

방향에 따른 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 마비측 하지근 활성화도와 보행에 미치는 영향

정주현¹, 김영동², 김은자³, 이상호⁴*

¹용인대학교 재활복지 대학원 물리치료전공, ²대전보건대학교 물리치료과,
³경동대학교 물리치료학과, ⁴서남대학교 물리치료학과

The Effects of Treadmill According to Walking Direction on the Affected Side Lower Limb Muscle Activity and Walking Characteristic in Stroke Patients

Ju-Hyun Jeong¹, Young-Dong Kim PT, PhD², Eun-Ja Kim PT, MPT³, Sang-Ho Lee, PT, Ph.D⁴*

¹Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Welfare, Young In University,

²Dept. of Physical Therapy, Daejeon Health Sciences College,

³Dept. of Physical Therapy Kyungdong university ⁴Dept. of Physical Therapy, Seonam University

Purpose The purpose of this study was to identify the effects of treadmill according to walking direction on the affected side lower limb muscle activity and walking characteristic in stroke patients. 30 patients who consents were randomized as two group. **Methods** The Forward Walking group and Backward Walking group performed gait training using on treadmill and conventional physical therapy. **Results** To find out the effect, affected side lower limb muscle activity by BTS Free EMG 1000, walking characteristic by Gait Trainer 2 were three times repeatedly measured at baseline before and after. The results of this study were summarized as follows: Forward walking group improved more significantly 6 weeks after treatment quadriceps, hamstring, tibialis anterior and gastrocnemius in affected side sEMG. Backward walking group improved more significantly 6 weeks treatment quadriceps, hamstring, tibialis anterior and gastrocnemius in affected side sEMG. After a 6 weeks treatment, there was no difference between the two groups in the sEMG. But quadriceps, tibialis anterior and gastrocnemius in the forward walking group showed a mean difference between the positive effects higher than backward walking. Forward walking group improved more significantly 6 weeks after treatment walking speed and walking cycle in gait characteristic. Backward walking group improved more significantly 6 weeks after treatment walking speed, walking cycle and affected side stance phase symmetry index in gait characteristic. After a 6 weeks treatment, there was no difference between the two group gait characteristic but walking speed, walking cycle and step length symmetry index in the backward walking group showed a mean difference between the positive effects higher than the forward walking group. **Conclusion** To summarize the result of this study, it is considered that forward walking and backward walking contribute to improve affected side lower limb muscle activity, walking speed and walking cycle. And backward walking contribute to improve affected side stance phase symmetry index.

Key words Treadmill, Forward Walking, Backward Walking, sEMG, Gait Characteristic

책임 저자 Sang-Ho Lee (fetor07@hanmail.net)

논문 접수일 2016년 4월 20일

수정 접수일 2016년 5월 21일

게재 승인일 2016년 6월 24일

1. 서론

뇌졸중은 기능장애와 사회적 불이익을 야기하며, 편마비 환자의 대부분은 가정 및 지역사회에서 운동성의 제한을 초래할 뿐 아니라 특히 독립적 보행에 어려움을 나타낸다.¹⁾ 뇌졸중 환자의 특징적인 보행패턴은 보행주기와 보행 속도의 감소, 마비측 보장(step length)과 비마비측 보장 간의 활보장(stride length)의 차이, 마비측의 입각기 감소, 유각기 증가와 발등

굽힘의 감소가 나타난다. Yang 등은 비대칭은 뇌졸중 환자의 비정상적인 보행의 양상중의 하나라고 하였으며²⁾, 대다수의 환자는 비마비측 다리보다 단하지 지지기 동안 마비측에서 소요되는 시간이 더 적은 비대칭적인 보행패턴을 보여주기 때문에 생리학적 보행패턴을 다시 얻기 위한 대칭적인 보행의 회복이 필요하다고 하였다. 편마비 환자에게 있어서 독립적인 보행 능력은 고도화된 운동 기능 및 회복의 중요한 척도이며, 가장 중요한 치료 목표 중 하나이다.³⁾

최근 들어 트레드밀 훈련이 임상적으로 편마비 환자나 보행 장애를 가진 환자에서도 광범위하게 연구되어 왔다.⁴⁾ Silver 등은 트레드밀 걷기훈련 후 뇌졸중 환자의 보행속도, 걸음 수(cadence), 그리고 보행의 대칭성이 향상 되었다고 보고하였고,⁵⁾ Laufer 등은 지상 보행훈련 집단과 트레드밀 보행훈련 집단으로 나누어 보행속도를 측정된 결과 트레드밀 보행훈련 집단이 더 유의한 향상을 보였다고 보고하였다.⁶⁾ 김현희도 트레드밀 보행 훈련이 일반적 지면 보행 훈련과 비교하여 편마비 환자의 보행속도를 증가시키고, 비마비측의 보장을 증가시켰다고 하였다.⁷⁾ 트레드밀에서의 보행훈련은 치료사의 에너지 소모를 감소시키고, 환자가 넘어지는 위험을 어느 정도 방지할 수 있는 장점을 가지고 있어 뇌졸중 환자의 보행을 개선시키는 데 안정적이고 효과적인 접근법이라고 할 수 있다.

