한국운동역학회지, 2007, 제17권 3호, pp. 1-10
Korean Journal of Sport Biomechanics
2007, Vol. 17, No. 3, pp. 1-10

전방보행과 후방보행 시 속도변화에 따른 근전도 비교 분석

The Comparative Analysis of EMG Depending on Variations of Speed in Forward Walking and Backward Walking

조규권 · 김유신* · 조상현(강릉대학교)
Cho, Kyu-Kwon · Kim, You-Sin* · Cho, Sang-Hyun(Kangnung National University)

ABSTRACT

K. K. CHO, Y. S. KIM, and S. H. CHO, The Comparative Analysis of EMG Depending on Variations of Speed in Forward Walking and Backward Walking. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 3, pp. 1-10, 2007. The purpose of this study was to examine the differences of lower limbs muscle activities depending on three walking speeds of 2.5km/h, 5.0km/h and 7.5km/h during forward walking and backward walking making 14 students the subjects of this study.

To achieve this aim, surface electrodes for factor analysis of EMG were adhered to rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior and gastrocnemius medial head of right lower limbs.

The conclusions through this study are as follows.

1) The muscle activity of rectus femoris was higher in backward walking group than in forward walking group and it was the highest at 7.5km/h walking speed.

2) The muscle activity of biceps femoris was higher in forward walking group than in backward walking group. It was the lowest at 5.0km/h walking speed and the highest at 7.5km/h walking speed.

3) The muscle activity of tibialis anterior was higher in backward walking group than in forward walking group. It was the lowest at 5.0km/h walking speed and the highest at 7.5km/h walking speed.

4) The muscle activity of gastrocnemius medial head was higher in backward walking group than in forward walking group except P2. It was the lowest at 5.0km/h walking speed and the highest at 7.5km/h walking speed.

KEYWORDS : FORWARD WALKING, BACKWARD WALKING, VARIATIONS OF SPEED, EMG

* generalysk@yahoo.co.kr

Ⅰ. 서 론

보행은 모든 이동 중에서 가장 흔히 사용되는 방법이며 일상생활 동작의 많은 부분을 차지하는데, 이러한 이동은 보다 포괄적인 의미로 보행뿐만 아니라 다른 모든 방법에 의한 위치변화를 통칭하며 기어가거나 자전거를 타거나 어떤 방법으로든 몸이 이동되는 것을 뜻한다(김진호 및 한태륜, 2004). Galley & Foster(1987)는 보행에서의 하지는 머리, 체간, 팔과 상호 연관성을 가지며, 기본적으로 체중부하구조를 가지고 안정성과 균형을 유지하여 신체를 전방으로 추진시켜 이동에 필요한 기본적 운동을 제공한다고 하였으며, Whittle(1990)은 보행을 100여개의 골격근이 상지와 하지의 여러 관절과 협응을 잘 이루어야 가능한 복합적인 동작이라고 하였다. 이러한 보행은 대표적인 유산소운동으로서 심장질환, 골다공증, 성인병 예방, 비만해소, 그리고 체력증진을 위해 많은 현대인들이 선호하며 간편하게 수행할 수 있는 대표적인 운동이라 할 수 있는데(박형길, 2005), 최근 사람들의 유산소 운동방법을 유심히 살펴보면 공원, 산책로, 호숫가 등지에서 팔을 힘차게 저어 가는 파워워킹이나 후방보행, 후방달리기, 마사이족워킹 등 다양한 방법을 이용하여 그들의 체형과 체력에 맞는 유산소 운동방법을 선택하고 있다(조규권, 김유신 및 김은정, 2006).

