

만성 뇌졸중 환자의 임상적 특성이 보행 시 생리적 부담지수에 미치는 영향

김원호
대진의료재단 분당제생병원 재활의학과

Abstract

The Effects of Clinical Characteristics of Chronic Stroke Patients on Physiological Cost Index During Walking

Won-ho Kim, Ph.D., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, Pundang General Hospital, Daejin Medical Center

The purpose of this study was to investigate the effects of clinical characteristics of chronic stroke patients on physiological cost index (PCI) during walking. Fourteen stroke patients participated in this study. To investigate the clinical characteristics, Fugl-Meyer score (FMS), gait velocity (GV), muscle strength of the knee extensor, modified Ashworth scale (MAS) of ankle plantar flexor, devices, and gait patterns during walking were measured and analyzed. The results were as follows: Firstly, use of devices and high MAS of the ankle plantar flexor significantly increased PCI. Secondly, PCI was significantly correlated with the FMS and MAS of the ankle plantar flexor. In conclusion, inhibition of spasticity of the ankle plantar flexor is considered to reduce PCI during walking for chronic stroke patients.

Key Words: Physiological cost index; Stroke.

I. 서론

보행능력의 회복은 치료를 받는 뇌졸중 환자뿐만 아니라 이들을 치료하는 치료사에게 중요한 목표이다. (Bohannon 등, 1998). 뇌졸중 환자 중 60~70%는 발병 후 5주 이내에 보행능력의 회복을 보이지만, 이중 단지 7%만이 실외에서 보행이 가능하다(Goldie 등, 1996; Hill 등, 1997).

편마비 환자들의 보행 특징은 느리고, 비효율적인 에너지 소비이다. 이러한 특징으로 인해 편마비 환자들은 수행 가능한 일상생활이 제한적이며, 지속시간 또한 짧은 편이다(Olney 등, 1986). 또한 보행주기 중 뇌졸중 환자들은 정상인에 비해 보폭, 보폭수, 보행속도 등이 감소하는 특징을 보이며, 건측이 입각기에 머무르는 시간이 긴 것으로 보고되고 있다(De Quervain 등, 1996). 이런 연구들의 결과는 비정상적인 뇌졸중 환자들의 보

행 형태를 이해하는데 도움이 되지만 보행 중 에너지 소모와 같은 정보를 제공하는 데는 제한점을 가진다.

지역사회에서 독립적 생활을 영위하기 위해서는 적절한 보행속도와 에너지 소모를 최소화하는 것이 필요하기 때문에, 치료사는 보행뿐만 아니라 일상생활에서 에너지 소모를 줄이는 방법을 교육하는 것이 필요하다. 하지만 보행 중 에너지 소모와 관련한 연구들은 많지 않다.

뇌졸중 후 보행 중 에너지 소모는 일반인에 비해 높다는 것은 잘 알려진 사실이다. 하지만, 대부분의 연구들이 운동학 및 운동역학적 측면에서 보행분석을 시도하여 에너지 소모적 측면에서 보행을 분석한 연구들은 많지 않은 편이다. 특히 뇌졸중 환자 특성에 따른 에너지 소비율에 대한 연구는 거의 없는 편이다. 본 연구는 뇌졸중 후, 보행속도와 에너지 소모정도를 알아보고, 에너지 소모를 높이는 요인을 파악하여 좀 더 효율적인 재활방향을 제시하기 위해 시행되었다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 뇌졸중 환자 중 연구에 참여하기로 동의한 남자 14명을 대상으로 실시하였다. 구체적인 기준은 다음과 같다.

가. 발병 후 3개월이 경과한 자

나. 독립적 보행이 가능하며 트레드밀에서 7분 이상 보행 가능한 자

다. 실험에 필요한 지시를 이해하고 따라할 수 있는 자
단, 보행주기 중 입각기 동안 정상적인 무릎 움직임을 보이는 자는 제외하였다.

2. 측정방법 및 측정도구

연구에 참여한 대상자는 다음과 같은 측정과정에 모두 참여하였다.