보행에는 전방 보행과 후방 보행이 있다. Nadeau 등은 현재 운동생리학 연구에서 후방 보행과 전방 보행은 다른 운동생리 특징을 가지고 있다는 것을 보여주었다.⁸⁾ 구체적인 표현으로는 보행시간과 공간에서의 특징이 보행빈도를 증가시키고 지구력을 연장시킬 수 있다고 보고하였다. 후방 보행의 경우는 같은 속도, 같은 운동시간의 전방보행에 비해 무릎뼈 부위에 가해지는 수직적 부하를 이기면서 하지의 근력을 증가시킬 수 있고 심폐반응 또한 증가시킬 수 있는 이점이 있다고 보고 하였다.⁹⁾ Thomas와 Fas는 후방 보행이 보행과 균형 능력을 증가시키며¹⁰⁾, Yang 등은 후방 보행 훈련이 보편적 보행훈련보다 뇌졸중 환자에게 보행 속도와 활보장, 보행 대칭성에 유의한 향상이 있다고 하였다.²⁾ 또한 후방 보행은 무릎관절 굽힘과 함께 엉덩관절 펄름 결합하고, 특히 하지에서 시너지(synergy) 영향이 있는 편마비 환자를 위해서 유용하다고 하였다.¹¹⁾

근의 활성도를 측정하는 방법으로는 근력 검사가 있는데 객관성이 떨어지는 도수근력검사보다는 근육의 전기적 활성 정도를 객관적으로 나타내는 근전도 검사를 연구에 많이 사용하고 있다.¹²⁾ 근 활성화도 분석은 보행의 변위나 근육의 기여도, 근육의 피로 정도, 병적인 상태를 파악할 수 있으며 정상적인 근육 활성 패턴과의 차이를 분석하게 함으로써 치료나 움직임의 전략 및 손상을 예방하기 위한 정보를 제공하게 된다.¹³⁾ 하지 근 활성화에 대한 분석을 하기 위해 일부 연구에서 표면근전도를 사용하였다.¹⁴⁾ 표면 근전도를 이용하여 어떤 동작을 수행하는 특정근육에 대한 양적 근력을 분석하는데 사용하는 것은 어렵지만 위상성 근활동(phasic muscle activity)의 근 활성화도 차이를 분석하는데 적합하다고 하였다.

보행능력을 향상시키기 위해서는 비정상적인 보행 패턴을 분석하고 객관적으로 평가하는 것이 매우 중요하다. 편마비 환자의 보행 평가에는 보행속도, 분속수, 활보장, 보장, 보폭 등이 사용되고 있다.¹⁵⁾ Biodex Gait Trainer 2는 신경 및 정형외과적으로 보행 기능 장애의 재교육을 위한 목적으로 설계되

었으며, 트레드밀과 체중지지 시스템이 결합되어져 균형 훈련과 보행 훈련을 통합하여 훈련 할 수 있고, 객관적으로 보행특성을 측정할 수 있는 기구이다. 임상에서는 뇌졸중 환자에게 보행 훈련도구로 이용된 적이 있으며,¹⁶⁾ 이를 이용하였을 때 전방 보행 형식이 위주가 되고 후방 보행훈련이 전방 보행 훈련과 비교했을 때 뇌졸중 환자들에게 독특한 보행 형태의 훈련 방식이 된다고 하였다.¹⁷⁾

최근 임상에서 뇌졸중 환자의 보행향상을 위해서 트레드밀 훈련이 실시되고 있으며, 편마비 환자의 전방 걷기 운동과 후방 걷기 운동이 각각 효과가 있다고 알려져 있다. 그러나 트레드밀에서의 전방 보행과 후방 보행을 서로 비교하는 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구자는 방향에 따른 보행훈련이 뇌졸중 환자의 마비측 하지 근 활성도와 보행에 어떤 변화를 가져오는지 알아봄으로써 뇌졸중 환자에게 보다 효과적인 보행 훈련을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 순천 P 재활 병원에 입원치료중인 환자 중 아래의 연구조건을 충족시키는 환자 30 명을 대상으로 연구가 진행되었다. 연구기간은 2015년 7월 13일~9월 25일까지였으며, 연구대상자의 선정조건은 1) 하지에 관절 구축이 없고, 정형 외과적 문제가 없는 자, 2) 하지의 심각한 감각손실이 없는 자, 3) 도수근력검사에서 발목 근력이 전반적으로 F 이상으로 측정된 자, 4) 보행도구를 이용하거나 독립적으로 10m 이상 보행이 가능한 자, 5) 뇌졸중으로 인하여 편마비로 진단 받고 발병기간이 6개월 이상인 자, 6) K-MMSE 24점 이상인 자, 7) 과거에 비슷한 연구에 참여한 경험이 없는 자로 본 연구에 참여할 것을 동의한 자로 선정하였다