후방보행은 하지 관절에 스트레스를 최소화시키면서 하지 근력을 증가시킬 수 있기 때문에 현재 스포츠의학, 정형외과, 재활의학 분야에서 전방십자인대 손상, 발목 염좌, 슬관절 관절염, 슬개대퇴동통증후군(patellofemoral pain syndrome), 요통과 고관절 및 슬괵근 손상 등의 재활운동으로 이용되어지고 있으며, 편마비환자의 운동조절 능력을 증가시키고(Bobath, 1970), 하지의 근력과 균형능력을 증가시키며(Threlkeld, Horn, Wojtowitcz, Rooney & Shapirp, 1989), 보행과 균형능력을 증가시킨다고 보고하였다(Thomas & Fast, 2000). 후방보행을 하는 동안 허벅다리 뒤쪽 근육(hamstrings)은 허벅다리가 활성화되기 전에 긴장되고, 둔부의 굴곡으로 인하여 접촉하게 되는데, 이러한 기전을 바탕으로 Bates & Mccaw(1986)는 '누군가 무릎 관절의 염좌, 외상으로 인한 골절, 그리고 이와 유사한 문제로 인해 나타나는 충격으로 상해를 겪고 있을 때, 후방보행만이 유일하게 도움을 줄 수 있다'고 역설했고, 이로 인하여 후방으로 이동하는 동작은 무릎 신근의 강도를 증가시키는 임상적인 유용한 수단이며, 반면에 관절반력을 최소화시킬 수 있다고 하였다. Cipriani, Amstrong & Gaul(1995)은 트레드밀에서 경사도 0%, 5%, 10%에서 1분에 4km/h의 속도로 후방보행을 실시하는 동안 전경골근과 비복근, 슬와근, 대퇴직근의 근전도의 활동전위를 비교한 결과 관절의 위치는 트레드밀 경사도가 10% 증가했을 때 가장 큰 변화를 보였으며, 근기능의 변화를 보면 관절의 위치변화보다는 트레드밀의 경사도에 따라 민감하게 반응하였고, 경사도 5%와 10%에서 유의한 변화를 보였다고 보고하였다. 이들은 경사진 트레드밀에서 실시하는 후방보행이 평지에서 실시하는 것보다 더욱 효과적인 재활 형태라고 제시하였다. Masumoto, Takasugi, Hotta, Fujishima & Iwamoto(2005)는 물속과 일반 땅에서 후방보행 시 하지분절과 몸통분절의 근활성도에 관하여 연구를 실시하였는데, 하지분절의 근육에서는 물속에서의 후방보행 시 일반 땅에서의 후방보행보다 더 낮은 근활성도를 나타내었다고 하였으나, 이와는 반대로 흉요부극근(paraspinal muscles)에서만 물속에서의 후방보행 시 높은 근활성도를 나타냈다고 보고하여, 요통환자들의 재활 프로그램에 새롭게 적용시킬 필요가 있다고 보고하였다. 한편 국내에서도 2000년대 이르러 후방보행과 관련된 근활동에 관한 연구가 진행되기 시작했는데, 한상완(2005)은 4km/h의 트레드밀에서 전방보행과 후방보행 시 트레드밀의 경사도 0%, 5%, 10%에서 대퇴직근, 외측광근, 내측광근의 근활성도 변화를 알아보고자 연구를 실시하여, 그 결과 후방보행이 전방보행보다 모든 근육에서 근활성도가 높았으며, 특히 경사도 10%일 때 근활성도가 가장 높아 임상에서 슬관절 통증증후근, 전방십자인대 손상 등 하지에 문제를 가지고 있는 환자들에게 전방보행보다 후방보행이 재활운동으로서 보다 효과적이라고 제시하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 국외에서는 건강 증진과 편마비환자의 재활을 위하여 전방보행과 후방보행의 여러 가지 다양한 연구들이 지속적으로 이루어지고 임

상 현장에 널리 보급되고 있는 실정이지만, 국내에서의 후방보행에 관한 연구는 여전히 미흡하고 또한 평지에서의 속도별 전방·후방보행의 연구는 거의 찾아보기 힘든 것이 현실이다. 따라서 본 연구는 전방보행과 후방보행 시 속도변화에 따른 근전도 변인의 특성을 규명하는데 있으며, 이를 기반으로 건강증진과 재활·트레이닝에 기여할 수 있는 기본적인 방향을 제시함과 동시에 인간행위에 있어 보다 과학적인 측면에서 이론적 근거를 마련하는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 K대학교 남학생 14명을 선정하였으며, 이들의 구체적인 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 실험 도구

전방보행과 후방보행 시 하지 근육의 근활성도를 분석하기 위하여 사용된 실험 도구는 <표 2>와 같다.

3. 국면의 분류

본 연구의 국면은 총 4국면으로 설정하였으며 세부적인 국면의 내용은 <표 3>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 특성

연구 대상자	연령(age)	신장(cm)	체중(kg)	하지장 길이(cm)
M±SD	22.86±2.14	178.93±2.59	74.06±4.10	89.35±1.49

표 2. 실험 도구

기기명	제작사
Panasonic NV-MX500	Panasonic. Japan
Mega Win System	Mega Electronics Ltd. Fin
ME6000 P8	Mega Win Sys Ltd. Fin
Mini Electrode	3M Ltd. USA
LED Timer	Hand made
586 Computer	Hyun ju. Korea
Monitor	Hyun ju. Korea

표 3. 국면(Phase)의 분류

국면(Phase)	구 분
P1(initial double stance period : IDSP) : 양발 지지기.	RIC-LTO구간
P2(initial singe limb support : ISLS) : 오른발 한발 지지기.	LTO-LIC구간
P3(terminal double stance period : TDSP) : 양발 지지기2.	LIC-RTO구간
P4(terminal singe limb support : TSLS) : 왼발 한발지지기.	RTO-RIC구간

NOTE : RIC(right initial contact) : 오른발 초기 접지. LTO(left toe off) : 왼발 앞꿈치 이지. LIC(left initial contact) : 왼발 초기 접지. RTO(right toe off) : 오른발 앞꿈치 이지. RIC2(right initial contact2) : 오른발 초기 접지2.

