

뇌졸중 환자에서 트레드밀을 이용한 유산소 운동의 효과

¹국립재활병원 재활의학과, ²휴엔유재활병원 재활의학과

김흥채^{1,2} · 박시운¹ · 유현철¹ · 최경인¹ · 임유림¹ · 김민정¹

The Effect of Treadmill Aerobic Exercise in Stroke Patients

Hong-Chae Kim, M.D.^{1,2}, Si-Woon Park, M.D.¹, Hyun-Chul Yoo, M.D.¹, Kyung-In Choi, M.D.¹, You-Lim Yim, M.D.¹ and Min-Jung Kim, M.S., P.T.¹

Department of Rehabilitation Medicine, ¹National Rehabilitation Center, ²HU&U Rehabilitation Hospital

Objective: To investigate the effect of treadmill aerobic exercise for eight weeks on cardiopulmonary fitness and functional mobility in stroke patients

Method: Twenty one stroke patients who could walk independently and had MMSE score of 24 or higher were included. We used maximal exercise test by means of modified Harbor protocol before and after eight weeks' treadmill aerobic exercise. We monitored patients' status with EKG, heart rate, blood pressure and Borg rating of perceived exertion, and measured maximal O₂ consumption, maximal heart rate, blood pressure, minute ventilation, rate pressure product and respiratory exchange ratio during maximal exercise test. We also assessed functional mobility by Fugl-Meyer assessment of lower extremity, Berg balance scale, five times sit to stand test, timed up & go test, dynamic gait index scale, activities-specific balance confidence scale and Korean-modified Barthel index before and after 8 weeks' training.

Results: Twenty one patients completed treadmill aerobic exercise training. After eight weeks' treadmill aerobic exercise, the cardiopulmonary fitness, measured by maximal O₂ consumption, maximal heart rate, minute ventilation, systolic blood pressure, functional mobility measured by Fugl-Meyer assessment of lower extremity, Berg balance scale, five times sit to stand test, timed up & go test, dynamic gait index scale, activities-specific balance confidence scale and Korean-modified Barthel index showed statistically significant improvement ($p < 0.05$).

Conclusion: Eight weeks' treadmill aerobic exercise improved the cardiopulmonary fitness and functional mobility in ambulatory stroke patients. (Brain & NeuroRehabilitation 2011; 4: 50-56)

Key Words: aerobic exercise, exercise test, rehabilitation, stroke

서 론

뇌졸중은 성인 장애의 주된 원인이며, 만성 신경 결손을 초래하여 일상 생활 동작 수행의 이상과 같은 기능장애를 일으킬 수 있다.¹ 그리고 장애의 발생이나 증가는 신체 활동을 하는데 있어서 많은 노력을 필요로 하게 되고, 이는 다시 신체 활동의 감소를 유발하여 기능 저하를 일으킨다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 최대 운동 부하 검사 결과, 연령 대비 정상인에 비해 50% 감소된 최대 산소 소모

량을 보였고, 1.5~2배의 에너지 소모가 있었다고 보고하였고,² 또 근육 위축이나 탈조건화상태, 지구력 감소 등의 근신경계의 결손이 나타나, 낙상 위험도의 증가와 함께 일상 생활 동작에 대한 기능 저하가 심해진다는 연구 보고^{3,4}도 있었다.

따라서 물리 치료나 작업 치료 등을 이용한 고식적인 운동 치료는 구축 방지, 근력 강화, 보조 기구를 통한 운동성 증가를 유도하여 이동 및 보행 기능을 획득하고자 시도되고 있다.^{4,5} 그러나 아급성기 이후 자연적인 신경 회복이 감소되므로, 고식적인 재활 치료를 지속하는 것은 큰 효과가 없을 것이라는 연구 결과⁶가 있었고, 고식적인 재활 치료를 받은 환자의 95%가 치료 11주 이후 의미있는 보행 기능의 증진이 보이지 않는다고 하였으며,¹ 재활병원 퇴원시 7%만이 외부에서 보행할 수 있는 능력과 사회 생활에 필요한 유산소 능력을 갖게 된다고 하였다.⁷

따라서 과제 지향성 운동을 통해 근력 약화와 조절 능력

접수일: 2010년 7월 5일, 1차 심사일: 2010년 7월 29일
2차 심사일: 2010년 9월 20일, 게재승인일: 2010년 9월 24일
교신저자: 박시운, 서울시 강북구 수유동 가오리길 111번지
☎ 142-070, 국립재활병원 재활의학과
Tel: 02-901-1607, Fax: 02-902-3835
E-mail: seank05@yahoo.co.kr

소실을 포함한 신경학적 손상을 치료하는 것에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 우선 동물 실험에서, 반복적인 운동 과제가 중추 신경계의 가소성을 촉진시킬 수 있다는 연구⁸를 바탕으로, Macko 등⁹은 트레드밀 유산소 운동을 이동 동작 재학습을 위한 과제 지향성 훈련 방법으로 제시하였다. 그들은 트레드밀 유산소 운동 후 마비측 하지의 경직과 에너지 소모가 감소되고, 하지의 근력 강화와 보행 양상의 호전이 나타나서 운동 효율을 증진시킬 수 있다고 하였다. Silver 등¹⁰은 과제 지향성 트레드밀 유산소 운동이 보행 속도, 보행의 율동성(cadence), 좌우 균형 능력을 증가시켜 최대 운동 능력을 증가시킬 수 있다고 하였다.