2. 연구 대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 대상자는 총 30명으로 뇌졸중 환자를 무작위로 전방 보행군 15명과 후방 보행군 15명으로 나누었다. 대상자의 성별은 전방 보행군에서 남자가 5명, 여자가 10명, 후방 보행군에서는 남자가 12명, 여자가 3명이다. 전방 보행군의 평균 연령은 56.80±6.23세, 후방 보행군의 평균연령은 50.53±10.44세이다. 전방 보행군의 평균 신장은 160.87±8.07cm, 후방 보행군의 평균 신장은 170.73±6.70cm이다. 전방 보행군의 평균체중은 63.73±10.01kg, 후방 보행군의 68.87±9.99kg이다. 전방 보행군의 체질량지수는 24.53±2.51kg/m², 후방 보행군은 23.55±2.75kg/m²이다. 뇌졸중 유형은 전방 보행군에서는 뇌출혈이 7명, 뇌경색이 8명, 후방 보행군에서는 뇌출혈

이 9명, 뇌경색이 6명이다. 마비측은 전방 보행군에서는 좌측이 2명, 우측이 13명, 후방 보행군에서는 좌측이 8명, 우측이 7명이다. 또한 발병기간은 전방 보행군에서 18.93±10.01개월, 후방 보행군에서 20.47±10.94개월이다(Table 1).

2. 연구도구

1) 근 활성화도

본 연구에서 근 활성도를 측정하기 위하여 근전도 기기인 BTS Free EMG 1000(Italy)를 사용하였다. 근전도 신호의 표본 수집율은 1024Hz이며 잡음을 제거하기 위해 20~500 Hz 대역 통과 필터를 사용하였으며 전극은 3M사의 2250 Ag-AgCl 타입의 유착성 전극으로 2개를 한 쌍으로 사용하였다.

본 연구에 참여하기 전에 대상자들은 반바지를 착용하고 전극을 붙이기 전에 대상자의 피부청결 상태를 위해 면도를 한 후 알코올 솜 등으로 피부를 닦아 각질을 제거하였다. 넙다리 네갈래근, 뒤 넙다리근, 앞 정강근, 장딴지근의 근전도 신호량을 알아보기 위해서 기존의 연구를 참조하여 각 근육의 전극 부착 부위를 유성펜으로 작게 표시하였다.

표시된 부위를 참조하여 맨손근력검사(MMT)의 최대 근수축시 뚜렷이 보이는 근복에 근전도 전극을 부착하였다. 대상자는 뒤 넙다리근에 부착된 전극이 눌리는 것을 방지하기 위하여 치료용 매트 끝에 편안하게 앉은 자세를 취한다. 넙다리 네갈래근, 뒤 넙다리근, 앞 정강근, 장딴지근의 전극 부착 방법은 Cram 등의 방법을 참고하여 부착하였다.¹⁸⁾

근 활성화도 측정 자세는 Daniels와 Worthingha의 도수근력검사 방법을 참고하여 측정하였으며¹⁹⁾, 최대 등척성 근 수축을 5초 동안 측정하여 자료 값을 RMS(root-mean-square) 처리한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전

도 신호량을 100% MVIC(maximum voluntary isometric contraction)로 사용하였다.

2) 보행 측정 및 훈련기

본 연구에서는 자체 컴퓨터가 내장된 본체와 결과를 출력할 수 있는 프린터로 구성된 Biodex Gait Trainer 2를 사용하여 연구 전·후 보행요소를 측정하고 전·후방 보행 훈련에 사용하였다. Biodex Gait trainer 2는 연구대상자가 실시간으로 지면에 닿아진 발의 모습을 그림자영상을 통해 모니터로 볼 수 있고 실시간 대상자 보행속도(meter/sec), 보행 주기(cycle/sec), 보행 시간, 보장 거리(step length), 입각기와 유각기의 대칭성지수(%)를 히스토그램을 통해 저장된 정상 범주 값과 비교할 수 있는 장비이다. 본 연구에서 보행요소 측정 방법은 다음과 같다. 모니터로 볼 수 있는 그림자 영상을 제거한 상태에서 환자의 성별, 키, 나이, 이름을 입력하고 6분 동안 환자가 편안하게 걸을 수 있는 속도로 보행속도, 보행주기, 마비측 입각기 지수, 보장 대칭 지수를 측정하여 사전, 사후 검사 도구로 사용하였다. Hsu 등의 연구에 사용된 계산법을 참고하여 대칭 지수(입각기, 보장)의 정량화 값을 구하였다.²⁰⁾ 전·후방 보행은 환자가 편안한 느낌을 갖는 정도의 속도로 시작해서 트레드밀에서의 기능이 개선될 때, 서서히 속도를 높여 20분 동안 걷도록 하였다. 훈련 중에 필요할 경우에는 두 명의 치료사가 대상자의 보행훈련을 도와주도록 하였다. 한 명의 치료사는 대상자의 마비측에 앉아서 보행패턴을 손으로 교정해주고, 한 명의 치료사는 대상자의 뒤에서 대상자가 마비측으로 체중 지지가 잘 되도록 유도해 주었다. 그리고 환자로 하여금 필요시에 비마비측 손으로 트레드밀을 잡거나 보조기 착용여부를 선택하도록 하였다.

