

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2020. 12. Vol. 27, No.3, pp. 67-74

정상인의 팔걸이 사용에 따른 보행 시 하지 근 활성화도의 변화

오규빈 · 손가을 · 김서연 · 김해든 · 백승민 · 송현수 · 윤상혁 · 조기훈

한국교통대학교 물리치료학과

Change of lower limb muscle activation according to the use of arm sling in normal subjects

Gku Bin Oh, M.Sc., P.T. · Ga Eul Son · Seo Yeon Kim · Hae Deun Kim · Seung Min Back ·
Hyen Su Song · Sang Hyeok Yun · Ki Hun Cho, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Abstract

Background: The purpose of this study was to investigate the change of lower limb muscle activation according to the use of arm sling in normal subjects.

Design: Cross-sectional Study

Methods: Seven healthy subjects (6 males and 1 female, 25.42 years, 173.57 cm, 71.71 kg) were recruited on a voluntary basis. To measure the lower limb muscle activation during walking with and without arm sling, we used a wireless surface electromyography (sEMG) (FreeEMG1000, BTS Bioengineering, Milano, Italy). Six wireless sEMG electrodes were attached to the following three major muscle groups of the both side lower limb: rectus femoris, biceps femoris, medial gastrocnemius. All subjects wore arm sling on their right side during measurement.

Results: In the stance phase, there was a significant increase in right side rectus femoris muscle activation in walking without arm sling compared to the walking with arm sling ($p<.05$). Additionally, In the stance phase, there was a significant increase in left side tibialis anterior muscle activation in walking without arm sling compared to the walking with arm sling ($p<.05$).

Conclusion: The results of this study suggest that there is a significant association between the arm swing restriction and lower limb muscle activation. Therefore, it seems that it can be applied as basic data for gait training with an arm slings.

Key words: Sling, Muscle activation, Gait, Arm swing

© 2020 by the Korean Physical Therapy Science

교신저자: 조기훈

주소: 충청북도 증평군 대학로 61, 한국교통대학교 증평캠퍼스 보건관 405호, 전화: 043-820-5206, E-mail: mamiya34@gmail.com

I. 서 론

보행은 하지의 체중지지와 비체중지지의 교대적인 움직임으로, 신체가 하나의 지점에서부터 다른 지점으로 이동하는 것을 말한다(정화수 등, 2014; 김동훈 등, 2020). 보행패턴은 문화, 인종, 습관에 따라 달라 질 수 있다(Al-Obaidi 등, 2003). 정상 보행은 성별, 연령, 균형 및 하지의 근력등의 인자가 영향을 미칠 수 있고(Bohannon, 1987), 신경계, 근골격계등의 체제들이 상호 보완적인 움직임을 통해 기능적인 관계를 유지하게 된다(Kim과 Yoon, 2009). 보행 시 상지의 역할은 골반에서의 같은 방향의 회전을 보상하기 위한 반대 방향 회전을 통해 몸의 균형을 유지하는 것이고(Umberger, 2008), 하지 근육의 활성화와 몸통 움직임 사이의 관련이 있다고 하였다(Ferris 등, 2006). 또한, 보행 시 상지의 움직임은 단순한 진자운동이 아닌 보행에 영향을 미칠 수 있는 특징이 있다(Kim과 Kwon, 2012). 몸의 균형을 유지하면서 전진을 할 수 있다더라도 에너지를 비효율적으로 사용하게 되면 효과적인 보행이 어려워질 수 있다(Perry와 Davids, 1992).

팔걸이의 유형은 매우 다양하지만 국내에서는 cuff 유형에 팔걸이를 주로 사용되고 있다(한경희 등, 1994). 팔걸이는 편마비 환자의 어깨관절의 아탈구를 관리하기 위한 가장 보편적인 보조기이고(Snels 등, 2000), 팔걸이의 사용은 어깨부위 통증감소, 위몸통의 비대칭성 회복, 균형 개선, 선 자세나 보행에서 영향을 줄 수 있다(Yavuzer와 Ergin, 2002; 송근호와 이현옥, 2006). 팔걸이는 생체피드백기전(feedback mechanism) 작용으로 팔에 대한 재인식과 근노력을 감소하게 되어 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다(Perry와 Davids, 1992). 또한, 팔걸이가 자세치우침을 감소시키게 되어 선자세에서 균형유지에 효과적으로 작용하고 보행에 긍정적인 효과가 있다고 하였다(이도경 등, 2004).