가. 생리적 부담지수(Physiological Cost Index, PCI) 측정
에너지 소비정도를 평가하기 위해 생리적 부담지수를 측정하였다(Cross와 Tyson, 2003). 생리적 부담지수는 다른 방법에 비해 측정이 용이하고, 이동수단의 효율성을 반영한다(Butler, 1984). 대상자들은 심박동수를 측정하는 Polar Vantage XL 심박동수 측정기¹⁾를 착용한 후, 1분 동안 안정 시 심박동수를 15초 간격으로 측정하여 평균값을 채택하여 기록하였다. 이후 자신에게 적당한 속도로 설정된 트레드밀²⁾위에서 6분간 보행을 실시하였다. 적절한 트레드밀 속도는 평지에서 측정한 편안한 보행속도를 기준으로 하여 적용하였다. 처음 1분 동안은 적응시기로 간주하여 측정에서 제외하고 나머지 5분 동안 매 1분마다 심박동수의 변화를 측정하여 평균값을 구하였다. 생리적 부담지수의 공식은 다음과 같다.

$$\text{생리적 부담지수} = \frac{(\text{보행시 심박동수} - \text{안정시 심박동수})}{\text{보행속도}} \quad (\text{beat/min})$$

나. 편안한 보행속도 검사

보행능력을 평가하기 위해 자신에게 편안한 속도로 10 m를 이동하는데 소요되는 시간을 초단위로 측정하는 10 m 보행속도 검사를 실시하였다(Eng 등, 2002).

소요시간을 3회 반복 측정하여 평균값을 초 단위로 기록하였다.

다. 하지의 운동조절능력 검사

하지 운동기능의 변화를 평가하기 위해 Fugl-Meyer 등(1975)이 개발한 평가척도 중 하지에 해당하는 부분만을 사용하였다. 이 척도는 뇌졸중 환자의 운동기능의 변화를 평가하는데 유용하고 신뢰도($r=.96$)가 높다(Sanford 등, 1993). 3점 척도로 구성되어 있고 하지 운동기능은 34점이 만점이다.

라. 무릎 신전근력 검사

무릎 신전근에 대해 각속도 60°/sec로 등속성 근력 검사를 위해 Cybex dynamometer³⁾를 사용하였다. 무릎 신전근의 최고 근력을 Nm 단위로 3회 측정하여 평균값을 채택하였다.

마. 발목 배측 굽힘근의 강직정도

발목 배측 굽힘근의 강직정도를 측정하기 위해 수정된 Ashworth 척도(Bohannon과 Smith, 1987)를 사용하였다.

바. 보행형태 분류

보행형태 분류를 위해 De Quervain 등(1996)이 사용한 방법을 이용하여 입각기 시 마비 측 다리의 관절각도에 따라 신전밀기(extension thrust)와 부동-무릎(stiff-knee) 형태로 분류하였다. 신전밀기 형태는 입각기 직후 무릎관절에서 신전밀기반사를 보이고, 발목관절에서 배측 굴곡이 증가된 형태를 보이는 것으로 중간 입각기까지 무릎이 완전히 신전된 상태를 유지하면서 보행하는 것이다. 부동-무릎 형태는 입각기 초기부터 중간 입각기까지 무릎이 20~30° 굴곡된 상태를 유지하고 발목관절이 중립 또는 약간 배측 굴곡된 상태를 유지하면서 보행하는 것이다. 대상자는 지름 3 cm인 표시 점을 부착하고 보행하는 동안 디지털 캠코더 VL-NZ100U⁴⁾를 사용하여 촬영한 뒤, 동영상 편집 프로그램인 Power Director version 1.1(Cyberlink Corp., U.S.A.)을 사용하여 입각기 동안의 무릎관절과 발목관절의 각도를 측정하였다. 표시 점은 마비 측 대퇴 대결절, 대퇴 외측상과, 그리고 외측복사에 부착하였다.