Table 1. General characteristics and Medical characteristics of the subjects

		Forward Walking group (N=15)	Backward Walking group (N=15)	χ^2/p
Gender	Male	5(33.3)	12(80.0)	0.025*
	Female	10(66.7)	3(20.0)	
Age		56.80±6.23	50.53±10.44	0.056**
Height(cm)		160.87±8.07	170.73±6.70	0.001**
Weight(kg)		63.73±10.01	68.87±9.99	0.171**
Body mass index (kg/m ²)		24.53±2.51	23.55±2.75	0.317**
Stroke type	Hemorrhage(%)	7(46.7)	9(60.0)	0.715*
	Infarction(%)	8(53.3)	6(40.0)	
Paretic side	Lt(%)	2(13.3)	8(53.3)	0.050*
	Rt(%)	13(86.7)	7(46.7)	
Onset(month)		18.93±10.01	20.47±10.94	0.692**

Mean ± SD [%]; *, χ^2 - test; **, independent t test

3. 연구방법

1) 족저압 측정방법

시선은 정면을 향하게 하고 편안한 자세로 직립하여 30초간 측정하였다. 두 번째 발가락 끝에서 발뒤꿈치까지의 길이를 측정 한 후 중앙부를 측정기계의 앞뒤 길이를 양분하는 지점에 위치시켰다. 정적 또는 동적인 발의 정렬상태, 발에 가해진 부하 정도 등이 측정되고 연결된 컴퓨터 화면으로 결과가 보여진다. 판위에 서 있는 상태에서 양 쪽 발에 가해진 부하 정도에 따라 색깔 및 상대적 수치로 표시되기 때문에 측정뿐만 아니라 발에 가해지는 체중 분배를 위한 되먹임훈련이 가능하다. 본 연구에서는 정상아동은 입의로 오른발과 뇌성마비아동은 비우세측과 우세측으로 나뉘, 발의 접촉 면적, 좌우, 전후 측의 체중의 치우침, 발의 접촉 부위별 압력, 발의 앞/뒤, 좌/우의 움직임 측정하였다.

2) 균형능력 측정방법

측정시작 전에 아동으로 하여금 고정된 발판에 올라가 양 발로 서도록 한 다음 장비에 적응할 수 있도록 3번의 준비연습을 한 후 측정을 시작하였다. 측정은 30초 동안 진행되며, 발판의 측정 적용 레벨은 1부터 8까지 있는데, 1은 가장 많이 움직인 것을 말하며, 8을 가장 적게 움직인 것을 말한다. 본 연구에서는 중추신경계 손상 아동을 대상으로 했기 때문에 움직임과 위험 요소가 가장 적은 레벨인 8에서 측정을 실시하였다.

4. 분석방법

본 연구의 결과는 SPSS ver. 20.0 프로그램을 사용하여 분석하였다. 분석방법으로 전방 보행군과 후방 보행군 간에 대상자의 특성인 성별, 마비유형에 차이가 있는지를 알아보기 위하여

χ^2 검정을 실시하였고, 연령, 신장, 체중, 체질량지수, 발병기간에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다.

뇌졸중 연구 대상자들의 일반적 특성 및 각 측정 항목들의 정규분포 여부를 알아보기 위해 Shapiro-Wilk 검정을 하여 정규분포가 인정되어, 두 연구군의 훈련 전·후의 평균 비교는 유의성을 검정하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)를 사용하여 분석하였다. 그룹 간 훈련 전·후 차이 비교는 유의성을 검정하기 위하여 독립 표본 t-검정(independent t-test)를 사용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 방향에 따른 보행 훈련이 마비측 하지 근 활성도에 미치는 영향

1) 넙다리 네갈래근의 근 활성도 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 넙다리 네갈래근 활성도 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $50.58 \pm 6.11\%$ MVIC에서 연구 후 $59.67 \pm 7.12\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 후방 보행군은 연구 전 $51.64 \pm 7.37\%$ MVIC에서 연구 후 $59.64 \pm 8.11\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학 적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$)(Table 2). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균 차를 비교한 결과 전방 보행군 $9.09 \pm 6.38\%$ MVIC, 후방 보행군 $8.29 \pm 5.89\%$ MVIC로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 2. Change of quadriceps activity

(unit: %MVIC)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Quadriceps	pre	50.58±6.11	51.64±7.37	-0.429	0.67
	post	59.67±7.12	59.64±8.11	-0.096	0.92
	t	-5.518	-5.450		
	p	0.000**	0.000**		

M±SD, mean±standard deviation; *p<0.05; **p<0.01

Table 3. Change of hamstring activity

(unit: %MVIC)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Hamstring muscles	pre	59.29±12.75	57.07±9.95	0.532	0.60
	post	67.21±12.11	65.10±13.53	0.450	0.66
	t	-2.821	-3.143		
	p	0.01**	0.007**		

M±SD, mean±standard deviation; *p<0.05; **p<0.01

2) 뒤넓다리근의 근 활성화도 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 뒤 넓다리근 활성화도 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $53.18 \pm 10.21\%$ MVIC에서 연구 후 $65.37 \pm 8.34\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 후방 보행군은 연구 전 $51.41 \pm 10.30\%$ MVIC에서 연구 후 $61.25 \pm 7.42\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학 적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$) (Table 3). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $7.92 \pm 10.87\%$ MVIC, 후방 보행군 $8.03 \pm 9.90\%$ MVIC로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