4. 실험 설계

본 연구에서 전방보행과 후방보행 시 속도 변화(2.5km/h·5.0km/h·7.5km/h)에 따른 하지 근육의 근활성도를 비교·분석하기 위하여 근전도 측정을 실시하였으며, 연구 대상자는 트레드밀 상에서 맨발로 각각의 연구 조건에서 20초동안 보행을 3회 반복 실시하였다. 표면전극의 부착부위는 연구 대상자 우측 하지의 대퇴직근(rectus femoris), 대퇴이두근(biceps femoris), 전경골근(tibialis anterior), 내비복근(gastrocnemius medial head)으로 설정하였으며, 근전도 신호를 표준화하기 위하여 특정 동작의 근수축을 기준 수축(Reference Voluntary Contraction : RVC)으로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %RVC방법을 사용하였다(Cram, Kasman & Holtz, 1998). 본 연구에서 기준수축은 5.0km/h 속도 전방보행 시 근전도 신호를 표준화하였는데, 근전도 raw data를 full wave rectification 한 후, 5.0km/h의 전방보행에서 얻은 근전도 data의 평균값으로 동일 근육의 각각의 보행속도와 방법에 따

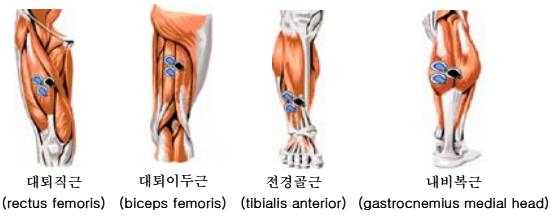

그림 1. 각 근육의 표면전극 부착 부위

른 각 구간의 근전도 데이터를 나누었다. 이렇게 얻은 data를 4구간으로 나누어 적분하여 IEMG값을 구하였으며, 보행 시 각 구간별 4개 근육에서 구한 IEMG와 RVC-IEMG값을 비교하여 %RVC를 통하여 각 근육의 근전도 신호를 표준화 하였다. 통계 처리 방법은 two-way Mixed ANOVA를 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

본 연구에서 전방보행과 후방보행 시 보행속도에 따른 각 구간의 대퇴직근 근활성도(%RVC) 비율을 살펴보면, P1구간에서 속도와 그룹의 상호작용 효과는 $F(2, 52)=5.176$, $p<.05$로 유의하게 나타나, 이에 대한 첫 번째 사후검증으로 속도에 대한 그룹별 차이분석을 위해 대응표본 t 검증(paired samples t-test)을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹($M=113.90$)이 후방보행 그룹($M=155.74$)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고($p<.001$), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹($M=100.00$)이 후방보행 그룹($M=142.12$)보다 낮은 근활성도를($p<.001$), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=110.89)이 후방보행 그룹($M=167.61$)보다 낮은 근활성도를 나타냈다($p<.001$). 두 번째 사후검증으로 그룹에 대한 속도별 차이분석을 위해 반복 측정에 의한 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였는데, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도($M=110.89$)가 5.0km/h의 속도($M=100.00$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며($p<.001$), 5.0km/h의 속도($M=100.00$)가 2.5km/h의 속도($M=113.90$)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈다($p<.001$). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도($M=167.61$)가 5.0km/h의 속도($M=142.12$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며($p<.01$), 7.5km/h의 속도($M=167.61$)가 2.5km/h의 속도($M=155.74$)보다 유의하게 높은 근활성도를($p<.001$), 5.0km/h의 속도($M=142.12$)가 2.5km/h의 속도($M=155.74$)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈다($p<.05$). P2구간에서 상호작용 효과는 $F(2, 52)=3.575$, $p<.05$로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹($M=103.23$)이 후방보행 그룹($M=521.50$)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고($p<.001$), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹($M=100.00$)이 후방보행 그룹($M=503.26$)보다 낮은 근활성도를($p<.001$), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹($M=145.84$)이 후방보행 그룹($M=544.26$)보다 낮은 근활성도를 나타냈다($p<.001$). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도($M=145.84$)가 5.0km/h의 속도($M=100.00$)와 2.5km/h의 속도($M=103.24$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며($p<.001$), 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도($M=544.26$)가 5.0km/h의 속도($M=503.26$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며($p<.001$), 7.5km/h의 속도($M=544.26$)가 2.5km/h의 속도($M=521.50$)보다 유의하게 높은 근활성도를($p<.01$), 5.0km/h의 속도($M=503.26$)가 2.5km/h의 속도($M=521.50$)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈다($p<.01$). P3구간의 상호작용 효과는 $F(2, 52)=6.166$, $p<.05$로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹($M=98.84$)이 후방보행 그룹($M=596.86$)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고($p<.001$), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹($M=100.00$)이 후방보행 그룹($M=621.13$)보다 낮은 근활성도를($p<.001$), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹($M=121.75$)이 후방보행 그룹($M=649.25$)보다 낮은 근활성도를 나타냈다($p<.001$). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도($M=121.75$)가 5.0km/h의 속도($M=100.00$)와 2.5km/h의 속도($M=98.84$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며($p<.001$), 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도($M=649.25$)가 5.0km/h의 속도($M=621.13$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며($p<.01$), 7.5km/h의 속도($M=649.25$)가 2.5km/h의 속도($M=596.86$)보다 높은 근활성도를($p<.01$), 5.0km/h의 속도($M=621.13$)가 2.5km /h의 속도($M=596.86$)보다 높은 근활성도를 나타냈다($p<.01$).

