

트레이드밀 전방, 후방 보행 시 속도와 경사도에 따른 하지 근활성도의 변화

김주오¹, 인태성²

베데스다 병원 재활치료실¹, 김천 대학교 물리치료학과²

The Change of Lower Extremity Muscle Activity To Speed and Inclination During Forward and Backward Walking on The Treadmill

Ju-O Kim¹, Tae-Sung In²

¹Dept. of Physical Therapy, Bethesda Hospital

²Dept. of Physical Therapy, Gimcheon University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to investigate the changes in the activity of the thigh muscle(rectus femoris, vastus medial/ lateralis, hamstring medial/lateralis) which are caused by the change of lower extremity muscle activity to speed and inclination during forward and backward walking on the treadmill. **Method:** Twenty healthy young adults were recruited. The subjects were given a warm-up for 1 minute at the speed of 2.0km/h before exercise, and 2km/h to 4km/h from 10% to 4km/h in the frontal and backward walking. **Result:** In the present study, it was found that the muscle activity of the lateral broad and inward wide muscles increased when the treadmill was backward for 40 seconds without training. And the femur and the muscle were significantly different from 10% to 4km/h($p<.05$). **Conclusion:** These findings suggest that in the treadmill, it is effective in increasing the leg strength in the backward walking than in the forward walking. And it was concluded that muscle activity increased at 4km/h when the speed was 2km/h when backward walking.

Key words : Lower Extremity Muscle Activity, Forward and Backward Walking, Treadmill

I. 서론

인간의 보행은 여러 가지 이동 중에서 일반적으로 사용되는 방법이며, 일상생활 동작의 많은 부분을 차지하고 있다. 이러한 이동능력은 보다 포괄적인 의미로 보행과 더불어 다른 방법에 의한 운동에너지가 위치에너지로 변화하여 다양한 형태로 이동하는 것을 뜻하고 있다(Masumoto 등, 2005). 사람은 평생 동안을 걸으면서 생활한다고 해도 지나치지 않을 만큼 걷기는 우리의 일상생활에 밀착된, 모든 동작의 기본이 되는 동작이며 인체의 강도로 인한 상해 가능성이 거의 없을 뿐만 아니라 특별한 장비나 경제적인 부담 없이 실시 할 수 있는 가장 가볍고 안전한 운동이다(이동수 등, 2001).

설재광(2015)은 다양한 형태의 걷기 운동은 신체구성 성분에 긍정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라, 허리근력을 보강시켜 주면서, 요부 및 슬관절의 운동범위를 향상시켜주는 동시에 주관적으로 느끼는 통증의 정도도 완화시켜 줌으로써 요통감소 및 예방에 기여할 것이라고 하였고, 강순영(2003)은 빠르게 걷기 운동이 비만 여성의 체질량 지수, 체지방률을 감소시키는 데 효과적임을 보고하였다. 또한, 걷기 운동은 아동비만 예방과 해소에 긍정적인 영향을 미치고 민첩성과 근지구력 향상에 도움을 주며 협동심을 키울 수 있다(박태숙, 2008). 걷기 운동을 꾸준히 하는 여성의 경우 신체조성, 기초체력, 대사증후군 및 면역 기능 위험요인들이 긍정적인 방향으로 변화하는 것을 알 수 있었고, 운동 처치 전·후에 신체조성, 기초체력, 대사증후군 및 면역기능 등 건강유지에 효과가 있다는 것을 알 수 있다(박더나, 2001).

한상완(2005)은 경사진 트레이드밀에서 보행시 넓다리 무릎뼈 통증증후군, 앞십자인대 손상 등 하지에 문제를 가지고 있는 환자들에게 재활운동으로써 보다 효과적일 것이라고 하였다.

전방보행과 후방보행의 효과를 비교한 연구에서 조규권 등(2007)은 후방보행이 전방보행보다 대퇴부위 및 하퇴부위의 근력증가에 더 효과적이라고 하였다.

뇌졸중 환자의 경우 후방보행 훈련은 환자의 균형 능력 및 보행 향상에 도움을 줄 수 있음을 확인하였으며, 기존의 운동치료와 더불어 후방보행훈련을 적절히 병행하면서 재활치료에 임하면 뇌졸중 환자들이 향후 일상 생활 활동을 하는데 긍정적인 효과가 있을 것이라고 하였다(최현석 등, 2015).

