

대한정형도수치료학회지 제16권 제2호 (2010년 12월)
Korean J Orthop Manu Ther, 2010;16(2):76-81

전·후방보행 방법과 트레드밀 각도변화에 따른 넓다리곧은근과 앞정강이근의 활성화도 비교

김은영·이승병¹⁾·전범수²⁾·권혁수³⁾·유달영⁴⁾

김천대학교·한가족병원¹⁾·우리NPT운동센터²⁾·대전성모병원³⁾·OMT운동처방센터⁴⁾

Abstract

Comparison between Rectus Femoris and Tibialis Anterior in Terms of the Levels of Activity Varying Depending on Walking Patterns (forward and backward) and Varied Treadmill Slopes

Eun-Young Kim·Sung-Byiung Lee¹⁾·Beon-Su Jeon²⁾·Hyeok-Soo Kwon³⁾·Dal-Yeong Yu⁴⁾

Dept. Physical Therapy Gimcheon University·Hangajok Rehabilitation Hospital¹⁾·Woori natural Posture Training center²⁾·Daejeon ST Mary's Hospital³⁾·OMT exercise prescription center⁴⁾

Purpose: This study examined how the degrees of muscle activity of Rectus Femoris and Tibialis Anterior during the four phases of walking vary according to three different treadmill slopes of 0°, 7°, and 15°. **Methods:** Subjects were 14 randomly selected healthy students attending G University in Seoul, Korea who had never had articular problems with lower limb and had no difficulties walking at the time of study. **Results:** 1) With respect to Rectus Femoris, in every phase of both forward and backward walking, there were significant differences among all of the slope degrees ($p < .05$), while the activity increased with increased slope degrees in every phase of backward walking. 2) For Tibialis Anterior, only in P2 and P3 of both forward and backward walking there were significant differences in every slope ($p < .05$). **Conclusion:** Both Rectus Femoris and Tibialis Anterior were found to be more active during backward walking compared to forward walking. In addition, the activity degree of Rectus Femoris was high between the early part of two foot support phase and the early part of one foot support phase, whereas that of Tibialis Anterior was high between the early part of one foot support phase and the latter part of both foot support phase.

Key Words : forward walking, backward walking, treadmill.

교신저자 : 김은영(김천대학교 물리치료학과, 054-420-4068, E-Mail: ey-space@hanmail.net)

I. 서론

보행은 이동의 한 방법으로서 교대로 두 다리를 사용하여 움직이는 것을 말하며, 이 때 적어도 항상 한발은 지면에 접촉하고 있어야 한다. 이러한 보행은 걷는 방향에 따라 전방보행과 후방보행으로 분류할 수 있으며, 먼저 전방보행은 발의 뒤꿈치에서 지면에 접촉하여 발의 전면부로 체중을 부하한 다음 이동하는 것으로(Whittle, 2007), 심장과 하지 관절에 부담을 주지 않고 수행할 수 있기 때문에 남녀노소 모두에게 권장되는 운동이며(ACSM, 2000), 근골격계 환자들의 하지 근 동원력과 심혈관계 체력을 향상시키기 위한 운동 프로그램으로서도 사용되어지고 있다(정정욱과 김훈, 2004). Galley와 Foster(1987)는 보행에서의 하지는 머리, 체간, 팔과 상호 연관성을 가지며, 기본적으로 체중부하 구조를 가지고 안정성과 균형을 유지하여 신체를 전방으로 추진시켜 이동에 필요한 기본적 운동을 제공한다고 하였다. 최근 사람들의 운동방법을 살펴보면 공원, 산책로, 호숫가 등지에서 팔을 힘차게 저어 가는 파워워킹이나 후방보행, 후방달리기, 마사이족 워킹 등 다양한 방법을 이용하여 그들의 체형과 체력에 맞는 유산소 운동방법을 선택하고 있다(조규권 등, 2006). 하지만 근골격계에 문제가 있는 사람은 걷기 운동조차 쉽게 이행하기가 어려울 수 있고, 이들은 보통 속도로 걸을 때도 평지를 골라 걸어야 하며 충격완화 신발을 신고 아스팔트처럼 딱딱한 길을 피해야 하는 등 제약이 많다. 또 상당시간 걷기 운동을 하고나면 통증이 오히려 더 심해질 위험도 있어 이런 사람들에게 대안이 될 수 있는 것이 바로 후방보행 운동이다(채원식, 2008).