근활성도는 근 수축을 통하여 신경근에서 나오게 되는 전기적 신호를 표면전극에 의하여 감지하고 분석하는 것을 이야기한다(정서현 등, 2018). 근활성도 분석은 보행의 변화, 근육 기여도, 근육의 피로도를 파악하고 정상적인 근육 활성화 패턴과의 차이를 분석하여 움직임의 전략이나 치료를 하기 위한 정보를 제공해줄 수 있다(Frigo와 Crenna, 2009). 넓다리곧은근(rectus femoris)은 무릎관절 펴는 주동근이고 관절의 안정성 뿐만아니라 다리의 균형을 유지하는데 중요한 역할을 한다(Aniansson 등, 1986). 장딴지근(gastrocnemius)과 앞정강근(tibialis anterior)의 활성화는 신체의 앞·뒤 방향으로 이동 시 근육의 활성을 통하여 유지된다고 하였다(이우중 등, 2019). 장딴지근은 보행 시 앞쪽으로 체중중심이 무너지지 않도록 활성화 되고, 앞정강근은 몸이 뒤쪽으로 이동 되기 전에 활성화된다고 하였다(de Almeida 등, 2009).

Eke-Okoro 등(1997)의 연구에서는 상지의 움직임에 제한으로 최대속도, 한걸음거리와 걸음빈도, 보행속도가 감소됨을 보고하였고, Yavuzer와 Ergin (2002)등은 뇌병변과 신체인식의 손상으로 신체 기능을 적절히 조절하지 못하거나 신체의 중심이 한쪽으로 치우치게 되는 경우 팔걸이를 이용하여 신체 활동 및 보행을 향상시킬 수 있다고 하였다. 또한, Ford와 Newell (2007)은 팔걸이 착용 유무에 따른 트레드밀 보행훈련에서 3차원 동작분석기를 통하여 위몸통과 아래몸통의 분절 움직임이 변화가 있다는 것을 확인하였다. 이옥경과 안덕현 (2010)의 정상인에게 적용한 팔걸이 형태에 따른 보행패턴의 변화 연구에서는 팔걸이를 착용한 하지의 한걸음거리에서 감소가 나타났다고 하였다.

선행연구들은 팔걸이가 뇌졸중 환자의 보행속도 및 에너지 소모량에 미치는 영향(윤성익 등, 2008), 균형과 보행속도에 미치는 영향(Sim, 2011), 보행 분속수 및 속도 등의 시공간적인 보행 변수와 엉덩관절 굽힘/신전각도와 같은 운동형상학적 변수에 미치는 영향(송근호와 이현옥, 2006)등에 대해 조사하였으나, 팔걸이 착용이 보행 시 하지 근활성도에 미치는 영향을 조사한 연구는 미비하였다.

따라서 본 연구는 정상인을 대상으로 팔걸이의 착용이 보행 시 하지 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고, 팔걸이 착용이 보행에서 어떠한 요인으로 작용하는지 확인하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 충북 소재의 K 대학교에 재학 중인 20대 건강한 성인 남녀 7명을 대상으로 하였다. 모든 대상자에게 연구의 목적과 중재방법에 대해 설명하였으며, 연구 참여에 대한 서면 동의를 받았다. 연구대상자의 선정 조건은 다음과 같다.

