



등산폴 사용이 보행과 근활동에 미치는 영향

The Effects of Hiking Poles-using on Gait and Muscle Activity

서정석* · 김용운(서울대학교) · 윤태진(마quette대학교)

Seo, Jung-Suk* · Kim, Yong-Woon(Seoul National University) · Yoon, Te-Jin(Marquette University)

ABSTRACT

J. S. SEO, Y. W. KIM, and T. J. YOON, The Effects on Hiking Poles-using on Gait and Muscle Activity. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 17, No. 3, pp. 209-215, 2007. The purpose of this study was to investigate gait factor and muscle activity depending on hiking poles-using. Eight healthy men volunteered for this experiment. Each of them performed down-hill walking with hiking poles-using and without poles at speed of 3.5km/h for 45 minutes on a treadmill. The treadmill was set 25% down-hill inclination. Kinematic data collected in 60Hz were recorded and analyzed by using 2D motion capture system to measure step time and step length so on. And the lower extremity muscle activities were simultaneously recorded in 1500Hz and assessed by using EMG. The statistical analysis was the paired t-test with repeated measures to compare between hiking poles-using and without poles. The level of statistical significance for all tests was .05.

The results of this study were following : Step time was showed statistically different according to pole conditions. That is, the case of poles-using was longer than without poles in step time. Also, step length was showed statistically different between two conditions. Step length about trials with poles was longer than trials without poles. In the muscle activity, the case of all muscles was not showed statistical significance about pole conditions. However, in most muscles IEMG, there were some decreasing-trend relatively when hiking poles-using.

KEYWORDS : HIKING-POLE, DOWN-HILL WALKING, INTEGRATED EMG, STEP-TIME, STEP-LENGTH

I. 서론

등산은 낮은 강도로 오랫동안 행하는 전형적인 운동의 하나로, 여러 측면에서 인체에 중요하고도 긍정적인

효과를 제공하는 여가 활동으로 알려져 있다. 등산은 이동 체계에 동원되는 활동적이고 수동적인 근골격계 뿐만 아니라 심폐혈관계에도 긍정적인 효과를 갖는다 (LaCroix, Leveille, Hecht, Grothaus, & Wagner, 1996). 그러나 이러한 긍정적인 효과는 내리막 보행

* snuseo@hanmail.net

(down-hill walking)으로 인한 하지 관절과 연조직에 발생하는 통증과 상해로 인해 감소될 수도 있다(Blake & Ferguson, 1993; De Loes, 1995). 결국, 내리막을 걸을 때 발생하는 부가적인 외부의 부하는 근골격근의 통증과 상해 위험을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Laursen, Ekner, Simonsen, Voigt, & Sjogaard, 2000).

내리막 보행 시 발생하는 상해와 통증은 하지 관절에 부과되는 높은 부하에 의해 야기된다. 특히 무릎관절은 내리막 보행 시 더 높은 부하를 감수하게 된다(Kuster, Sakurai, & Wood, 1995; Megjan & Todd, 1994; Schwameder, Roithner, Muller, Niessen, & Raschner, 1999; Vaughan, Davis, & O'Connor, 1992; Winter, 2005). Andriacchi, Natarajan, & Hurwitz(1997)는 다양한 일상생활에서 하지 관절의 최고 굴곡모멘트를 비교하였는데, 발목과 고관절 모멘트가 거의 동일한 반면에 편평한 지면에서 걷는 것에 비해 계단을 내려올 때에는 무릎관절에서는 4배의 모멘트가 나타났다고 보고한 바 있다.

