

보행에 있어서 보폭과 발목각도가 종경골각 및 대퇴사두근각에 미치는 영향

대구대학교 재활과학대학원

황 보 각

대구대학교 재활과학대학원

이 진 희

전북대학교병원 재활의학과

정 형 국

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

배 성 수

Effect of Step Width and TOA on Q-Angle and CTA in Walking

Hwangbo, Gak, P. T., M. S.

Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

Lee, Jin-Hee, P. T.

Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

Chung, Hyung-Kuk, P. T., M. S.

Department of Rehabilitation Medicine, Cheon Buck National University Hospital

Bae, Sung-Soo, P. T., Ph. D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

Abstract

This study was performed to examine the correlation between calcaneus to tibia angle and Q-angle, and the effects of step width and toe out angle on the calcaneus to tibia angle and Q-angle.

The age of participated subjects was from 19 to 29 years (Mean=22.95, SD=2.23) who have no significant orthopedic and neurological dysfunction. The marking tapes for measurement of Q-angle and calcaneus to tibia angle were placed on seven location of each subject. Video data were collected while the subject walked on a walking grid.

The result as follows :

1. There were significant differences in the step width, toe out angle, and Q-angle but not calcaneus to tibia angle between male and female.
2. There were significant differences in the calcaneus to tibia angle and Q-angle as step width increased, respectively.
3. There were significant differences between toe out angle and calcaneus to tibia angle but not toe out angle and Q-angle.
4. There was statistically significant correlation between calcaneus to tibia angle and Q-angle.

1. 서 론

보행은 사지에 의해 이루어지는 이동양식을 말하는데, 유각기와 입각기를 통해 양측 하지를 교대로 움직여 신체를 한 지점에서 타 지점으로 옮겨 가는 것을 말한다. 정상보행은 최소한의 에너지를 이용하여 걷는 보행패턴으로서(Saunders, 1953; Inman, 1966), 여러 장기관의 기능이 통합된 결과 이루어지는 대단히 효율성이 있는 운동이다(Bohannon, 1987; Bowker & Messenger, 1988). 이때 양측 하지는 교대로 신체를 지지하고 전방으로 발을 내딛어서 새로운 체중지지면을 만들게 된다. 따라서 일부의 장기관에 기능적인 장애가 나타나면 보행양식이 흐트러져서 운동의 효율도 떨어지게 된다(Bowker 등, 1988).

보행에 필요한 생체역학적인 요소에는 항중력, 평형, 제자리걸음, 혹은 발을 앞으로 내딛는 동작의 3가지 기전이 필요하게 된다(Dimitrijevic & Larsson, 1981).

보행은 2족, 4족, 다족보행으로 나누어지며, 특히 2족 보행의 특징은 평형이 쉽게 흐트러지기 때문에 보행을 할 때 원래의 평형상태로 되돌아가려고 하는 현상이 규칙적으로 반복되면서 일어난다. 전진하기 위해 들려져 있는 하지의 발뒤꿈치, 발바닥이 땅에 닿아 신체의 중심선이 두 발바닥에 의해 새로이 만들어지는 체중지지면 내로 떨어질 때 평형상태로 돌아간다. 이때 체중지지면의 크기 및 지면의 안정성 정도가 보행균형에 중요한 영향을 미치게 된다(권혁철 & 김인숙, 1988). Perry(1992)는 보행을 하려면 체중을 지지하고 있는 각 하지에 4가지 기능(추진력, 보행의 안정성, 충격의 흡수능력, 에너지 소비의 최소화)을 갖추고 있어야 한다고 하였다. 그러므로 이와

같은 요소들을 분석해 봄으로써 보행에 대한 평가를 할 수 있다.

물리치료에 있어서 보행 양식에 대한 평가는 장애의 종류 및 장애 정도에 대한 평가 뿐만 아니라 치료 효과의 판정에도 중요한 요소이다. 이러한 측면에서 보행의 평가는 제한적인 요소는 갖고 있지만, 보다 객관적이고 신뢰할만한 정량적 평가방법의 필요성이 강조된다(Saleh & Murdoch, 1985; Bowker 등, 1988).

현재 임상에서 많이 사용되어지고 있는 정량적인 보행 평가방법으로는 시·공간적인 변수로써 보행의 속도, 보폭, 보행율, 발목각도, 1 보행주기에 소요되는 시간, 그리고 공간적인 위치와 거리 등의 평가를 통해 이루어지고 있다(Shores, 1980; Cerny & Clarkson, 1983). 이러한 변수들에 대한 측정은 각도계, 줄자, 초시계 등에 의한 간단한 방법에서부터 전기적 측정기기에 의한 보다 복잡한 방법까지 다양하게 적용되고 있다(Porter & Roberts, 1989).

보행시 보폭과 발목각도는 보행의 안정성 정도와 밀접한 관계가 있으며, 특히 보폭이 족관절의 외반력 및 내반력에 상당한 영향을 미친다고 하였다(Perry, 1992). 또한 편마비 환자의 보행에서와 같이 족관절의 내반변형을 보일 경우, 발목각도가 감소되므로 보행의 안정성이 떨어지게 된다. 이러한 현상은 환측 보행동안 비복삼두근의 활동이 선행되어짐으로써 일어나는 것이다(Knuttsen, 1981). 그러나 보폭의 증감과 발목각도가 족관절과 슬관절의 외반 및 내반각도와 어떠한 관련이 있는지에 대한 구체적인 연구는 없는 실정이다.

이에 본 연구는 발바닥의 위치에 대한 변수를 알아보는 간단한 방법으로 많이 사용되어지는 족적보행측정법을 응용한 방법을 이용하여 보폭과 발목각도를 알아봄으로써 족관절의 외반 및 내반

각도를 나타내는 종경골각에 미치는 영향과 슬관절의 외반 및 내반각도를 나타내는 대퇴사두근각에 어떠한 영향을 미치는가를 밝히고, 종경골각과 대퇴사두근각 사이에는 어떠한 상호관련성이 있는지를 알아봄으로써 실제로 임상에서 보행을 연구하는데 기초자료를 제공하고자 실시하였다. 연구의 목적을 달성하고자 다음과 같은 가설을 설정하였다.

- 1) 성별에 따른 보격과 종경골각 및 대퇴사두근각에는 차이를 보이지 않는다.
- 2) 보격이 증가할수록 외반 종경골각 및 대퇴사두근각이 증가한다.
- 3) 발목각도가 증가할수록 외반 종경골각 및 대퇴사두근각이 증가한다.
- 4) 종경골각이 증가할수록 대퇴사두근각이 증가한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구의 대상은 다음의 필요 조건들을 충족시키고 본 연구의 참가에 동의한 청년기 성인 74명(남자 37명, 여자 37명)을 대상으로 하였다. 연구 대상의 필요 조건은 다음과 같다.

- 1) 눈을 감은 상태에서 기립 균형을 유지하는데 결함이 없는자.
- 2) 하지 및 체간에 관절가동범위의 제한을 보이지 않는자.
- 3) 신경학적인 문제로 인하여 협응능력이 저하되거나, 운동감각에 결손이 없는자.
- 4) 24시간 전에 실험에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하지 아니한자.
- 5) 보행에 영향을 주는 근력의 약화나 동통 등이 나타나지 않는자 등으로 하였다.