후방보행 운동은 주로 손상 후 운동 목적의 프로그램으로 사용될 수 있으며, 이 운동의 장점은 무엇보다 발가락 부분이 먼저 지면에 닿기 때문에 발목과 무릎 관절에 가해지는 부하가 타 근육에 분산됨으로써 발목과 무릎에 무리가 가지 않는 것이다(Grasso et al., 1998). Masumoto 등(2005)은 물속과 일반 땅에서 후방보행시 하지분절과 몸통분절의 근활성도에 관하여 연구를 실시하였는데, 하지분절의 근육에서는 물속에서의 후방보행 시 일반 땅에서의 후방보행보다 더 낮은 근활성도를 나타내었다고 하였으나, 이와는 반대로 흉요부 근근에서만 물속에서의 후방보행 시 높은 근활성도를 나타냈다고 보고하여, 요통환자들의 운동프로그램에 새롭게 적용시킬 필요가 있다고 보고하였고, Chaloupka 등(1997)과 Clarkson 등(1997)은 후방보행이 슬대퇴

관절에 작용하는 압축력을 현저히 감소시킨다고 보고하였다. 특히 전방십자인대의 과편을 억제하기 때문에 무릎뼈나다리 관절통 증후군(patello-femoral pain syndrome) 치료와 전방십자인대 부상 시 운동치료에 활용되어 질 수 있다고 밝혔다.

또한 후방보행은 초기 접촉기에 엉덩이관절 폼과 함께 무릎관절 굽힘이 이루어짐으로서 뒤넙다리근(hamstring)의 활동이 증가되어 전방보행보다 근의 균형상상에 있어 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며(Laufer, 2005), 에너지 소비율과 근 활성도 또한 전방보행보다 후방보행 시 더 높게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Chen et al., 2000). 한편 Grasso 등(1998)은 전방 후방보행 시 무릎관절의 전단력 방향이 전방보행 시는 후방으로, 후방보행 시는 전방으로 전환된다고 보고하였으며 수직 지면 반력값에 있어 전방보행 시에는 착지 시와 이지 전과 유사한 값을 보이지만, 후방보행 시에는 착지 시가 이지 전보다 큰 값이 발생되어진다고 나타내었다. 또한 전방보행과 후방보행에 대한 심혈관계 반응(Hooper et al., 2004)과 후방보행에 대한 훈련 후 심혈관계 반응(Heath et al., 2001)을 연구하였다. 보행운동 시 운동강도의 조절인자로서 경사도를 사용할 수 있는데 경사로 0, 5, 10%의 트레드밀에서 전방보행 시 엉덩이관절, 무릎관절과 발목관절의 각도와 각속도의 변화를 연구한 결과 10%의 경사도에서 관절 각도의 변화가 크게 나타났다. 이는 10%의 경사에서 보행 시 하지관절의 운동이 더 많이 이루어질 수 있다는 것을 예측할 수 있게 해주며(윤남식 등, 2001), 하지관절의 근 기능 향상을 위해서는 보행운동시 경사도를 적용하여 실시하는 것이 보다 효과적이라는 것을 제시해 준다.

이에 따라 본 연구에서는 두 보행 형태에 대한 운동강도 조절인자로서 경사진 면에서의 보행 방법이 보행주기에서 각 하지 근육의 활성 변화에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해 확인하여 보고자 하였으며 이에 임상에서 적용 시 하지의 운동치료에 기초자료로써 제공하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 G대학교에 재학 중인 학생 중 과거나 현재에 하지관절 및 보행에 결함이 없는 건강한 학생을 무작위 선별하였다. 본 연구를 실시하기 전 모

든 학생들에게 연구 목적과 방법에 대해 사전에 숙지시키고 자발적인 동의를 얻었으며 남자 9명, 여자 5명을 대상으로 순서는 무작위로 실시하였다(표 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=14)

age(y)	height(cm)	weight(kg)	BMI(kg/cm ²)
23.64±2.13	170.53±2.56	71.07±4.10	24.22±1.49

2. 실험 도구

전방보행과 후방보행 시 하지 근육의 근활성도를 측정하기 위해 Noraxon사의 근전도 Telemetry 2400T G2와 트레드밀이 사용되었으며, 활성도 값을 분석하기 위해 Noeaxon MyoResearch XP Master Edition 1.06.64프로그램을 통해 사용하였다.