1) Polar Electro Oy, FIN-90440, Kempele, Finland.
2) H-P-COSMOS Sportgeräte GmbH Ltd., Germany.
3) Cybex Inc., U.S.A.
4) Sharp Corp., Japan.

3. 분석방법

연구대상자의 마비부위, 보조기 사용 유·무, 그리고 보행형태에 따른 생리적 부담지수 Fugl-Meyer 점수, 보행속도, 무릎 신전근력의 차이를 알아보기 위해 만취트니-U 검정을 실시하였다. 또한 강직정도에 따른 차이를 비교하기 위해서 크리스칼-왈리스 검정을 실시하였다. 보행 중 생리적 부담지수와 Fugl-Meyer 점수, 보행속도, 무릎 신전근력, 그리고 강직정도 사이의 상관성을 알아보기 위해 스피어만 검정을 실시하였다. 수집된 자료는 개인별로 부호화하여 상용프로그램인 윈도우 SPSS version 10.0을 이용하여 분석하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 및 임상적 특성

본 연구에 참여한 대상자의 평균 연령은 52세이었고, 발병기간은 16.5개월이었다. 신체질량지수는 24.45 kg/m²이었다. 평균 생리적 부담지수는 .75 beat/min이었고, 보행속도는 .50 m/s이었다(표 1).

임상적 특징으로, 입각기 동안 부동-무릎형태와 신전 밀기형태를 보이는 대상자는 각각 4명과 10명이었다. 오른쪽 마비환자는 8명, 왼쪽 마비 환자는 6명이었고, 보행 중 보조기 사용자는 5명이었다. 강직은 등급 1이 6명, 1+가 4명, 2가 4명이었다(표 2).

표 1. 대상자의 일반적 및 임상적 특성 (N=14)

임상적 특성	평균±표준편차
나이(세)	52.00±9.17
발병기간(개월)	16.50±12.49
신체질량지수(kg/m ²)	24.45±2.06
PCI*(beat/min)	.75±.48
FMS**	23.57±5.36
보행속도(m/s)	.50±.25
근력(N m)	60.42±23.74

*Physiological cost index

**Fugl-Meyer score

2. 임상적 특성에 따른 생리적 부담지수, Fugl-Meyer 점수, 보행속도, 근력 차이

생리적 부담지수, Fugl-Meyer 점수, 보행속도, 근력은 마비부위와 보행형태에 따른 차이는 없었다($p>.05$)(표 3).

표 2. 대상자의 임상적 특성 (N=14)

임상적 특성		명(%)
보행형태	부동-무릎(%)	4(28.6)
	신전밀기(%)	10(71.4)
마비부위	오른쪽(%)	8(57.1)
	왼쪽(%)	6(42.9)
보조기	미사용(%)	9(64.3)
	사용(%)	5(35.7)
MAS*	1(%)	6(42.8)
	1+(%)	4(28.6)
	2(%)	4(28.6)

*Modified Ashworth scale

보조기 사용여부에 따른 생리적 부담지수와 Fugl-Meyer 점수는 유의한 차이를 보였는데($p<.05$), 보조기 미사용 대상자들이 보행 중 생리적 부담지수가 낮고, Fugl-Meyer 점수가 높았다. 또한 강직 정도에 따른 생리적 부담지수와 Fugl-Meyer 점수는 유의한 차이를 보였는데($p<.05$), 강직 등급 1인 경우가 등급 2보다 생리적 부담지수가 낮고 Fugl-Meyer 점수는 높았다(표 4).

3. 생리적 부담지수와 Fugl-Meyer 점수, 수정된 Ashworth 점수, 보행속도, 그리고 근력 사이 상관성

생리적 부담지수와 관련된 요인을 알아보기 위해 비모수검정인 스피어만 상관계수를 알아본 결과, 생리적 부담지수는 Fugl-Meyer 점수와는 역비례관계를 보이고 강직정도와 유의한 정비례관계를 보였다($p<.05$)(표 5).

