

65세 이상 건강한 노인의 보행분석

동남보건대학 물리치료과

홍 완 성

대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료 전공

김 기 원

Gait analysis of the healthy elderly over 65years of age

Hong, Wan-Sung, P.T., PH.D.

Department of Physical Therapy, Dong-Nam Health College

Kim, Gi-Won, P.T., M.S.

Major in Physical Therapy, Dept. Rehabilitation Science School, Taegu University

<Abstract>

The purpose of this study was to describe the gait pattern and parameters of the healthy elderly over 65years of age by the GATERite system. The subjects were sorted into two groups, depending on their sex: male and female. And female subjects were sorted into three groups, depending on their age. From time parameters and space parameters of gait cycle, between groups, the following results were made. The time parameters such as cadence, velocity, step time, single support and double support were the less the male than the female. And the higher age, the lower value except 80 age group, while no statistically significant. The space parameters(step length and stride length) were the longer the male than the female, and the higher age, the lower value while no statistically significant. The functional ambulation profile was high correlation with time and space parameters statistically significant.

※ 본 연구는 _____ 학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임

I. 서론

보행은 인간의 신경계와 근골격계 등이 총괄적으로 사용되는 복잡한 과정이며 한 체지가 입각기의 안정된 상태를 유지하는 동안 동시에 다른 한 체지가 몸을 앞으로 움직이게 하는 연속적이고 반복적인 동작이다(Perry, 1992). 또한 일정한 방향으로 필요한 속도를 유지하면서 신체를 단계적으로 움직이는 고도로 협응된 교대운동이다. 보행의 형태는 그 사회의 생활습관이나 의식구조와 같은 문화적 특성이나 골격구조, 체형과 같은 신체적 특성, 성격과 같은 심리적 특성에 의해 결정되므로 개개인의 보행동작은 각각 다르게 나타난다(예종이, 1988).

지금까지 보행에 관해서는 다양한 연구들이 계속되어 왔는데 보행주기와 관련된 기본적인 기술연구에서 시작하여 복잡하고 다양한 측정도구와 방법을 사용하거나 다양한 수학적 모델링 기법을 사용한 최근의 연구까지 독특한 영역을 구축하며 꾸준히 발전해 왔다(Craik and Oatis, 1995). 보행분석은 병적인 보행을 나타내는 환자에게서 정확한 원인과 이상부위를 찾아내어 객관화 및 수치화하여 비교, 평가하는데 필수적이다. 뿐만 아니라 연령별로 나누어 정상적인 보행분석 데이터를 수집하고 우리나라 정상 성인의 보행패턴을 객관화하는 것이 필요하다.

보행에 관련하여 국내외에서 많은 연구들이 이루어져왔으며 대상자의 특성에 따라 각기 다른 결과를 보이고 다양한 연령층에서 논의되고 있다(Oberg, 1993 ; Murray et al, 1970 ; 임비오, 1996 ; 은선태, 2001). 이러한 보행연구의 흐름을 전체적으로 살펴보면 보행의 형태 파악, 현상분석, 동작에 대한 진단과 개선에 대한 정보 제공을 주된 과제로 삼고 있다(은선태, 2001). 또한 비정상적인 보행패턴이나 정상적인 패턴을 지닌 사람들을 대상으로 한 것이 대부분을 이루고 있다. 뿐만 아니라 문화와 생활양식이 다르고 신체적인 특성이 다른 연구들의 결과를 그대로 적용한다는 것은 문제가 있다고 생각되며 연령에 따라서도 그 특성에 대한 차이가 있으므로 다양한 연령층의 보행분석이 필요하다고 생각된다.

이렇게 연구대상의 조건이 제한되어 있고 최근 들어 사회적으로 관심의 대상이 되고 있는 노인 인구에 대해서는 대표적인 질환에 따른 비정상적인 보행에 관한 연구는 실시되고 있는 반면 정상적인 보행 패턴에 관한 연구가 부족한 실정이다. 또한 재활분야나 스포츠 의학분야에서 객관적인 보행분석의 필요성과 중요성이 점차 대두되고 있으며 고령화 시대를 맞이하여 장기적이고 광범위하며 지속적인 대책을 필요로 하는 노인인구에 대한 객관적인 평가자료가 필요한 실정이다. 노인문제는 성격상 장기적이고 광범위하며 지속적인 대책을 필요로 하므로 고령화시대에 대비하여 노인인구를 대상으로 한 정상적인 변화를 객관적으로 평가하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