두 번째로 대퇴 이두근의 근활성도(%RVC) 비율을 살펴보면, P1구간에서 상호작용 효과는 $F(2, 52)=66.486$, $p<.001$로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹($M=119.06$)이 후방보행 그룹($M=84.70$)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈고($p<.001$), 5.0km/h 속도의 전

표 4. 전방보행과 후방보행 시 하지근육의 근활성도 단위(%RVC)

Variable		Speeds	Forward walking (M±SD)	Backward walking (M±SD)	F-values in two-way mixed ANOVA		
					Speeds	Groups	Speeds×Groups
대퇴 직근	P1 (IDSP)	2.5km/h	113.90±4.15	155.74±8.47	25.700***	247.352***	5.176*
		5.0km/h	100.00±.00	142.12±24.95	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	110.89±5.04	167.61±5.36			
	P2 (ISLS)	2.5km/h	103.23±6.32	521.50±16.60	68.308***	15508.610***	3.575*
		5.0km/h	100.00±.00	503.26±10.03	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	145.84±12.83	544.26±26.57			
	P3 (TDSP)	2.5km/h	98.84±2.97	596.86±16.36	37.629***	14194.139***	6.166*
		5.0km/h	100.00±.00	621.13±19.44	c>b>a	e>d	
		7.5km/h	121.75±8.79	649.25±33.86			
	P4 (TSLS)	2.5km/h	100.17±5.56	334.88±12.74	7.995**	735.505***	1.669
		5.0km/h	100.00±.00	335.08±14.01			
		7.5km/h	115.11±5.85	375.27±80.80			
대퇴 이두근	P1 (IDSP)	2.5km/h	119.06±13.64	84.70±10.72	102.809***	181.004***	66.486***
		5.0km/h	100.00±.00	84.43±10.94	c>a>b	d>e	
		7.5km/h	156.42±11.16	90.21±8.87			
	P2 (ISLS)	2.5km/h	134.68±13.36	74.42±12.57	203.439***	351.372***	132.788***
		5.0km/h	100.00±.00	70.68±17.19	c>a>b	d>e	
		7.5km/h	192.59±9.95	80.53±13.33			
	P3 (TDSP)	2.5km/h	142.94±15.10	29.34±9.88	277.509***	1110.630***	45.880***
		5.0km/h	100.00±.00	29.03±9.76	c>a>b	d>e	
		7.5km/h	207.47±22.16	73.99±11.65			
	P4 (TSLS)	2.5km/h	108.35±8.77	101.81±6.89	27.223***	5.893*	4.520*
		5.0km/h	100.00±.00	102.24±6.66	c>a>b	d>e	
		7.5km/h	118.90±9.03	110.49±8.84			
전경 골근	P1 (IDSP)	2.5km/h	112.60±7.64	156.17±18.43	14.916***	284.420***	17.204***
		5.0km/h	100.00±.00	147.59±13.56	a,c>b	e>d	
		7.5km/h	102.13±5.69	179.51±20.17			
	P2 (ISLS)	2.5km/h	143.68±13.76	266.83±34.33	107.595***	575.331***	19.033***
		5.0km/h	100.00±.00	271.76±16.70	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	226.18±39.69	321.22±15.08			
	P3 (TDSP)	2.5km/h	164.63±10.80	321.96±15.25	289.787***	4409.685***	41.183***
		5.0km/h	100.00±.00	313.60±13.01	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	186.67±8.17	376.89±17.07			
	P4 (TSLS)	2.5km/h	116.80±7.23	174.49±21.22	86.242***	417.676***	0.721
		5.0km/h	100.00±.00	167.25±25.51			
		7.5km/h	164.11±9.59	221.18±19.70			
내비 복근	P1 (IDSP)	2.5km/h	123.55±11.65	329.78±14.71	766.089***	2797.370***	19.499***
		5.0km/h	100.00±.00	333.58±18.57	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	214.98±10.71	416.33±17.54			
	P2 (ISLS)	2.5km/h	74.89±8.50	81.88±6.96	682.741***	124.554*	74.009***
		5.0km/h	100.00±.00	82.28±6.75	c>b>a	d>e	
		7.5km/h	161.02±8.19	123.56±6.43			
	P3 (TDSP)	2.5km/h	130.82±10.88	240.98±15.11	563.466***	680.776***	36.426***
		5.0km/h	100.00±.00	229.18±17.68	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	254.41±13.82	319.04±25.08			
	P4 (TSLS)	2.5km/h	122.35±9.17	401.91±11.17	352.916***	6480.340***	24.254***
		5.0km/h	100.00±.00	392.46±17.24	c>a>b	e>d	
		7.5km/h	212.08±8.55	456.86±24.56			