위의 연구 보고들^{9,10}과 같이, 과제 지향성 트레드밀 유산소 운동은 뇌졸중 환자의 유산소 능력을 증진시키고 일상 생활 동작을 수행할 때 신체적 부담을 감소시켜, 뇌졸중 환자들이 작은 노력으로 더 많은 신체활동을 할 수 있을 것으로 기대된다.

그런데 뇌졸중 환자에서 신경학적 재생에 대한 것은 광범위한 연구가 진행되었으나, 과제 지향성 트레드밀 유산소 운동 이후 심폐 기능과 이동 및 보행기능의 변화에 대해서는 상대적으로 연구가 적어, 현재 활발히 연구가 진행 중이다. 그리고 뇌졸중 발병 후 심폐 기능이 저하되어 운동 지구력이 감소하면 기능 회복에 나쁜 영향을 미치므로, 유산소 운동을 통한 심폐 재활이 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 8주동안 트레드밀 유산소 운동을 시행하여, 트레드밀 운동 전후의 심폐 능력 변화를 확인하고, 다양한 측정 도구를 이용하여 균형 능력과 이동 및 보행기능의 변화를 비교 분석하여, 뇌졸중 환자에게 있어서 트레드밀 유산소 운동의 의의를 살펴보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

본원 재활의학과에 입원한 환자 중 한국판 간이 정신상태 검사 점수가 24점 이상이면서, 독립적인 보행이 가능하고, 미국 스포츠 의학회의 운동 부하 검사 금기 기준¹¹에 해당되지 않는 뇌졸중 환자 21명을 대상으로 하였다. 남자 12명(57.1%), 여자 9명(42.9%)이었으며, 연령은 54.5 ± 12.1 세, 유병기간은 13.7 ± 17.4 (3~83)개월이었다. 좌측 편마비 8명(38.1%), 우측 편마비 12명(57.1%), 사지 마비는 1명(4.8%)이었고, 뇌경색 12명(57.1%), 뇌내출혈 9명(42.9%)이었다. 동반 질환은 고혈압 15명(71.4%), 당뇨병 4명(19.0%), 심혈관 질환 2명(9.5%)이었다(Table 1).

Table 1. General Characteristics of Subjects

Characteristics		Values
Sex	Men	12
	Women	9
Age (years)		$54.5 \pm 12.1^*$
Time from onset (months)		$13.7 \pm 17.4^*$
Hemiparetic side	Right	12
	Left	8
	Bilateral	1
Type of stroke	Ischemic	12
	Hemorrhagic	9
Comorbidity	Hypertension	15
	Diabetes mellitus	4
	Coronary artery disease	2

*Values are mean \pm standard deviation.

2) 연구방법

대상 환자들은 트레드밀(Series 2000 Treadmill[®], GE Medical System Information Technologies, Wisconsin, USA)을 이용하여 8주간 유산소 운동을 트레드밀 유산소 운동 프로그램을 시작하기 전과 종료한 후에 Kim 등¹²의 연구에서 사용된, 변형된 Harbor 프로토콜¹³을 활용하여 각각 시행하였다. 1단계는 최고 속도의 1/2과 0°의 경사각으로 2분간 운동 시행하였으며, 2단계에서는 최고 속도로 운동하였고, 3단계에서는 최고 속도를 유지하면서 4°의 경사각으로 운동하였으며, 4단계 이후에는 1단계에 2°씩 경사를 증가시키면서 8단계까지 진행하였다. 검사 도중 심전도, 심박수, 혈압등을 실시간 검사하였으며, 호흡 가스 분석은 휴대용 무선 호흡 가스 분석기(K4b^{2®}, COSMED S.r.l, Rome, Italy)를 이용하여 산소 소모량, 분당 환기량, 이산화탄소 생성량, 호흡 교환율 등의 자료를 구하였다. 또한 매 단계의 마지막 15초에 Borg 척도 범주¹⁴를 이용한 운동 자각도를 확인하였고, 심박수에 수축기 혈압을 곱하여 산출한 심근 부담률(rate pressure product, RPP)을 구하였다. 최대 산소 소모량 도달 조건¹⁵을 만족한 경우 검사를 중단하였으며, 미국 스포츠 의학회의 기준¹⁶에 따라 임상 운동 검사 종료 지침에 해당하는 경우 운동 검사를 중단하였다.