본 연구의 실험 기간은 1995년 4월 10일부터 4월 15일까지 주어진 조건을 만족하는 대상자 5명으로 하여금 예비실험을 실시한 후 문제점을 수정, 보완하여 동년 4월 20일부터 5월 10일까지 대상자 전원에 대한 본 실험을 실시하였다.

연구 대상자 중에서 남자의 연령은 20세~28세 사이로 평균 23.89세이고, 대상자의 평균 신장은

173.65cm였으며, 여자의 경우에는 19세~29세 사이로 평균 연령은 21.92세였으며, 평균 신장은 162.19cm이었다(Table 1).

Table 1. Common characteristics of subjects
Mean ± SD

Sex/Items	Age(years)	Height(cm)	Number(%)
Males	23.89±2.56	173.65±3.31	37(50)
Females	21.92±1.91	162.19±3.41	37(50)
Total	22.91	167.92	74(100)

2. 용어의 정의

본 연구에서 정의한 용어는 다음과 같다.

- 1) 종경골각: Mueller와 Norton(1992)이 정의한 것과 같이 종골의 중심에서 거골하관절의 축을 이은 선과 하퇴 후면의 중심선상을 기준으로 내과에서부터 5cm 상부와 20cm 상부의 점을 연결하여 이루는 선과의 각도를 말한다(Fig 1).
- 2) 족관절 외반력: 족관절의 회내를 발생시키는데 작용하는 힘.
- 3) 족관절 내반력: 족관절의 회외를 발생시키는데 작용하는 힘.
- 4) 대퇴사두근각: 전상장골극에서 슬개골 중심을 이은선과 슬개골 중심에서 경골조면을 이은선이 이루는 각도를 말한다(Fig 2).
- 5) 슬관절 외반력: 슬관절의 외반을 발생시키는데 작용하는 힘.
- 6) 슬관절 내반력: 슬관절의 내반을 발생시키는데 작용하는 힘.
- 7) 발목각도: 보행의 입각기동안의 발바닥당시에 나타나는 발목 및 발가락이 외측으로 회전되어 있는 각도를 말한다. 측정은 Perry(1992)가 제시한 방법에 의해 측정한다(Fig 3).

3. 실험 방법

1) 실험에 사용된 도구 및 장치

보행의 정량적인 평가를 위하여 거골하관절과 슬관절의 운동 특성 및 보행의 시·공간적 변수에 대한 관계를 알아보기 위하여 실시한 연구에서 사용한 도구는 연구진이 제작한 보행판(길이

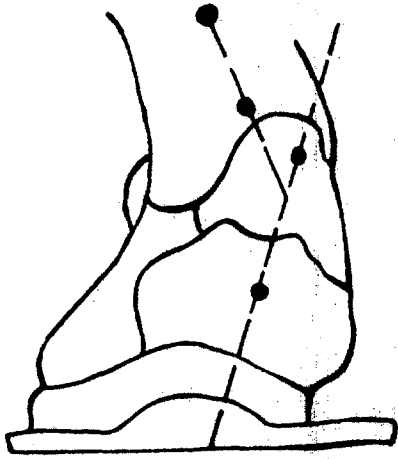


Fig. 1. CAT; calcaneus to tibia angle.



Fig. 2. Quadriceps Angle.

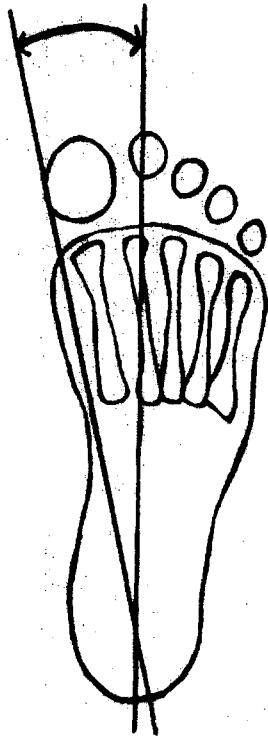


Fig. 3. Toe out angle.

10m, 너비 1m)과 거골하 관절과 슬관절의 운동각도 측정을 용이하게 하기 위하여 위에서 제시한 방법(용어의 정의 참조)에 의해 대상자의 슬관절과 하퇴 후면의 기준점에 부착시킬 접착용 마킹테이프, 보행시 슬관절과 거골하관절의 운동 특성을 분석하기 위한 비디오 카메라 및 모니터 등이 사용되었으며, 보행의 시·공간적 변수를 알아보기 위하여 족적보행측정용 잉크 및 종이, 그리고 프린트되어진 발자국의 보폭, 보격, 발목각도 등을 측정하기 위하여 줄자 및 각도계를 사용하였다.

비디오 카메라의 설치 위치는 대상자가 보행을 하는 동안 슬관절 전방과 하퇴 후면을 촬영할 수 있도록 대상자의 전, 후 일정 거리에 장치를 하였으며, 종경골각과 대퇴사두근각의 운동 특성을 정확하게 촬영하기 위하여 지상에서 각각 50cm와 100cm 상부에 위치하도록 장치를 하였다(Fig 4).

2) 실험의 절차

본 실험에 앞서 연구자는 연구원 2명으로 하여금 실험을 원활하게 수행할 수 있도록 연구의 목적 및 실험 방법 등에 대한 이론적인 교육과 실습 교육을 실시하였다.

연구원 중 1명은 비디오 시스템 작동 상태의 검사, 프린트된 종이를 교환하거나 발바닥에 잉크가 골고루 묻혀지도록 관리하는 등과 같은 실험에 사용되는 장치를 관리하도록 하였고, 또 다른 한 명의 연구원은 종경골각의 측정을 위하여 하퇴 후면의 거골하관절의 중심과 종골 중심, 하퇴 후면의 중심선상을 기준으로 내과에서부터 각각 5cm, 20cm 상부에 마킹 테이프를 부착하고(Fig 5), 대퇴사두근각의 측정을 위하여 전상장골극과 슬개골 중심, 경골조면에 마킹테이프를 부착하는 일을 담당하도록 하였다(Fig 6).

실험의 절차는 1명의 연구원이 마킹테이프를 부착시킨 후, 보행판 위에 발모양으로 그려 놓은 부분에 대상자의 발바닥을 대고 올려서도록 한다. 이때 보조 연구원은 보행 대상자의 발바닥에 프린트용 잉크가 골고루 묻혀지도록 한다. 이러한 과정이 끝나면 연구자는 대상자에게 "똑바로 서세요. 시선은 전방 수직으로 맞추고 그만할 때까지 자연스럽게 보행을 하면 됩니다. 제가 시작하라는 신호를 주면 출발하십시오"라고 설명을 한 후 "자! 시작"이라는 구두 명령을 내렸다.

보행시 발자국 흔적의 분석 대상은 10m의 보행판 가운데 보행시작의 기준점에서 3m까지는 보행의 적응을 위한 단계로 간주하여 분석에서 제외하였고, 가운데 4m 사이에 프린트된 발자국 흔적만을 분석하였다. 이것은 '보다 자연스러운 보행을 하는데는 적응시간이 필요할 것이다'라는 Robinson과 Smidt(1981)의 연구에 근거한 것이다.

