져오게 한다[6]. 특히, 뇌졸중으로 인한 운동기능 감소는 유산소 운동 능력과 심폐기능의 감소를 일으키고 일상생활활동을 영위하는데 많은 제약을 유발하게 되면서 사회적 참여기회까지 감소하게 된다[7].

따라서, 뇌졸중 환자들의 지구력 저하로 인한 일상생활의 어려움에 대한 개선 필요성이 강조되고 있다. 또한, 마비나 근약화로 인한 불필요한 에너지 소모를 감소시켜 신체기능을 향상시키기 위한 보행훈련 프로그램의 필요성이 강조되면서 다양한 보행훈련방법들이 시도되고 있다[8-10].

최근 제시되는 다양한 보행 훈련 방법들 중 운동 순환 운동 접근법과 생리학적인 유산소 운동이 있다[11]. 이러한 연구들은 보행속도를 증가시키는데만 중점을 두는 것이 아니라 속도의 증가와 감소를 일정한 비율로 반복하여 구조화된 속도 조절 보행훈련방법들을 제시하고 있다[12].

일반적으로 보행속도가 증가할수록 에너지 소비량이 증가하여, 보행속도를 다양하게 변화시키는 것은 보행 양상과 심혈관계 기능, 근력, 운동협응 능력 등을 향상시키는데 효과가 있다고 하였다[13,14].

보행훈련과 관련된 최근 연구들은 보행능력에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변수를 통제시켜 수행되어지고 있지만, 환자의 기능적 특성을 고려하여 느린 보행속도를 적용하거나[15], 환자의 주관적 평가에 의해 일정한 속도를 적용한 사례들이 대부분이며 보행속도를 훈련과정에서 변화되는 신체기능에 따라 조절하여 훈련의 효과를

확인한 연구는 부족한 실정이다[16].

따라서 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 보행속도를 심박수의 변화에 따라 조절하여 실시하는 보행훈련과 속도의 변화 없이 지면에서 일정한 속도로 시행하는 보행훈련이 심폐기능에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구설계

본 연구는 속도조절을 통한 보행훈련이 뇌졸중 환자들의 심폐기능에 미치는 영향을 알아보고자 진행하였다. 중재는 주3회씩 총 6주간 진행되었으며 중재 개시 1일 전과 1일 후에 각각 심폐기능을 측정하여 자료를 수집하였다.

2.2 연구대상

연구대상자는 A 요양병원의 6개월 이상으로 입원 치료 중인 만성 뇌졸중 환자 20명을 모집하였다. 본 연구의 목적 및 내용에 대한 설명을 듣고 실험 참여에 동의와 함께 대상자가 원할 경우 언제든지 연구 참여에 대한 동의를 철회할 수 있음을 설명하였다. 모집된 대상자들은 무작위로 2개 집단으로 구분하였다. 또한, 대상자의 선정 기준은 보조도구 없이 독립적으로 10 m 이상 보행이 가능하고, 보행속도를 조절할 수 있는 자, 트레드밀 위에서 30분 이상 보행이 가능한 자, K-MMSE 24점 이상, FAC(functional ambulation category) 3등급 이상이며 정형외과적 질환이 없는 자로 선정하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 <Table 1>과 같으며, 두 그룹 간의 나이, 신장, 몸무게, 유병기간에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

Table 1. General characteristic of subject (n=20)

General characters	Experimental group (n=10)	Control group (n=10)	p
Sex(male/female)	8/2	7/3	
Age(years)	60.15±6.86 ^a	61.00±5.93	.561
Height(cm)	165.33±7.09	166.33±7.30	.541
Weight(kg)	63.81±7.20	64.24±8.83	.797
Onset duration(months)	14.72±4.04	15.18±4.29	.620
Paretic side(right/left)	6/4	4/6	

^aMean±SD

2.3 중재방법

본 연구에서 사용한 중재 방법은 속도변화를 통한 트레드밀 보행 훈련과 장애물이 없는 지면 위에서 보행 훈련을 실시하였다. 속도변화 트레드밀 훈련은 대상자의 심박수에 따라 속도를 조절하였으며 연령에 따라 노인(60~69세)은 Fox 공식을 사용하였고, 성인(29~59세)은 Gelish 공식을 사용하였다[15]. 각각의 대상자에 해당하는 추정식을 사용하여 산출되어진 최대심박수를 Karvonen method에 대입하여 50~100 %까지 다섯 구역으로 분류하였다.