Note : *p<.05, **p<.01, ***p<.001, a : 2.5km/h group, b : 5.0km/h group, c : 7.5km/h group, d : Forward walking group, e : Backward walking group

방보행 그룹(M=100.00)이 후방보행 그룹(M=84.43)보다 높은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=156.42)이 후방보행 그룹(M=90.21)보다 높은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=156.42)가 5.0km/h의 속도(M=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=156.42)가 2.5km/h의 속도(M=119.06)보다 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5 km/h의 속도(M=119.06)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(M=90.21)가 5.0km/h의 속도(M=84.43)와 2.5km/h의 속도(M=84.70)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈다(p<.05). P2구간의 상호작용 효과는 F(2, 52)= 132.788, p<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=134.68)이 후방보행 그룹(M=74.42)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈고(p<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(M=100.00)이 후방보행 그룹(M=70.68)보다 높은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=192.59)이 후방보행 그룹(M=80.53)보다 높은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=192.59)가 5.0km/h의 속도(M=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=192.59)가 2.5km/h의 속도(M=134.68)보다 유의하게 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5km/h의 속도(M=134.68)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). P3구간의 상호작용 효과는 F(2, 52)=45.880, p<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=142.94)이 후방보행 그룹(M=29.34)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈고(p<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(M=100.00)이 후방보행 그룹(M=29.03)보다 높은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=207.47)이 후방보행 그룹(M=73.99)보다 높은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=207.47)가 5.0km/h의 속도(M=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=207.47)가 2.5km/h의 속도(M=142.94)보다 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5km/h의 속도(M=142.94)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(M=73.99)가 5.0km/h의 속도(M=29.03)와 2.5km/h의 속도(M=29.34)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 마지막으로 P4구간의 상호작용 효과는 F(2, 52)=4.520, p<.05로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=108.35)이 후방보행 그룹(M=101.81)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈고(p<.01), 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=118.90)가 5.0 km/h의 속도(M=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=118.90)가 2.5km/h의 속도(M=108.35)보다 높은 근활성도를(p<.01), 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5km/h의 속도(M=108.35)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.01). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(M=110.49)가 5.0km/h의 속도(M=102.24)보다 유의하게 높은 근활성도를(p<.05), 7.5 km/h의 속도(M=110.49)가 2.5km/h의 속도(M=101.81)보다 높은 근활성도를(p<.05), 5.0km/h의 속도(M=102.24)가 2.5km/h의 속도(M=101.81)보다 높은 근활성도를 나타냈다(p<.05).

세 번째로 전경골근의 근활성도(%RVC) 비율을 살펴보면, P1구간에서 상호작용 효과는 F(2, 52)=17.204, p<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=112.60)이 후방보행 그룹(M=156.17)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(p<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(M=100.00)이 후방보행 그룹(M=147.59)보다 낮은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=102.13)이 후방보행 그룹(M=179.51)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=102.13)와 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5km/h의 속도(M=112.60)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속

도(*M*=179.51)가 5.0km/h의 속도(*M*=147.59)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(*p*<.001), 7.5km/h의 속도(*M*=179.51)가 2.5km/h의 속도(*M*=156.17)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈다(*p*<.01). P2구간의 상호작용 효과는 *F*(2, 52)=19.033, *p*<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=143.68)이 후방보행 그룹(*M*=266.83)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(*p*<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=100.00)이 후방보행 그룹(*M*=271.76)보다 낮은 근활성도를(*p*<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=226.18)이 후방보행 그룹(*M*=321.22)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(*M*=226.18)가 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(*p*<.001), 7.5km/h의 속도(*M*=226.18)가 2.5km/h의 속도(*M*=143.68)보다 높은 근활성도를(*p*<.001), 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)가 2.5km/h의 속도(*M*=143.68)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(*M*=321.22)가 5.0km/h의 속도(*M*=271.76)와 2.5km/h의 속도(*M*=266.83)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). P3구간의 상호작용 효과는 *F*(2, 52)=41.183, *p*<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=164.63)이 후방보행 그룹(*M*=321.96)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(*p*<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=100.00)이 후방보행 그룹(*M*=313.60)보다 낮은 근활성도를(*p*<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=186.67)이 후방보행 그룹(*M*=376.89)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(*M*=186.67)가 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(*p*<.001), 7.5km/h의 속도(*M*=186.67)가 2.5km/h의 속도(*M*=164.63)보다 높은 근활성도를(*p*<.001), 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)가 2.5km /h의 속도(*M*=164.63)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(*M*=376.89)가 5.0km/h의 속도(*M*=313.60)와 2.5km/h의 속도(*M*=321.96)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001).