계단이나 내리막을 내려가는 활동의 기전에는 신체에 작용하는 중력에 안전하게 저항하는 것을 포함하고 있다(Luttgens & Hamilton, 1997). 일반적으로 폴의 사용이 안정성을 증가시킨다는 연구(Jacobson, Caldwell, & Kulling, 1997)와 폴 사용이 오르막 보행에서는 직립 자세로 인한 호흡 효율성을 증가시킨다는 연구(Knight, Merrell, & Caldwell, 1998) 등이 수행된 바 있다. 특히, 최근의 Bohne & Abendroth-smith(2007)가 수행한 내리막을 걷는 실험에서는 하지에 가해지는 부하를 줄이기 위해 등산폴 사용이 일반화되고 있다고 보고하였다.

한편, 이러한 등산폴 사용에 대한 이점을 보고한 연구들에도 불구하고 Schwameder et al.(1999)의 관절모멘트나 최고 지면반력을 토대로 한 연구 보고에 따르면, 등산폴을 적절하게 사용하면 무릎관절에 문제가 있는 사람의 경우에는 무릎관절 구조에 작용되는 몇 개의 내·외적 부하가 감소되어 도움이 될 수 있지만, 임상적으로 볼 때에는 이러한 부하들이 명확하게 감소한다는 사실에는 의문점을 제기하였다.

기존의 많은 연구들이 단지 무릎이나 고관절 등과 같은 관절에 적용되는 힘과 모멘트에 대한 분석을 토대로 등산폴 사용을 권장하고 있다. 그러나 이러한 대

부분의 연구들이 실험실 상황 즉, 길이가 한정된 짧은 내리막을 제작하여 단발적인 보행 동작에서 산출된 결과로 등산이라는 오랜 시간 동안 지속되어야 하는 운동 현상에 대한 효과를 일반화시켜 추론하고 있는 것은 아쉬운 점이 적지 않다.

이에 본 연구는 등산이 비교적 장시간 지속되는 운동이라는 점을 감안하여 등산폴의 사용 여부가 특히 내리막 보행에 미치는 영향에 주목하고자 하였다. 이를 위해 스텝 시간이나 스텝 길이 등을 활용함으로써 보행과 관련된 요인들을 진단해 보고, 더 나아가 주로 사용하는 하지 근육들의 근활동에 초점을 맞추어 등산폴 사용 여부에 따른 차이점을 비교·분석해 보고자 한다. 이러한 연구는 최근 국내에서도 등산에 대한 열기나 관심이 가속되고 있다는 점을 고려해 볼 때 효율적인 등산 활동에 도움을 줄 수 있는 매우 시의적절한 연구가 될 것으로 판단된다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 피험자로는 20대의 남자 대학생 8명을 선정하였다. 실험 과제의 특성 상 두 차례에 걸쳐 45분 동안 내리막 경사를 내려와야 하기 때문에 근신경적으로나 정형외과적으로 병력이 없고 특히, 본 실험에 자발적으로 참여를 위한 자로 한정하였다.

피험자들의 구체적인 신체적 특성은 다음의 <표 1>과 같다. 단, 질량, 체지방율, 근육량 등은 Inbody(4.0, Biospace)를 사용하여 측정하였다.

2. 실험 및 분석 장비

본 실험에 동원된 장비에는 크게 내리막 보행에 관

표 1. 피험자의 특성

피험자 (n)	비교	연령 (yr)	신장 (cm)	질량 (kg)	체지방율 (%)	근육량 (kg)
8	M	21.3	178.4	71.7	15.1	57.5
	SD	1.8	3.9	11	3.6	7.6

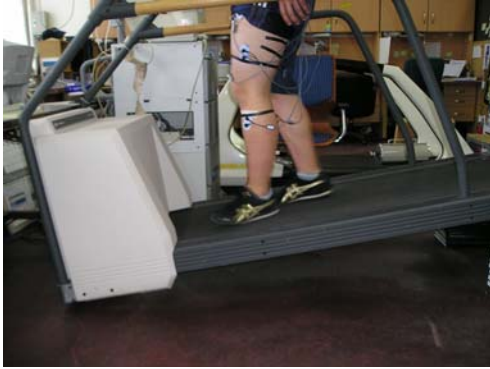


그림 1. 실험 상황

한 운동학적 분석과 EMG 관련 변인을 분석하기 위한 도구들이 포함된다. 운동학적 변인 산출과 함께 EMG와의 동조를 위한 비디오카메라(SONY VX-2100)를 사용하였고, 하지 위주의 근육 활동을 분석하기 위한 무선 근전도기(Telemyo 2400, Noraxon)가 이용되었다.