3. 국면의 분류

본 연구의 국면은 총 4국면으로 설정하였다(표 2).

표 2. Division of phases

Phase	Division
P1(initial double stance period : IDSP)	RIC-LTO
P2(initial single limb support : ISLS)	LTO-LIC
P3(terminal double stance period : TDSP 2)	LIC-RTO
P4(terminal single limb support : TSLS)	RTO-RIC

RIC : right initial contact
 LTO : left toe off
 LIC : left initial contact
 RTO : right initial off
 RIC2 : right initial contact

4. 실험절차

4.1. 표면근전도 검사

본 연구에서 전방보행과 후방보행 시 각도 변화(0°, 7°, 15°)에 따른 하지 근육의 근활성도를 비교, 분석하기 위하여 근전도 측정을 실시하였으며, Ciprian 등 (1995)이 제시한 4km/h속도로 보행을 실시하는 동안 넵다리곧은근(rectus femoris), 앞정강이근(tibialis anterior)으로 설정하였다. 근전도 신호를 표준화하기 위하여 특정 동작의 근수축을 기준 수축(Reference Voluntary Contraction : RVC)으로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %RVC방법을 사용하였다(Cram, et al., 1998).

4.2. 근전도 신호처리 방법 및 결과산출

실험결과에 영향을 줄 수 있는 기술적 오류

(technical fault)를 피하기 위해 실험 전 표면전극을 붙이기 위한 준비로 피부에 있는 털을 제거하고 에틸알코올 솜으로 깨끗이 닦은 후 사용된 전극은 Ag/AgCL을 이용하였으며, 각 전극사이 거리는 20mm이내에 위치하도록 하였고 접지전극은 위앞엉덩뼈가시에 부착하였다. 근전도 신호의 주파수 범위는 신호의 98%를 허용하는 20~500Hz의 조건으로 설정하였다(Cram, et al., 1998). 증폭된 아날로그 근전도 신호는 변환기에 의해 1초에 1024개의 디지털 신호로 변환시켜 1000Hz의 비율로 샘플링(sampling)하여 기록하였으며, 필터링 함수는 300Hz로 설정하였다.

5. 자료처리

본 연구에서 수집된 자료의 통계 분석은 SPSS (PASW statistics) 18.0 프로그램을 이용하였다. 연구대상자들의 일반적 특성은 기술통계를 이용하여 평균 및 표준편차를 산출하였고, 경사도와 각 근육의 활성도 변화는 이요인 분산분석을 이용하여 분석하였으며 통계학적 유의수준 α=.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 각 구간에 따른 전방보행과 후방보행시 넵다리곧은근의 근활성도 비교

넵다리곧은근은 각각의 P1, P2, P3, P4 구간별에 따른 전방보행과 후방보행 시 경사도 0°, 7°, 15° 모두 유의한 차이를 나타내었다(p<.05).

P1, P3, P4 구간의 전방보행에서는 7° 경사에서 약간 감소하다가 15° 경사에서 증가하였으나, P2 구간의 전방보행에서는 경사각도가 증가할수록 근육의 활성도가 증가하였으며, 후방보행에서는 전체적으로 경사도의 각도가 증가함에 따라 근육의 활성도가 증가하는 것으로 나타났다. 대체적으로 넵다리곧은근의 활성도는 전방보행보다는 후방보행 시에 높은 활성도를 나타내었다(표 3).

표 3. Comparison of the (degree of) activity of Rectus Femoris between forward and backward walking in each phase (unit: μV)

phase	direction	angle(°)	M±SD	df	p
P1 (IDSP)	Forward	0	9.33±8.33	5	.001*
		7	8.96±3.85		
		15	12.98±7.10		
	Backward	0	13.16±8.87		
		7	20.23±12.34		
		15	23.58±16.88		

P2 (ISLS)	Forward	0	3.41±1.97	5	.000*
		7	4.82±3.68		
		15	7.72±3.48		
P3 (TDSP)	Backward	0	14.39±10.23	5	.000*
		7	18.19±9.50		
		15	23.71±16.29		
P4 (TSLs)	Forward	0	5.87±4.63	5	.000*
		7	5.31±3.89		
		15	6.58±3.45		
	Backward	0	12.24±7.90	5	.000*
		7	12.30±4.20		
		15	13.32±7.98		
	Forward	0	4.81±4.31	5	.000*
		7	3.65±2.53		
		15	4.88±3.00		
	Backward	0	7.25±4.23	5	.000*
		7	8.51±4.10		
		15	11.54±5.41		