- 1) 정신 질환이 없고 신경학적 손상이 없는 자
- 2) 상지나 하지에 정형외과적 문제가 없는 자
- 3) 연구기간 중 균형 및 보행과 관련된 약물을 복용하지 않은 자
- 4) 연구의 참여에 동의한 자

2. 실험방법 및 절차

본 연구에서는 팔걸이의 착용이 보행 시 하지 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위해 단일 끈형 (single strap sling) 팔걸이를 사용하였다<그림1-B>. 단일 끈형 팔걸이는 근골격계 및 신경계 손상 시 상지의 움직임을 제한하거나 안정화시키기 위해 가장 일반적으로 사용되는 형태의 팔걸이이다. 실험시작 전 모든 대상자의 키와 몸무게를 측정하였으며, 실험 방법 및 필요한 사항 등을 사전에 교육 후 본 실험을 실시하였다. 팔걸이는 동일한 연구자가 모든 대상자들의 우측 팔에 착용시켰다. 보행은 두 가지 조건에서 측정되었다. 첫 번째 측정에서 대상자는 팔걸이를 착용하지 않은 상태에서 편안한 속도로 10m를 보행하였으며, 두 번째 측정에서는 우측팔에 팔걸이를 착용한 상태에서 편안한 속도로 10m를 보행하였다. 보행 측정 시 연구자는 “정면을 보고 편하게 걸어가세요.” 라는 구두지시를 제공하였으며, 모든 대상자는 구두지시와 함께 왼발을 첫발로 설정하여 보행을 실시하였다<그림1-A>. 두 가지 조건의 보행 시 모든 대상자는 양측 넙다리곧은근, 앞정강근, 장딴지근에 표면근전도를 부착하여 근활성도를 측정하였다. 전극의 부착 위치는 SENIAM(Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles) 지침에 따랐다.



그림 1. A=팔걸이 착용 시 보행 모습, B=단일 끈형 팔걸이

3. 측정도구

본 연구에서는 환자의 팔걸이 착용이 하지의 운동방향에 따른 근 활성화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 표면 근전도(FreeEMG100, BTS Bioengineering, Milano, Italy)를 이용하였다. 근육은 넙다리곧은근, 앞정강근, 장딴지근을 측정하였고, 전극을 부착하기 위해 알코올로 부착부위를 깨끗이 닦은 후 전극을 부착하였다(이수현 등, 2019). 표본 추출률(sampling rate)은 100Hz를 선정하고 증폭되는 파형은 20-500Hz에서 필터링 되어 고주파 노이즈(noise)를 제거하였다. 표면 근전도 신호는 소프트웨어 EMGalyzer v2.9.37.0(BTS Bioengineering, Milano, Italy)를 이용하여 처리하였다. 측정된 근육의 근전도 신호는 전파정류(full wave rectification)로 처리 후 RMS(root mean square) 값을 취하였다. 표면근전도 신호를 정규화하기 위해 보행의 디딤기(stance phase) 및 흔들기(swing phase) 동안의 근 수축을 서 있는 자세에서 자발적인 근 수축을 나누어 백분율로 환산한 값인 %RVC(%Reference Voluntary Contraction) 값을 사용하여 근전도 신호를 정규화(normalization)하였다. 3회 반복 측정하여 표본 집단의 평균값을 구하였다.

4. 자료처리

본 연구의 자료 처리는 SPSS(version 21.0; IBM Corp., Armonk, NY) 프로그램을 이용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계 및 빈도분석을 사용하였으며, 팔걸이 착용에 따른 보행패턴의 변화를 조사하기 위해 비모수 검정인 윌콕슨 부호순위 검정(wilcoxon signed rank test)을 사용하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성을 살펴보면 남성은 6명(85.7%), 여성은 1(14.3%)명이었다. 평균연령은 25.42±2.57세 이고, 평균 신장은 173.57±9.82cm, 평균 몸무게는 71.71±15.57kg이었다<Table 1>.