운동 강도는 Karvonen공식을 이용하여, 트레드밀 유산소 운동 프로그램의 첫 2주는 운동 부하 검사상 확인된 개인의 40% 예비 심박수의 운동 강도로 시행하였으며, 다음 2주마다 50% 예비 심박수, 60% 예비 심박수, 70% 예비 심박수의 운동 강도로 증가시켜 유산소 운동을 시행하였다. 운동 양식은 5분간 30% 예비 심박수의 운동 강도로 준비 운동을 시행한 후, 30분간 40% 예비 심박수 ~70%

예비 심박수의 운동 강도로 본 운동을 시행하였으며, 5분 간 30% 예비 심박수의 운동 강도로 정리 운동을 시행하였다. 그리고 운동의 횟수와 기간은 일주일에 격일제로 주3일, 총 8주간으로 하였다.¹⁷⁾

8주간의 트레드밀 유산소 운동 전후에 최대 산소 소모량, 심박수, 혈압, 분당 환기량, 심근 부담률, 호흡 교환율 등의 변화량을 확인하였으며, 트레드밀 운동 전후의 최대 보행 속도와 최대 보행 경사각을 구하여 비교하였다. 그리고 운동 양상과 균형 능력, 관절 가동 범위 등을 평가하는 하지의 후글-마이어 평가(Fugl-Meyer assessment, FMA)와 균형 능력을 평가하는 버그 평형 척도(Berg balance scale, BBS), 40 cm 의자 높이에서 5회 반복하여 기립-착석 시간을 측정하는 five times sit to stand test (FTSTS), 앉은 자세에서 일어난 후 3 m를 보행 후 되돌아와 자리에 앉은 시간을 측정하는 timed up & go test (TUG), 보행 도중 기능적인 안정성을 평가하기 위해 8문항으로 이루어진 동적 보행 지표 척도(dynamic gait index scale, DGI), 동적 균형 능력과 운동 능력에 대한 주관적인 지표인 activities-specific balance confidence scale (ABC), 일상 생활 동작을 평가하는 한국판 수정 바텔 지수(Korean-modified Barthel index, K-MBI)를 측정하여 비교하였다.

뇌졸중 환자의 균형 능력과 이동 및 보행기능에 대한 측정 도구 중, 하지 FMA는 운동 및 감각 기능, 균형 능력, 관절 가동 범위 등의 운동 능력 회복 정도를 측정하기 위해 고안된 방법으로서, 검사자간 높은 신뢰도 및 타당도를 보인다.¹⁸⁾ BBS는 여러 상황에서의 자세 유지 및 변화, 이동 동작들을 평가하는 14문항으로 이루어져 있으며, 뇌졸중 환자들의 기능적인 균형 능력을 측정하는데 신뢰성이 높은 평가 도구이다. BBS가 44점 이하일 때는 균형 능력이 감소하여 낙상의 위험이 높다는 연구결과¹⁹⁾가 있었으며, Stevenson²⁰⁾은 BBS 6점 이상의 변화가 있다면 이는 뇌졸중 환자의 기능적 균형 능력의 변화를 90%의 신뢰도로 설명할 수 있다고 하였다. 하지의 근력과 자세 조절 능력, 하지의 고유 감각의 이상 유무를 측정하기 위해 FTSTS를 평가하였다. TUG는 앉은 자세의 환자가 자리에서 일어난 후 3 m를 걷고 되돌아와 다시 자리에 앉은 검사이다. 위의 검사는 근력 저하, 균형 능력과 근신경계의 이상을 잘 나타내어, 이동 및 보행기능을 측정하고 정량화하는데 유용하다는 연구가 있었다.²¹⁾ 또 뇌졸중 환자에게 검사-재검사 신뢰도가 높고, 측정된 시간은 보행기능의 수준과 높은 관계가 있다고 하였다.²²⁾ 보행 도중 기능적인 운동성과 안정성을 측정하기 위해 DGI를 평가하였다. DGI는 8문항으로서 각 문항당 0에서 3점으로 이루어져 있고, 0점은 심한 장애 상태, 3점은 정상 운동 상태를 의미하였다. DGI는

운동 감각의 장애와 보행 도중 운동량 조절에 장애를 가지는 환자에게 신뢰도가 높다는 보고가 있었으며, 19점 미만인 경우, 운동 감각과 균형 능력의 장애로 인해 낙상의 위험이 높다고 하였다.²³⁾ 동적 균형 능력과 이동 능력에 대한 주관적인 지표로서, 특별한 보행 능력을 수행하는데 있어서 대상자의 균형 자신감을 보기위해 ABC척도를 평가하였다. ABC척도는 16개의 문항으로 이루어진 자기 기입식 질문지로서, 일상 생활 동작중에서 자신의 균형능력 정도를 0~100사이의 점수로 표시한 후 평균(%)으로 표시하였다. 그리고 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서, Botner 등²⁴⁾은 ABC척도가 뇌졸중 환자에게 높은 신뢰도를 가지며 재현성이 높다고 하였다.