각 대상자의 최대심박수를 기준으로 50 %, 70 %에 해당하는 심박수를 산출하고[17], 그 후 대상자에게 휴대용 심박계를 착용하게 한 후 심박수를 실시간으로 치료사가 관찰하며 중재하였다. 지면 보행훈련은 장애물이 없는 실내에서 편안한 속도로 정해진 시간만큼 치료사의 관찰 하에 시행되었다. 훈련시간은 총 32분으로 중간에 10분 간격으로 1분씩 2회 휴식시간을 부여하였으며 중재를 재개할 경우 이전 단계의 속도에 맞춰 진행하였다.

2.3.1 속도변화를 통한 트레드밀 보행훈련

대상자의 트레드밀 위에서 심박수를 실시간으로 확인하고, 이를 기준으로 속도를 조절하며 훈련을 시행하였다 (Fig 1).

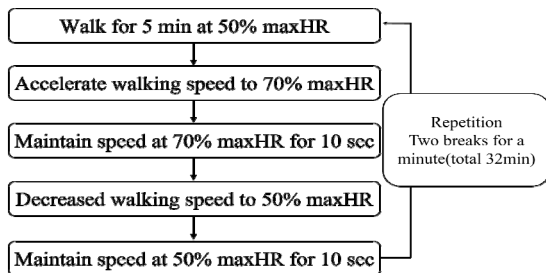


Fig. 1. Intervention Procedure of Experimental Group

2.3.2 지면 보행훈련

장애물이 없는 편평한 실내에서 “편안하고 안전한 속도로 걸으세요” 라는 지시에 따라 보행훈련을 실시하였다(Fig 2). 치료사는 대상자가 보행을 하는 동안 낙상위험과 이상 징후가 발견되면 즉시 보행을 중지시키도록 하였다.

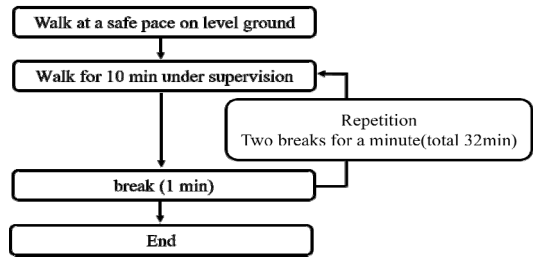


Fig. 2. Intervention Procedure of Control Group

2.4 측정방법

2.4.1 폐 기능 측정

심폐기능을 확인하기 위해 폐활량 측정장비(Spirometry MicroLAB MK8, care fusion, USA)를 사용하였다. 대상자는 선 자세에서 자세를 바르게 세우고 코마개로 코를 막은 후에 평상시와 같이 호흡을 2회 반복하게 한다. 이후 약 2초 동안 빠르게 숨을 들이마시고 약 6초 동안 잔기량이 없도록 숨을 내쉬게 하였다. 총 3회씩 측정하였고 중간에 5분간 휴식을 취하게 했으며 3회 측정값 중 최대값을 사용하였다[18]. 측정전 대상자들이 충분히 알 수 있도록 설명을 하고 치료사가 시범을 보여준 후에 측정하였다.

폐기능을 확인하기 위해 폐활량(vital capacity: VC)과 노력성 폐활량(forced vital capacity: FVC), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume at one second: FEV1) 측정하였다. 또한, 최대 호기 속도(peak expiratory flow: PEF), 흡기 예비용적(inspiratory reserve volume: IRV), 호기예비용적(expiratory reserve volume: ERV)을 측정하여 자료를 수집하였다.