Table 1. General characteristics of subjects

	M±SD (%)
Age (year)	25.42±2.57 ^a
Sex (M/F)	6/1 (85.7 / 14.3)
Height (cm)	173.57±9.82
Weight (kg)	71.71±15.57

^aMean±Standard deviation

2. 하지 근육의 근활성도

1) 디딤기 동안 하지 근육 근활성도의 변화

보행의 디딤기 동안 우측 넙다리곧은근은 팔걸이 미착용 시 565.99±341.57%RVC, 팔걸이 착용시 473.47±296.45 %RVC로 근 활성도가 감소하였고 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p<.05$). 앞정강근은 팔걸이 미착용 시 988.42±394.28 %RVC, 팔걸이 착용 시 935.81±301.64 %RVC로 근 활성도는 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 장딴지근은 팔걸이 미착용 시 402.21±200.15%RVC, 팔걸이 착용 시 394.31±192.53%RVC로

근 활성도가 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다<Table 2>.

Table 2. Changes of lower extremity muscle activation

Parameters (%RVC)		Walking without arm sling	Walking with arm sling	Z(p)
Right side stance phase	Rectus femoris	565.99±341.57 ^a	473.47±296.45	-2.028(0.043)*
	Tibialis anterior	988.42±394.57	935.81±301.64	-.676(0.499)
	Medial Gastrocnemius	402.21±200.15	394.31±192.53	-.314(0.753)
Left side swing phase	Rectus femoris	282.62±150.77	263.32±115.86	-.734(0.463)
	Tibialis anterior	874.00±292.93	803.94±311.27	-2.197(0.028)*
	Medial Gastrocnemius	166.78±172.45	166.76±162.35	-.169(0.866)

^aMean±Standard deviation, *p<0.05

2) 흔들기 동안 하지근육 근활성도의 변화

좌측 넙다리곧은근 팔걸이 미착용 시 282.62±150.77 %RVC, 팔걸이 착용 시 263.32±115.86 %RVC로 근 활성도는 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 앞정강근은 팔걸이 미착용 시 874.00±150.77 %RVC, 팔걸이 착용 시 293.32±115.86 %RVC로 통계적으로 유의한 근 활성도는 감소를 나타내었다(p<.05). 장딴지근은 팔걸이 미착용 시 166±172.45%RVC, 팔걸이 착용 시 166.76±162.35 %RVC로 근 활성도는 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다<Table 2>.

IV. 고 찰

보행은 신경근, 생역학적, 운동기능학적 변화로 나타나게 되는 복잡한 운동의 유형으로(Andriacchi 등, 1980), 머리, 목, 몸통이 서로 정상적인 정렬을 유지하면서 교대로 운동을 허용하는 관절가동범위와 안정성을 필요로 한다(Wilson, 1990). 보행에서 하지는 머리, 몸통, 팔과 상호 연관성을 가지게 되는 체중부하 구조이고, 신체를 앞으로 이동하는 것에 필요한 기본적인 움직임의 제공해 준다(Györy 등, 1976; 배성수 등, 1993). 보행분석(gait analysis)은 객관적이고 정량적인 평가를 통하여 과학적 기초자료를 제공하고, 임상적으로 환자들의 치료와 관리를 위하여 활용성이 증대되고 있다(Harris와 Wertsch, 1994; Yoon 등, 2010). 보행동안의 근육의 활성도를 분석하기 위해 표면근전도가 활용되고 있다. 표면근전도는 근육을 구성하는 근섬유에서 발생하는 활동전위를 기록하고 (Lee와 Kwon, 2008), 근육의 개시와 종료 신호를 통해 동작의 기간과 수행능력의 정도를 확인 할 수 있다 (Soderberg와 Knutson, 2000). 또한, 이러한 신호분석을 통해 근골격계 및 신경계의 활동상태를 파악하고 임상에서 진단에 사용 가능한 자료를 얻을 수 있다(Basmajian, 1985).