2. 각 구간에 따른 전방보행과 후방보행시 앞정강이근의 근활성도 비교

앞정강이근은 전 구간 중 P2, P3 구간에서만 전방보행과 후방보행시 경사도 0°, 7°, 15°에서 유의한 차이를 나타내었다(p<.05). P2구간에서의 앞정강이근은 전방보행과 후방보행 모두 경사도가 증가할수록 근육의 활성도는 증가하였으며 전방보행보다는 후방보행시에 더 증가하는 것으로 나타났다. P3구간에서는 전방보행시 경사도가 증가할수록 근육의 활성도가 증가하였으나 후방보행에서는 7°에서 증가하다가 15°에서는 감소하는 것으로 나타났다(표 4).

표 4. Comparison of the (degree of) activity of Tibialis Anterior between forward and backward walking in each phase (unit: μV)

phase	direction	angle(°)	M±SD	df	p
P1 (IDSP)	Forward	0	19.41±15.22	5	.56
		7	23.12±14.80		
		15	28.83±26.61		
P2 (ISLS)	Backward	0	23.84±12.29	5	.00*
		7	33.22±32.65		
		15	30.94±24.25		
P3 (TDSP)	Forward	0	9.38±5.47	5	.00*
		7	14.44±8.76		
		15	19.60±18.55		
P4 (TSLs)	Backward	0	38.13±23.35	5	.00*
		7	45.99±53.70		
		15	46.30±63.11		
	Forward	0	9.23±5.17	5	.00*
		7	12.09±5.54		
		15	21.91±21.57		
	Backward	0	40.66±28.26	5	.00*
		7	47.10±39.77		
		15	35.06±21.06		
	Forward	0	12.64±8.76	5	.00*
		7	15.34±10.23		
		15	24.94±23.14		
	Backward	0	24.04±14.85	5	.00*
		7	24.78±12.60		
		15	25.89±13.85		

IV. 고찰

인간은 평생 동안 걸으면서 생활한다고 해도 지나치지 않을 만큼 보행 동작은 우리의 일상생활에 밀착되어 지는 부분이며, 모든 운동의 기본이 된다. 이러한 보행 운동은 극히 자연스러운 현상, 또는 인간의 움직임들 중에서 비교적 단순한 신체활동의 하나로 여기기 쉬우나 근골격계와 신경계를 총괄적으로 통합하여 사용하는 지극히 복잡한 운동이며, 신체를 단계적으로 움직이고 몸 전체를 이동시키는 운동으로 정의 할 수 있다(기세준, 2008). 보행에 대한 기능적 연구와 임상적 프로토콜은 대부분 전방보행이었으며, 후방보행은 1980년 초부터 연구가 시작되어 현재 많은 물리치료와 전문가들에 의해 후방보행에 대한 효과를 연구하고 있다(Hooper et al., 2004).

본 연구에서 넙다리곧은근, 앞정강이근의 근활성도는 전체적으로 보행주기의 전 구간에서 후방보행이 전방보행 보다 큰 근활성도 값을 나타내었다. 이는 후방보행을 이용하여 무릎뼈넙다리 관절에 부하를 감소시키면서 넙다리넙다리갈래근의 근력을 증가시키는 McArdle 등(2001)과 일치하였으며, 일반 대학생을 대상으로 트레드밀에서 후방보행을 실시하는 동안 넙다리넙다리갈래근, 뒤넙다리근, 앞정강이근, 장딴지근의 활동전위를 비교한 Cipriani 등(1995)과도 일치하였다.

또한 운동선수들을 대상으로 경사진 트레드밀에서 전방보행과 후방보행 동안 넙다리넙다리갈래근의 활동성을 비교한 한상완(2005)의 연구와도 일치하였으나, 계단 오르기와 내리기 동작 시 하지분절의 보행형태 및 근전도를 비교분석한 김유신 등(2006)의 연구에서는 넙다리곧은근과 앞정강이근이 모든 구간에서 오르막 계단보행의 근활성도가 내리막 계단보행의 근활성도보다 높은 추세를 나타내어 본 연구 및 선행연구와 다른 결과를 나타내었다.