통계분석은 SPSS for Windows version 12.0을 이용하였고, 트레드밀 운동 전후의 심폐 능력과 이동 및 보행기능에 대한 지표 비교는 paired t-test를 이용하여 분석하였고, 통계적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1) 트레드밀 유산소 운동에 따른 심폐 능력의 변화

트레드밀 유산소 운동 후 최대 심박수는 분당 122.9 ± 17.8 회에서 분당 145.6 ± 22.2 회로 의미있게 증가하였다 ($p < 0.05$). 그리고 안정시의 심박수도 분당 73.1 ± 10.6 회에서 분당 76.1 ± 10.1 회로 증가하는 경향 보였고 통계적으로도 의미있는 변화를 보였다($p < 0.05$). 전후의 최대 수축기 혈압은 각각 164.9 ± 14.7 mmHg에서 155.0 ± 14.8 mmHg로 통계적으로 의미있게 감소하였으며, rate pressure product (RPP)은 202.3 ± 30.1 에서 226.1 ± 41.6 으로 통

Table 2. The Result of Maximal Exercise Test before and after Treadmill Aerobic Exercise Training

	Before treadmill exercise	After treadmill exercise
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/min/kg)*	18.5 ± 3.9	23.8 ± 4.6
HR _{max} (beat)*	122.9 ± 17.8	145.6 ± 22.2
HR _{rest} (beat)*	73.1 ± 10.6	76.1 ± 10.1
Systolic BP (mmHg)*	164.9 ± 14.7	155.0 ± 14.8
RPP*	202.3 ± 30.1	226.1 ± 41.6
MV (L/min)*	35.6 ± 11.5	48.1 ± 12.1
RPE	15.8 ± 0.7	14.0 ± 1.1
RER	0.97 ± 0.06	1.06 ± 0.09

Values are mean \pm standard deviation. $\dot{V}O_{2max}$: maximal oxygen consumption, HR_{max}: maximal heart rate, HR_{rest}: rest heart rate, BP: blood pressure, RPP: rate pressure product, MV: minute ventilation, RPE: rating of perceived exertion, RER: respiratory exchange ratio, MPH: mile per hour. * $p < 0.05$.

계적으로 의미있는 증가를 보였다. 그리고 트레드밀 유산소 운동 후 최대 산소 소모량은 18.5 ± 3.9 ml/min/kg 에서 23.8 ± 4.6 ml/min/kg로 통계적으로 의미있게 증가하였으며, 분당 환기량은 운동 전후에 35.6 ± 11.5 L/min에서 48.1 ± 12.1 L/min로 의미있게 증가하였다($p < 0.05$). Borg 척도는 사용했을 때, 15.8 ± 0.7 에서 14.0 ± 1.1 로 감소하였으나 통계적으로 의미있는 변화는 없었다. 그러나 호흡 교환율(RER)은 1.0 ± 0.1 에서 1.1 ± 0.1 로 증가하는 경향 보였으나 통계적으로 의미있는 변화는 없었다 (Table 2).

2) 트레드밀 유산소 운동에 따른 이동 및 보행기능에 대한 척도 변화

8주간의 트레드밀 유산소 운동 후 하지 FMA는 20.7 ± 3.2 에서 25.4 ± 2.4 로 의미있게 증가하였다($p < 0.05$). BBS는 트레드밀 유산소 운동 전 39.0 ± 4.1 에서 운동 후 46.8 ± 3.1 로 통계적으로 의미있게 증가하였으며, 트레드밀 최대 속도는 1.8 ± 0.7 mile/hour에서 2.7 ± 0.7 mile/hour로, 트레드밀 경사도는 $12.8 \pm 1.9\%$ 에서 14.0% 로 의미있게 증가하였다($p < 0.05$).

또 FTSTS는 14.0 ± 3.8 초에서 11.1 ± 2.9 초로, TUG는 16.5 ± 6.3 초에서 11.9 ± 2.7 초로 의미있게 감소하였다($p < 0.05$). 또한 DGI는 13.4 ± 2.4 에서 17.6 ± 1.9 으로, ABC척도는 $36.5 \pm 7.7\%$ 에서 $51.2 \pm 7.3\%$ 로 의미있게 증가하였다. 그리고 K-MBI도 86.4 ± 7.3 에서 93.7 ± 5.3 로 통계적으로 의미있게 증가하였다(Table 3).