정화수 등(2014)은 보행시 팔 흔들기가 관절의 일률, 보행속도, 안/가쪽 지면반발력, 수직 지면반발력에서 유의미한 차이를 유도하는 것으로 보고하였다. 김덕용 등(2001)은 트레드밀에서 2 km/hr, 6 km/hr 속도로 보행할 때 느린 속도에서는 상지를 고정 시 상지를 고정하지 않았을 때에 비해 에너지 소모가 감소하였고 빠른 속도에서는 에너지 소모가 증가하였다고 보고하였다. 또한 이옥경과 안덕현(2010)은 4가지의 다른 형태의 팔걸이를 이용하여 상지의 움직임을 제한한 결과, 보행에서 같은쪽 하지의 한걸음거리가 감소하는 결과를 발견하였으며, 송근호와 이현옥(2006)은 편마비 환자를 대상으로 팔걸이를 착용 하고 보행한 결과 보행속도와 마비측 단하지지지시간의 증가, 보행의 시간적 비대칭율의 감소가 나타난다고 보고하였다. 선행 연구의 결과를 통해 보행 시 팔걸이를

통한 상지 움직임의 제한이 보행 기능 패턴 및 보행의 운동형상학에 부정적인 영향을 미침을 확인할 수 있었다.

하지만 보행 시 상지의 움직임에 따른 하지근육의 근활성도의 변화를 조사한 연구는 미비하였기에 본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 팔걸이를 이용해 팔 흔들기를 제한하였을 때 보행 시 하지 근 활성도의 변화를 분석하였다. 그 결과 디딤기에서 팔걸이를 사용하여 움직임을 제한한 상지와 동측 넙다리곧은근에서 팔걸이를 착용하지 않았을 경우에 비해 팔걸이를 착용했을 경우 근활성도에 유의한 감소가 나타났으며, 흔들기에서 팔걸이를 사용하여 움직임을 제한한 상지와 반대측의 앞정강근에서 팔걸이를 착용하지 않았을 경우에 비해 팔걸이를 착용했을 경우 근활성도에 유의한 감소가 나타났다. 또한 통계적으로 유의한 차이는 아니었으나, 디딤기에서 팔걸이를 사용하여 움직임을 제한한 상지와 동측 앞정강근 및 장딴지근과 흔들기에서 팔걸이를 사용하여 움직임을 제한한 상지와 반대측 넙다리곧은근 및 장딴지근에서 팔걸이 미착용시 보다 팔걸이 착용 시 근 활성도가 감소하는 경향성을 나타내었다.

보행 시 상지는 골반부에서 발생하는 횡단면에서의 회전이 몸통에 전달될 때 반대방향으로 회전을 유발하여 전체적인 몸의 균형을 유지하도록 도와주는 역할을 한다(Umberger, 2008). 이는 척수의 중추패턴발생기(central pattern generator)에 의한 자연스러운 현상으로 보행의 안정성 및 효율성의 중요한 요인으로 작용한다(Grillner와 Zangger, 1975). 본 연구에서 보행시 팔걸이 착용으로 인한 상지움직임의 제한은 보행을 하는 동안 발생하는 하지와 상지의 자연스러운 교차 움직임을 방해하여 보행의 율동성 및 협응을 저해하는 요인으로 작용한 것으로 생각되며, 이러한 율동성 및 협응의 감소가 팔걸이를 통해 움직임이 제한된 상지의 동측 디딤기와 반대측 흔들기의 하지근육 활성화 감소에 영향을 준 것이라 생각된다. Ford 등(2007)은 보행시 한쪽의 팔 흔들기를 제한하면 상지와 하지 움직임 사이의 조정을 유지하기 위해 반대쪽에서 팔 흔들기가 증가함을 보고하였으며, 상지 움직임 제한과 보행시 에너지 효율성에 대한 연관성에 대한 추가적 연구가 필요함을 강조하였다. 반면, Ralston(1965)은 상지의 움직임을 제한한 상태의 보행동안 에너지 소모량을 측정된 결과 에너지 소모량에 미치는 영향이 미비한 것으로 보고하였다. 이처럼 보행 시 상지의 움직임 제한과 에너지 소모량과의 연관성에 대한 연구의 결과는 논란의 여지가 있다. 따라서 향후 상지의 움직임 제한과 보행시 에너지 소모량의 연관성에 대해 조사하는 추가 연구가 필요할 것이라 생각한다.