마지막으로 내비복근의 근활성도(%RVC) 비율을 살펴보면, P1구간에서 상호작용 효과는 *F*(2, 52)=19.499, *p*<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=123.55)이 후방보행 그룹(*M*=329.78)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(*p*<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=100.00)이 후방보행 그룹(*M*=333.58)보다 낮은 근활성도를(*p*<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=214.98)이 후방보행 그룹(*M*=416.33)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(*M*=214.98)가 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(*p*<.001), 7.5km/h의 속도(*M*=214.98)가 2.5km/h의 속도(*M*=123.55)보다 높은 근활성도를(*p*<.001), 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)가 2.5 km/h의 속도(*M*=123.55)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(*M*=416.33)가 5.0km/h의 속도(*M*=333.58)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(*p*<.001), 7.5km/h의 속도(*M*=416.33)가 2.5km/h의 속도(*M*=329.78)보다 높은 근활성도를(*p*<.001), 5.0km/h의 속도(*M*=333.58)가 2.5 km/h의 속도(*M*=329.78)보다 높은 근활성도를 나타냈다(*p*<.05). P2구간의 상호작용 효과는 *F*(2, 52)=74.009, *p*<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=74.89)이 후방보행 그룹(*M*=81.88)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(*p*<.05), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=100.00)이 후방보행 그룹(*M*=82.28)보다 높은 근활성도를(*p*<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(*M*=161.02)이 후방보행 그룹(*M*=123.56)보다 높은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(*M*=161.02)가 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(*p*<.001), 7.5km/h의 속도(*M*=161.02)가 2.5km/h의 속도(*M*=74.89)보다 높은 근활성도를(*p*<.001), 5.0km/h의 속도(*M*=100.00)가 2.5km/h의 속도(*M*=74.89)보다 높은 근활성도를 나타냈다(*p*<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(*M*=123.56)가 5.0km/h의 속도(*M*=82.28)와

2.5km/h의 속도(M=81.88)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈다(p<.001). P3구간의 상호작용 효과는 F(2, 52)=36.426, p<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=130.82)이 후방보행 그룹(M=240.98)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(p<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(M=100.00)이 후방보행 그룹(M=229.18)보다 낮은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=254.41)이 후방보행 그룹(M=319.04)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=254.41)가 5.0km/h의 속도(M=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=254.41)가 2.5km/h의 속도(M=130.82)보다 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5km/h의 속도(M=130.82)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(M=319.04)가 5.0km/h의 속도(M=229.18)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=319.04)가 2.5km/h의 속도(M=240.98)보다 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=229.18)가 2.5 km/h의 속도(M=240.98)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.05). P4구간의 상호작용 효과는 F(2, 52)=24.254, p<.001로 유의하게 나타나, 속도에 대한 그룹별 차이분석을 실시한 결과, 2.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=122.35)이 후방보행 그룹(M=401.91)보다 유의하게 낮은 근활성도를 나타냈고(p<.001), 5.0km/h 속도의 전방보행 그룹(M=100.00)이 후방보행 그룹(M=392.46)보다 낮은 근활성도를(p<.001), 7.5km/h 속도의 전방보행 그룹(M=212.08)이 후방보행 그룹(M=456.86)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 그룹에 대한 속도별 차이분석을 실시한 결과, 전방보행 그룹에서 7.5km/h의 속도(M=212.08)가 5.0km/h의 속도(M=100.00)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=212.08)가 2.5km/h의 속도(M=122.35)보다 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=100.00)가 2.5 km/h의 속도(M=122.35)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.001). 후방보행 그룹에서는 7.5km/h의 속도(M=456.86)가 5.0km/h의 속도(M=392.46)보다 유의하게 높은 근활성도를 나타냈으며(p<.001), 7.5km/h의 속도(M=456.86)가 2.5km/h의 속도(M=401.91)보다 높은 근활성도를(p<.001), 5.0km/h의 속도(M=392.46)가 2.5 km/h의 속도(M=401.91)보다 낮은 근활성도를 나타냈다(p<.05).

본 연구에서 대퇴직근, 전경골근, 내비복근의 근활성도는 전체적으로 후방보행 그룹이 전방보행 그룹보다 큰 근활성도의 값을 나타내었고, 대퇴이두근의 근활성도는 전방보행 그룹이 더 높은 값으로 나타났다. 이와 같이 전방보행에서는 지지기에서의 전방추진을 위해 대퇴이두근의 고관절 신전근군(extensor muscles)이 주로 작용하는 반면, 후방보행에서는 대퇴직근, 대퇴사두근 등의 굴곡근군(flexor muscles)이 주로 사용되어져 이러한 결과가 나타나지 않았나 사료되고, 보행속도 변인에서는 대부분의 근육들이 5.0km/h 속도의 근활성도 보다 2.5km/h의 속도에서 더 높은 근활성도를 나타내었는데, 이러한 결과는 2.5km/h의 낮은 속도의 보행 시 무릎 관절과 고관절의 움직임을 의도적으로 제한하게 되어 하지근육의 근활성도가 5.0km/h의 근활성도보다 상대적으로 높게 나타난 것으로 판단된다.