트레이드밀 훈련은 치료적으로 체중지지 상태의 보행 훈련과 체중부하 상태의 보행 훈련으로 나누어지는데 체중지지 트레이드밀 보행은 단지 서기만을 위한 치료가 아니라 근력 강화, 균형 그리고 보행 패턴의 운동 조절을 재인식시키며(Dobkin, 2002), 치료 시점에 독립 보행이 가능한 대상자들은 체중지지 트레이드밀 보행이 보행 개선에 효과가 있다고 하였다.(Anne 등, 2003). 또한 체중지지 없는 완전 체중부하 상태에서의 보행훈련이 만성 편마비 환자의 보행 길이의 대칭성을 개선시켰다고 보고하였다(Wagford 등, 1990). 트레이드밀은 회전속도나 경사도를 변경하여 운동부하를 조절할 수 있어서 운동부하를 정확하게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 반복 측정 시 동일한 양의 부하를 가할 수 있다는 장점 때문에 각종 실험에 주로 사용되어 왔다(윤남식 등, 2001).

본 연구에서는 전방걷기와 후방걷기 시에 속도 변화와 각도 변화에 따라 나타나는 뒤넙다리근과 넙다리내갈래근의 활성도 변화에 대해 알아보하고자 하였으며, 이를 바탕으로 보행훈련 및 하지 재활훈련을 위한 운동치료의 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2015년 4월 중 1주간 G대학교에 재학중인 20대 초반 성인 남녀 20명을 대상으로 하였다. 하지의 정형외과적 수술 경력이 없고, 신경학적 문제로 하지근육에 심각한 근육의 약화가 없으며, 과거에 규칙적인 운동 경험이 없는 자로 선정하였다.

2. 실험절차

본 실험에 앞서, 모든 연구대상자에게 연구취지를 충분히 설명하고 동의서를 작성하여 모든 환자에게 동의를 받아서 실험을 진행하고, 트레드밀에서의 운동방법을 사전에 교육하였다. 운동은 전방보행과 후방보행을 실시하였으며, 운동전 2.0km/h의 속도에서 1분동안 편한한 보행으로 걸으며 워밍업을 실시한 후 40초간, 피험자에게 경사도 0%에서 2km/h, 4km/h, 경사도 10%에서 2km/h, 4km/h로 전방보행과 후방보행을 실시하였다. 실험자는 정확한 측정을 위해 맨발로 걷고 정상적인 팔 흔들기를 실시하였다.

3. 근전도 측정방법

표면근전도 기계(TeleMyo 2400T G2, Noraxon, USA)를 사용하여 측정 하였다. 측정오류를 제거하기 위해 알코올로 깨끗이 닦아내어 각질 제거를 하였으며, 전극의 위치는 가쪽넓은근은 무릎뼈의 위가쪽에서 15cm위, 안쪽넓은근은 무릎뼈의 위안쪽에서 5cm 위, 넙다리곧은근은 무릎뼈의 위부극과 위앞엉덩뼈가시 사이에 중간부위, 가쪽 뒤넙다리근과 안쪽 뒤넙다리근은 90° 굽힘상태로 prone 자세에서 골반고정 무릎 굽힘 동작 시 발목관절에 저항을 주어 근수축하는 부



그림 1. 근전도 측정

위에 부착하였으며, 가쪽 뒤넙다리근은 무릎관절 후 외측면 15cm 위, 안쪽 뒤넙다리근은 무릎관절 후내측면 15cm 위에 부착하였다.

근활성도 측정을 위해 사용되는 전극은 직경 2cm 크기의 원형모양의 Ag/AgCl의 표면전극(surface electrode)을 사용 하였으며 전극과 근전도계를 연결하는 전선을 잘 정리하여 움직임 잡음이 생기지 않도록 하였다.

5초에서 20초 동안의 근전도 신호만을 자료화 하였으며, 각각의 시도 사이에 근피로의 가능성을 최소화 하기위해 60초 동안 휴식시간을 주었다(그림 1).