2.4.2 심박수 측정 도구

대상자의 심박수를 측정하기 위해 Garmin Forerunner 920XT(Garmin Inc, USA)를 사용하였다. 중재 시 환자의 심박수를 치료사가 확인하기 위해 대상자의 손목에 착용하게 하고 실시간 심박수 변화를 관찰하며 보행훈련 속도를 조절하였다.

2.5 분석방법

수집된 자료는 SPSS 20.0 ver. for window를 사용하였다. 정규 분포를 알아보기 위해 Shapiro-wilk 검정을 실시하였고, 대상자의 일반적 특성은 기술통계량을 사용하였다. 두 그룹의 중재 전후의 변화를 확인하기 위

Table 2. Comparison of pulmonary function before and after training between the two groups. (n=20)

Group		Pre-Intervention	Post-Intervention		F Value	p
VC	Experimental Group	2.842±.273a	3.071±.167	T	13.616	.002*
	Control Group	2.568±.377	2.540±.329	G TxG	9.570 22.260	.006* .000*
FEV1	Experimental Group	2.606±.317	2.866±.272	T	5.308	.033*
	Control Group	2.455±.338	2.557±.469	G TxG	2.743 1.011	.115 .328
FVC	Experimental Group	2.733±.235	2.604±.326	T	5.119	.036*
	Control Group	2.984±.207	2.649±.402	G TxG	3.829 2.479	.066 .133
PEF	Experimental Group	316.800±111.567	298.800±124.467	T	4.296	.043*
	Control Group	341.700±114.747	285.900±94.172	G TxG	.017 1.0128	.899 .302
ERV	Experimental Group	1.131±.248	1.362±.168	T	36.222	.000*
	Control Group	1.001±.141	1.037±.137	G TxG	8.754 19.321	.008* .000*
IRV	Experimental Group	1.089±.168	1.050±.134	T	45.491	.000*
	Control Group	1.382±.154	1.052±.109	G TxG	9.451 44.266	.007* .000*

*Mean±SD, *p<.05, T: Time, G: Group, TxG: TxG, VC: vital capacity, FEV1: forced expiratory volume at one second, FVC: forced vital capacity, PEF: peak expiratory flow, ERV: expiratory reserve volume, IRV: inspiratory reserve volume

해 반복측정 이원분산분석(Two-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 모든 통계학적 유의수준 α 는 .05로 하였다.

3. 연구결과

폐활량, 호기에비용적, 흡기에비용적에서 그룹과 중재 시기에 따른 상호작용 하는 것으로 나타났고, 그룹 및 중재 시기 간 유의한 차이도 나타났다(p<.05).

1초간 노력성 호기량, 노력성 폐활량, 최대호기속도에서는 그룹과 중재 시기 사이에 상호작용이 나타나지 않았다(p>.05). 주 효과에서 그룹 간 유의한 차이도 보이지 않았으나(p>.05) 중재 시기에 따라 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 2).

4. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자인 대상자의 심박수의 변화에 따라 결정된 보행속도를 실시간으로 변화를주어 적용하여 훈련을 시행했을 때와 일정한 속도를 지속적으로 적용하여 보행훈련을 적용한 경우를 비교하여 훈련 시 보행속도의 변화가 뇌졸중 환자의 폐기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그리고 이를 위해 폐활량, 호기에비

용적, 호기에비용적, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대 호기속도를 측정하여 폐기능의 변화를 확인하였다.

그 결과 폐활량, 호기에비용적, 흡기에비용적에서 집단과 시기 사이에서 상호작용 하는 것으로 나타났으며 주효과에서 집단과 시기간 유의한 차이가 나타났다.