프린트 되어진 발자국은 줄자 및 각도계로서 측정하였고, 종경골각과 대퇴사두근각은 발바닥 닿기시 비디오시스템의 순간멈춤 장치를 이용하여 각도를 측정하였다. 측정값의 신뢰성을 높이기 위하여 모든 측정은 3회 실시하였으며, 분석시에는 3회 측정값의 평균값으로 통계처리를 하였다.

4. 분석방법

분석은 평가기록지에 나와 있는 각 항목을 부호화하여 컴퓨터에 입력한 후 SPSS/PC+를 이용하여 통계처리 하였다. 먼저 측정값에 대한 신뢰도 검사를 행하였고, 성별에 따른 시·공간적인 변수(보폭, 보격, 발목각도)에 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위해 t-검증을 실시하였다. 발목과 무릎의 배열상태로 측정된 종경골각 및 대퇴사두근각과 시·공간적인 변수와의 관계는 피어슨 상관계수를 통하여 알아보았고, 종경골각 및 대퇴사두근각에 영향을 미치는 변수를 알아보기 위하여 다중회귀분석법을 이용하여 통계처리 하였다. 통계학적인 유의성 검증을 위한 유의수준 α 는 0.05로 정하였다.

5. 연구의 제한점

본 연구는 조건을 충족하는 대상자만을 실험 대상으로 하였기 때문에 연구의 결과를 전 연령층이나 보행의 변이를 보이는 환자들에게 일반화하여 적용하는 데에는 제한점이 있다고 하겠다.

III. 연구의 결과

1. 측정값의 신뢰도

측정값의 신뢰성을 알아보기 위하여 상관관계를 통하여 신뢰도를 검사한 결과 90% 이상의 동의를 얻었다(Table 2).