4. 자료분석

본 연구의 자료 통계처리를 위해 SPSS Ver.21.0 프로그램으로 분석하였다. 각 군의 근활성도를 알아보기 위해 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였고, 각 경사도와 속도에 따른 넙다리곧은근, 안쪽 넓은근, 가쪽 넓은근, 안쪽 뒤넙다리근, 가쪽 뒤넙다리근의 변화를 비교하기 위해 일원배치분산분석을 사용하였으며, 개체-간 차이를 알아보기 위해 Duncan's Multiple analysis를 실시하였다. 통계학적인 유의성을 검증하기 위한 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 G대학에 재학 중인 신체 건강한 학생 20명으로 평균연령은 22.80 ± 1.67 세, 평균 신장은 166.15 ± 1.67 cm, 평균 체중은 61.65 ± 14.36 kg이었다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (n=20)

	대상자
나이(세)	22.80 ± 1.67
신장(cm)	166.15 ± 1.67
체중(kg)	61.65 ± 14.36

^a평균±표준편차

표 2. 넓다리곧은근의 조건에 따른 근활성도 기술통계량(Duncan) (단위 : μV)

	1	2	3	4	5	6	7	8	F	p
넓다리	28.18±	52.40±	27.93±	40.37±	40.37±	66.08±	39.26±	70.62±	5.83	.000
곧은근	18.32 ^a	30.78 ^{bc}	17.83 ^a	24.98 ^{ab}	30.12 ^{ab}	31.42 ^c	25.25 ^{ab}	37.19 ^c		

a,b,c,d,e is significantly Duncan score

1 : 전방보행 0%시 2km/h, 2 : 전방보행 0%시 4km/h, 3 : 전방보행 10%시 2km/h, 4 : 전방보행 10%시 4km/h, 5 : 후방보행 0%시 2km/h, 6 : 후방보행 0%시 4km/h, 7 : 후방보행 10%시 2km/h, 8 : 후방보행 10%시 4km/h

표 3. 안쪽 넓은근의 조건에 따른 근활성도 기술통계량(Duncan) (단위 : μV)

	1	2	3	4	5	6	7	8	F	p
안쪽	20.86±	42.24±	18.95±	40.35±	30.52±	86.65±	31.71±	93.08±	78.11	.000
넓은근	15.08 ^a	20.33 ^d	8.44 ^a	14.83 ^{cd}	11.45 ^b	13.15 ^e	11.62 ^{bc}	17.41 ^e		

a,b,c,d,e is significantly Duncan score

1 : 전방보행 0%시 2km/h, 2 : 전방보행 0%시 4km/h, 3 : 전방보행 10%시 2km/h, 4 : 전방보행 10%시 4km/h, 5 : 후방보행 0%시 2km/h, 6 : 후방보행 0%시 4km/h, 7 : 후방보행 10%시 2km/h, 8 : 후방보행 10%시 4km/h

표 4. 가쪽 넓은근의 조건에 따른 근활성도 기술통계량(Duncan) (단위 : μV)

	1	2	3	4	5	6	7	8	F	p
가쪽	17.16±	33.94±	18.02±	33.59±	32.41±	82.33±	39.93±	92.65±	81.77	.000
넓은근	7.88 ^a	12.55 ^b	7.31 ^a	12.13 ^b	10.72 ^b	19.61 ^c	15.99 ^b	19.70 ^d		

a,b,c,d,e is significantly Duncan score

1 : 전방보행 0%시 2km/h, 2 : 전방보행 0%시 4km/h, 3 : 전방보행 10%시 2km/h, 4 : 전방보행 10%시 4km/h, 5 : 후방보행 0%시 2km/h, 6 : 후방보행 0%시 4km/h, 7 : 후방보행 10%시 2km/h, 8 : 후방보행 10%시 4km/h

2. 조건에 따른 근활성도

경사도 0%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 전방보행과 후방보행 모두 통계학적으로 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 경사도 10%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 후방보행에서는 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$). 경사도 0%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 4km/h에서는 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$) 경사도 10%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 4km/h에서는 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$) (표 2). 경사도 0%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때와 경사도 10%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 전방보행과 후방보행 모두 통계학적으로 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$). 경사도 0%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 속도 2km/h와 4km/h에서 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 경사도 10%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 속도 2km/h와 4km/h에서 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 경사도 10%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 속도 4km/h에서는 유의한 차이가 나타났으며

전·후방보행을 비교하였을 때 2km/h와 4km/h에서 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$)(표 3).