이에 본 연구는 65세 이상의 신체적으로 건강한 노인을 대상으로 보행패턴을 분석하여 연령과 성별에 따른 특성을 비교하기 위해 시행하였으며 노인의 신체적인 특성을 연구하기 위한 기초자료로 삼기 위해서 실시되었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

동남보건대학 노인센터를 방문한 노인 중 65세 이상의 건강한 노인을 대상으로 하여 질병으로 인해 보행에 문제가 있는 노인들을 제외하였고 스스로 독립적인 보행이 가능한 19명의 노인을 대상으로 2002년 9월부터 10월 사이에 실시하였다. 노인센터에 방문한 남자와 여자 노인의 성별 비율을 적절히 맞추기가 어려워 대상자의 그룹은 남자를 I 군에, 여자 노인 중 60대를 II군, 70대는 III군, 80대는 IV군에 배치하였다. 대상자의 일반적인 특성은 다음의 표 1에서 나타내었다.

Table 1. The general characteristics of the subjects

group	general character	age	height	weight	leg length
	M±SD				
group I (n=3)		68.00±3.46	164.50±6.36	57.75±14.50	86.00±7.94
group II (n=6)		68.00±0.89	154.67±4.51	62.00±6.93	80.25±2.75
group III (n=7)		75.00±3.32	155.67±3.01	52.83±10.19	72.20±6.80
group IV (n=3)		80.67±0.58	154.33±1.15	57.33±4.62	70.67±0.58
F-value		22.498**	4.033*	0.679	5.707*

group I : male

group II : 60age female

group III : 70age female

group IV: 80age female

** p<0.01, *p<0.05

2. 연구방법

1) 실험도구 및 실험절차

실험은 동남보건대학 물리치료과 실습실에서 이루어졌으며 실험도구로는 센서가 부착되어 있는 매트 위를 걷는 동안 보행에 따른 시간적인 변수와 공간적인 변수를 컴퓨터를 이용하여 측정하고 평가하는 시스템인 GAITRite System을 사용하였다. GAITRite System은 1개의 전송패드와 6개의 감지기 패드, 그리고 1.27cm의 감지센서가 수평으로 48개, 수직으로 288개인 총 13,824개가 부착되어 있는 가로 61cm, 세로 366cm의 보행용 매트를 걸을면 개인용 컴퓨터에 연결되어 모니터로 데이터를 볼 수 있다.

대상자가 부자연스러운 보행을 하지 않도록 보행용 매트위에서 충분히 보행연습을 실시하도록 한 후 평상시처럼 자연스러운 보행형태를 나타낼 때 측정을 시작하였다. 대상자들은 고개를 들고 정면을 쳐다보도록 한 후 맨발로 상지를 자연스럽게 흔들면서 걷도록 요청되었고 오른쪽, 왼쪽에 관계없이 처음 발을 내딛도록 하였다. 보행용 매트 위를 자연스럽게 걷게 되었을 때 매트와 연결된 컴퓨터 시스템을 이용하여 1회 보행 후 데이터를 수집하였다. 또한 시간적 변수와 공간적 변수를 오른쪽과 왼쪽으로 각각 나누어 분석하였으며 이러한 변수들의 차이를 가지고 기능적인 보행 프로파일(functional ambulation profile : FAP)을 점수화

하여 나타내었다.

2) 자료분석

보행분석 내용은 시간적인 변수와 공간적인 변수로 나타낼 수 있으며 시간적 변수로는 분속수(cadence)와 보행속도(velocity), 발짝시간(step time), 단하지지지기(single support), 양하지지지기(double support)를 선택하여 분석하였고 공간적 변수로는 발짝길이(step length), 보폭(stride length), H-H base of support를 분석하였다. 또한 변수들을 분석하여 FAP 점수를 평가하였다.