3) 앞 정강근의 근 활성화도 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 앞 정강근 활성화도 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $59.29 \pm 12.75\%$ MVIC에서 연구 후 $67.21 \pm 12.11\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 후방 보행군은 연구 전 $57.07 \pm 9.95\%$ MVIC에서 연구 후 $65.10 \pm 13.53\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학 적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$) (Table 4). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $12.19 \pm 7.60\%$ MVIC, 후방 보행군

$9.83 \pm 7.82\%$ MVIC로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

4) 장딴지근의 근 활성화도 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 장딴지근 활성화도 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $52.05 \pm 7.83\%$ MVIC에서 연구 후 $61.83 \pm 9.32\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 후방 보행군은 연구 전 $49.03 \pm 10.08\%$ MVIC에서 연구 후 $58.24 \pm 6.95\%$ MVIC로 향상되었으며 통계학 적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$) (Table 5). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $9.78 \pm 14.41\%$ MVIC, 후방 보행군 $9.20 \pm 9.18\%$ MVIC로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

2. 방향에 따른 보행 훈련이 보행에 미치는 영향

1) 보행속도의 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 보행속도 변화량 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 0.43 ± 0.13 m/s에서 연구 후 0.46 ± 0.14 m/s로 향상되었으며 통계학 적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 후방 보행군은 연구 전 0.53 ± 0.12 m/s에서 연구 후 0.55 ± 0.10 m/s로 향상되었으며

Table 4. Changes of Tibialis anterior activity

(unit: %MVIC)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Tibialis anterior muscle	pre	53.18±10.21	51.41±10.30	0.474	0.64
	post	65.37±8.34	61.25±7.42	1.430	0.16
	t	-6.209	-4.869		
	p	0.000**	0.000**		

M±SD, mean±standard deviation; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Table 5. Changes of gastrocnemius activity

(unit: %MVIC)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Gastrocnemius	pre	52.05±7.83	49.03±10.08	0.914	0.37
	post	61.83±9.32	58.24±6.95	1.197	0.24
	t	-2.629	-3.881		
	p	0.02*	0.002**		

M±SD, mean±standard deviation; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Table 6. Changes of walking speed

(unit: m/s)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Walking speed	pre	0.43±0.13	0.53±0.12	-1.999	0.57
	Post	0.46±0.14	0.55±0.10	-1.957	0.21
	t	-5.074	-3.024		
	p	0.000**	0.009**		

M±SD, mean±standard deviation; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

통계학 적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$)(Table 6). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $0.02 \pm 0.02 \text{m/s}$, 후방 보행군 $0.02 \pm 0.03 \text{m/s}$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

2) 보행주기의 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 보행주기 변화량 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $0.35 \pm 0.04 \text{cycle/sec}$ 에서 연구 후 $0.39 \pm 0.06 \text{cycle/sec}$ 로 향상되었으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 후방 보행군은 연구 전 $0.39 \pm 0.09 \text{cycle/sec}$ 에서 연구 후 $0.43 \pm 0.07 \text{cycle/sec}$ 로 향상되었으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$)(Table 7). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $0.03 \pm 0.04 \text{cycle/sec}$, 후방 보행군 $0.04 \pm 0.03 \text{cycle/sec}$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

3) 마비측 입각기 대칭 지수의 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 마비측 입각기 대칭 지수 변화량 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $0.14 \pm 0.59\%$ 에서 연구 후 $0.16 \pm 0.46\%$ 로 증가하였으며 통계학적

으로 유의한 차이는 없었다. 후방 보행군은 연구 전 $0.30 \pm 0.33\%$ 에서 연구 후 $0.16 \pm 0.28\%$ 로 감소하였으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 9). 두 그룹 간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $0.02 \pm 0.26\%$, 후방 보행군 $-0.14 \pm 0.19\%$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

4) 보장 대칭 지수의 변화

방향에 따라 적용한 전방 보행군과 후방 보행군의 보장 대칭 지수 변화량 비교는 다음과 같다. 전방 보행군은 연구 전 $0.05 \pm 0.23\%$ 에서 연구 후 $0.00 \pm 0.26\%$ 로 감소하였으며 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 후방 보행군은 연구 전 $-0.02 \pm 0.18\%$ 에서 연구 후 $0.00 \pm 0.15\%$ 로 증가하였으며 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 9). 두 그룹간 훈련 전·후 평균치를 비교한 결과 전방 보행군 $-0.04 \pm 0.10\%$, 후방 보행군 $0.02 \pm 0.10\%$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

IV. 고찰

뇌졸중은 하지 운동능력의 결여를 가져오며 이는 균형과 보행

Table 7. Changes of walking cycle

(unit: cycle/sec)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Walking cycle	pre	0.35 ± 0.04	0.39 ± 0.09	-1.731	0.07
	Post	0.39 ± 0.06	0.43 ± 0.07	-1.615	0.46
	t	-3.463	-4.303		
	p	0.004**	0.001**		

M±SD, mean±standard deviation; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Table 8. Changes of affected side stance phase symmetry index

(unit: %)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Affected side stance phase symmetry index	pre	0.14 ± 0.59	0.30 ± 0.33	1.019	0.75
	Post	0.16 ± 0.46	0.16 ± 0.28	0.060	0.13
	t	-0.363	2.886		
	p	0.72	0.012*		