경사도 0%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때와 경사도 10%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 전방보행과 후방보행 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$). 속도 4km/h에서 경사도 0%와 10%를 비교하였을 때 후방보행에서는 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$). 경사도 0%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 속도 2km/h와 4km/h에서 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 경사도 10%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 2km/h와 4km/h에서 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$) (표 4).

경사도 0%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때와 경사도 10%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 전방보행과 후방보행 모두 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$). 경사도 0%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 속도 4km/h에서는 유의한 차이가 나타났으며

표 5. 안쪽 뒤넙다리근의 조건에 따른 근활성도 기술통계량(Duncan)

(단위 : μV)

	1	2	3	4	5	6	7	8	F	p
안쪽뒤넙다리근	33.58±	59.18±	34.13±	64.83±	35.58±	85.91±	36.35±	88.13±	38.42	.000

a,b,c,d,e is significantly Duncan score

1 : 전방보행 0%시 2km/h, 2 : 전방보행 0%시 4km/h, 3 : 전방보행 10%시 2km/h, 4 : 전방보행 10%시 4km/h, 5 : 후방보행 0%시 2km/h, 6 : 후방보행 0%시 4km/h, 7 : 후방보행 10%시 2km/h, 8 : 후방보행 10%시 4km/h

표 6. 가쪽 뒤넙다리근의 조건에 따른 근활성도 기술통계량(Duncan)

(단위 : μV)

	1	2	3	4	5	6	7	8	F	p
가쪽뒤넙다리근	28.57±	51.77±	25.83±	25.83±	33.42±	85.15±	37.96±	91.82±	60.03	.000

a,b,c,d,e is significantly Duncan score

1 : 전방보행 0%시 2km/h, 2 : 전방보행 0%시 4km/h, 3 : 전방보행 10%시 2km/h, 4 : 전방보행 10%시 4km/h, 5 : 후방보행 0%시 2km/h, 6 : 후방보행 0%시 4km/h, 7 : 후방보행 10%시 2km/h, 8 : 후방보행 10%시 4km/h

($p < .05$), 경사도 10%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 4km/h에서는 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(표 5).

경사도 0%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 전방보행과 후방보행 모두 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 경사도 10%에서 속도 2km/h와 4km/h를 비교하였을 때 후방보행에서는 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 속도 4km/h에서 경사도 0%와 10%를 비교하였을 때 전방보행에서는 유의한 차이가 나타났고($p < .05$) 경사도 0%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 4km/h에서는 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 경사도 10%에서 전·후방보행을 비교하였을 때 2km/h와 4km/h에서 모두 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(표 6).

IV. 고찰

걷기운동은 재활과 건강유지를 위해 오랫동안 사용하고 있으며, 심혈관계 기능을 증가시키고 근골격계 손상 재활, 특히 하지(lower extremity)재활에 많이 사용하고 있다(한상완, 2005). 트레드밀을 이용한 방법 중 하나가 뒤로 걷기를 반복 훈련하는 것이다. 뒤로 걷기는 정형외과 또는 신경외과적 질환에 대한 재활 치료 방법의 하나로 사용되는데, 특히 후방이동의 이점인 근력강화나 균형의 개선을 위해 적용되고 있다

(Threlkeld 등, 1989). 후방걸기를 하는 동안 트레이드 밀의 경사도를 증가시키면 장딴지근과 앞정강근 활성도가 증가하고 무릎관절과 발목관절의 관절가동범위가 증가하였다(Cipriani 등, 1995).

본 연구는 전방걸기와 후방걸기 시에 속도의 증가와 각도에 따라 나타나는 뒤넙다리근과 넙다리내갈래근의 활성도 변화에 대해서 알아보고, 이를 바탕으로 보행훈련 및 하지의 운동치료에 대해 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실험을 실시하였다.

조규권(2007)은 보행속도 변인에서는 넙다리두갈래근, 앞정강근, 안쪽종아리근들이 5.0km/h 속도 보다 2.5km/h의 속도에서 더 높은 근활성도를 나타냈다고 하였으나 본 연구에서는 경사도 0°와 10°에서 안쪽 뒤넙다리근의 근활성도 값이 속도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났고, 경사도 10°에서는 가쪽 뒤넙다리근의 속도에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다.