또한 본 연구에서는 보행 주기 중 구간별 넙다리곧은근의 근활성도는 P1과 P2 구간에서의 후방보행이 더 높은 값으로 나타났으며, 앞정강이근의 근활성도는 P2와 P3 구간에서 높게 나타났으나, 김유신 등(2006)의 연구에서의 넙다리곧은근은 P3구간에서의 오르막 계단보행의 근활성도가 가장 높게 나타났고, 앞정강이근은 P4의 오르막 계단보행에서 가장 높은 근활성도를 나타내어 구간별 각각의 근육에서도 다른 결과를 나타내었다. 이는 경사도의 변화와 계단 높이 변화에 따른 체간

및 하지의 역학적인 변화의 차이와 신체의 안전과 균형을 바로잡기 위한 일련의 동작변화의 차이로 인한 것이라 여겨진다. 이는 경사도의 변화로 나타나는 하지의 정렬변화보다는 계단의 높이 변화로 나타나는 하지의 정렬변화가 다를 수 있음을 의미하며 무릎관절의 변화는 계단을 오르기 위하여 계단 높이만큼 굽힘되어 있으며, 보행주기의 초기 이후부터 신체를 다음번 계단으로 이동하기 위한 급격한 굽힘이 진행되다가 체공기(flight phase) 초기부터 다음번 계단으로 발을 들어올리기 위하여 급격한 폼을 하고 있다. 반대로 계단을 내려오는 경우 다음번 계단이 현재 지지면보다 현저히 낮기 때문에 신체 하중에 의하여 충분히 폼되어 있는 상태에서 체공기 중반까지 꾸준히 굽힘되고 있는 것으로 보여진다. 발목관절에서의 변화는 계단을 오르기 위하여 초기 접지부터 보행주기의 초기까지 배측굽힘되다가 이후부터는 서서히 저측굽힘이 일어나 중반정도에서 급격하게 배측굴곡되고 이후부터는 완만한 배측굽힘이 일어나 신체의 하중에 의한 충격을 흡수할 수 있도록 하고 있는 것으로 사료된다.

경사진 트레드밀에서 전방보행과 비교할 때 후방보행은 무릎뼈넙다리 관절에서 받는 압력을 감소시킬 수 있으며(Flynn et al., 1991) 넙다리네갈래근의 근력운동을 수행하는 동안 앞십자인대의 과신장을 예방하고 넙다리네갈래근의 파워를 증가시킨다(Threlkeld et al., 1989).

본 연구의 결과 후방보행 훈련은 전방보행 훈련보다 넙다리곧은근과 앞정강이근의 활성도를 증가시켜 근기능의 향상을 도모할 수 있는 운동이라고 생각되며 특히 넙다리곧은근은 보행주기 중 P1과 P2 구간에서의 활성도가 크므로 균형 및 안정성이 현저히 떨어지는 환자라도 보행전 선 상태에서 P1과 P2 구간만의 반복적 훈련이 요구되어지며, 앞정강이근은 보행주기 중 P2와 P3 구간에서의 활성도가 크므로 P1과 P2 구간에서의 반복적 훈련으로 지속적인 훈련을 도모하고자 한다.

V. 결론

본 연구는 트레드밀에서 전방보행과 후방보행을 하는 동안 경사도 0°, 7°, 15°에서 보행주기의 네 국면으로 분류하여 넙다리곧은근과 앞정강이근의 활성도의 변화를 알아보고자 하였다. 20대 성인 남녀를 대상으로 4km/h의 속도로 고정하여 실시하였으며, 본 연구를 통하여 얻은 결과는 다음과 같았다.

1. 넙다리곧은근은 전체적 보행 주기에서 전방보행과 후방보행의 경사도 0°, 7°, 15° 모두 유의한 차이를 나타내었으며 ($p < .05$), 후방보행에서 전체적으로 경사도의 각도가 증가함에 따라 근육의 활성도가 증가하는 것으로 나타내었다.
2. 앞정강이근은 전 구간 중 P2, P3 구간에서만 전방보행과 후방보행시 경사도 0°, 7°, 15°에서 유의한 차이를 나타내었다 ($p < .05$). P2구간에서의 앞정강이근은 전방보행과 후방보행 모두 경사도가 증가할수록 근육의 활성도는 증가하였으며 전방보행보다는 후방보행시에 더 증가하는 것으로 나타났다. P3구간에서는 전방보행시 경사도가 증가할수록 근육의 활성도가 증가하였으나 후방보행에서는 7°에서는 증가하다가 15°에서는 감소하는 것으로 나타났다.