M±SD, mean±standard deviation; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Table 9. Changes of step length the symmetry index

(unit: %)

	Forward Walking group (n=15)	Backward Walking group (n=15)	t	p	
Step length the symmetry index	pre	0.05 ± 0.23	-0.02 ± 0.18	-0.945	0.02*
	Post	0.00 ± 0.26	0.00 ± 0.15	0.000	0.09
	t	1.866	-0.856		
	p	0.08	0.40		

M±SD, mean±standard deviation; * $p < 0.05$

능력에 영향을 미치며, 낙상의 위험을 증가시킨다.²¹⁾ 편마비 환자들은 고위중추 통합기능의 손상과 운동 감각 통로의 손상으로 인해 근 긴장도를 적절히 조절하지 못해 선택적인 운동조절 기능에 방해받는다.²²⁾ 또한 뇌졸중 환자들은 정상적인 수준의 자발적 근 수축을 생성할 능력이 부족하고, 근 동원 순서가 부적절하며, 근 활성화 강도조절이 어려워 보행능력이 감소된다. 이로 인해 뇌졸중 환자들은 일반적으로 보행속도와 보행 주기가 느려지고, 마비측 보장과 비마비측 보장간의 차이, 마비측의 짧은 입각기와 긴 유각기 등의 보행 유형이 나타난다.²³⁾

뇌졸중 환자의 보행능력 향상을 위한 방법으로 다양한 방법이 있으나 편마비 환자의 보행 패턴을 향상시키는데 트레드밀이 치료적 접근법으로 행해지고 있다.^{24,25)} 트레드밀을 이용하여 독립보행이라는 목적을 달성하기 위해서는 환자가 익숙하게 사용할 수 있을 만큼의 시간이 필요하다. 뇌졸중 환자의 치료에 있어서 보행능력의 향상은 기능적인 독립성을 이루는 중요한 항목이기 때문에 가장 중요하게 여기는 궁극적인 목표가 된다.²⁶⁾ 그리고 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행훈련은 환자가 단순히 걷는데 목표를 두는 것이 아니라, 정상적이고 효율적인 방법으로 보행이 이루어지도록 해야 한다.²⁷⁾

따라서 뇌졸중 환자의 보행 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 트레드밀을 이용한 전방 보행 훈련과 후방 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 마비측 하지 근 활성도와 보행에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

방향에 따른 보행훈련 후 마비측 하지 근 활성도는 전방 보행군, 후방 보행군 두 군 모두에서 유의한 향상을 보였으며, 보행의 변화는 전방 보행군은 보행속도와 보행주기에서 유의한 향상을 보였고, 후방 보행군은 보행 속도, 보행주기와 마비측 입각기 대칭 지수에서 유의한 향상을 보였다. 두 군의 마비측 하지 근 활성도의 훈련 전, 후 차이와 보행의 훈련 전, 후 차이에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 전방 보행군은 마비측 하지 근 활성도에서 긍정적인 향상을 보였으며, 후방 보행군은 보행의 변화에서 긍정적인 향상을 보였다. 이러한 결과로 전방 보행군은 마비측 하지 근 활성화를 촉진하는데 기여하는 것으로 여겨지고 후방 보행군은 보행의 변화에 기여하는 것으로 여겨진다. 또한 본 연구를 통해 전·후방 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 마비측 하지 근 활성도와 보행 향상에 기여하는 것을 알 수 있었다.

김은정은 트레드밀, 불안정면, 안정면에서의 보행훈련이 효과적인 근 활성도와 보행요소에 영향을 끼친다고 하였으며,²⁸⁾ 김신균은 트레드밀 경사도에 따른 하지 근 활성도에서 5°트레드밀과 10°트레드밀에서 하지 근 활성도와 균형 능력증진에 효과적이라고 하였다.²⁹⁾ 본 연구에서는 전방 보행 훈련군, 후방 보행 훈련군 모두 하지 근 활성도에서 유의한 증가를 보여 선행 연구와 일치하였다($p < 0.01$). 조현정 등은 후방 보행 훈련

이 전방 보행 훈련에 비해 근 활성도가 증가되었으며 근 기능의 향상에 도움이 된다고 하였다.³⁰⁾ 본 연구에서는 후방 보행 훈련의 하지 근 활성도의 전, 후 차이를 보면 넙다리내갈래근에서 $8.29 \pm 5.89\% \text{MVIC}$ 로 뒤넙다리근에서 $8.03 \pm 9.90\% \text{MVIC}$ 로 앞 정강근에서 $9.83 \pm 7.82\% \text{MVIC}$ 로 장딴지근에서 $9.20 \pm 9.18\% \text{MVIC}$ 로 변화의 폭을 보였으며 전방 보행 훈련의 하지 근 활성도의 전, 후 차이는 넙다리내갈래근에서 $9.09 \pm 6.38\% \text{MVIC}$ 로, 뒤넙다리근에서 $7.92 \pm 10.87\% \text{MVIC}$ 로 앞정강근에서 $12.19 \pm 7.60\% \text{MVIC}$ 로 장딴지근에서 $9.78 \pm 14.41\% \text{MVIC}$ 로 변화 폭이 증가하였다. 이와 같은 결과로 후방 보행 훈련보다 전방 보행 훈련에서 근 활성도의 변화폭이 증가하여 선행연구와 상반된 결과를 나타냈다.