김병곤 등(2007)은 속도와 경사도의 변화에 따라 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근활성도를 비교한 결과 경사도 0°, 5°, 10° 시 모두 속도가 증가함에 따라 근활성도가 높아지는 것으로 보고하였다. 그러나 경사도 10°에서 넙다리 곧은근과 경사도 0°에서 안쪽넓은근은 2km/h에서 3km/h로 속도가 증가하였을 때 근활성도가 약간 감소하는 것으로 나타났다. 본 연

구에서는 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근이 전·후방보행 시 속도가 증가함에 따라 근활성도도 증가하는 것으로 선행논문과 같은 결과를 나타내었다.

운동선수들을 대상으로 트레이드밀에서 후방보행을 실시하는 동안 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 가쪽빗넓은근 근전도의 활동전위를 비교한 결과 경사도가 증가할수록 근육의 활동전위가 증가하는 결과를 나타내었는데(한상완, 2005), 20대 대학생을 대상으로 한 본 연구에서는 후방보행 시 경사도가 증가함에 따라 가쪽넓은근의 속도가 4km/h일 때 활동전위가 증가하는 것으로 나타났다.

임용규 (2003)는 경사도 변화에 따라 트레이드밀 후방보행을 운동학적으로 분석한 결과 트레이드밀 후방보행은 경사도10%에서보다 0%에서 동적 운동범위가 크게 나타나 다른 경사보다 운동량이 많은 것으로 나타났고, 본 연구에서는 가쪽넓은근의 후방보행 4km/h시에 0°보다 10°에서 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 넙다리곧은근, 안쪽넓은근, 안쪽뒤넙다리근, 가쪽뒤넙다리근에서는 유의한차이가 나타나지 않았다.

김병곤 등(2009)는 경사도 0%와 5%에서 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근전도 수치가 유의하지 않게 나타났으며, 10%에서는 넙다리곧은근을 제외한 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근전도 수치가 유의하게 나타났다고 하였다. 본 연구에서는 넙다리곧은근과 안쪽넓은근에서는 유의한차이가 없었으나 가쪽넓은근의 4km/h속도의 후방보행에서만 경사도에 따른 유의한 차이가 있었다.

조규권 (2007)은 넙다리곧은근의 근활성도는 전방보행보다 후방보행에서 더 크게 나타났다고 하였다.

본 연구에서도 넙다리곧은근의 근활성도가 4km/h의 속도에서 경사도 10%로 보행 시 전방보행보다 후방보행에서 근전도값이 증가하였다.

조현정 (2008)은 슬관절 주변이 근육들에 대한 근활성도의 변화를 알아본 결과 4km/h의 보행 속도에서 0%, 10%의 전방보행 그룹에 비해 0%, 10%의 후방보행 그룹의 넙다리두갈래근과 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근활성도가 훈련 후 증가하는 것으로 보고하였다.

본 논문에서는 정상인들을 대상으로 하여 뇌졸중으로 인한 환자들에게 적용하기에는 다소 무리가 있다. 앞으로의 연구에서는 중추신경계 손상환자에게도 연구방법을 적용하여 보행효과를 향상시키는 연구가 진행되기를 기대한다.

본 연구에서는 훈련 없이 40초간 트레이드밀 후방보행을 실시하는 것을 조건으로 하였을 때 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근활성도가 전방보행보다 후방보행 시 근활성도가 증가하는 것으로 나타났고 넙다리곧은근은 10%에서 4km/h에서만 유의한 차이가 나타났다.

V. 결론

본 연구에서는 트레이드밀에서 전·후방 보행 시 경사도와 속도에 따른 하지근육의 근활성도를 비교해보고자 건강한 G대학 학생 20명을 대상으로 실험을 실시하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전·후방 보행 비교 시 전방보행보다 후방보행에서 넙다리곧은근, 안쪽 뒤넙다리근(0%시 2km/h, 10%시 2km/h일 때)과 가쪽 뒤넙다리근(0%시, 2km/h일 때)을 제외하고 대부분 근활성도가 높게 나타났다.
2. 후방보행에서 속도에 따른 근활성도 비교 시 2km/h보다 4km/h에서 모든 근활성도가 높게 나타났고, 경사도에 따른 근활성도 비교 시 가쪽넓은근(4km/h일 때)를 제외하고 대부분 유의한 차이가 나지 않았다.
3. 전방보행에서 속도에 따른 근활성도 비교시 넙다리곧은근(10%일 때)과 가쪽 뒤넙다리근(10%일 때)을 제외하고 2km/h보다 4km/h에서 대부분 근활성도가 높게 나타났고, 경사도에 따른 근활성도 비교시 가쪽 뒤넙다리근(4km/h일 때)를 제외하고 대부분 유의한 차이가 나지 않았다.