IV. 고찰

본 연구는 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 임상적 특성에 따른 보행시 생리적 부담정도를 알아보기 위해 실시하였다.

일반적으로 뇌졸중 환자들은 같은 나이와 체형의 사람에 비해 최대하 운동능력검사에서 에너지 소비와 심혈관 부담이 유의하게 증가하고(Potempa 등, 1996), 보행 속도가 일반인에 비해 느리므로 에너지 소비가 높은 것으로 보고 된다. Bernardie 등(1999)의 연구에 의하면 보행속도는 보행 손상을 평가하기에 가장 좋은 방법이며, 보행속도와 에너지 소비 간에는 역비례관계가 존재한다. 따라서 에너지 소비를 줄이기 위해서는 보행 속

표 3. 마비부위 및 보행형태에 따른 생리적 부담지수, Fugl-Meyer 점수, 보행속도, 근력

	마비부위		Z-값 [†]	보행형태		Z-값 [†]
	오른쪽	왼쪽		부동-무릎	신전밀기	
PCI*(beat/min)	7.38 [‡]	7.67	-1.13	4.50	8.70	-1.70
FMS**	7.38	7.67	-2.20	8.75	7.00	-0.71
보행속도(㎞/s)	7.13	8.17	-0.39	10.00	6.50	-1.42
근력(N m)	7.00	8.17	.66	10.13	6.45	-1.49

*Physiological cost index

**Fugl-Meyer scale

[†] Mann-Whitney U 검정

[‡] 평균 순위

표 4. 보조기 및 강직 정도에 따른 생리적 부담지수, Fugl-Meyer 점수, 보행속도, 근력

	보조기		Z-값 ^a	MAS***			X ² -값 ^b
	미사용	사용		1	1+	2	
PCI*(beat/min)	5.78 [‡]	10.60	-2.07 [‡]	5.00	5.50	12.50	8.00 [‡]
FMS**	9.33	4.20	-2.22 [‡]	11.42	6.50	2.63	11.09 [‡]
보행속도(㎞/s)	8.89	5.00	-1.67	8.42	8.38	5.25	1.630
근력(N m)	8.17	6.30	-.80	9.92	6.63	4.75	3.920

*Physiological cost index

**Fugl-Meyer scale

***Modified Ashworth scale

^aMann-Whitney U 검정

^bKruskal-Wallis 검정

[‡] 평균 순위

[‡] p<.05

표 5. 생리적 부담지수와 기능사이의 상관성

	FMS**	MAS***	보행속도	근력
PCI*	-.64 [‡]	.66 [‡]	-.50	-.51

*Physiological cost index

**Fugl-Meyer scale

***Modified Ashworth scale

[‡] p<.05

도 증진을 위한 재활치료가 필요하며, 효율적인 속도에서의 보행이 필요하다. Hesse 등(2001)은 특히 1.1 ㎞/s 이상의 보행 속도가 에너지 효율측면에서 좋다고 하였다.

일반적으로 성인들의 보행 속도는 1.2 ㎞/s(Blanke와 Hageman, 1989)이지만, 지역사회 내에서 독립적 생활하기 위해서는 보행속도가 .8 ㎞/s 정도는 되어야 가능하

고, 만약 .5 ㎞/s 이하인 경우는 사회적 활동을 하기 어렵다(Richards 등, 1999). 본 연구에 참여한 대상자들의 평균 생리적 부담지수는 .75 beat/min이었고, 보행속도는 .50 ㎞/s이었다. 비록 통계적으로 유의한 상관은 없었지만, 보행속도가 느릴수록 생리적 부담이 높은 것으로 나타났다. 평균 생리적 부담지수 1.03 beat/min, 보행속도 .21 ㎞/s를 보인 Cross와 Tyson(2003)의 연구결과보다 본 연구대상자들의 평균 생리적 부담지수가 낮은 이유도 보행속도가 더 빠르기 때문이라 여겨진다.