Table 3. The Functional Mobility Parameter before and after Treadmill Aerobic Exercise Training

	Before treadmill exercise	After treadmill exercise
Gait speed (MPH)*	1.8 ± 0.7	2.7 ± 0.7
Incline (%)*	12.8 ± 1.9	14.0
BBS*	39.0 ± 4.1	46.8 ± 3.1
FMA of L/Ext.*	20.7 ± 3.2	25.4 ± 2.4
FTSTS*	14.0 ± 3.8	11.1 ± 2.9
TUG*	16.5 ± 6.3	11.9 ± 2.7
DGI*	13.4 ± 2.4	17.6 ± 1.9
ABC scale*	36.5 ± 7.7	51.2 ± 7.3
K-MBI*	86.4 ± 7.3	93.7 ± 5.3

Values are mean \pm standard deviation. Values are mean \pm standard deviation of MMT: zero (=0), trace (=1), poor (=2), fair (=3), good (=4), normal (=5). BBS: Berg balance scale, FMA of L/Ext.: Fugl-Meyer assessment of lower extremity, K-MBI: Korean-Modified Bathel index, FTSTS: five times sit to stand test, TUG: timed up & go test, DGI: dynamic gait index, ABC scale: Activities-specific balance confidence scale. * $p < 0.05$.

고 찰

유산소 운동은 말초 근육에서 산소를 효율적으로 이용하여 함으로써 운동단위의 동원을 증가시키며, 근섬유의 위축을 막고 최대 산소 섭취량을 증가시켜, 낮은 산소 섭취량에서 기능적 동작 수행을 가능하게 하여 지구력을 증가시킬 수 있다고 하였다.²⁵

또한 동물 실험에서 과제 지향적인 자극을 반복적으로 제공했을 때, 신경 연결의 재구성이 촉진된다는 연구 결과가 있었고, 유산소 운동중 트레드밀 운동은 매우 반복적인 과제 지향성 운동이므로 트레드밀 유산소 운동은 체성 감각의 되먹임 기전과 관련이 있을 것이다.²⁶ 따라서 트레드밀 운동이 중추 신경계의 가소성을 자극할 수 있고, 보행 중추를 활성화시켜 보행을 촉진시킬 수 있을 것이다.

비록 만성 뇌졸중 환자에서 트레드밀 유산소 운동이 최대 산소 소모량과 보행 효율을 증진시키는 명확한 기전은 알려지지 않았지만, 뇌졸중 환자의 대퇴 사두근(quadriceps muscle)과 슬와부근(hamstring muscle)의 우력 생산 능력(torque generating capacity)을 증가시키고, 경직 반응을 감소시킬 수 있다는 연구 결과가 있는데, 이러한 현상이 트레드밀 운동 효과의 중요한 기전이 될 수 있을 것이다.^{26,27}

본 연구에서 최대 산소 소모량은 통계적으로 의미있게 증가하였고, 이는 운동의 빈도, 기간, 강도와 관계가 깊을 것으로 생각된다. Macko 등⁸의 연구에서도 트레드밀을 이용한 유산소 운동을 시행한 후, 최대 산소 소모량이 15.4 ± 2.9 ml/min/kg에서 17.0 ± 4.4 ml/min/kg로 증가되었다고 보고하였으나 증가범위가 본 연구보다 작았다. 위의 연구에서는 트레드밀 유산소 운동을 40% 예비 심박수의 운동 강도에서 시작하여 60% 예비 심박수의 운동 강도까지 진행하였으므로, 본 연구보다 낮은 운동 강도까지 진행하였고, 유병 기간이 28 ± 26 개월로서 본 연구보다 만성기의 대상군이었으므로, 최대 산소 소모량의 증가율이 낮았을 것으로 보인다.

본 연구에서 대상군의 수축기 혈압이 의미있게 감소하였는데, Potempa 등²도 10주간의 유산소 운동이 최대 수축기 혈압을 감소시킨다는 연구결과를 보고하였다. 따라서 트레드밀 유산소 운동은, 운동 부하시 수축기 혈압의 증가되는 정도가 낮아지므로, 뇌졸중의 재발 위험을 낮출 수도 있을 것으로 기대된다. 트레드밀 유산소 운동후 안정시 심박수는 감소하나 최대 심박수에는 변화가 없다는 연구 결과¹⁷가 있었다. 그러나 본 연구에서는 안정시 심박수와 최대 심박수가 의미있게 증가하였다. 이는 훈련 기간이 충분히 길지 않았으며, 유산소 능력이나 신장, 체중, 신체

조성과 같은 요인들이 심박수에 영향을 줄 수 있고, 대상 환자들이 심폐 재활에 있어서 완전히 조건화가 되지 않아 나타난 현상이라고 생각된다. Potempa 등²⁵은 유산소 운동 시행후 최대 심박출량이 증가되어, 심근 부담률이 감소된다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 심근 부담률이 증가하는 경향을 보였다. 이는 뇌졸중 환자의 에너지 소모가 증가하므로, 심혈 관계에 대한 부담이 증가되었기 때문으로 생각된다. 그러나 향후 심근 부담률의 감소로 인해 심근의 산소 요구량이 호전되면, 심폐 증상 발현의 역치점이 상승하므로 운동량이 늘어나게 되고 활동 수준이 높아져서 기능 회복에 도움이 될 것으로 생각된다. 또 본 연구에서 분당 환기량이 통계적으로 의미있게 증가하였다. 이는 트레드밀 유산소 운동시 동맥혈의 이산화탄소 농도가 증가하게 되면 이산화탄소 제거, 젖산 중화 및 일정한 pH를 유지하기 위해 심박출량과 환기량이 증가하게 되기 때문으로 생각된다.