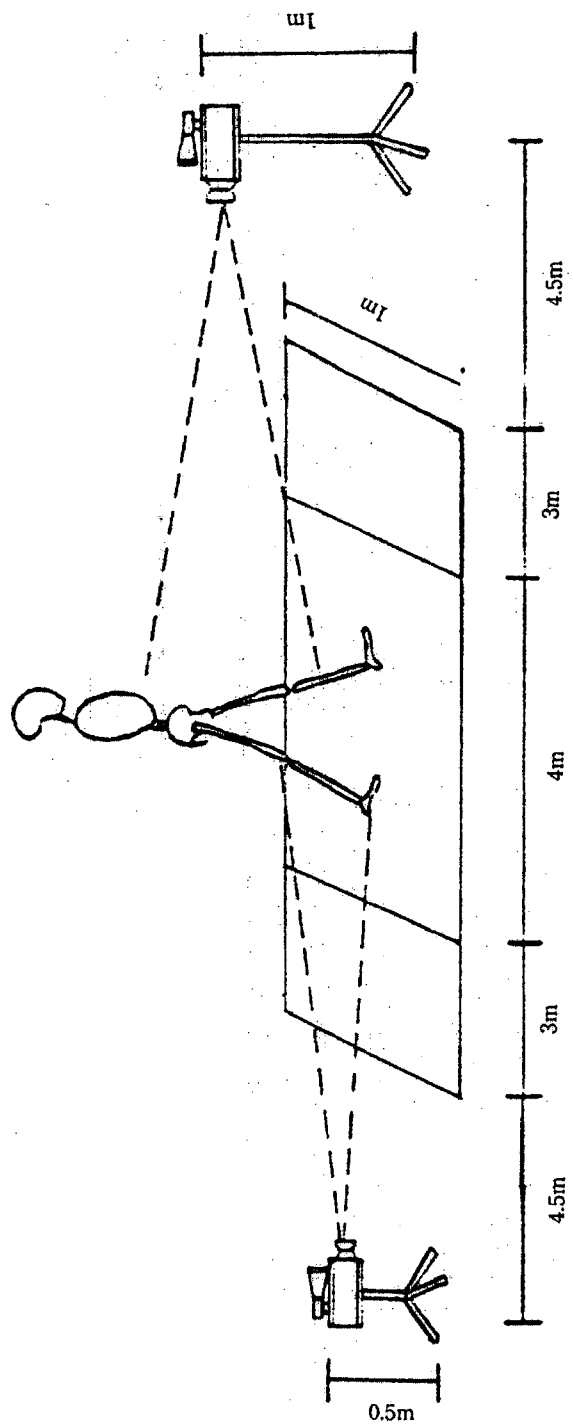


Fig. 4. Schematic configuration of experimental setting

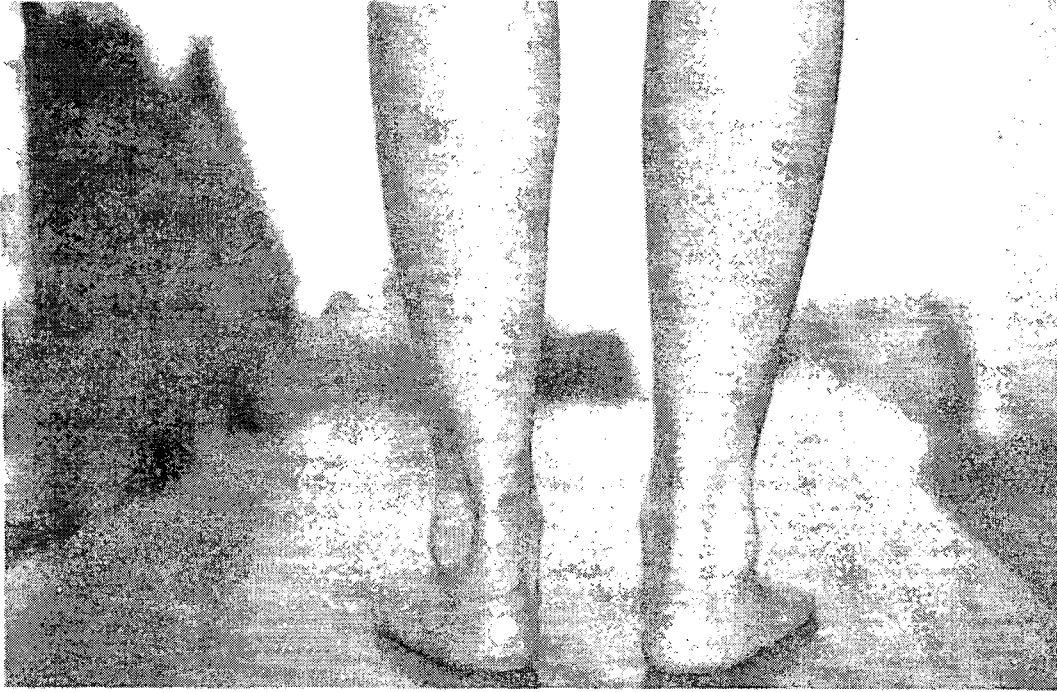


Fig. 5. Location of the landmarks for calcaneus to fibia angle measurement

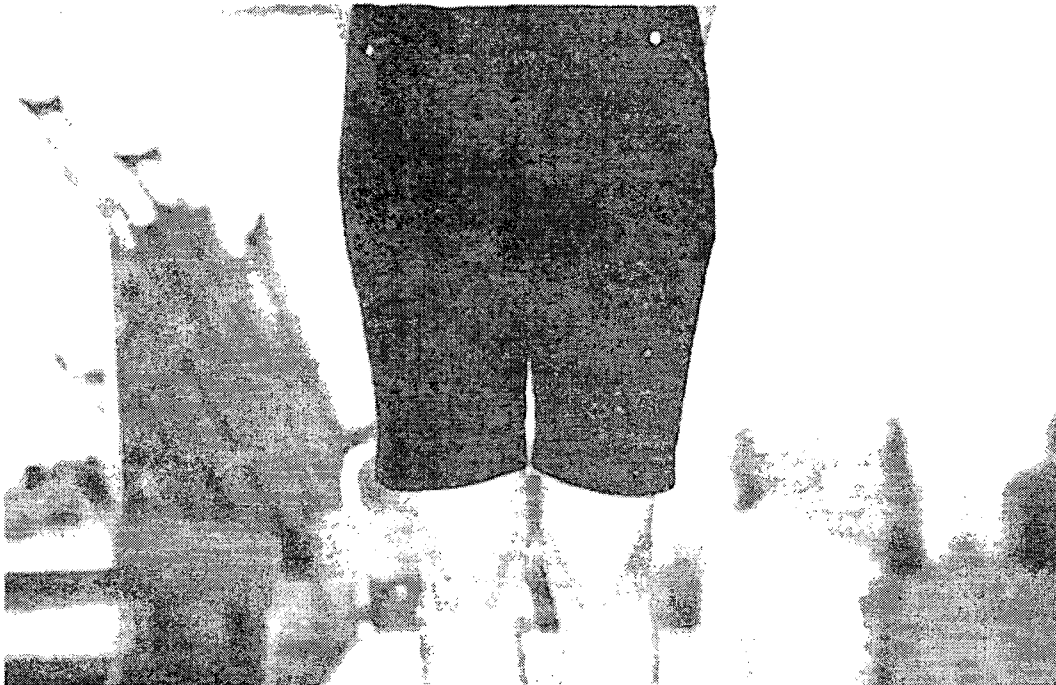


Fig. 6. Location of the landmarks for Q angle measurement

Table 2. Interrater reliability of scores for three trials.

Component	Right	Left
Step width	.9012	.8892
T O A	.9427	.9067
Q angle	.9538	.8742
C T A	.8563	.8717

TOA : Toe out angle CTA : Calcaneus to tibia angle

2 대상자의 일반적인 보행변인 특성

연구에 참여한 전체 74명(남자: 37명, 여자: 37명)의 보행 변수의 일반적인 특성은 보폭은 최고 13cm에서 최저 1.5cm, 평균 보폭은 6.8cm를 나타냈고, 한발짜길이는 평균 53cm로 나타났다. 무릎의 움직임을 나타내는 대퇴사두근각은 왼쪽이 17.1도로 오른쪽의 16.3도보다 다소 크게 나타났으나 통계학적인 유의성은 없었고, 발목각도는 오른쪽이 7.6도로 왼쪽의 6.8도보다 크게 나타났으며, 발목의 움직임을 나타내는 종경골각은 왼쪽과 오른쪽이 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

Table 3. Common characteristics of gait variables

Variables	Mean ±SD	Min	Max
Step width	6.83 ± 3.07	1.5	134(cm)
	Rt	7.63 ± 3.21	2.0 16.0(°)
T O A*	Lt	6.85 ± 3.16	1.0 14.6(°)
Step Length	53.00 ± 4.81	4.0	65(cm)
	Rt	16.27 ± 3.83	3.0 27.0(°)
Q angle	Lt	17.11 ± 3.64	5.0 25.5(°)
	Rt	7.78 ± 2.87	2.0 21.0(°)
C T A	Lt	7.61 ± 2.71	2.0 15.5(°)

TOA : toe out angle CTA : calcaneus to tibia angle

Rt : right Lt : left

Min : minimum Max : maximum

* P < 0.001

3. 성별에 따른 보행변인 특성

성별에 따른 각 보행 변인의 특성을 알아보기 위하여 t-검증을 실시한 결과, 보폭의 크기는 남자가 7.7cm, 여자가 6cm로 유의한 차이를 보였

다. 대퇴사두근각은 좌, 우 모두 여자가 남자보다 크게 나타났고, 성별에 따른 통계학적인 유의성이 있는 것으로 나타났다. 발목각도는 좌, 우 모두 통계학적인 유의성이 있었고, 남자가 여자보다 크게 나타났다. 종경골각은 여자가 남자보다 다소 크게 나타났으나 통계학적인 유의성은 없었다(Table 4). (P < 0.05)

4. 보행변인의 상관관계

종경골각 및 대퇴사두근각과 시·공간적인 변수와의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관계수를 이용한 통계처리를 실시한 결과, 보폭과 좌, 우 대퇴사두근각 및 종경골각은 통계학적인 관련성이 있는 것으로 나타났고, 오른쪽 발목각도와 오른쪽 종경골각 사이에도 통계학적인 상호 관련성이 있었는데, 발목각도가 증가함에 따라 종경골각은 감소였다. 종경골각과 대퇴사두근각 사이에도 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났는데, 종경골각이 증가함에 따라 대퇴사두근각도 증가하였다(Table 5).

Table 4. Comparison of gait variable according to sex

Variables	Sex	Mean ±SD	df	P
Step width	M	7.67 ± 2.81	72	.019 *
	FM	6.00 ± 3.13		
T O A	MR	8.39 ± 2.68	72	.42 *
	FMR	6.88 ± 3.55		
	ML	7.86 ± 2.96	72	.005 *
	FML	5.84 ± 3.07		
C A T	MR	7.62 ± 2.74	72	.621
	FML	7.95 ± 3.02		
	ML	7.49 ± 2.73	72	.715
	FML	7.72 ± 2.73		
Q angle	MR	14.92 ± 3.90	72	.002 *
	FML	17.61 ± 3.28		
	ML	15.80 ± 3.50	72	.002 *
	FML	18.41 ± 3.34		

* P < 0.05

M : male FM : female MR : male right FMR : female right

TOA : toe out angle ML : male left FML : female left

CTA : calcaneus to tibia angle

Table 5. Correlation of gait variables

Correlation	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	1.0000						
V2	.2129	1.0000					
V3	.0751	.3988**	1.0000				
V4	.3015*	-.2871*	-.0588	1.0000			
V5	.3683**	-.1618	-.2399	.4809**	1.0000		
V6	.3256*	-.1866	.0442	.3420*	-.0270	1.0000	
V7	.4364**	-.0448	-.2600	.1354	.4718**	.4425**	1.0000

1-tailed signif. : *P < 0.01

**P < 0.001

V1 : step width

V2 : toe out angle-right

V3 : toe out angle-left

V4 : calcaneus to tibia angle-right

V5 : calcaneus to tibia angle-left

V6 : Q angle-right

V7 : Q angle-left

Table 6. The results of multiple regression analysis for gait variables

Variables		B	SE B	Beta	T	P
Dependent	Independent					
S W	height	3.011448	.726925	.874291	4.143	.0001*
	sex	28.698759	9.622267	.629442	2.983	.0039*
Q A Rt	age	-4.744590	1.775072	-.303645	-2.673	.0093*
	sex	47.789227	15.988402	.628317	2.989	.0039*
	height	2.642822	1.192180	.459944	2.217	.0299*
Lt	age	-3.818233	1.685185	-.256942	-2.266	.266*
	sex	52.121606	15.178777	.720562	3.434	.0010*
	height	2.927430	1.131810	.535708	2.587	.0118*
TOA Rt	sex	-15.108108	7.309910	-.236655	-2.067	.0424*
TOA Lt		-20.243243	7.005647	-.322359	-2.890	.0051*

SW : step width

TOA : toe out angle

QA : Q angle

Rt : right Lt : left

*P < 0.05

5. 보행에 영향을 미치는 요인

종경골각 및 대퇴사두근각에 영향을 미치는 보행변인을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시한 결과, 보격에는 신장이 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났고, 성별에 따른 보격에도 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다. 대퇴사두근각에는 성이 가장 크게 영향을 미쳤고, 연령과 신장

도 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다. 발목 각도에는 성이 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 6).