이 외에도 지속적인 내리막 보행을 가능하게 하기 위한 의학용 트레드밀(트레드밀 2000, Sensormedics)과 일자 형태로 길이가 조절되는 등산용 폴(550g, REDFACE REEGSTX 0706) 2개가 동원되었다. 구체적인 실험 상황은 <그림 1>과 같다.

3. 실험 설계 및 방법

본 연구는 등산폴을 사용하지 않고 내리막 보행(경사 25%, 45분)을 수행한 조건과 폴을 사용해서 내리막 보행(경사 25%, 45분)을 수행한 조건에 대한 보행 요인들과 근활동의 차이점을 비교·분석하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 등산폴의 사용 여부에 따른 두 조건에 대하여 운동 시작 후 45분 시점에서 10초 동안 영상 촬영과 동시에 EMG 자료가 획득하였다. 획득된 10초 동안의 자료 범위 내에서 양질의 5스트라이드를 구분한 후에 조건에 따른 비교·분석을 위한 여러 변인들에 대한 자료 처리가 이루어졌다. 근피로 등의 요인을 최소화하기 위해 각 조건의 수행은 일주일의 간격을 두고 이루어졌으며 수행되는 조건의 순서는 무작위의 원칙에 따라 선택되었다.

먼저, 트레드밀과 내리막 보행 동작이 다 포함될 수

있도록 카메라를 전후면 상에 위치시켰으며, 또한 근전도 자료를 획득하기 위해 왼쪽 하지의 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 전경골근, 비복근, 대퇴이두근 등 6개의 근육에 전극을 부착하였다.

트레드밀의 경사도는 25%의 내리막을 선택하였으며, 속도는 처음 2분 동안에는 내리막 보행에 적응하기 위한 느린 속도인 2km/h 수준에서, 그 후에는 45분 동안 계속 3.5km/h의 속도로 진행하였다. 단, 등산폴을 사용하는 조건의 경우, 등산폴의 길이는 Schwameder et al.(1999)의 연구 보고에 의거 피험자 8명 모두 자신 신장의 $67 \pm 3\%$ 이내에서 각자 편안한 길이로 결정되었다.

4. 자료 처리

1) 운동학적 분석

본 연구는 트레드밀과 피험자의 왼쪽인 전후면 상에 카메라를 설치함으로써 2차원 영상분석을 실시하였다. 샘플링 빈도는 60Hz, 셔터 스피드는 1/250으로 설정하였다. 촬영으로 획득된 영상은 Kwon 3D(version 3.1) 프로그램을 활용하여 내리막 보행 시의 주요 이벤트별 시간정보와 위치정보를 획득함으로써 보행 요인으로 선택한 스텝 시간과 스텝 길이 등의 자료 분석이 이루어졌다.

2) EMG 분석

본 실험의 경우, 샘플링 비율 1500Hz로 왼쪽 하지 6개 근육에서 일차적으로 원자료를 획득하였다. 이 자료를 카메라와의 동조 인식을 통해 각 조건에 따라 5스트라이드로 구분한 후 파일로 저장하였다. 이 파일들을 각각 먼저 5-1000Hz에서 Bandpass 필터링을 실시한 후, 정류를 실시하였다. 그 후에는 폴을 이용한 신체동작의 경우 최고 빈도(highest frequency)가 20Hz 정도라고 보고한 연구(Knight & Caldwell, 2000)를 토대로 다시 20Hz의 차단 주파수에서 Lowpass 필터링을 실시하였고, 이러한 일련의 과정은 Noraxon MR XP(version 1.06) 프로그램을 이용하여 조건과 근육에 따른 IEMG 값을 산출하였다.