Borg 척도¹⁴를 사용한 운동 자각도는 본 연구에서 의미있게 감소하였다. 그런데 운동 자각도는 운동중에 주관적으로 느끼는 정도를 표현하기 위하여 개발된 것으로서 체력 수준, 환경 조건, 일반적인 피로 수준에 영향을 받는다고 알려져 있다. 따라서 본 연구의 결과에서 8주간의 유산소 운동을 통해 운동 내성이 증가하였다고 생각할 수 있지만, 운동 자각도가 개인 편차가 있으므로 일반적으로 적용시키는 것은 무리가 있을 것으로 생각된다.

트레드밀 유산소 운동을 시행한 결과, 하지의 FMA가 트레드밀 유산소 운동후 20 ± 3.0 점에서 25 ± 2.5 점으로 통계적으로 의미있게 증가하였고, Nilsson 등²⁸의 연구에서도 뇌졸중 환자 36명을 대상으로 트레드밀 유산소 운동을 시행한 결과, 하지의 FMA 17.4 ± 9.2 에서 25.4 ± 5.9 로 의미있게 증가하였음을 보였다. 비록 Nilsson 등²⁸의 연구가 본 연구보다 하지 FMA의 증가량이 더 컸지만, 이는 본 연구에 비해 평균 22일의 급성기의 환자를 대상으로 하였고 체중 지지를 시행하여 운동을 하였기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 BBS가 트레드밀 유산소 운동 후 20 ± 3.0 점에서 25 ± 2.5 점으로 의미있게 증가하였다고 하였다. Nilsson 등²⁸의 연구에서도 트레드밀 유산소 운동 후 17.4 ± 9.2 에서 25.4 ± 5.9 로 의미있게 증가하였다. 그러나 Nilsson 등²⁸의 연구가 급성기의 환자를 대상으로 하였고, 본 연구보다 연구기간이 더 길었으므로 BBS의 증가량이 더 컸을 것으로 생각된다.

트레드밀 유산소 운동이 동적 균형 능력을 호전시키는 원리는 명확히 밝혀지지 않았지만, 하지의 근력이나 운동 조절 능력과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각되며, 근력 향상 운동후, 동적 균형 능력이 필요한 작업의 수행 성과

가 호전된다는 연구 결과²⁹도 있었다. 그리고 Smith 등²⁷은 3개월간의 트레드밀 운동후 하지의 근력 증가가 있었다고 발표하였는데, 이러한 증가는 하지의 움직임과 보행 속도에 영향을 주었을 것으로 생각되며, 본 연구에서도 트레드밀 유산소 운동 전후 최대 보행 속도와 보행 경사도가 의미있게 증가하였다. 이는 트레드밀 유산소 운동이 하지의 근력과 함께 대퇴 사두근의 동심성 우력(concentric torque)을 증진시켰고, 고관절 굴곡이나 슬관절의 신전 증대와 같은, 보행 양상의 변화를 일으켰기 때문으로 생각된다.

Whitney 등³⁰은 48 ± 10 세의 환자군을 대상으로 15.3 ± 7.6 초의 FTSTS값을 확인하였으며, 60세 미만에서 이동 동작을 정량화하여 균형 능력의 이상 유무를 구별하는데 FTSTS가 더 유용하다고 하였다. 본 연구에서는 54.5 ± 12.1 세의 환자군에서 트레드밀 운동 전후에 각각 14.0 ± 3.8 초에서 11.1 ± 2.9 초로 통계적으로 의미있게 감소하였다. 이는 뇌졸중 환자에서 트레드밀 유산소 운동이 하지 근력의 증가 뿐 아니라, 자세 조절 능력과 균형 능력을 증진시킬 수 있다는 사실을 보여준다.

본 연구에서 트레드밀 유산소 운동 검사 후 TUG결과도 의미있게 감소하였으며 Silver 등¹⁰은 유병기간 6개월 이상의 환자를 대상으로 주 3회씩 3개월동안 트레드밀 유산소 운동을 시행한 결과, TUG가 의미있게 감소하였으며, 20.7%의 호전율을 보였다고 하였다. Silver 등¹⁰의 연구와 유사하게, 본 연구에서도 25.9%의 호전율을 보였다. 그런데 Silver 등¹⁰의 연구가 5명의 환자를 대상으로 하는 예비 연구이며, 본 연구에 비해 유병기간이 짧았으므로 결과값의 차이를 보였을 것이다. 그러나 본 연구에서도 트레드밀 유산소 운동후 TUG결과와 의미있는 감소를 보였으므로, 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 근력과 균형 능력을 증가시킬 수 있으며 기능적 운동수준을 호전시킬 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 본 연구에서 트레드밀 유산소 운동 전후의 DGI가 통계적으로 의미있게 증가하였다고, Cakit 등³¹의 연구에서도 파킨슨씨병 환자 21명을 대상으로, 주 2회씩 8주 동안 트레드밀 운동을 시행한결과 DGI가 의미있게 증가하였다고 보고하였다. 그러나 Jonsdottir 등²³의 연구결과와 비교하였을 때, 본 연구 결과에서 여전히 운동 감각과 균형 능력이 감소되어 있으나, 트레드밀 유산소 운동이 보행도중 동적 균형 능력과 기능적 안정성을 호전시키는데 일정한 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