Park 등[19]은 뇌졸중 환자에게 무작위 속도변화를 적용하여 보행훈련을 시행한 결과 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대 수의적 환기량에서 중재전에 비해 유의한 차이를 보인 결과는 본 연구의 심폐기능의 유의한 변화와 일치하였다. 이는 뇌졸중 환자들의 보행훈련과정에서 심박수의 변화를 실시간으로 확인하고 그 변화에 따라 보행속도를 지속적으로 증가시키는 훈련을 시행한 결과 속도변화에 적응력 향상과 속도증가로 인한 운동량의 증가를 유도하였고, 그 결과 대상자들의 심폐기능의 변화를 가져온 것으로 판단된다.

그러나 1초간 노력성 호기량, 노력성 폐활량, 최대 호기속도에서는 집단과 중재 시기에 따른 상호작용에서는 통계적으로 유의하게 나타나지는 않았으나 보행 훈련 중재 유무에 따른 의미 있는 변화를 보여 뇌졸중 환자의 폐기능의 향상에 긍정적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 본다. 이러한 변화들은 과제지향적 훈련을 높은 강도로 시행하여 보행에 미치는 영향을 확인한 연구와 같이 심폐기능에 영향을 줄 수 있도록 중재행위 강도의 증가 필요성을 뒷받침할 수 있는 근거로 활용될 수 있을 것으로 생각된다[20,21].

본 연구결과와 심폐기능의 유의한 변화는 트레드밀을 활용한 유산소 운동을 적용하여 중년층의 폐활량, 노력성 폐활량, 호기에비용적의 개선을 확인한 연구와 만성 폐쇄성 폐질환 환자에게 트레드밀과 하지 운동기구를 이용하여 훈련강도를 증가시켜 훈련을 시행한 결과 근기능과 폐기능의 향상을 보인 연구들과 유사하였다[22,23].

뇌졸중 환자의 보행속도가 증가하면 부적절한 보행 패턴에 의한 에너지 소비량과 심혈관계에 미치는 부정적인 영향을 감소시켜 심폐기능이 향상된다[24]. 이는 보행속도를 증가시켜 대상자가 증가하는 변화에 적응하게 되는데, 이러한 활동이 보행패턴의 개선을 가져오게 하고, 또한 심폐기능의 향상을 이끌어낼 수 있다는 것을 의미한다.

선행연구에서 보행훈련의 과제 특이성, 반복성, 훈련 강도의 협조 원리를 이용한 속도의존성 보행은 보행 속도를 증진시키는데 효과적이라고 하였고[12], 과제 지향적, 속도 의존성 훈련은 보행 속도의 증가에 따라 보행 양상, 심혈관계 상태, 근활성도, 협응력, 자세조절능력을 향상시킬 수 있다고 하였다[25]. 따라서 본 연구에서 심박수의 실시간 변화에 따라 보행속도의 변화를 주고 보행훈련을 시행한 것은 선행연구에서와 같이 과제 특이성, 반복성의 원리에 의한 훈련방식으로 판단되고 이전 연구들과 같이 유사한 긍정적 결과를 보였다고 생각된다.