3) 통계 처리

본 연구는 폴 사용 여부에 따라 내리막 보행 시 나타난 보행 요인과 근활동을 비교·분석하는 것이었다. 이에 하지의 6개 근육인 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 전경골근, 비복근, 대퇴이두근을 선택하였고, 운동시작 후 45분이 지난 시점에서 자료를 획득하였다.

폴 사용 여부에 따른 종속변인들의 차이점을 규명하기 위해 SPSS/PC 통계 프로그램(Ver. 12.0)을 이용하여 획득된 자료들에 대한 종속 t-test를 실시하였다. 이때 통계적 유의성 검증은 유의수준 .05 수준에서 이루어졌다.

III. 결과 및 논의

1. 운동학적 변인

1) 스텝 시간

본 연구에서 스텝 시간은 보행에서 일반적으로 말하는 스텝 즉, 한 발이 닿은 후 반대쪽 발이 닿을 때까지의 시간을 의미한다. 왼발의 뒷꿈치가 지면에 닿은 순간부터 다음 발인 오른발의 뒷꿈치가 지면에 닿은 순간까지 소요된 시간이다. 보행이 주기적 운동이지만 여러 원인으로 인해 시행간의 변화가 적지 않게 나타날 수도 있는 변인이기 때문에 반복된 측정으로 신뢰도를 높이기 위해 획득된 5개 스트라이드 중에서 5개의 스텝을 확보하여 구분한 후 그 평균값으로 제시하였다.

<표 2>에서와 같이 내리막 걷기를 시작해 45분이 경과한 시점에서의 스텝 시간은 폴을 사용한 경우에 0.58±0.07sec로 나타났고, 폴을 사용하지 않은 경우에는 0.54±0.03sec로 나타나 폴을 사용했을 때가 더 크게 나타났다.

폴 사용 여부에 따른 스텝 시간에 대한 통계적 유의성을 검토한 t-test에서도 <표 2>의 통계 결과와 같이 폴을 사용한 경우가 더 크게 나타났다[t(7)=-2.709, P<.05].

이러한 결과는 <그림 2>와 같이 내리막 보행의 경

표 2. 스텝 시간 단위:(s)

폴 사용 여부	운동시작 45분후	
	평균±표준편차	통계 결과
사 용	0.58±0.07	t(7)=-2.709 P=.030*
미사용	0.54±0.03	

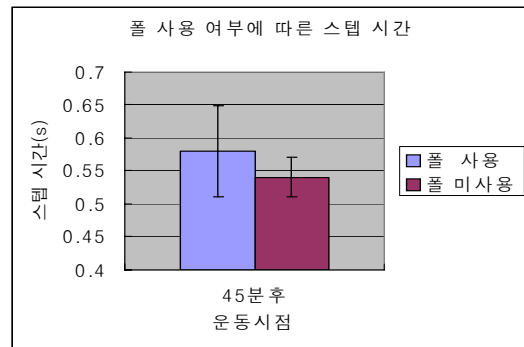


그림 2. 스텝 시간

우 폴을 사용하면 폴을 사용하지 않는 경우보다 상대적으로 스텝 시간이 더 길어진다는 것을 의미한다. Schwameder, Lindenhofer & Muller(2005)는 걷는 동안 하지 관절의 부하는 기울기 정도에 강하게 영향을 받고 하지 관절 구조 내의 통증과 상해를 야기할 수 있다고 보고하였다. 특히, 관절 부하를 감소시키기 위한 한 가지 유연한 대처 방법은 걷는 속도의 감소라고 강조한 바 있다. 단, 본 연구에서는 폴 사용 여부에 따른 두 조건 모두 동일한 속도로 일정하게 통제하였기 때문에 결국 폴을 사용한 경우가 그렇지 않은 경우보다 스텝 시간이 더 크게 나타났다는 것은 추후 전개될 결과인 스텝 길이와의 연계를 토대로 해석되어야 하겠지만, 적어도 내리막 보행을 하는 동안 스텝 시간이나 길이를 변화시킴으로써 보행 형태를 효과적으로 조절한 것으로 판단할 수 있다.