Yang 등³²은 뇌졸중 환자 9명을 대상으로 주 3회씩 3주 동안 트레드밀 운동을 시행하여, ABC척도가 67.8 ± 15.1 에서 72.2 ± 16.8 로 증가되었다고 하였다. 본 연구에서도 트레드밀 유산소 운동 전후 ABC척도가 $36.3 \pm 7.8\%$ 에서

51.4 ± 7.4%로 의미있게 증가하였다. 그러나 Yang 등³²의 연구는 본 연구에 비해 대상 환자수가 적었고, 유병기간이 6.1 ± 10.3년으로 만성기의 환자를 대상으로 하였으며, 트레드밀 속도를 증가시켜 운동부하를 제공하여 본 연구와 운동 방법이 달랐으므로 트레드밀 유산소 운동 전후의 ABC척도가 본 연구보다 높게 나타났을 것으로 생각된다. 또한 본 연구에 비해 운동기간이 짧았으므로 ABC척도의 변화량에 차이가 있었을 것으로 생각된다. 그러나 트레드밀 유산소 운동이 ABC척도를 의미있게 증가시켰으므로, 이는 균형 자신감의 증가에 큰 의의를 가질 것으로 생각된다. 그리고 ABC척도는 인지 손상의 정도에 따라 영향을 받을 수 있는데, 인지 손상은 균형 능력을 향상시키는 경험으로부터 획득한 정보를 처리하는 과정에서 제한을 일으키기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 한국판 간이 정신상태 검사 점수가 24점 이상인 환자를 대상으로 하여 인지 손상의 영향을 최소화하였다.

Broderick 등³³은 뇌졸중 환자의 기능장애의 주된 원인으로 자세 조절 능력과 안정성 유지 능력의 감소를 언급하였다. 본 연구에서도 트레드밀 유산소 운동 전후 K-MBI 점수가 통계적으로 의미있게 증가하였다. 이는 트레드밀 유산소 운동이 이동이나 보행시 안정성을 향상시키므로 낙상이나 낙상에 대한 두려움을 감소시킬 수 있고, 이에 따라 일상 생활 동작에 대한 참여가 증가하였기 때문으로 생각된다. 또한 Potempa 등²은 만성 뇌졸중 환자의 유산소 운동에서 감각 운동 능력의 향상을 보고하였으며 이는 최대 산소 소모량의 증가와 밀접한 관계가 있다고 하였다. 따라서 트레드밀 유산소 운동을 통한 심폐 기능과 이동 및 보행기능의 향상이 감각 운동 능력의 증진과 함께 일상 생활 동작을 수행하는 기능적 동작을 증진시킬 수 있다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 환자-대조군 연구가 아니라는 점에서 트레드밀 유산소 운동을 하지 않고 고식적 재활 치료 받은 뇌졸중 환자에서의 심폐기능, 이동 및 보행 그리고 일상 생활 동작 수행에서의 호전 등과 비교 분석을 하여야 더 의미있는 뇌졸중 환자에서의 트레드밀 유산소 운동의 효과를 볼 수 있다는 점에서 향후 지속적인 연구가 필요하겠다. 그리고 최소 발병 후 3개월이 지난 만성기 환자를 대상으로 연구하였으나 유병기간이 3개월부터 83개월로 넓게 분포되어 있어 신경학적 회복이 기대되는 정도와 트레드밀 유산소 운동의 효과 각각을 분석하는데 많은 제한점을 갖고 있다.