본 연구는 건강한 성인을 대상으로 팔걸이를 이용해 팔 흔들기를 제한하였을 때 보행 시 하지 근 활성도의 변화를 조사하였으며, 연구의 결과 팔걸이 착용이 동측 하지의 디딤기와 반대측 하지의 흔들기 동안의 하지 근육 활성화 감소에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 본 연구는 7명의 작은 표본으로 진행된 예비 연구이며, 대상자의 남녀 성비율이 남성으로 치우쳐 있기 때문에 연구의 결과를 일반화하기에 어려움이 있다. 또한 임상에서는 다양한 팔걸이가 사용되고 있으나 본 연구에서는 한 종류의 팔걸이만을 사용하여 상지의 움직임을 제한하였기 때문에 향후에는 다양한 팔걸이를 사용하여 상지의 움직임 제한하고, 다양한 팔걸이에 따른 하지근육의 근활성도 변화를 조사할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구는 정상성인 남녀 7명을 대상으로 팔걸이의 착용이 보행 중 하지 근 활성도에 미치는 영향을 조사하였다. 연구 결과, 미착용 시 보다 우측 착용 시의 하지 근 활성도가 비교적 감소된 것으로 보였다. 연구의 결과 팔걸이 착용이 동측 하지의 디딤기와 반대측 하지의 흔들기 동안의 하지 근육 활성화 감소에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 비록 소규모로 진행된 연구이나 본 연구의 결과가 향후 팔걸이 착용과 관련된 무작위 대조군 연구 및 팔걸이를 착용하는 환자의 보행훈련 프로토콜 개발을 위한 기초자료가 될 수 있을 것이라 생각한다.

참고문헌

- 김덕용, 박창일, 박은숙, 등. 보행에서의 상지 움직임의 역할. 대한재활의학회지 2001;25(6):1031-40.
- 김동훈, 장영, 김경훈. 선 자세 몸통 안정화 운동이 길리안 바레 환자의 균형과 보행에 미치는 효과: 증례보고. 대한물리치료과학회지 2020;27(2):88-95.
- 배성수, 구봉오, 최재청, 등. 임상운동학. 영문출판사; 1993. p.500-50
- 송근호, 이현옥. 팔걸이가 편마비환자의 보행에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 2006;18(4):27-40.
- 윤성익, 오덕원, 오경아, 등. 팔걸이가 뇌졸중 환자의 보행속도 및 에너지 소모량에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지 2008;15(1):39-45.
- 이도경, 한승진, 윤성익, 등. 팔걸이가 편마비 환자의 기립자세 균형에 미치는 영향. Ann Rehabil Med 2004;28(6):532-6.
- 이수현, 김동훈, 이규리. 트레드밀 운동 시 속도와 부하가 하지 근활성도와 근력에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지 2019;26(3):37-43.
- 이옥경, 안덕현. 팔걸이 형태에 따른 정상인의 보행변수 변화. 한국콘텐츠학회논문지 2010;10(5):267-76.
- 이우중, 이선아, 김아람, 등. 다리 등척성 근력 및 균형 능력에 대한 발목관절 운동과 넓적다리 운동의 비교. 대한물리의학회지 2019;14(4):153-62.
- 정서현, 조상우, 정상훈, 등. 필라테스 동작시 폼롤러의 적용과 움직임에 따른 몸통근과 하지근의 근전도 반응에 미치는 영향. 한국응용과학기술학회지 (구. 오일 및 응용과학 학회지) 2018;35:905-13.
- 정화수, 조화영, 최수희, 등. 팔 흔들기가 정상인의 보행에 미치는 영향. J Digit Convergence 2014;12(11):451-9.
- 한경희, 김경덕, 장기언. 팔걸이의 4 가지 유형에 따른 건관절 아탈구 교정효과의 방사선학적 비교. 대한재활의학회지 1994;18(1):118-24.
- Al-Obaidi S, Wall JC, Al-Yaqoub A, et al. Basic gait parameters: a comparison of reference data for normal subjects 20 to 29 years of age from Kuwait and Scandinavia. J Rehabil Res Dev 2003;40(4):361-6.
- Andriacchi TP, Andersson GB, Fermier RW, et al. A study of lower-limb mechanics during stair-climbing. J Bone Joint Surg Am 1980;62(5):749-57.
- Aniansson A, Hedberg M, Henning GB, et al. Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. Muscle Nerve 1986;9(7):585-91.
- Basmajian JV. Their function revealed by Electromyography. Muscle Alive 1985:212.
- Bohannon RW. Gait performance of hemiparetic stroke patients: selected variables. Arch Phys Med Rehabil 1987;68(11):777-81.
- de Almeida FM, Tomiosso TC, Nakagaki WR, et al. Effects of passive stretching on the biochemical and biomechanical properties of calcaneal tendon of rats. Connect Tissue Res 2009;50(5):279-84.
- Eke-Okoro ST, Gregoric M, Larsson LE. Alterations in gait resulting from deliberate changes of arm-swing amplitude and phase. Clin Biomech (Bristol, Avon) 1997;12(7-8):516-21.
- Ferris DP, Huang HJ, Kao PC. Moving the arms to activate the legs. Exerc Sport Sci Rev 2006;34(3):113-20.
- Ford MP, Wagenaar RC, Newell KM. Arm constraint and walking in healthy adults. Gait Posture 2007;26(1):135-41.
- Frigo C, Crenna P. Multichannel SEMG in clinical gait analysis: a review and state-of-the-art. Clin Biomech (Bristol,