IV. 고 찰

보행은 공간내에서 시간적인 신체위치의 이동으로 체간의 안정성 유지와 전방이동을 하기 위

하여 사지가 반복적으로 움직이는 것을 말한다. 신체를 옮겨가기 위해서는 양측 하지가 교대로 굴곡 및 신전이 일어나고, 각 관절에서의 회전 운동력이 진행 운동력으로 변화하며, 몸의 평형상태의 소실과 회복이 교대로 일어나게 되는데, 기능적인 다변성은 보행시의 장애요인과 지면의 변화 등을 즉각적으로 조절할 수 있게 한다(Perry, 1992). 이때 관성과 공기저항을 이겨내는 보다 큰 힘이 요구되는데, 이는 신체 상부를 전방으로 구부림으로써 신체의 평형상태가 소실될 때와 지지면을 벗어나려는 신체의 추진력에 의해 체중심의 평형상태가 소실될 때 얻어진다.

정상적인 보행이 이루어지기 위해서는 실질적인 운동체계라고 할 수 있는 골반과 두 다리에 있어 각기 다른 길이와 회전축을 갖는 관절과 근육들이 동시에 한 방향으로의 추진을 위하여 계속적인 중심 이동이 이루어져야 하고(Perry, 1992), 이들로 이루어지는 보행요소들은 궁극적으로는 보행에 소모되는 에너지 소비를 극소화시키기 위하여 작용을 하게 된다.

보행은 입각기와 유각기로 나누어지는데, 입각기는 발이 지면에 닿아있는 기간으로 1 보행주기의 약 60%를 차지하고, 유각기는 발이 지면에서 떨어져 있는 기간으로 1 보행주기의 약 40%를 차지한다(May & Davis, 1974). 이러한 정상적인 보행을 연구하는 것은 비정상적인 보행을 평가하는 직접적인 지식을 제공할 뿐만 아니라 물리치료의 주요목적인 기능회복의 측면에서도 중요한 의의를 지니게 된다.

보행 형태에 관한 연구는 과거로부터 계속되어 왔는데, Borelli(1682)는 신체의 무게중심을 측정하였고, 두 발에 의해 형성되는 지지부위의 지속적인 전방운동에 의해 보행에서의 균형이 어떻게 유지되는가를 기술하였다. 발아래의 지면반발력의 크기와 방향을 측정할 수 있는 힘측정판이 개발된 이래로 보행에 대한 과학적인 연구가 한층 더 발달하게 되었으며, 지면반발력, 지질에 대한 중력의 효과, 관성력을 허용한 상태에서의 고관절, 슬관절, 족관절의 기계적 분석이 이루어졌는데, 이는 현재 사용되고 있는 여러가지 분석법의 기초가 되고 있다. Marey(1900)는 운동영사 촬영장치를 이용하여 보다 깊이 있는 보행연구를 가

능하게 하였고, Inman과 Eberhart(1954)는 의학과 공간학의 협동작업을 통한 연구를 실시하여 보행의 보다 명확한 기본적인 구성요소 뿐만 아니라 시간적, 질적관계에 관한 정보를 얻게 되었으며, Murray(1966), Sutherland(1959)와 다른 많은 연구자에 의하여 복잡한 보행기전에 대한 연구가 활발히 실시되었다. Sutherland와 Hagy(1972)는 보행을 분석하기 위해 영상촬영장치를 설치하여 보행시 고관절과 슬관절, 족관절의 회전 정도를 관찰하였고, 최근에는 3차원적인 운동형상학적 시스템을 이용한 보행분석이 실시되고 있는데, 이러한 복잡한 기계적 방법을 통한 연구가 가장 정확성이 있긴 하지만 경제적으로 많은 경비가 소요되고 조작과 판독에도 전문적인 지식이 요구되므로 임상에서 사용하는 데는 제한점이 있다(윤승호 등, 1992; Cerney, 1983).

Shores(1980)는 간단한 족적보행측정법을 이용하여 보행속도, 보행률, 발목각도, 보폭 및 한발짝 길이를 측정하였는데, 경제적이고, 정량적이며 객관적인 방법으로 임상에서 간단하게 환자를 평가할 수 있는 방법이라고 보고하였고, Cerney(1983)는 일정한 보행판을 설치하고 구두 뒷꿈치에 마킹펜을 부착하여 보행을 실시하게 한 후 이때 나타난 족적을 가지고 보행을 분석할 수 있었는데, 경제적이고 간단한 설치만으로 가능하므로 쉽게 임상에서 활용할 수 있는 방법이라고 제시하였다. Clarkson(1983)은 8.5m의 보행판을 설치하고 그 위에 물을 묻힌 천을 설치한 후 흡수성 종이를 덮고 보행을 실시하게 하여 이때 나타난 족적을 분석함으로써 발목각도를 측정할 수 있었다. Robin과 Smidt(1981)는 기본적인 시·공간적 변수인 보폭, 한발짝길이, 보행률, 보행속도와 같은 변인을 객관성이 있는 간단한 보행판을 이용하여 분석을 실시하였는데, 이때 자연스러운 보행유도를 위해 보행판 전, 후 일정한 거리에 예비 보행단계를 설치하였다. 보다 자연스러운 보행을 하는 데는 적응 시간이 요구되는데(Robin 등, 1981), Cerny(1983)는 16m의 보행판 전, 후에 각각 5m씩의 예비 보행단계를 설정하고 가운데 6m 거리에 나타난 족적만으로 분석을 실시하였고, 본 연구에서도 10m의 보행판 전, 후 3m를 예비 보행단계로 설정하여 자연스러운 보행이 이루어지도록 하였다.

Kernozek과 Geer(1993)는 보행시에 대퇴사두근각과 발목관절의 관련성을 알아보기 위한 연구에서 대상자의 전, 후 일정한 거리에 각각 비디오 카메라를 설치하고, 분석을 용이하게 하기 위하여 측정부위에 형광용 반사테이프를 부착시켰는데, 본 연구에서는 각도 분석을 용이하게 하기 위하여 측정하고자 하는 부위에 반사용 테이프를 부착시키고 그 중심을 표시하였다. 본 연구에서는 보각과 발목각도의 측정은 Shores(1980)와 같은 족적보행측정법을 응용한 방법을 사용하였고, 실제로 보행시 중요한 요소가 되는 무릎관절과 발목관절의 움직임 알아보기 위한 대퇴사두근각과 종경골각을 측정하기 위해서는 보행판 전, 후 4.5m 거리에 각각 비디오 카메라를 설치하고 촬영을 실시하였는데, 원활한 각도의 측정을 위하여 지면에서 각각 일정한 높이를 유지하였다. 한명의 피험자를 실험하는데는 2분이라는 비교적 짧은 시간이 소요되었으므로, 본 연구와 같은 간단한 장비를 이용하여 환자의 기능적인 면을 평가하는데 중요한 요소가 되는 보행을 임상에서 쉽게 분석할 수 있으리라 사려된다.