2) 스텝 길이

스텝 길이는 보행에서의 스텝 즉, 왼발의 앞꿈치와 오른발의 앞꿈치 간의 거리를 의미한다. 스텝 길이 또한 스텝 시간과 같이 반복된 측정으로 신뢰도를 높이기 위해 획득된 5개 스트라이드에서 5개의 스텝 길이를 확보하여 구분한 후 그 평균값을 제시하였다.

표 3. 스텝 길이 단위:(m)

폴 사용 여부	운동시작 45분후	
	평균±표준편차	통계 결과
사 용	0.69±0.07	t(7)=5.219 P=.001**
미사용	0.65±0.10	

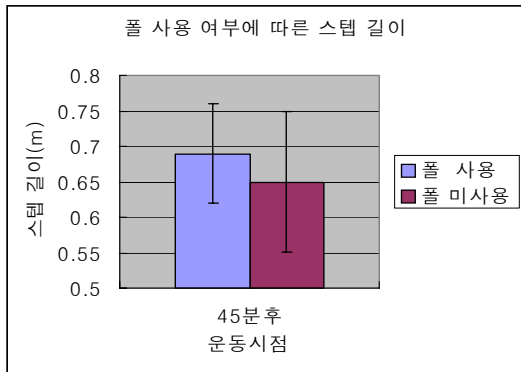


그림 3. 스텝 길이

<표 3>에서와 같이 내리막 걸기를 시작해 45분이 경과한 시점에서의 스텝 길이는 폴을 사용한 경우에 0.69±0.07m로 나타났고, 폴을 사용하지 않은 경우에는 0.65±0.10m로 나타나 폴을 사용했을 때가 더 크게 나타났다.

폴 사용 여부에 따른 스텝 길이에 대한 통계적 유의성을 검토한 t-test에서도 폴을 사용한 경우가 더 크게 나타났다[t(7)=5.219, P<.01].

이러한 결과는 <그림 3>에서 살펴볼 수 있는 것과 같이 폴을 사용하면 폴을 사용하지 않을 때보다 스텝 길이가 더 길어진다는 것을 의미한다. 결국, 비교적 장시간의 내리막 보행 시에는 폴 사용이 스텝 길이를 증가시킨다는 것으로 판단할 수 있다. 또한, 앞서 제시한 스텝 시간과의 관계로 이러한 결과를 재조명해 볼 때, 폴을 사용한 경우 스텝 시간이 증가되었다면 본 연구가 동일한 속도가 유지되었기 때문에 스텝 길이도 증가하는 것이 논리적으로 합당할 것이다. 이러한 결과는 Wilson, Torry, Decker, Kernozek & Steadman(2001)이 수행한 폴을 사용하는 경우와 그렇지 않은 경우의 연구에서 폴 사용 시 더 빠른 속도로 걸을 수 있다는 보고와 같은 맥락에서 해석될 수 있을 것이다. 한편, 본

연구의 실험과제와는 달리 오르막 보행을 과제로 한 Knight & Caldwell(2000)의 연구에서, 폴을 사용하면 더 긴 스텝이 가능하다고 하였는데, 이것은 결국 오르막 보행뿐만 아니라 내리막 보행에서도 폴의 사용이 스텝 길이를 증가시킬 수 있다는 제한적이지만 의미있는 결과로도 해석될 수 있을 것이다.