- Avon) 2009;24(3):236-45.
- Grillner S, Zangger P. How detailed is the central pattern generation for locomotion? *Brain Res* 1975;88(2):367-71.
- Györy AN, Chao EY, Stauffer RN. Functional evaluation of normal and pathologic knees during gait. *Arch Phys Med Rehabil* 1976;57(12):571-7.
- Harris GF, Wertsch JJ. Procedures for gait analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75(2):216-25.
- Kim G, Yoon NM. A study on kinetic gait analysis of the normal adult. *J Korean Phys Ther* 2009;21(2):87-95.
- Kim JS, Kwon OH. The effect of arm swing on gait in post-stroke hemiparesis. *J Korean Soc Phys Med* 2012;7(1):95-101.
- Lee J, Kwon HM. Comparison of algorithms estimating linear regression line from surface EMG signals. *Trans Korean Institute Electrical Eng* 2008;57(3):527-35.
- Perry J, Davids JR. Gait analysis: normal and pathological function. *J Pediatr Orthop* 1992;12(6):815.
- Ralston HJ. Effects of immobilization of various body segments on the energy cost of human locomotion. *Proc 2nd Int Cong on Ergonomics* 1965:53-60.
- Sim YB. The Effect of Arm Sling on Balance and Gait Speed in Patients with Hemiplegia[Dissertation of Master's Degree] Gachon Univ.; 2011.
- Snels IA, Beckerman H, Lankhorst GJ, et al. Treatment of hemiplegic shoulder pain in the Netherlands: results of a national survey. *Clin Rehabil* 2000;14(1):20-7.
- Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Phys Ther* 2000;80(5):485-98.
- Umberger BR. Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking. *J Biomech* 2008;41(11):2575-80.
- Wilson MP. Development of SATRA slip test and tread pattern design guidelines. In *Slips, stumbles, and falls: pedestrian footwear and surfaces*. ASTM International 1990:113-23.
- Yavuzer G, Ergin S. Effect of an arm sling on gait pattern in patients with hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(7):960-3.
- Yoon NM, Yoon HJ, Park, JS, et al. The comparative study on age-associated gait analysis in normal Korean. *J Korean Phys Ther* 2010;22(2):15-24.

[논문접수일(Date Received): 2020.10.27. / 논문수정일(Date Revised): 2020.12.01. / 논문게재승인일(Date Accepted): 2020.12.10.]