결론

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 8주간의 트레드

밀 유산소 운동을 시행하여 운동 전후의 결과를 비교한 결과, 과제 지향성 트레드밀 유산소 운동은, 혈류 역학적 및 대사적으로 심폐 능력의 향상을 이룰수 있으며, 균형 능력과 이동 및 보행기능을 증가시키므로써 뇌졸중 환자의 운동 능력과 활동 수준 향상에 큰 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- 1) Wade DT, Hewer RL. Functional abilities after stroke: measurement, natural history and prognosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1987;50:177-182
- 2) Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tincknell T. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 1995;26:101-105
- 3) Hachisuka K, Umezaki Y, Ogata H. Disuse muscle atrophy of lower limbs in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78:13-18
- 4) Wolfson L, Judge J, Whipple R, Kim M. Strength is a major factor in balance, gait and the occurrence of falls. *J Gerontol*. 1995;50:64-67
- 5) Mol V, Baker C. Activity intolerance in the geriatric stroke patient. *Rehabil Nurs*. 1991;16:337-343
- 6) Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of walking function in stroke patients: The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995;76:27-32
- 7) Goldie PA, Matyas TA, Evans OM. Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;77:1074-1082
- 8) Macko RF, Smith GV, Dobrovolsky CL, Sorkin JD, Goldberg AP, Silver KH. Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82:879-884
- 9) Macko RF, DeSouza CA, Tretter L, Silver KH, Smith GV, Anderson PA, Tomoyasu N, Gorman P, Dengel DR. Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients: a preliminary report. *Stroke*. 1997;28:326-330
- 10) Silver KHC, Macko RF, Forrester LW, Goldberg AP, Smith GV. Effects of aerobic treadmill training on walking speed, cadence, and gait symmetry in chronic hemiparetic stroke. *Neurorehab Neural Repair*. 2000;14:67-71
- 11) American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Seoul: Hanmi Medical Publishing Co; 2006:41-43
- 12) Kim EJ, Kim SS, Kim WH, Lee WJ, Nam KY, Park CW, Choi SW. The selection of exercise stress test in hemiplegic patients. *J Korean Acad Rehab Med*. 2008;32:26-31
- 13) Macko RF, Katzell LI, Yataco A, Tretter LD, DeSouza CA, Dengel DR, Smith GV, Silver KH. Low-velocity graded

- treadmill stress testing in hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 1997;28:988-992
- 14) American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Seoul: Hanmi Medical Publishing Co; 2006:66-67
- 15) Tang A, Sibley KM, Thomas SG, McIlroy WE, Brooks D. Maximal exercise test results in subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87:1100-1105
- 16) American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Seoul: Hanmi Medical Publishing Co; 2006:90-95
- 17) Kim C, Lim SW, Lee SM, Ahn JK. Effectiveness of aerobic exercise in cardiac patients. *J Korean Acad of Rehab Med*. 2000;24:1155-1160
- 18) Duncan PW, Propst M, Nelson SG. Reliability of the Fugl-Meyer assessment of the sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther*. 1983;63:1606-1610
- 19) Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JL. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*. 1995;27:27-36
- 20) Stevenson TJ. Detecting change in patients with stroke using the Berg Balance Scale. *Aust J Physiother*. 2001;47:29-38
- 21) Lord SR, Menz HB, Tiedemann A. A physiological profile approach to falls risk assessment and prevention. *Phys Ther*. 2003;83:237-252
- 22) Ng SS, Hui-Chan CW. The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:1641-1647
- 23) Jonsdottir J, Cattaneo D. Reliability and validity of the dynamic gait index in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88:1410-1415
- 24) Botner EM, Miller WC, Eng JJ. Measurement properties of the Activities-specific Balance Confidence Scale among individuals with stroke. *Disabil Rehabil*. 2005;27:156-163
- 25) Potempa K, Braun L, Tinknell T, Popovich J. Benefits of aerobic exercise after stroke. *Sports Med*. 1996;21:337-346
- 26) Nakamura R, Watanabe S, Handa T, Morohashi I. The relationship between walking speed and muscle strength for knee extension in hemiparetic stroke patients: a follow-up study. *Tohoku J Exp Med*. 1988;154:111-113
- 27) Smith GV, Silver KH, Goldberg AP, Macko RF. "Task-oriented" exercise improves hamstring strength and spastic reflexes in chronic stroke patients. *Stroke*. 1999;30:2112-2118
- 28) Nilsson L, Carlsson J, Danielsson A, Fugl-Meyer A, Hellstrom K, Kristensen L, Sjolund B, Sunnerhagen KS, Grimby G. Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground. *Clinical Rehabilitation*. 2001;15:515-527
- 29) Judge JO, Lindsey C, Underwood M, Winsemius D. Balance improvements in older women: Effects of exercise training. *Phys Ther*. 1993;73:263-265
- 30) Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF, Gee MA, Redfern MS, Furman JM. Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the five-times-sit-to-stand test. *Phys Ther*. 2005;85:1034-1045
- 31) Cakit BD, Saracoglu M, Genc H, Erdem HR, Inan L. The effects of incremental speed-dependent treadmill training on postural instability and fear of falling in Parkinson's disease. *Clinical Rehabilitation*. 2007;21:698-705
- 32) Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, Sung WH, Wang RY. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2008;28:201-206
- 33) Broderick J, Brott T, Kothari R, Miller R, Khoury J, Pancioli A, Gebel J, Mills D, Minneci L, Shukla R. The Greater Cincinnati Northern Kentucky Stroke Study: preliminary first-ever and total incidence rates of stroke among blacks. *Stroke*. 1998;29:415-421