2. 근육별 IEMG

본 근육별 IEMG의 평균은 내리막 걸기를 시작한 45분 후의 시점에서 카메라와의 동조를 통해 획득한 각 피험자의 조건별 내리막 보행의 5스트라이드에 대한 6개의 근육별 IEMG값을 평균한 것이다. 결국, 본 자료는 폴 사용 여부에 따라 각각의 근육들에서 어떠한 근활동이 나타났는지를 종합적으로 판단할 수 있는 지표가 될 것이다.

<표 4>는 내리막 걸기를 시작한 지 45분 후에 폴 사용 여부에 따라 나타난 6개 근육인 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 전경골근, 비복근, 대퇴이두근의 IEMG의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다.

<표 4>를 요약해보면, 비복근이 폴을 사용한 경우가 85.8±38uV·s로 나타났고, 폴을 사용하지 않은 경우가 83.13±28uV·s로 나타나 미세한 차이로 폴 사용의 경우가 더 큰 값을 보였다. 단, 이 근육을 제외한 나머지 5개 모든 근육에서는 폴을 사용한 경우가 폴을 사용하지 않았을 때보다 정도의 차이는 있지만 상대적으로

표 4. 조건에 따른 근육별 IEMG의 평균 단위 : (uV · s)

근육	폴 사용 여부	운동시작 45분후	
		평균±표준편차	통계 결과
대퇴직근	사 용	170.43±73	t(7)=0.953 P=.372
	미사용	187.39±67	
내측광근	사 용	282.88±66	t(7)=0.271 P=.794
	미사용	288.61±84	
외측광근	사 용	283.28±73	t(7)=2.267 P=.058
	미사용	383.49±95	
전경골근	사 용	200.93±39	t(7)=0.002 P=.999
	미사용	200.96±47	
비복근	사 용	85.8±38	t(7)=-0.519 P=.620
	미사용	83.13±28	
대퇴이두근	사 용	76.36±26	t(7)=1.307 P=.233
	미사용	86.43±28	

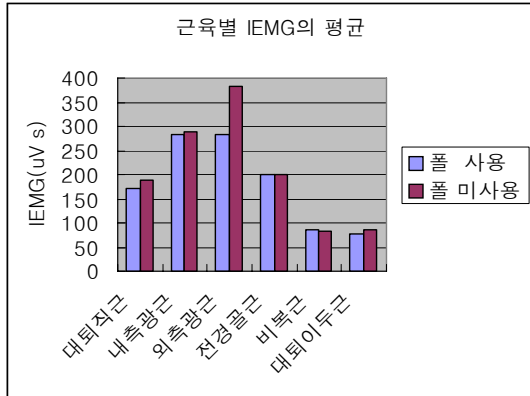


그림 4. 근육별 IEMG의 평균

더 작은 값이 나타났다.

단, 폴 사용 여부에 따른 6개의 근육별 IEMG 평균에 대한 통계적 유의성을 검토한 t-test에서는 <표 4>의 통계 결과와 같이 통계적 유의성은 발견되지 않았다.

이러한 결과는 <그림 4>에서와 같이 45분간의 내리막 보행을 하는 경우 폴 사용 여부에 따른 근활동량은 외측광근 이외에는 시각적으로 큰 차이점을 발견할 수 없다. 그러나 통계적으로 유의한 결과를 보이지는 않았지만 대부분의 근육에서 등산폴을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우에 비해 더 작은 근활동량을 보였다는 점에는 주목할 필요가 있을 것이다.

이러한 결과는 간접적이지만 Wilson et al.(2001)이 수행한 폴 사용이 GRF를 감소시키고, 주요 관절에 대한 모멘트도 감소시킨다는 연구나 Bohne & Abendroth-smith(2007)가 수행한 폴을 사용하는 경우, 발목이나 무릎, 고관절의 모멘트를 감소시킴으로써 관절을 안정시키는 기능을 유지하는데 소모되는 근육 활동을 감소시켜 준다는 연구 결과와 같은 맥락에서 해석된다.

IV. 결론

등산폴 사용 여부가 내리막 보행 시 보행과 관련된 요인과 근활동에 미치는 영향을 규명하기 위한 본 연구에서는 다음과 같은 결론이 도출되었다.