Hageman과 Blanke(1986)는 젊은 여성과 나이든 여성의 보행특성에 관한 보고를 통해 젊은 여성이 나이든 여성에 비해 한발짜길이, 보폭, 족관절 운동범위, 보행속도가 더 크다고 하였고, 젊은 여성의 보각은 8.3cm로 Murray, Kory와 Sepic(1970)의 연구보다 크게 나타났고, 나이든 여성의 보각은 10cm로 젊은 여성보다 더 큰 것으로 보고하였다. Hageman 등(1989)은 젊은 남성과 나이든 남성의 보각비교에서는 나이든 남성이 더 작게 나타나서 여성과 상반된 결과를 얻었다. 젊은 남성의 보각은 10.8cm로 젊은 여성에 비해 더 크게 나타났는데, 본 연구에서는 다중회귀분석의 결과 보각에 가장 영향을 미치는 요인은 신장과 성인 것으로 나타났고, 평균보각이 남자가 7.7cm, 여자가 6cm로 Hageman 등(1986, 1989)과 Murray 등(1970)의 연구 결과보다 작게 나타났으며, 이는 남자가 여자보다 보각이 더 크다고한 Hageman 등(1986, 1989)의 연구 결과와 일치하였다. 또한 보폭에 가장 영향을 미치는 요인도 신장과 성인 것으로 나타났는데, 이는 보폭에 가장 영향을 미치는 요인이 신장이라고 보고한 Murray 등(1970)의 연구

결과를 지지한다. 이러한 결과는 남자가 여자보다 신장이 크고, 사지 길이가 길기 때문에 보행시 안정성 확보가 요구되기 때문이다(Murray 등, 1970). 보각과 대퇴사두근각 사이에도 밀접한 관련성이 있는데, 본 연구에서는 보각이 넓어짐에 따라 대퇴사두근각이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 보각이 커짐에 따라 족관절의 회내가 증가하기 때문인 것으로 생각된다. Murray 등(1970)은 신장이 발목각도에 가장 영향을 미치는 요인이라고 보고하였는데, 본 연구에서는 발목각도에 가장 영향을 미치는 변인은 성인 것으로 나타났다.

Kernozek과 Ricard(1990)는 그들의 연구에서 정상인의 평균 발목각도는 7.58도로 본 연구와 비슷한 결과를 얻었고, 전체적인 발목의 움직임은 발목각도가 증가함에 따라 감소한다고 하였는데, Lapidus(1987)의 연구와는 상반된 결과를 얻었다. 보행을 할 때 전족부의 과도한 내반패턴은 이에 대한 보상패턴으로 거골하관절의 비정상적인 회내를 가져오는데, 체중부하시 과도한 종골 외반과 거골 내전, 그리고 거골의 저축굴곡이 일어남으로 내측 종축굴두에 과도한 체중부하가 일어난다(Johanson, Donatelli, Wooden, Andrew & Cummings, 1994). 본 연구에서는 발목각도가 증가함에 따라 종경골각이 감소를 보임으로 Kernozek 등(1990)의 연구와 같은 결과를 얻었다. 이러한 결과는 각 실험자간의 발목각도 측정방법의 차이에서 비롯되는 것으로 사려된다. Olerud와 Berg(1984)는 지면에서 발의 위치가 대퇴사두근각의 변화에 미치는 영향을 연구한 결과, 발목이 외회전상태에서 내회전상태로 진행이 됨에 따라 대퇴사두근각은 증가한다고 하였고, 발목을 회내상태에서 회외상태로 진행함에 따라 대퇴사두근각은 감소한다고 보고하였다. 고관절을 중심축으로 발을 내회전시킴에 따라 슬개골과 경골조면이 내측으로 회전이 일어나고, 대퇴직근은 외측으로 회전이 일어남에 따라 대퇴사두근각이 증가하게 되고(Olerud 등, 1984), 경골조면의 외측편위나 대퇴골의 전방변위 증가, 외반슬과 외측경골에 주어지는 장력이 대퇴사두근각의 증가를 가져오기도 한다(Messier, Davis, Curl, Lowery & Pack, 1991). 본 연구에서는 발목각도가 증가함에 따라 대퇴사

두근각은 감소를 보였지만 통계학적인 유의성은 없었다.

거골하관절의 과도한 회내 증가는 대퇴사두근 각의 증가를 가져오고 슬개골의 외측편위를 일으키는데(Subotnick, 1975), Kernozek 등(1993)은 보행시 발목관절의 움직임과 대퇴사두근각과의 관련성을 알아보기 위한 연구에서 거골하관절의 과도한 회내는 경골의 내회전을 증가시켜 대퇴사두근각이 감소한다고 보고함으로 Olerud 등(1984)과 상반된 결과를 얻었다. Eng와 Pierrynowski(1993)는 슬개대퇴관절의 변형은 단지 슬개대퇴관절의 역학적인 원인에만 기인하는 것이 아니고, 전체 하지의 해부학적인 변화 때문이라고 하였다. 과도한 족관절의 회내는 슬개대퇴골동통증후군을 유발시키는 요인이 되는데(James, Bates Ostermig, 1978; Clement, Tauton, Smart McNichol, 1981; Messier & Pittalla, 1988), 특히 Eng 등(1993)은 입각기에 거골하관절의 과도한 회내는 정상적인 경골회전에 변화를 가져와서 슬개대퇴관절과의 정상적인 역학관계를 차단시키게 되므로, 슬개대퇴골동통증후군을 유발하게 된다고 하였고, 실제로 슬개대퇴골동통증후군을 호소하는 환자를 대상으로 발의 내측에 유연성보조기를 대어줌으로 족관절의 과도한 회내각도를 감소시키고 대퇴사두근각을 감소시켜 슬개대퇴관절에 주어지는 과도한 부하를 방지시킴으로써 통증을 완화시킬 수 있었다고 보고하였으며, James(1979)는 구두의 내측부를 지지하여 대퇴사두근각을 감소시킴으로 슬개대퇴골동통증후군을 완화시킬 수 있었다고 보고하였다. 그러나, Messier 등(1991)은 그들의 연구를 통해 발목의 회내 정도와 회내 속도가 슬개대퇴골동통증후군을 일으키는 중요 병인이 아니라고 보고함으로 Eng 등(1993)의 연구와는 상반된 결과를 나타냈다. 본 연구에서는 보행을 할 때 발목관절의 움직임과 슬관절의 움직임을 나타내는 종경골각과 대퇴사두근각 사이에는 밀접한 관련성이 있는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 발목관절의 역학적인 안정성이 슬관절의 역학적인 안정성에 매우 밀접한 영향을 미치는 것으로서, 특히 슬관절의 통증으로 인한 비정상적인 보행을 하는 환자의 경우 적절한 족관절의 안정적 수행력 증가가 절실히 요구된다고 하겠다.