Yang 등의 연구에서는 후방 보행 훈련군이 일반적 보행 훈련군 보다 보행속도가 유의하게 증가하였다.²⁾ 또한 Pohl 등은 체계적 속도의존적 트레드밀 훈련이 제한된 점진적 트레드밀 훈련이나 일반적 지면 보행 훈련보다 보행속도, 보장, 보행능력에 유의한 증가를 가져왔다고 하였다.³¹⁾ 김현희는 트레드밀 보행 훈련이 일반적 지면 보행 훈련보다 보행속도와 전측 보장을 증가시켜 트레드밀 보행 훈련이 보행향상에 효과적이라고 하였다.⁷⁾ 본 연구에서도 전방 보행군에서는 보행속도가 $0.43 \pm 0.13 \text{m/s}$ 에서 $0.46 \pm 0.14 \text{m/s}$ 로, 보행 주기가 $0.35 \pm 0.04 \text{cycle/sec}$ 에서 $0.39 \pm 0.06 \text{cycle/sec}$ 로 유의한 증가를 보였으며, 후방 보행군에서는 보행속도가 $0.53 \pm 0.12 \text{m/s}$ 에서 $0.55 \pm 0.10 \text{m/s}$ 로, 보행주기가 $0.39 \pm 0.69 \text{cycle/sec}$ 에서 $0.43 \pm 0.07 \text{cycles/sec}$ 로 유의한 향상을 보였으며, 마비측 입각기 대칭 지수가 $0.30 \pm 0.33\%$ 에서 $0.16 \pm 0.28\%$ 로 감소하여 통계학적으로 유의한 차이를 보여 선행연구와 같은 결과를 나타냈다.

이상의 결과로 볼 때, 일반적 지면 보행 훈련보다 트레드밀에서, 전방 보행 훈련보다 후방 보행 훈련에서 하지 근 활성도의 향상과 보행이 향상됨을 알 수 있었다. 본 연구에서 방향에 따른 보행 훈련 후 하지 근 활성도에서는 선행연구들과는 상반된 결과로 전방 보행 훈련에서 하지 근 활성도가 증가하였으며, 보행 향상에서는 선행 연구들과 같이 후방 보행 훈련에서 더 향상된 결과를 얻었다. 그러나 두 훈련군 간의 비교는 유의하지 않았기 때문에 어느 훈련이 더 효과적이라고 해석하기에는 어려움이 있다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자의 보행을 방향에 따라 전방 보행 훈련과 후방 보행 훈련으로 나누어 적용하여 마비측 하지 근 활성도와 보행에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 실시하였다.

연구 대상자는 전남 순천시 소재 P 재활병원에 입원하고

있는 뇌졸중 환자 중 30명의 환자를 무작위로 전방 보행군 15명, 후방 보행군 15명으로 분류하고 6주간 연구를 실시하였다. 두군 모두 일반적 운동치료를 실시한 후 전방 보행군은 전방 보행을 실시하였고, 후방 보행군은 후방 보행을 실시하였다. 보행 훈련 후 마비측 하지 근활성도와 보행에 미치는 영향을 알아보기 위하여 BTS FreeEMG 1000을 이용하여 넙다리내갈래근, 뒤넙다리근, 앞정강근, 장딴지근의 근 활성도를 3회 반복 측정된 후 평균값을 구하였고 Gait trainer 2를 이용하여 보행 속도, 보행주기, 마비측 입각기 대칭 지수, 보장 대칭 지수의 변화를 6분간 보행 후 평균값을 구하였다. 보행 방향에 따른 연구 전·후 결과는 다음과 같다.

첫째, 전방 보행군의 마비측 하지 근 활성도의 변화는 넙다리내갈래근, 뒤넙다리근, 앞정강근에서 유의하게 향상되었으며 ($p<0.01$), 장딴지근에서도 유의하게 향상되었다($p<0.05$).

둘째, 후방 보행군의 마비측 하지 근 활성도의 변화는 넙다리내갈래근, 뒤넙다리근, 앞정강근, 장딴지근 모두 유의하게 향상되었다($p<0.01$).

셋째, 두 그룹간의 마비측 하지 근 활성도의 변화 비교에서 유의한 차이는 없었으나, 넙다리내갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 전, 후 차이에서 전방 보행군이 후방 보행군보다 높아 전방 보행군에서 긍정적인 효과를 보였다.

넷째, 전방 보행군의 보행특성 변화는 보행속도와 보행주기가 유의하게 향상되었다($p<0.01$).

다섯째, 후방 보행군의 보행특성 변화는 보행속도, 보행주기 ($p<0.01$), 마비측 입각기 대칭 지수가 유의하게 향상되었다 ($p<0.05$).

여섯째, 두 그룹간의 보행특성의 변화 비교에서 유의한 차이는 없었으나 보행속도, 보행주기, 보장 대칭 지수의 전, 후 차이에서 후방 보행군이 전방 보행군보다 높아 후방 보행군에서 긍정적인 효과를 보였다.