본 연구에서는 적은 대상으로 인해 뇌졸중환자 전체의 특성을 대변할 수 없었지만, 많은 대상자수와 다양한 보행장애 환자를 대상으로 연구를 시행한다면 효과적인 보행훈련 방법의 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 심박수의 변화에 따라 가변적인 보행속도를 적용한 보행훈련이 뇌졸중 환자의 심폐기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그 결과 심박수에 따라 속도를 변화시킨 보행훈련군에서 심폐기능 변수들이 개선되었다. 따라서 향후 뇌졸중 환자들의 재활과정에서도 속도의 변화를 활용한 보행훈련방법을 적극 활용한다면 심폐기능의 향상을 가져와 보행기능의 개선과 일상생활활동 능력의 향상에도 긍정적인 변화를 가져올 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] B. Belgen, M. Beninato, P. E. Sullivan, K. Narielwalla, "The Association of Balance Capacity and Falls Self-Efficacy with History of Falling in Community-Dwelling People with Chronic Stroke", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.87, No.4, pp.554-561, 2006.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2005.12.027>.
- [2] L. J. Rapport, J. S. Webster, K. L. Flemming, J. W. Lindberg, M. C. Godlewski et al, "Predictors of Falls among Right-Hemisphere Stroke Patients in the Rehabilitation Setting", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.74, No.6, pp.621-626, 1993.
DOI:[http://dx.doi.org/10.1016/0003-9993\(93\)90160-C](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9993(93)90160-C).
- [3] J. Won, "The Effect of Muscle Strengthening Exercise and Gait Training for Stroke Persons in a Community", *Physical Therapy Korea*, Vol.13, No.3, pp.18-23, 2006.
- [4] K. Hill, P. Ellis, J. Bernhardt, P. Maggs, S. Hull, "Balance and Mobility Outcomes for Stroke Patients: A Comprehensive Audit", *Australian Journal of Physiotherapy*, Vol.43, No.3, pp.173-180, 1997.
DOI:[http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60408-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60408-6).
- [5] M. de Haart, A. C. Geurts, S. C. Huidekoper, L. Fasotti, J. van Limbeek, "Recovery of Standing Balance in Postacute Stroke Patients: A Rehabilitation Cohort Study", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.85, No.6, pp.886-895, 2004.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2003.05.012>
- [6] Y. E. Choi, J. H. Kim. "The Effects of Treadmill Gait Training and STS Exercise on Cardiopulmonary Function, Muscular Cross-sectional Areas and Insulin Resistance in Patients with Stroke", *Neurotherapy*, 19(1), pp.31-39, 2015.
- [7] J. O. Kelly, S. L. Kilbreath, G. M. Davis, B. Zeman, J. Raymond, "Cardiorespiratory Fitness and Walking Ability in Subacute Stroke Patients", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.84, No.12, pp.1780-1785, 2003.
DOI:[http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00376-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00376-9)
- [8] F. Eser, G. Yavuzer, D. Karakus, B. Karaoglan, "The Effect of Balance Training on Motor Recovery and Ambulation After Stroke: A Randomized Controlled Trial", *Eur J Phys Rehabil Med*, Vol.44, No.1, pp.19-25, 2008.
- [9] M. Franceschini, S. Carda, M. Agosti, R. Antenucci, D. Malgrati et al, "Walking After Stroke: What does Treadmill Training with Body Weight Support Add to Overground Gait Training in Patients Early After Stroke?", *Stroke*, Vol.40, No.9, pp.3079-3085, 2009.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.109.555540>.
- [10] R. F. Macko, G. V. Smith, C. L. Dobrovolsky, J. D. Sorkin, A. P. Goldberg et al, "Treadmill Training Improves Fitness Reserve in Chronic Stroke Patients", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.82, No.7, pp.879-884,