Horton과 Hall(1989)은 성별에 따른 대퇴사두근각을 비교한 결과 남자는 11.2도, 여자는 15.8도로 유의한 차이가 있는 것으로 보고하였고, 대퇴사두근각이 20도를 넘어서면 슬개골에 비정상적인 외측장력이 작용하여 대퇴관절에 문제를 야기하여 슬개대퇴골동통증후군과 같은 슬관절질환이 호발하게 되는데, 특히 젊은 여성에게서 이러한 증상이 많이 나타난다고 하였다. Hsu, Himeno, Coventry와 Chao(1990)도 그들의 연구에서 여자의 평균 대퇴사두근각은 18.8도, 남자는 15.6도로 여자가 더 크다고 보고하였는데, 특히 여자들에 있어서는 슬관절의 외측편위의 증가와 대퇴사두근각의 증가로 인하여 외반슬이 증가함에 따라 슬개대퇴골동통증후군을 호소하는 경우가 많다고 보고함으로 Horton 등(1989)의 연구 결과를 뒷받침하였다.

Woodland와 Francis(1992)는 앙와위와 기립자세에 따른 대퇴사두근각의 변화정도를 분석한 결과, 남·녀 모두 기립자세에서 더 크게 나타났고, 남자가 여자보다 대퇴사두근각이 더 큰 것으로 보고하였는데, 본 연구에서도 여자의 대퇴사두근각이 더 큰 것으로 나타나 이들의 연구 결과와 일치하였다. 이는 남자에 비해 여자가 고관절 너비가 넓고(Ando, Hirose, Inoue, Shino & Doi, 1993), 대퇴골의 길이가 짧기 때문이다(Horton & Hall, 1989). Skalley, Terry와 Teitge(1993)는 슬개골의 운동범위와 대퇴사두근각이 유의한 관련성이 있는 것으로 보고하였다. 경골에 주어지는 회전변위는 슬개골의 운동역학에 영향을 미치는데(Nagamine, Whiteside, White & McCarthy, 1994), 슬관절의 불안정성이나 입각기 동안 과도한 발목관절의 회내는 정상적인 경골회전을 방해하여 슬개대퇴관절의 비정상적인 작용과 대퇴사두근의 약중이나 운동성 부족, 슬개골의 안정성 결여 등이 병인이 되어 대퇴사두근각이 증가함에 따라 슬개대퇴골동통증후군과 슬개골연골연화증, 슬개골의 외측아탈구가 일어나기도 한다(Anglietti, Insall & Cerulli, 1983; Horton 등, 1989; Woodland 등, 1992; Eng 등, 1993; Schulthies, Francis, Fisher & Van De Graaff, 1995). 대퇴사두근각과 슬개골의 움직임은 대퇴사두근의 역학적인 원리, 근육의 균형, 경골의 내회전력, 대퇴경

부의 전방전위, 그리고 주위 연부조직의 변화등에 영향을 받는데(Woodland 등, 1992), Fabry, Cheng 와 Molenaers(1994)는 대퇴골의 전방편위와 내측 방향의 경골장력, 그리고 경골의 외측회전은 대퇴사두근각을 증가시킴으로 슬관절 통증을 유발한다고 보고하였다. Messier 등(1991)은 대퇴사두근각이 16도를 넘어선 운동선수들에게서 슬개대퇴골동통증후군이 많이 나타났다고 보고하였는데, 이것은 대퇴사두근이 수축함에 따라 슬개골의 외측편위가 일어나고, 대퇴활차질흔내에서의 움직임보다 외측대퇴과 방향으로 슬개골에서 압박력이 주어지기 때문이라고 하였다. Eng 등(1993)은 발내측에 유연성보조기를 착용함으로써 거골하관절의 외반이 감소되고 슬관절에 역학적인 영향을 미쳐 대퇴사두근각이 감소될 보임에 따라 전진을 하는데 훨씬 더 기능적이고, 충격을 흡수하는 기능도 향상되었으며, 대퇴와 연결된 경골의 역학적인 변화를 가져와서 슬개대퇴관절반발력이 양측 대퇴과에 균등하게 부하되기 때문에 통증이 감소한다고 하였다.

이와 같이 보행시에는 족관절과 슬관절의 움직임 사이에 상호 역학적으로 밀접한 관련이 있으므로, 젊은층에서 많이 나타나는 슬개대퇴골동통증후군과 슬개골연골연화증 같은 슬관절 질환을 정복함에 있어 슬관절의 역학적인 연구 뿐만 아니라 족관절의 역학적인 작용을 함께 조절하는 것이 요구된다. 보행은 족관절과 슬관절의 움직임 뿐만 아니라 고관절의 움직임과도 서로 밀접한 관련성이 있는데(Perry, 1992), 앞으로 족관절과 슬관절 및 고관절간의 상호 역학적인 관련성을 알아봄으로써 정확한 보행패턴을 알고, 실제로 편마비 환자와 같은 중추신경계 손상환자에 대한 적절한 보행분석을 함으로써 가장 효율적인 치료 가 이루어질 수 있으리라 사려된다.

V. 결 론

본 연구는 주어진 조건을 만족시키는 19세~29세 사이의 청년기 성인 남, 녀 각각 37명을 대상으로 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보격과 발목각도, 대퇴사두근각은 성별에 따른 유의성이 있는 것으로 나타났고, 종경골각은 성별에

다른 유의성이 없는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

2. 보격이 증가함에 따라 종경골각과 대퇴사두근각이 증가하였다($P < 0.05$).

3. 오른쪽 발목각도와 오른쪽 종경골각 사이에는 통계학적 유의성이 있는 것으로 나타났으나, 발목각도와 대퇴사두근각 사이에는 유의성이 없는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

4. 종경골각이 증가함에 따라 대퇴사두근각이 증가하였다($P < 0.05$).

5. 보격에는 신장과 성이 가장 영향을 미쳤고, 종경골각에는 신장, 나이, 성이 영향을 미쳤으며, 발목각도에는 성이 가장 영향을 미치는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

참 고 문 헌

- 권혁철, 김인숙(1988). 독립보행이 가능한 편마비 환자의 하지체중지지 특성에 관한 연구. 대한물리치료사협회지, 제9권, 제1호, 1-11.
- 윤승호 등(1992). 3차원 동작분석기를 이용한 정상보행 분석. 대한재활의학회지, 제16권, 제4호, 399-406.
- Ando, T., Hirose, H., Inoue, M., Shino, K., & Doi, T. (1993). A New Method using Computed Tomographic Scan to Measure the Rectus Femoris-Patellar Tendon Q-Angle Comparison with Conventional Method. *Clin Orthop.* 289: 213-219.
- Aglietti, P., Insall, J. N., & Cerulli, G. (1983). Patellar pain and incongruence I: Measurements of incongruence. *Clin Orthop.* 176: 217.
- Blanke, D. J., & Hageman, P.A.(1989). Comparison of Gait of Young Men and Elderly Men. *Phys Ther.* 69(2): 144-148.
- Bohannon, R.W.(1987). Gait performance of hemiparetic patients: selected variables. *Arch Phys Med Rehabil.* 68: 777-781.
- Bowker, P., & Messenger, N.(1988). The measurement of gait. *Clin Rehab.* 2: 89-97.
- Cerny, K.(1983). A Clinical Method of Quantitative Gait Analysis. *Phys Ther.* 63(7): 1125-1126.