후방보행에 관한 연구는 1980년대 초반부터 연구가 시작되었으며, 현재 체육 분야에서 뿐만 아니라, 많은 물리치료와 재활 전문가들에 의하여 후방보행에 관한 연구가 진행되어지고 있는데(Hooper, Dunn & Props, 2004), Mackie & Dean (1984)는 후방보행 등속성 운동 프로그램을 통하여 얻어진 대퇴사두근의 근력 증가를 통해, '후방으로 이동하는 동작은 무릎 신근의 강도를 증가시켜 임상적으로 유용한 수단이며, 반면에 관절반력을 최소화시킬 수 있다'고 보고하였고, David(1989)의 연구에 의하면 후방보행을 실시한다는 것은 대퇴부 관절에 부하를 감소시키면서 대퇴직근의 근력을 증가시킬 수 있기 때문에 무릎관절 전방부위의 통증이 있는 사람들에게 아주 유용한 운동이라고 보고하였다. Gray(1990)는 후방보행이 전방보행보다 '동작을 위해 더 많은 근육활동 비율'이 발생한다는 특성을 그의 연구에서 보고하였다. 이 연구는 후방보행의 에너지 소비가 전방보행의 에너지 소비보다 더욱 크다는 것을 다른 연구자의 연구에 의해 입증되었으며(Armstrong, Commager & Woolley, 1990), 또한 Flynn & Soutas-Little(1993)은 후방으로 이동하는 동작은 무릎관절의 안정성과 대퇴사

두근의 활동을 강화시키는 등 근육의 고른 활동을 유도하기 때문에 운동 수행력의 향상에 기여할 수 있다고 하였다. 이들은 다시 1995년에 경사진 트레드밀에서 자기 스스로 속도를 설정해서 운동할 때 대퇴사두근의 활동이 오랫동안 지속되고, 전방보행 시 보다 대퇴사두근의 근력을 더욱 향상시킬 수 있으며, 전방보행 때 슬개·대퇴 관절에 받는 압력은 체중의 5-6배, 후방보행할 때에는 체중의 3배라고 보고하여, 결론적으로 후방보행은 무릎관절의 반력을 감소시키기 때문에 통증을 완화시키면서 관절주위의 근육을 고루 발달시킬 수 있는 재활프로그램으로 적절하다고 보고하였다. Cipriani et al.(1995)은 일반 대학생들을 대상으로 트레드밀에서 후방보행을 실시하는 동안 대퇴직근, 전경골근, 비복근의 근활성도를 연구한 결과, 관절의 위치는 트레드밀 경사도가 10% 증가했을 때 가장 큰 변화를 일으켰으며, 근기능의 변화는 관절의 위치변화보다는 트레드밀의 경사도에 따라 민감하게 반응했으며 경사도 5%와 10%에서 유의한 변화를 보였다고 보고하였다.

본 연구 결과, 전체적으로 후방보행 시 대퇴직근, 전경골근 및 내비복근의 근활성도 수치가 높게 나타났고, 전방보행 시 대퇴이두근의 근활성도 수치가 높게 나타났다는 것은 이상에서 언급하였던 선행연구들과 유사한 결과임을 알 수 있었고, 주목할만한 점은 낮은 속도인 2.5km/h 보행 시 5.0km/h 속도의 보행 때 보다 높은 근활성도를 나타내고 있다는 점이다.

위의 사항들을 고려해 볼 때, 후방보행 운동은 대퇴부위의 근력강화 운동이 필요한 사람뿐만 아니라 발목 손상환자, 무릎관절 전방부위의 통증이 있는 사람들에게 매우 유용한 운동이라고 판단되며, 특히 뇌졸중으로 인하여 보행능력이 불편한 편마비 환자들에게 느린 속도의 후방보행 운동은 그들의 환측 하지의 근력향상에 매우 효과적인 도움을 줄 것으로 사료된다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 14명의 연구 대상자를 상대로 전방·후방보행 시 2.5km/h, 5.0km/h 및 7.5km/h의 3가지 보행속도에 따른 하지 근육의 근활성도에 어떠한 차이가 나타나는지를 규명하는 것이었다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 근전도 변인분석을 위한 표면전극 부착부위는 오른 하지근육의 대퇴직근(rectus femoris), 대퇴이두근(biceps femoris), 전경골근(tibialis anterior), 내비복근(gastrocnemius medial head)으로 설정하였다.

본 연구의 분석을 통한 결론은 다음과 같다.