2001.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.23853>.
- [11] R. F. Macko, C. A. DeSouza, L. D. Tretter, K. H. Silver, G. V. Smith et al, "Treadmill Aerobic Exercise Training Reduces the Energy Expenditure and Cardiovascular Demands of Hemiparetic Gait in Chronic Stroke Patients: A Preliminary Report", *Stroke*, Vol.28, No.2, pp.326-330, 1997.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.28.2.326>.
- [12] M. Pohl, J. Mehrholz, C. Ritschel, S. Rückriem, "Speed-Dependent Treadmill Training in Ambulatory Hemiparetic Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial", *Stroke*, Vol.33, No.2, pp.553-558, 2002.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1161/hs0202.102365>.
- [13] L. Chan, L. M. Chin, M. Kennedy, J. G. Woolstenhulme, S. D. Nathan et al, "Benefits of Intensive Treadmill Exercise Training on Cardiorespiratory Function and Quality of Life in Patients with Pulmonary Hypertension", *Chest*, Vol.143, No.2, pp.333-343, 2013.
DOI:<https://doi.org/10.1378/chest.12-0993>.
- [14] S. J. McGregor, M. A. Busa, J. A. Yaggie, E. M. Bollt, "High Resolution MEMS Accelerometers to Estimate VO₂ and Compare Running Mechanics between Highly Trained Inter-Collegiate and Untrained Runners", *PloS one*, Vol.4, No.10, pp.1-10, 2009.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0007355>.
- [15] B. H. Dobkin, "An Overview of Treadmill Locomotor Training with Partial Body Weight Support: A Neurophysiologically Sound Approach Whose Time has Come for Randomized Clinical Trials", *Neurorehabilitation and neural repair*, Vol.13, No.3, pp.157-165, 1999.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1177/154596839901300301>
- [16] C. Kim, J. Choi, "Comparison of Pulmonary and Gait Function in Subacute Or Chronic Stroke Patients and Healthy Subjects", *The Journal of Korean Physical Therapy*, Vol.23, No.5, pp.23-28, 2011.
- [17] R. L. Gellish, B. R. Goslin, R. E. Olson, A. McDonald, G. D. Russi et al, "Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate", *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.39, No.5, pp.822-829, 2007.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1097/mss.0b013e31803349c6>
- [18] J. Han, M. Go, Y. Kim, "Comparison of Forced Vital Capacity and Maximal Voluntary Ventilation between Normal and Forward Head Posture", *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, Vol.10, No.1, pp.83-89, 2015.
DOI:<http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2015.10.1.83>
- [19] S. Park, Y. Cha, Y. Choi, "Effects of Treadmill Walking Training with Randomized Walking Speed on Pulmonary Function in Persons with Chronic Stroke", *Korean Society of Physical Medicine*, Vol.11, No.4, pp.71-78, 2016.
DOI:<https://doi.org/10.13066/kspm.2016.11.4.71>
- [20] J. Kang, D. Jeong, S. Park, J. Lee, "Effects of Chest Resistance Exercise on Forced Expiratory Volume in One Second and Fatigue in Patients with COPD", *The Journal of Korean Physical Therapy*, Vol.23, No.2, pp.37-43, 2011.
- [21] J. C. Outermans, R. P. van Peppen, H. Wittink, T. Takken, G. Kwakkel, "Effects of a High-Intensity Task-Oriented Training on Gait Performance Early After Stroke: A Pilot Study", *Clinical rehabilitation*, Vol.24, No.11, pp.979-987, 2010.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1177/0269215509360647>
- [22] J. Y. Lee, J. H. Jung, E. J. Chung, K. Kim, "The Effect of Feedback Breathing Exercise and Treadmill Exercise on Chest Length and Pulmonary Function of the Middle-Aged", *J Spec Educ Rehabil Sci*, Vol.52, pp.319-333, 2013.
- [23] F. M. E. Franssen, R. Broekhuizen, P. P. Janssen, E. F. M. Wouters, A. M. W. J. Schols, "Effects of Whole-Body Exercise Training on Body Composition and Functional Capacity in Normal-Weight Patients with COPD", *Chest*, Vol.125, No.6, pp.2021-2028, 2004.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1378/chest.125.6.2021>
- [24] M. Y. C. Pang, J. J. Eng, A. S. Dawson, "Relationship between Ambulatory Capacity and Cardiorespiratory Fitness in Chronic Stroke: Influence of Stroke-Specific Impairments", *Chest*, Vol.127, No.2, pp.495-501, 2005.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1378/chest.127.2.495>.
- [25] A. Lamontagne, J. Fung, "Faster is Better: Implications for Speed-Intensive Gait Training After Stroke", *Stroke*, Vol.35, No.11, pp.2543-2548, 2004.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000144685.88760.d7>

서 동 열(Dong-Yel Seo)

[정회원]



- 2013년 2월 : 동신대학교 일반대 학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2016년 2월 : 동신대학교 일반대 학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

정형계 물리치료학, 정형도수치료학

양 용 필(Yong-Pil Yang)

[정회원]



- 2010년 8월 : 한서대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2015년 2월 : 한서대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 조교수

〈관심분야〉

물리치료진단, 신경계운동치료