넙다리곧은근과 앞정강이근은 전방보행보다는 후방보행시 활성도가 증가되며 보행주기의 구간에서 넙다리곧은근은 초기 양발 지지구간과 초기 한발 지지구간 사이에서 더 큰 근육의 활성도를 나타내고, 앞정강이근은 초기 한발 지지구간에서 후기 양발 지지구간 사이에서 더 큰 근육의 활성도를 나타내어 보행이 불완전한 환자를 대상으로도 반복적인 훈련을 이용하여 효과를 나타낼 수 있을 것이라 생각되며 나아가 계단보행과 전방 후방보행의 경사차이 연구 비교도 필요하리라 생각되어진다.

참고문헌

- 기세준, 채원식, 강년주, 장재익, 윤창진. 파워보행과 일반보행 시 하지근의 근전도 비교 분석. 한국운동역학회지, 2008;18(4), 125-133.
- 정정욱, 김훈. 걷기 형태가 에너지 소비량 및 호흡순환 기능에 미치는 영향. 한국체육학회지, 2004; 43(5), 321-330.
- 조규권, 김유신, 김은정. 파워워킹과 일반보행의 운동학적 및 EMG 비교분석. 한국운동역학회지, 2006;16(2), 85-96.
- 채원식(). 20° 경사로 앞·뒤 보행 동작 시 지면반력의 형태 비교 분석. 한국운동역학회지, 2008;18(3), 71-82.
- 한상완. 경사진 트레드밀에서 전방 걷기와 후방 걷기 동안 넙다리네갈래근 활동성 비교: 표면 근전도 분석. 한국전문물리치료학회지, 2005;12(1),

63-70.

- Chaloupka EC, Kang J, Mastrangelo MA, & Donnelly MS. Cardiorespiratory and metabolic response during forward and backward walking. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1997;25(5), 302-306.
- Chen LY, Su FC. and Chiang PY. Kinematic and EMG Analysis of Backward Walking on Treadmill. *Proceedings of the 22nd Annual EMBS International Conference, Chicago IL*, 2000;825-827.
- Cipriani DJ, Amstrong CW, Gaul S. Backward walking at three levels of treadmill inclination: An electromyographic and kinematic analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;22(3), 95-102.
- Clarkson E, Cameron S, Osmon P, McGraw C, Smutok M, Stetts D, & Underwood F. Oxygen consumption, heart rate, and rating of perceived exertion, in young adult women during backward walking at different speeds, *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1997;25(2), 113-118.
- Cram JR, Kasman GS. and Holtz J. Lower extremity joint kinetics and energetics during backward running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998;23(5), 602-610.
- Flynn TW, Soutas-Little RW. Patellofemoral joint compressive forces during forward and backward running. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;21(5), 277-282.
- Galley PM, & Foster AL. *Human movement*. Churchill Livingstone, 1987;228-237.
- Grasso R, Bianchi L, Lacquanti F. Motor Patterns for Human Gait: Backward Versus Forward Locomotion. *Journal of Neurophysiology*, 1998;80(4);1868-1885.
- Heath EM, Blackwell JR, Baker UC. et al. Backward walking practice decreases oxygen uptake, heart rate and ratings of perceived exertion. *Phys Ther Sport*. 2001;2;171-177.
- Hooper TL, Dunn DM, Props JE. et al. The effect of graded forward and backward walking on heart rate and oxygen consumption. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34;65-71.
- Laufer Y. Effect of age on characteristics of forward and backward walking on heart rate and oxygen consumption. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2005;34(2), 65-67.
- 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.
- Threlkeld AJ, Hom TS, Wojtowicz GM. et al. Kinematics, ground reaction force, and muscle balance produced by backward running. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1989;11(2), 56-62.
- Whittle MW. *Gait Analysis: An introduction*, Elsevier. 4th edition. 2007;48.

논문투고일 : 2010년 10월 29일

논문심사일 : 2010년 11월 28일

게재확정일 : 2010년 12월 20일