전방보행보다 후방보행시 하지 근력을 증가시키는 데 효과적이며, 뇌졸중 환자의 균형능력 및 보행 향상

에 도움이 될 것으로 사료된다. 속도가 2km/h일 때 보다 4km/h일 때 근활성도가 높아서 빠른 속도에서의 보행은 비만 여성의 체질량 지수와 체지방률을 감소 시켜 보다 효과적인 방법으로 그 활용이 예상된다.

참고문헌

강순영. 빠르게 걷기 운동 프로그램이 비만여성의 체질량 지수, 체지방률 및 기분 상태의 변화 효과. 연세대학교 대학원 간호학석사학위논문. 2004.

김병곤, 공원태, 정연우. 트레드밀 보행시 경사도와 속도에 따른 체간근육과 대퇴사두근의 근활동성 분석. 대한정형도수치료학회지. 2007;13(1):47-5.

김병곤, 임미선, 서현규. 트레드밀 전후방 보행에서 경사도와 속도에 따른 넵다리네갈래근 테이블핑적용 시 근활성도 비교. 대한정형도수치료학회지. 2009;15(2):60.

김석희, 우병훈, 임용규. 경사도 변화에 따른 트레드밀 역보행의 운동학적 분석. 體育科學. 2003;23(23):4-8.

박더나. 12주간 걷기운동이 비만여성의 신체조성, 기초체력, 대사증후군 및 면역기능에 미치는 영향. 전남대학교 교육대학원 교육학석사학위논문. 2001.

박태숙. 초등학생의 걷기 운동량이 체격, 체력, 신체활동 즐거움에 미치는 영향. 대구교육대학교 교육대학원 초등체육교육전공 석사학위논문. 2008.

설재광. 앞, 뒤 걷기 운동이 만성 요통자의 건강관련 체력, 요부의 근력, 관절가동범위 및 통증지수에 미치는 영향. 전남대학교 교육대학원 체육교육전공 석사학위논문. 2015.

윤남식, 이경옥, 김지연. 트레드밀 운동시 속도와 경사도에 따른 운동 역학적 변인의 특성 비교, 한국유산소운동과학회지, 2001;5(1):49-68.

이동수. 이벤트성 걷기 운동에 의한 신체형태 및 기초체력의 변화양상. 한국발육발달학회지. 2001;9(2):73-79.

조규권, 김유신, 조상현. 전방보행과 후방보행 시 속도변화에 따른 근전도 비교 분석. 한국운동역학회지. 2007;17(3):8-9.

조현정. 경사도에 따른 전후방 보행훈련이 하지 근력 및 근활성도에 미치는 영향. 한국생활환경학회지.

2008;16(2):29-34.

최현석. 후방보행훈련이 뇌졸중 환자의 균형능력 및 보행에 미치는 영향. 디지털융복합연구. 2015;13(1):367-373

한상완. 경사진 트레드밀에서 전방 걷기와 후방걷기 동안 넵다리네갈래근 활동성 비교: 표면 근전도 분석. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):65-68.

Anne M, Angela S, Ian D, Alex P. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. Stroke, 2003;34:3006.

Cipriani DJ, Armstrong CW, Gaul S. Backward walking at three levels of treadmill inclination: An electro-myographic and kinematic analysis. J Orthop Sports Phys Ther. 1995;22(3):95-102.

Dobkin BH, Sullivan KJ, Knowlton BJ. Step training with body weight support: effect of treadmill speed and practice paradigms on poststroke locomotor recovery. Arch Phys Med Rehabil, 2002;83(5):683-91.

Threlkeld AJ, Horn TS, Wojtowicz GM, Rooney JG, Shapiro R. Kinematics, ground reaction force, and muscle balance produced by backward running. J Orthop Sports Phys Ther. 1989;11(2):56-62.

Wagfjord J, Levangle PK, Certo CME. Effects of treadmill training on gait in hemiparetic patient. Phys Ther, 1990;70:549-56.

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

논문접수일(Date Received) : 2017년 4월 17일
 논문수정일(Date Revised) : 2017년 6월 8일
 논문게재승인일(Date Accepted) : 2017년 6월 16일