이상의 결과를 정리하면 뇌졸중 환자를 대상으로 방향에 따른 전·후방 보행 훈련은 마비측 하지 근 활성도, 보행 속도, 보행 주기에 긍정적인 영향을 미쳤다. 그리고 마비측 입각기 대칭 지수는 후방 보행군에서 긍정적인 영향을 미쳤다. 또한, 전방 보행군은 마비측 하지 근 활성화를 더 촉진시키며, 후방 보행군은 보행특성 변화에 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 임상에서 뇌졸중 환자의 전·후방 보행 훈련이 복합적으로 적용되어야 하며, 전방 보행 훈련은 마비측 하지 근 활성화를 위하여, 후방 보행 훈련은 보행 향상을 위하여 적용하는 것이 효과적일 것이라고 사료된다.

참고문헌

1. Eich HJ, Mach H, Werner C, et al. Aero treadmill plus Bobath walking training improves walking in subacute

stroke : A randomized controlled trial. *Clinical Rehabil.* 2004;189:640-51.

2. Yang Y R, Yen JG, Wang RY, et al. Gait outcomes after additional backward walking training in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2005;19(3):264-73.

3. Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al. Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):115-9.

4. Moseley A, Stark A, Cameron L, et al. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003(3), CD002840. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2005(4), CD002840.

5. Silver KH, Macko RF, Forrester LW, et al. Effects of aerobic treadmill training on gait velocity, cadence, and gait symmetry in chronic hemiparetic Stroke: a Preliminary report. *Neurorehabil. Neural Repair.* 2000;14(1):65-71.

6. Laufer Y, Dickstein R, Chefez Y, et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: a randomized study. *J. Rehabil. Res. Dev.* 2001;38(1):69-78.

7. Kim HH. Effects of treadmill gait training on gait patterns in hemiplegic patients : comparison with conventional gait training. Graduate School of Public Health Yonsei University. 2003.

8. Nadeau S, Amblard B, Measure S, et al. Head and trunk stabilization strategies during forward and backward walking in healthy adults. *Gait Posture.* 2003;18:134-42.

9. Kim KY, Choi JH. Comparison of heart rate and oxygen consumption between forward and backward walking. *J Korean Acad Rehab Med.* 2001;25:474-8.

10. Thomas MA, Fast A. One step forward and two steps back: The dangers of walking backwards in therapy. *Amer J phys med rehabil.* 2000;79(5):459-61.

11. Schmitz TJ. Preambulation and gait training In: Osullivan SB., Schmitz TJ eds. *Physical rehabilitation: assessment and treatment*, fourth edition. Philadelphia: FA Davis Company. 2001.

12. Wirth DP, Cram JR. Multisite surface electromyography and complementary healing intervention: a comparative analysis. *J Altern Complement Med.* 1997;3(4):355-64.

13. Frigo C, Crenna P. Multichannel SEMG in clinical gait

- analysis: a review and state-of-the-art. *Clin Biomech* (Bristol,Avon). 2009;24(3):236-45.
14. Cheng PT, Chen CL, Wang CM, et al. Leg muscle activation patterns of sit-to-stand movement in stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004;83:10-6.
 15. Brandstater ME, Bruin HD, Gowland C, et al. Hemiplegic gait: Analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil*. 1983;64:583-7.
 16. Visintin M, Barbeau H, Mayo NE, et al. A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*. 1998;29:1122-8.
 17. Cipriani DJ, Armstrong CW, Gaul S. Backward walking at three levels of treadmill inclination; an electromyographic and kinematic analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*.1995;22:95-102.
 18. Carm JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Maryland, Aspen Pub, 1998.
 19. Hislop, Helen J. Jacqueline Montgomery, MA. Daniels and Worthingham's Muscle Testing 9th Edition. 2013.
 20. Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84:1185-93.
 21. Liepert J, Brouder H, Wolfgang HR. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*. 2003;31(6),1210-6.
 22. Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and treatment. Heinemann, London. 1970.
 23. Ryerson S, Levit K. Functional movement reeducation. New York: Churchill Livingstone, 1997.
 24. E, Guttry M, Dobkin BH. Improved gait symmetry in hemiparetic stroke patients induced during body weight-supported treadmill stepping. *J Neuro Rehabil*. 1997;11:21-6.
 25. Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80:421-7.
 26. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2007;3-83
 27. Davies PM. Right in the middle: selective trunk activity in the treatment of adult hemiplegia. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.1990.
 28. Kim EJ. The effects of gait training on treadmill and unstable surface and muscular activity in stroke patients. Department of Physical Therapy Graduate School of Rehabilitation Science Daegu Universit. 2009.
 29. Kim SG. Effect of treadmill gradient training on lower limb muscle activity and gait in chronic stroke patient. Department of Physical Therapy Graduate School of Rehabilitation Science Daegu University. 2010.
 30. Cho HJ. Effect of forward or backward inclined walking training on isokinetic muscle strength and electromyography(EMG) activity. Department of Physical Therapy Graduate School of Rehabilitation Science Daegu University. 2008.
 31. Pohl M, Mehrholz J, Claudia R. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 2002;33:553-61.