이전의 연구에 의하면 에너지 소모는 강직과 뇌졸중 후 운동조절 능력의 회복 정도에 의존한다(Waters와 Mulroy, 1999). 뇌졸중 환자의 보행 중 에너지 소모를 처음 연구한 Bard(1963)에 의하면 중등도 이상의 강직을 가진 환자는 일정한 보행 속도에서 정상치보다 1.5에서 1.7배까지 에너지 소모가 많았다. 본 연구에서는 보행 속

도가 발목 배측 굴곡근 강직과 연관이 있지만 무릎 주변 근육의 강직과는 연관이 없기 때문에(Norton 등, 1975), 발목 배측 굴곡근의 강직에 대해서만 측정하였다. 그 결과, 강직 등급이 높을수록 생리적 부담지수가 높았다. 특히 등급 2인 경우는 이전보다 생리적 부담지수가 2배 이상 높았고, 보행 속도도 60% 밖에 도달하지 못했다. 강직은 특히 마비 측 하지의 유각기 전과 유각기 동작을 방해한다. 따라서 환자들은 몸통 기울이기 등과 같은 여러 형태의 보상 행위를 하기 때문에 에너지 소비를 많이 유발한다(Chen 등, 2004). 또한 운동조절 능력을 나타내는 Fugl-Meyer 점수가 낮은 대상자는 강직 등급이 높고, 생리적 부담지수가 높은 것으로 나타났다.

뇌졸중 후 보행형태는 여러 가지로 분류할 수 있지만, 본 연구에서는 입각기 동안 마비측 하지의 움직임에 따라 신전밀기와 부동-무릎 형태로 구분하여 생리적 부담지수를 평가하였다. 그 결과, 양하지 뇌성마비인 경우처럼 무릎이 굴곡된 상태로 보행하는 것은 에너지 소모가 높을 것으로 기대되었지만 본 연구에서는 입각기 동안 무릎의 움직임에 따른 에너지 소비 차이가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 뇌졸중 환자들은 보행주기 동안 유각기에 많은 시간을 보내지만 입각기가 상대적으로 짧다는 것이 이런 결과를 유발했을 것으로 생각된다. 또한 부동-무릎 형태를 보인 환자들이 비교적 젊은 층이기 때문일 수도 있다.

Bernardi 등(1999)은 보조기를 사용하는 뇌졸중 환자는 그렇지 않은 환자보다 2배 정도 에너지 소모가 많다고 보고하였다. 본 연구에서도 보조기를 사용하는 대상자들이 생리적 부담지수가 높은 것으로 나타났지만, 보행 속도는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 보조기 사용이 보행 속도 증진에 도움이 되지만, 에너지 소비 측면에서는 도움이 되지 않음을 의미한다. 하지만 보조기를 사용하는 환자들의 운동조절 능력을 나타내는 Fugl-Meyer 점수가 낮은 특성을 보이기 때문에 안정한 보행을 위해서 필요하다고 생각된다. 보조기 사용 여부는 안정성과 에너지 효율성 측면에서 신중히 고려하여 선택하는 것이 필요하다.

본 연구는 에너지 소모를 측정하기 위해 사용한 생리적 부담지수가 측정이 비교적 쉽지만 심장 기능에 영향을 주는 약물을 복용하는 경우 측정 결과가 영향을 받을 수 있다는 단점이 있고 대상자가 수가 비교적 적고 남성만을 대상으로 연구하였기에 결과를 일반화하기 어렵다는 제한점이 있다. 뇌졸중 환자의 보행에 있어

에너지의 효율성을 높이는 것이 독립적인 일상생활을 영위하는데 있어 필요하다는 점을 생각할 때, 앞으로 이에 대한 다양한 연구가 필요하리라 여겨진다.