시간적인 변수와 공간적인 변수를 성별과 나이에 따라 4개의 그룹으로 나누어 차이를 비교하기 위해 일원배치 분산분석 하였고 남녀의 두 그룹으로 나누어 성별에 따른 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t-검정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 남녀 대상자의 시간적 변수 분석

보행분석의 시간적 변수인 분속수와 보행속도, 발짝시간, 단하지지지기, 양하지지지기를 그룹별로 나누어 분석한 결과는 다음과 같다(표 2). 분속수는 남자(group I)에서 88.83 ± 7.01 이었고 60대 여자(group II)는 102.42 ± 14.00 으로 더 증가하였고 70대 여자와 80대는 각각 91.49 ± 9.85 와 98.47 ± 0.90 로 나타났다. 남자 노인과 60대 여자 노인의 경우 평균의 차이가 컸음에도 불구하고 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 또한 4 그룹간에도 통계적으로 차이가 없었다. 보행속도는 남자는 평균 81.63 ± 16.83 cm/sec, 여자는 평균 71.33 ± 14.67 cm/sec 이었으며 발짝시간은 남자 0.68 ± 5.25 , 여자 0.63 ± 7.70 로 별 차이가 없었다. 단하지지지기와 양하지지지기는 남자 평균 35.87 ± 2.03 와 26.35 ± 4.39 로 여자 평균 35.13 ± 1.79 , 29.31 ± 3.59 과 큰 차이가 없었다. 이러한 5가지의 시간적 변수들은 남자와 여자의 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

Table 2. The time parameters of subjects

time parameters		cadence (steps/min)	velocity (cm/sec)	step time (sec)	single support (%GC)	double support (%GC)
male	group I	88.83±7.01	81.63±16.83	0.68±5.25	35.87±2.03	26.35±4.39
	group II	102.42±14.00	77.90±16.48	0.60±8.56	35.95±1.13	27.68±2.26
	group III	91.49±9.85	67.60±15.02	0.66±7.73	34.44±1.81	30.26±3.61
female	group IV	98.47±0.90	66.90±7.31	0.61±2.89	35.12±2.71	30.37±5.62
		96.89±11.43	71.33±14.67	0.63±7.70	35.13±1.79	29.31±3.59
F-value		1.682	1.011	1.444	0.888	1.161
p-value		0.213	0.415	0.269	0.470	0.357
T-value		-1.165	1.096	1.034	0.640	-1.275
p-value		0.260	0.228	0.316	0.531	0.220

** p<0.01, *p<0.05

2. 시간적 변수사이의 상관관계

시간적 변수간의 상관관계를 분석한 결과 보행속도는 분속수와 양의 상관관계를 보였고 발짝시간은 분속수($r=-0.586$)와 보행속도($r=-0.732$)와 높은 음의 상관관계를 나타내었다($p<0.01$). 보행속도는 분속수, 발짝시간, 단하지지지기, 양하지지지기의 모든 시간적 변수와 높은 상관관계를 보였다($p<0.01$, $p<0.05$). 단하지지지기와 양하지지지기는 -0.935 의 높은 음의 상관관계를 나타내었다($p<0.01$). 또한 시간적 변수와 공간적 변수를 이용하여 산출한 기능적 보행 프로파일 점수는 단하지지지기와 양하지지지기를 제외한 모든 시간적 변수와 상관관계를 나타내었다(표 3).

Table 3. The correlation of time parameters

time parameter	cadence (steps/min)	velocity (cm/sec)	step time (sec)	single support (%GC)	double support (%GC)
cadence (steps/min)	1.000				
velocity (cm/sec)	0.571*	1.000			
step time (sec)	-0.586**	-0.732**	1.000		
single support (%GC)	0.087	0.461*	-0.432	1.000	
double support (%GC)	-0.052	-0.501*	0.334	-0.935**	1.000
FAP score	0.570*	0.791**	-0.652*	0.482	-0.477

** p<0.01, *p<0.05

3. 남녀 대상자의 공간적 변수 분석

보행분석의 공간적 변수인 발짝길이와 보폭, H-H base of support를 분석한 결과 모든 변수들은 4 그룹간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 그래서 대상자의 그룹을 남자노인과 여자노인으로 나누어 분석한 결과 발짝길이는 남자 평균 $55.21\pm 10.03\text{cm}$, 여자 평균 $43.87\pm 5.47\text{cm}$ 로 11.34cm 의 차이가 있었으며 통계적으로 매우 유의하였다($p<0.01$). 보폭의 경우 남자의 평균은 $110.67\pm 19.55\text{cm}$ 였고 여자의 평균은 $88.94\pm 11.02\text{cm}$ 였으며 평균차는 21.73cm 로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(표 4).