우선, 스텝 시간과 스텝 길이는 두 변인 모두 폴을 사용한 경우가 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 통제된 일정한 속도에서 내리막 보행 시 폴을 사용하면, 스텝 시간을 늘리며, 스텝 길이도 증가시킬 수 있다는 의미로 해석할 수 있다.

둘째, 6개 근육에 대한 개개의 근활동 분석에서는 폴 사용 여부에 따른 통계적 유의성은 발견되지 않았다. 단, 비복근을 제외한 나머지 5개의 모든 근육에서는 폴을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 상대적으로 더 작은 근활동량이 나타났다.

참 고 문 헌

- Andriacchi, T. P., Natarajan, R. N. & Hurwitz, D. E. (1997). *Musculoskeletal dynamics, locomotion and clinical application*. In *Basic Orthopedic Biomechanics*(2nd ed.). pp. 37-68. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven.
- Blake, R. L. & Ferguson, H. L. (1993). Walking and hiking injuries. A one-year follow-up study. *Journal of the American Podiatric Medicine Association*, 83, 499-503.
- Bohne, M., Abendroth-smith, J. (2007). Effects of hiking downhill using trekking poles while carrying external loads. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 177-183.
- De Loes, M. (1995). Epidemiology of sports injuries in the Swiss organization 'Youth and Sports' 1987-1989. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 134-138.
- Jacobson, B. H., Caldwell, B. & Kulling, F. A. (1997). Comparison of hiking sticks use on lateral stability while balancing with and without load. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 347-350.
- Knight, C. A., & Caldwell, G. E. (2000). Muscular and metabolic costs of uphill backpacking : are hiking poles beneficial? *Medicine and Science*

- in Sports and Exercise*, 32(12), 2093-2101.
- Knight, C. A., Merrell, R. E. & Caldwell, G. E. (1998). Kinematic effects of hiking poles use in simulated uphill backpacking. *Communication to the 3rd North American Congress on Biomechanics*, Waterloo, ON.
- Kuster, M., Sakurai, S. & Wood, G. A. (1995). Kinematic and kinetic comparison of downhill and level walking. *Clinical Biomechanics*, 10, 79-84.
- LaCroix, A. Z., Leveille, S. G., Hecht, J. A., Grothaus, L. C. & Wagner, E. H. (1996). Does walking decrease the risk of cardiovascular disease hospitalization and death in older adults? *Journal of the American Geriatric Society*, 44, 113-120.
- Laursen, B., Ekner, D., Simonsen, E. B., Voigt, M. & Sjogaard, G. (2000). *The Applied Ergonomics*, 31(2), 159-166.
- Luttgens, K. & Hamilton, N. (1997). *Kinesiology*(9th ed.). Dubuque, IA; The McGraw-Hill Company.
- Meglan, D. & Todd, F. (1994). *Kinetics of human locomotion. In Human Walking*(2nd ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Schwameder, H., Lindenhofer, E. & Muller, E. (2005). Effect of walking speed on lower extremity joint loading in graded ramp walking. *Sports Biomechanics*, 4(2), 227-243.
- Schwameder, H., Roithner, R., Muller, E., Niessen, W. & Raschner, C. (1999). Knee joint force during downhill walking with hiking poles. *Journal of Sports Sciences*, 17, 969-978.
- Vaughan, C. L., Davis, B. L. & O'Connor, J. C. (1992). *Dynamics of Human Gait*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilson, J., Torry, M. R., Decker, M. J., Kernozek, T. & Steadman, J. R. (2001). Effects of walking poles on lower extremity gait mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 142-147.
- Winter, D. A. (2005). *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait*(3th ed.). Waterloo, ON : University of Waterloo Press.

투 고 일 : 7월 31일
 심 사 일 : 8월 6일
 심사완료일 : 9월 5일