뇌졸중 후 재활치료는 일상생활에서 안정성을 높이고 에너지 소비를 줄이는 방향으로 진행해야 한다. 특히 재활의 궁극적인 목표인 독립적 보행을 위해 보행 중 에너지 효율성을 높이는 방법을 고려해야 한다. 본 연구 결과 보조기를 착용하지 않은 대상자와 강직이 약한 대상자의 생리적 부담지수가 낮게 나타났다. 따라서 보행 중 에너지 효율성을 높이기 위해서는 환자 상태에 따른 보조기 사용 여부를 고려하는 것과 더불어 발목 배측 굴곡근 강직을 줄이기 위한 재활 치료가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자 14명의 남성을 대상으로 뇌졸중 후 임상적 특성에 따른 생리적 부담지수를 알아보기 위해 시행되었다.

1. 뇌졸중 후 마비부위와 입각기 동안 보행 형태에 따른 생리적 부담지수, 보행속도, Fugl-Meyer 점수, 근력은 차이가 없었다.
2. 보조기 사용여부와 발목 배측 굴곡근 강직 정도에 따라 생리적 부담지수 및 Fugl-Meyer 점수는 유의한 차이가 있었다($p < .05$).
3. 생리적 부담지수는 발목 배측 굴곡근 강직 정도 및 Fugl-Meyer 점수와 유의한 상관관계를 보였다($p < .05$).

이상의 결과를 볼 때, 뇌졸중 후 보행에 따른 에너지 소비를 줄이기 위해서는 환자 상태에 따른 보조기 사용 여부를 고려하는 것과 더불어 발목 배측 굴곡근 강직을 줄이기 위한 재활 치료가 필요하다.

인용문헌

- Bard G. Energy expenditure of hemiplegic subjects during walking. Arch Phys Med Rehabil. 1963;44:368-370.
- Bernardi M, Macaluso A, Sproviero E, et al. Cost of

- walking and locomotor impairment. *J Electromyogr Kinesiol.* 1999;9:149-157.
- Blanke DJ, Hageman PA. Comparison of gait of young men and elderly men. *Phys Ther.* 1989;69:144-148.
- Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67:206-207.
- Bohannon RW, Andrews AW, Smith MB. Rehabilitation goals of patients with hemiplegia. *Int J Rehabil Res.* 1988;11:181-183.
- Butler P, Engelbrecht M, Major RE, et al. Physiological cost index of walking for normal children and its use as an indicator of physical handicap. *Dev Med Child Neurol.* 1984;26:607-612.
- Chen G, Patten C, Kothari DH, et al. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. *Gait Posture.* 2005;22:51-56.
- Cross J, Tyson SF. The effect of a slider shoe on hemiplegic gait. *Clin Rehabil.* 2003;17:817-824.
- De Quervain IA, Simon SR, Leurgans S, et al. Gait pattern in the early recovery period after stroke. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(10):1506-1514.
- Eng JJ, Chu KS, Dawson AS, et al. Functional walk tests in individuals with stroke: Relation to perceived exertion and myocardial exertion. *Stroke.* 2002;33:756-761.
- Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, et al. The post-stroke hemiplegic patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med.* 1975;7:13-31.
- Goldie PA, Matyas TA, Evans OM. Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77:1074-1082.
- 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;82:1547-1550.
- Hill K, Ellis P, Bernhardt J, et al. Balance and mobility outcomes for stroke patients: A comprehensive audit. *Aust J Physiother.* 1997;43:173-180.
- Norton BJ, Bomze HA, Sahrman SA, et al. Correlation between gait speed and spasticity at the knee. *Phys Ther.* 1975;55:355-359.
- Olney SJ, Monga TN, Costigan PA. Mechanical energy of walking of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986;67:92-98.
- Potempa K, Braun LT, Tinknell T, et al. Benefits of aerobic exercise after stroke. *Sports Med.* 1996;21:337-346.
- Richards CL, Malouin F, Dean C. Gait in stroke: Assessment and rehabilitation. *Clin Geriatr Med.* 1999;15:833-855.
- Sanford J, Moreland J, Swanson LR, et al. Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther.* 1993;73:447-454.
- Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture.* 1999;9:207-231.

논문접수일	2005년 8월 19일
-------	--------------

논문게재승인일	2005년 12월 1일
---------	--------------