Table 4. The space parameters of subjects

space parameters		step length (cm)	stride length (cm)	H-H base of support(cm)
male	group I	55.21 ± 10.03	110.67 ± 19.55	13.59 ± 2.25
	group II	45.36 ± 5.18	91.77 ± 10.96	9.76 ± 2.90
	group III	43.92 ± 6.32	88.94 ± 12.18	8.62 ± 3.61
female	group IV	40.76 ± 4.08	83.31 ± 9.68	11.73 ± 2.79
		43.87 ± 5.47	88.94 ± 11.02	9.63 ± 3.23
F-value		3.021	2.735	2.058
p-value		0.063	0.080	0.149
T-value		2.915	2.801	2.009
p-value		0.010**	0.012*	0.061

** p<0.01, *p<0.05

4. 공간적 변수사이의 상관관계

발짝길이와 보폭, H-H base of support의 상관관계를 분석한 결과 발짝길이와 보폭은 매우 높은 양의 상관관계를 보여 발짝길이가 길수록 보폭이 커지는 것으로 나타났다($r=0.998$, $p<0.01$). 한발의 뒤꿈치와 다른 발의 progression 선과의 수직거리를 나타낸 H-H base of support는 다른 공간적 변수인 발짝길이와 보폭과 상관관계가 없었다($r=-0.234$, $r=-0.247$). 기능적인 보행 프로파일 점수는 발짝길이($r=0.637$)와 양의 상관관계를 나타내었으며 보폭과는($r=0.657$)의 높은 양의 상관관계를 보였다($p<0.05$). 그러나 H-H base of support와는 상관관계를 나타내지 않았다($p>0.05$).

Table 5. The correlation of space parameters

space parameters	step length (cm)	stride length (cm)	H-H base of support(cm)
step length (cm)	1.000		
stride length (cm)	0.998**	1.000	
H-H base of support(cm)	-0.234	-0.247	1.000
FAP score	0.637*	0.657*	-0.304

** p<0.01, * p<0.05

5. 기능적인 보행 프로파일(FAP) 분석

기능적인 보행 프로파일 점수는 시간적 변수와 공간적 변수를 종합하여 보행수행 능력을 자동적으로 계산된 점수이며 정상 성인의 경우 95~100point 사이를 나타낸다. 본 연구의 결과 남자 노인의 경우 평균 90.00±8.66point를 나타내어 정상 성인의 범위에서 약 5point 정도의 차이를 보였다. 또한 여자의 경우 60대 여자 노인은 평균 82.50±13.08point 였으며 70대는 83.75±11.27point, 80대는 90.00±5.29point로 연령이 증가함에 따라 점점 증가하는 경향을 보였다. 그러나 이러한 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05)

Table 6. The FAP scores of subjects

space parameters		FAP score (point)
male	group I	90.00±8.66
	group II	82.50±13.08
	group III	83.75±11.27
female	group IV	90.00±5.29
		85.00±10.28
F-value		0.501
p-value		0.690

IV. 토의 및 고찰

인간의 신체동작을 운동학적으로 해석하고 신체의 하중과 운동에 의해 발생하는 반발력이 신체의 각 부위에 어떠한 형태로 작용하는가를 분석하려는 연구는 이미 100 여년의 역사를 지니고 있으며 현재까지도 많은 관심을 기울이고 있는 분야이다. 기존에 행해진 인간의 동작분석 중 가장 기본적인 것은 보행과 관련된 연구이며 이것은 인간이 보행하는 동안 신체의 움직임과 보행특성 변수들의 변화를 기록하여 분석하고 생역학적 모델을 이용하여 각 관절에 부하되는 힘과 모멘트의 변화를 추정하기 위해 실시되어져왔다(Muvbridge, 1901 ; Wyss 등, 1987 ; Perry, 1992 ; Thomas and Barnett, 1994).

본 연구에서는 신체적으로 건강하고 독립적인 보행에 문제가 없는 노인을 대상으로 하여

보행특성에 관한 시간적 변수와 공간적 변수를 분석하고 기능적인 보행 프로파일 점수를 측정하였다. 또한 보행에 관련된 변수들을 연령에 따른 그룹과 성별에 따른 그룹으로 각각 나누어 비교하였다.