1) 대퇴직근의 근활성도는 전방보행 그룹보다 후방보행 그룹에서 더 크게 나타났고, 5.0km/h의 보행속도에서 가장 낮은 근활성도가 나타났으며, 7.5km/h의 보행속도에서 가장 높은 근활성도를 나타내었다.

2) 대퇴이두근의 근활성도는 후방보행 그룹보다 전방보행 그룹에서 더 크게 나타났고, 5.0km/h의 보행속도에서 가장 낮은 근활성도가 나타났으며, 7.5km/h의 보행속도에서 가장 높은 근활성도를 나타내었다.

3) 전경골근의 근활성도는 전방보행 그룹보다 후방보행 그룹에서 더 크게 나타났고, 5.0km/h의 보행속도에서 가장 낮은 근활성도가 나타났으며, 7.5km/h의 보행속도에서 가장 높은 근활성도를 나타내었다.

4) 내비복근의 근활성도는 P2를 제외한 모든 국면에서 전방보행 그룹보다 후방보행 그룹에서 더 크게 나타났고, 5.0km/h의 보행속도에서 가장 낮은 근활성도가 나타났으며, 7.5km/h의 보행속도에서 가장 높은 근활성도를 나타내었다.

이상의 결론을 종합해보면, 근전도 변인 결과에서 보았듯이 후방보행이 전방보행보다 대퇴부위 및 하퇴부위의 근력을 증가시키는데 효과적일 것이라 사료되며 낮은 속도에서의 후방보행은 임상에서 하지에 관련된 질환을 가지고 있는 사람에게 재활운동으로써 보다 효과적인 방법으로 그 활용이 기대된다.

참 고 문 헌

김진호, 한태륜(2004). **재활 의학 2nd Edition**. 서울: 군

자출판사, 49-73.

박형길(2005). **뒤로 걷기와 앞으로 걷기의 보행형태 분석**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.

조규권, 김유신, 김은정(2006). 파워워킹과 일반보행의 운동학적 및 EMG 비교분석, **한국운동역학회지**, 16(2), 85-96.

한상완(2005). 경사진 트레드밀에서 전방걷기와 후방걷기 동안 넙다리네갈래근 활동성 비교: 표면 근전도 분석. **한국전문물리치료학회지**, 12(1), 63-70.

Armstrong, C. W., Commager, J. M., & Woolley, S. (1990). *A comparative analysis of forward and backward walking.* The Sixth Annual East Coast Gait Conference, Michigan State University, East Lansing MI.

Bobath, B. (1970). *Adult Hemiplegia: Evaluation and Treatment.* Heinemann, London.

Bates, B. T., & Mccaw, S. T. (1986). *A comparison between forward and backward locomotion.* Human Locomotion Ⅳ, Proceedings of the Biennial Conference of the Canadian Society for Biomechanics, CSB, Montreal, Quebec, Canada.: 307-308.

Cipriani, D. J., Amstrong, C. W., & Gaul, S. (1995). Backward walking at three level of treadmill inclination: An electromyographic and kinematic analysis. *J Orthop Sports Phys Ther, 22(3),* 95-102.

Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J. (1998). *Introduction to surface Electromyography.* Gaithersburg. An Aspen Pub.

David, J. M. (1989). Jumper's knee. *J Orthop Sports Phys Ther, 11(4),* 137-149.

Flynn, T. W., & Soutas-Little, R. W. (1993). Mechnical power and muscle action during forward and backward running. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 17(2),* 108-112.

Flynn, T. W., & Soutas-Little, R. W. (1995). Patello-femoral joint compressive forces during forward and backward running. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 21(5),* 277-282.

Galley, P. M., & Foster, A. L. (1987). *Human movement.* Churchill Livingstone, 228-237.

Gray, G. W. (1990). *Successful strategies for closed chain testing and rehabilitation.* In: Chain Reaction, Adrian, MI: Wynn Marketing.

Hooper, T. L.,Dunn, D. M., & Props, J. E. (2004). The effect of graded forward and backward walking on heart rate and oxygen consumption. *J Orthop Sports Phys Ther, 34,* 65-71.

Masumoto, K., Takasugi, S., Hotta, N., Fujishima, K., & Iwamoto, Y. (2005). Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol, 94(2),* 54-61.

Thomas, M. A., & Fast, A. (2000). One step forward and two step back: the dangers of walking backwards in therapy. *Am J Phys Med Rehabil, 79(5),* 459-461.

Threlkeld, A. J., Horn, T. S., Wojtowitcz, G. M., Rooney, J. G., & Shapiro, R. (1989). Kinematics, ground reaction force, and muscle balance produced by backward running. *J Orthop Sports Phys Ther, 11(2),* 56-62.

Whittle, M. W. (1990). *Gait Analysis: Introduction.* Oxford Orthopaedic Engineering Centre: University of Oxford.

투 고 일 : 6월 29일
심 사 일 : 8월 6일
심사완료일 : 9월 5일