- Clarkson, B.H.(1983). Absorbent Paper Method for Recording Foot Placement During Gait. *Phys Ther.* 63(3) : 345-346.
- Clement, D. B., Taunton, J. E., Smart, G. W., & McNicol, K.L.(1981). Survey of overuse running injuries. *Phys Sports Med.* 9 : 47-58.
- Dettmann, M. A., Linder, M. T., & Sepic, S.B. (1987). Relationships Among Walking Performance, Postural Stability, and Functional Assessments of the Hemiplegic Patient. *Am J Phys Med.* 66(2) : 77-90
- Dimitrijevic, M. R., & Larsson, L.E.(1981). Neural control of gait : Clinical neurophysiological aspects. *Appl Neurophysiol.* 44 : 152-159.
- Ebert, H. D., & Inman, B.B.(1954). *Human limbs and their substitutes.* McGraw-Hill Book Company.
- Eng, J. J., & Pierrynowski, M.R.(1993). Evaluation of Soft Foot Orthotics in the Treatment of Patellofemoral Pain Syndrome. *Phys Ther.* 73(2) : 62-69.
- Fabry, G., Cheng, L. X., & Molenaers, G.(1994). Normal and Abnormal Torsional Development in Children. *Clin Orthop.* 302 : 22-26.
- Finley, F. R., Cody, K. A., & Finizie, R.V. (1969). Locomotion Patterns in Elderly Women. *Arch Phys Med Rehabil.* 140-146.
- Fitzgerald, G. K., & McClure, P.W.(1995). Reliability of Measurements Obtained With Four Tests for Patellofemoral Alignment. *Phys Ther.* 75(2) : 84-92.
- Gardner, G. M., & Murray, M.P.(1975). A Method of Measuring the Duration of Foot-Floor Contact during Walking. *Phys Ther.* 55(7) : 751-756.
- Gronley, J. K., & Perry, J.(1984). Gait Analysis Techniques. *Phys Ther.* 64(12) : 1831-1838.
- Hageman, P. A., & Blanke, D.J.(1986). Comparison of Gait of Young Women and Elderly Women. *Phys Ther.* 66(9) : 1382-1387.
- Horton, M. G., & Hall, T.L.(1989). Quadriceps Femoris Muscle Angle : Normal Values and Relationships with Gender and Selected Skeletal Measures. *Phys Ther.* 69(11) : 897-901.
- Hsu, R. W. W., Himeno, S., Coventry, M. B., & Chao, E. Y.S.(1990). Normal Axial Alignment of the Lower Extremity and Load-Bearing Distribution at the Knee. *Clin Orthop.* 255 : 215-227.
- Inman, V.T.(1966). Human locomotion. *J Can Med Ass.* 94 : 1047-1054.
- James, S. L., Bates, B. T., & Osternig, L.R. (1978). Injuries to runners. *Am J Sports Med.* 6 : 40-50.
- James, S.L.(1979). The injured adolescent knee. *Baltimore, Williams & Wilkins.*
- Johanson, M. A., Donatelli, R., Andrew, P. D., & Cummings, G.S.(1994). Effects of Three Different Posting Methods on Controlling Abnormal Subtalar Pronation. *Phys Ther.* 74 (2) : 149-158.
- Kernozek, T. W., & Ricard, M.D.(1990). Foot Placement Angle and Arch Type : Effect on Rearfoot Motion. *Arch Phys Med Rehabil.* 71 : 988-991.
- Kernozek, T. W., & Geer, N.L.(1993). Quadriceps Angle and Rearfoot Motion : Relationships in Walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 74 : 407-410.
- Knutsson, E.(1981). Gait control in hemiparesis. *Scand J Rehab Med.* 13 : 101-108.
- Lapidus, P.W.(1987). Kinesiology and mechanical anatomy of the tarsal joints. *Clin Orthop.* 30 : 20-36.
- Laughman, R. K., Askew, L. J., Bleimeyer, R. R., & Chao, E.Y.(1984). Objective Clinical Evaluation of Function. *Phys Ther.* 64(12) : 1839-1845.
- May, D.R.W., & Davis, B.(1974). Gait and the lower-limb amputee. *Physiother.* 60 : 166-171.
- Messier, S. P., Davis, S. E., Curl, W. W., Lowery, R. B., & Pack, R.J.(1991). Etiologic

- factors associated with patellofemoral pain in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 23(9) : 1008-1015.
- Mueller, M. J., & Norton, B.J.(1992). Reliability of Kinematic Measurements of Rear - Foot Motion. *Phys Ther.* 72(10) : 731-737.
- Murray, M. P.(1967). Gait as a total pattern of movement. *Am J Phys Med.* 46(1) : 86-100.
- Murray, M. P., Kory, R. C., & Sepic, S.B. (1970). Walking Patterns of Normal Women. *Arch Phys Med Rehabil.* 637-650.
- Nagamine, R., Whiteside, L. A., & McCarthy, D.(1994). Patellar Tracking After Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop.* 304 : 263-271.
- Olerud, C., & Berg, P.(1984). The Variation of the Q angle with Different Positions of the Foot. *Clin Orthop.* 191 : 162-165.
- Ostrosky, K. M., VanSwearingen, J. M., Burdett, R. G., & Gee, Z.(1994). A Comparison of Gait Characteristics in Young and Old Subjects. *Phys Ther.* 74(7) : 637-646.
- O'Sullivan, S. B., & Schmitz, T.J.(1994). *Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment.* 3rd. F. A. Davis Company. Philadelphia.
- Perry, J.P.(1992). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function.* SLACK.
- Porter, D., & Roberts, V.C.(1989). A review of gait assessment in the lower limb amputee : 1. Temporal and kinematic analysis. *Clin Rehab.* 3 : 65-74.
- Robin, J. L., & Smidt, G.L.(1981). Quantitative Gait Evaluation in the Clinic. *Phys Ther.* 61 (3) : 351-353.
- Saleh, M., & Murdoch, G.(1985). Indefence of gait analysis: Observation and measurement in gait assessment. *J Bone Joint Surg.* 67-B : 237-241.
- Schulthies, S. S., Francis, R. S., Fisher, A. G., & Van De Graaff, K.M.(1995). Does the Q angle Reflect the Force on the Patella in the Frontal Plane?. *Phys Ther.* 75(1) : 30-36.
- Shores, M.(1980). Footprint Analysis in Gait Documentation. *Phys Ther.* 60(9) : 1163-1167.
- Subotnick, S.I.(1975). Orthotic foot control and the overuse syndrome. *Phys Sports Med.* 3 : 32-38.
- Sutherland, D.H.(1959). An electromyographic study of the muscles of the lower extremity and the effect of tendon transfer. *J Bone Joint Surg.* 41-A : 189-208.
- Sutherland, D. H., & Hagy, J.L.(1972). Measurement of Gait Movements from Motion Picture Film. *J Bone Joint Surg.* 54-A(4) : 787-796.
- Woodland, L. H., & Francis, R.S.(1992). Parameters and comparisons of the quadriceps angle of college-aged men and women in the supine and standing positions. *Am J Sports Med.* 20(2) : 208-211.