그 결과를 토의해보면 시간적인 변수의 경우 모든 변수들에서 연령에 따른 그룹간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 성별에 따른 그룹간의 차이 역시 나타나지 않았다. 20대 정상 성인 남, 녀의 보행을 분석한 안창식 등(2001)의 연구에서 나타난 결과와 비교하면 분속수(steps/min)는 20대 남자의 경우 113.5 ± 3.8 였고 여자는 117.6 ± 6.1 이었던 반면 본 연구에서는 남자는 88.83 ± 7.01 , 여자는 96.89 ± 11.43 으로 연령이 많은 대상자에서 현저하게 감소하는 것을 알 수 있었다. 또다른 대표적인 시간적 변수인 보행속도(m/s)에서는 20대 남자는 1.30 ± 0.12 , 여자는 1.27 ± 0.10 였으나 노인을 대상으로 한 본 연구에서는 남자의 경우 0.81 ± 0.16 , 여자 0.71 ± 0.14 로 현저하게 감소하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 연령이 높을수록 시간적인 변수들이 감소한다는 이론과 일치하였다고 할 수 있다. 또한 본 연구에서 여자 대상자의 경우 연령이 증가할수록 시간적 변수의 값들이 감소할 것이라 예상되었으나 대표적인 변수인 분속수를 보면 60대는 102.42 ± 14.00 , 70대는 91.49 ± 9.85 , 80대는 98.47 ± 0.90 으로 80대 여자의 분속수가 70대의 분속수보다 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 본 연구의 대상자를 선정하였을 때 노인보건센터에 방문한 사람을 대상으로 하여 대상자의 분포가 적었고 각각 인원수가 달랐기 때문인 것으로 판단된다. 그래서 표준편차에 차이가 있어 60대와 70대의 경우 표준편차가 커 측정치가 분산되어있었으나 80대의 경우 측정치가 밀집되어있어 더 증가된 분속수를 나타낸 것으로 판단된다.

공간적인 변수의 경우 대표적으로 발짝길이(m)를 비교하면 본 연구에서의 남자 55.21 ± 10.03 , 여자 43.87 ± 5.47 은 60대 노인의 경우 74.68 ± 5.80 , 70대 노인은 69.18 ± 3.40 으로 나타낸 정철수 등(1996)의 연구와 약간의 차이를 보였다. 이러한 차이는 정철수 등의 연구가 남녀를 각각 분리하지 않고 합하여 연령대로 구분하여 평균하였기 때문에 약간의 차이가 있는 것으로 사료된다. 또한 보폭(m) 역시 남자 110.87 ± 19.55 , 여자 88.94 ± 11.02 인 본 연구의 결과가 60대 144.52 ± 9.19 , 70대 133.86 ± 7.29 인 정 등의 연구에서보다 더 낮은 수치를 보였다. 또한 뇌졸중 환자의 보행패턴을 연구한 권영실(1998)의 결과에서 정상인 대조군의 보폭 118m와 유사한 결과를 나타내었다.

기능적인 보행 프로파일 점수 또한 예상했던 것과 반대의 결과를 나타낸 것은 대상자의 연령에 따른 분포에 차이가 있었고 연령이 많은 그룹의 대상자수가 상대적으로 적어 표준편차가 적었기 때문인 것으로 판단된다. 전체 남자와 여자의 평균차는 약 5point 정도로 남자에 비해 여자의 경우 전체적인 보행수행능력에 문제가 있는 것으로 사료된다. 기능적인 보행 프로파일 점수와 시간적 변수, 공간적 변수의 상관관계를 분석한 결과 모든 변수들과 보행 프로파일 점수간의 높은 상관관계를 나타내었으므로 보행분석에 사용된 GAITRite의 FAP 점수가 대상자의 보행특성을 평가하는데 적절하다고 판단된다.

본 연구의 결과에서 전체적으로 여자 노인의 경우 남자 노인 보다 보행특성의 시간적 변수와 공간적 변수 모두 낮은 결과를 보였으며 여자 노인을 연령별로 나누어 분석하였을 때 약간의 차이는 나타났지만 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 또한 기능적인 보행 프로파일 역시 평균 5점의 차이는 있었으나 이것은 통계적으로 유의하지 않았다. 이러한 결과는 앞으로 노인 인구를 대상으로 신체적인 특성을 연구할 때 더 많은 노인을 대상으로 연구하는 것이 필요하며 성별에 따른 차이를 인식하여 다른 연구의 기초자료로 사용될 수 있을 것이라 생각된다.

V. 결론

본 연구는 동남보건대학 노인보건센터를 방문한 65세 이상의 건강한 노인을 대상으로 GAITRite System을 이용하여 보행패턴을 분석하였다. 대상자를 성별에 따라 남자와 여자로 나누고 여자의 경우 연령에 따라 세 그룹으로 나누었다. 보행을 실시하였을 때 측정된 보행의 시간적인 변수와 공간적인 변수를 측정하였고 이 두 변수를 분석하여 기능적인 보행 프로파일을 점수화하여 그룹간에 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시간적인 변수인 분속수, 보행속도, 단하지지지기, 양하지지지기는 남자보다 여자에서 더 적었으며 80대를 제외하고는 연령에 따라 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.($p>0.05$).
2. 공간적인 변수인 발짝길기와 보폭은 남자가 여자보다 더 길었으며($p<0.01$, $p<0.05$) 연령이 증가할수록 점점 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p<0.05$).
3. 기능적인 보행 프로파일은 시간적 변수와 공간적 변수와 통계적으로 유의한 높은 상관관계를 나타내었다($p<0.01$, $p<0.05$).

참고문헌

- 김영호, 양길태, 임송학. (1996). 정상인의 보행특성분석;성인 및 어린이. 대한의용생체공학회지, 18(1) : 331-334.
- 권영실. 뇌졸중으로 인한 편마비환자의 보행분석. 대구대 석사학위청구논문. 1998.
- 안창식, 정석. (2001). 20대 정상성인의 남, 여 보행분석 연구. 대한물리치료사학회지, 18(2) : 27-31.
- 양승환, 이원일, 김경화, 이종인, 장준영, 이경아. (1999). 연령에 따른 노인 신체 계측치. 대한재활의학회지, 23(2) : 418-424.
- 은선덕. (2001). 트레드밀의 속도변화에 따른 노년기 성인의 보행패턴 연구. 체육연구소논집, 22(1) : 101-110.
- 임비오. (1997). 성인남자의 연령별 보행형태 분석. 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 정민근, 김상호, 김태복. (1991). 보행 비정상성의 평가를 위한 보행분석 시스템의 구현. 산업공학회지, 17(2) : 39-50.
- 정철수, 이기청. (1996). 연령에 따른 보행형태 분석. 체육연구소논집, 17(2) : 15-26.
- 허영진. (1997). 성장기 남자의 연령별 보행형태 분석. 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- Becl, R. J. (1981). Change in the gait patterns of growing children. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 63-A(9):1452-1457.
- Craik, R. L., Oatis, C. A. (1995). *Gait analysis theory and application*, Mosby-Year Book. Inc.
- Harris, G. F., Wertsh, J. J. (1994). Procedures for gait analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, 75:216-225.
- Mann, R. A., Hagy, J. (1980). Biomechanics of walking, running and sprinting. *Am J Sports Med*, 8(5):345-350.
- Murray, M. P., Kory, R. C., Sepic, S. B. (1970). Walking patterns of normal women. *Arch Phys Med Rehabil*, 51:636-650.
- Nigg, B. M., Fisher, V., Ronsky, J. L. (1994). Gait characteristics as a function of age

and gender. *Gait & Posture*, 2:213-220

Oberg, T., Karsznia, A., Oberg, K. (1993). Basic gait parameters. Reference data for normal subjects; *J Reha Res Dev*, 30:210-223.

Perry, J. (1992). *Gait analysis : Normal and pathological function*. SLACK Inc.

Scott, S. H., Winter, D. A. (1990). Interval forces at chronic running injury sites. *Med Sci Sports Exerc*, 22(3):357-369.

Sutherland, D. H., Olshen, R. A., Biden, E. N., Wyatt, M. P. (1988). *The development of mature walking*. London, Mac Keith Press.

Thomas, S. S., Barnett, J. (1994). Walking through gait analysis. *Orthopaedic Nursing*, 13(6):7-13.

Winter, D. A. (1983). The biomechanical pattern in normal walking. *J of Motor Behavior*, 15:302-330.

Wyss, U. P., Knuesel, O., Gross, W. (1987). Simple data presentation of gait studies. In: *Biomechanics, X-A*, B. Jonsson(ed.), Illinois : Human Kinetics Publishers, 393-398.