

다운증후군 성인의 보행 특성과 족저압에 관한 연구

구 현 모

경성대학교 이과대학 물리치료학과

The Study of Gait Parameter and Plantar Foot Pressure during Walking in Adults with Down Syndrome

Hyun-Mo, Koo, PT, PhD

Department of Physical Therapy, College of Science, KyungSung University

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to examine the gait parameter and plantar foot pressure of adults with Down syndrome(DS) during walking in order to provide data for developing evidence-based deficit or common rehabilitation strategies.

Method : 15 participants with DS(12 men, 3 women; age 26.06±4.47) and 15 healthy subjects(12 men, 3 women; age 25.33±3.43) were matched age. They walked at self selected speeds on a GAITRite system and RS-scan system, and had the following measurements done: cadence, stride length, step width, foot angle, percent stance, percent double support, and plantar foot pressure in 10 areas of the foot.

Results : In comparison of gait parameter(cadence, stride length, step width, foot angle, percent stance, and percent double support) between adults with DS and healthy subjects, there was significant differences($p<.05$). Regarding plantar foot pressure during gait with or without DS, there were statistically significant differences in the area of Toes 1-5, Metatarsal 1-4, Midfoot, and Heel(Medial and lateral)($p<.05$).

Conclusion : Our data show that DS walk with a less physiological gait pattern and plantar foot pressure than healthy subjects. Based on our results, DS patients need targeted rehabilitation and exercise strategies.

Key Words : Down syndrome, Gait parameter, Plantar foot pressure

I. 서 론

다운증후군은 21번 염색체의 이상으로 인해 발생

되어 비유전성 정신장애를 초래하는 대표적 질환으로 시대와 지역에 따라 차이는 있으나 신생아 1000명당 1명의 출현율을 보이는 질환이다(Lai 등,

교신저자 : 구현모, E-mail: hmkoo@ks.ac.kr

논문접수일 : 2011년 12월 28일 / 수정접수일 : 2012년 01월 06일 / 게재승인일 : 2012년 02월 19일

2002; Cate와 Ball, 1999). 이러한 다운증후군은 발달 과정동안 소두증, 심장 및 호흡기계통의 이상 등 다양한 영역에서 발달 지연을 보이며(Ulrich 등, 2004), 움직임과 반응 시간의 지연, 균형 및 자세 조절 결핍, 주동근과 길항근의 동시 수축과 같은 광범위한 운동장애를 동반하는데 특히 보행과 관련된 문제점이 가장 일반적이며 중요하다(Aruin 등, 1996; Latash와 Corcos, 1991; Guerra 등, 2000).

다운증후군 아동들은 일반인에 비해 12~18개월 정도 독립 보행의 지연을 보이며, 절대 근력 또한 낮아 다운증후군 환자의 80%에서 보행 문제를 가지고 있다고 보고되고 있다(Kubo와 Ulrich, 2006; Ulrich 등, 2001). 다운증후군 아동들을 대상으로 한 연구에서는 보행시 발뒤꿈치의 착지가 없이 발바닥을 지면에 편평하게 착지하는 양상이 나타난다고 보고하였으며(Caselli 등, 1991; Cioni 등, 2001), 활보길이가 짧고, 속도가 느리며, 걸음넓이가 넓은 특징을 보인다고 하였다(Darren 등, 2010; Smith와 Ulrich, 2008). 특히 발달 과정동안 고관절의 외회전, 과도한 슬관절의 굴곡과 외반, 경골의 과도한 외회전을 나타내는 채플린형(Chaplinesque) 보행패턴이 나타날 뿐만 아니라, 발의 현저한 회내가 동반된 외반편평족(pes planovalgus)이 자세 안정성 및 이동성에 제한을 초래하기도 한다(Caselli 등, 1991). 또한 청소년기 및 성인기의 다운증후군 환자에서는 무지외반증, 망치발가락, 족저근막염 및 중증의 편평족과 관련된 족부 관절염의 조기 발병 등이 나타나고, 이로 인해 보행에 악영향을 미쳐 이동성이 제한되고 다양한 기능장애가 동반되기도 한다(Galli 등, 2001; Roizen과 Patterson, 2003). 특히 다운증후군 환자들에서 나타나는 근육의 저긴장, 인대의 느슨함, 저축굴곡근의 약화, 그리고 발의 기형으로 인해 초래된 지레팔 기능이상 등은 발의 저축굴곡근의 모멘트를 현저히 감소시킬 뿐만 아니라 족관절에서의 힘의 흡수와 발생을 방해하기도 한다(Pinter 등, 2001; Pitetti 등, 1992).

보행 시에 가장 중요한 발은 체간의 이동에 동반되어야 할 추진력을 제공하고 지면과의 사이에서 발생할 수 있는 물리적 충격을 흡수하는 역할을 할 뿐만 아니라 신체의 무게에서 비롯된 높은 압력을

유지하기 때문에, 발에서의 족저압에 대한 연구는 인간의 보행 동안 발의 특정 부위에 전해지는 압력과 균형의 변화를 정량적으로 분석하고 객관적 보행 변수를 파악하기 위해 필요하다(Lee와 Bae, 2009; Meyring 등, 1997). 특히 증가된 족저압은 직접적인 발의 변형의 원인이 될 수 있으며, 발의 기능 변화와 근력 약화를 초래하기도 하여 보행에 악영향을 미칠 수 있다(Otter 등, 2004; Lloyd와 Stevenson, 1992).

일상생활활동에 있어 중요한 요소인 보행은 연령이 증가함에 따라 다양한 내적 및 외적 요인에 의해 그 특성이 변화될 수 있다. 최근 다운증후군 환자들의 평균 수명은 60세에 이르고 있어, 다운증후군 환자들의 연령에 따른 보행 형태의 변화와 보행 능력을 향상시키기 위한 다양한 연구의 필요성이 증대되고 있다(Day 등, 2005; Glasson 등, 2002). 이에 본 연구에서는 다운증후군 성인의 보행 시 특정 보행 변수와 족저압 분포를 측정하여 정상 성인과 비교 분석함으로써, 다운증후군 환자의 보행 안정성과 운동학적 압력 변화에 관한 기초 연구 자료를 제공할 뿐만 아니라, 이를 통해 다운증후군 환자들의 보행 능력을 향상시키기 위한 임상적 중재 프로그램 개발에 활용되기를 기대한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 부산광역시에 위치한 장애인 생활시설에 거주중인 다운증후군 성인 남성 12명, 여성 3명이었으며, 연구대상자의 일반적 특성은 (Table 1)과 같다. 또한 정상 보행과의 비교 분석을

Table 1. Clinical characteristics of the study group

	Down syndrome (Mean±SD)	Healthy control (Mean±SD)
Gender	12M, 3F	12M, 3F
Age(years)	26.06±4.47	25.33±3.43
Heigh(m)	149.93±4.78	170.93±5.73
Weight(kg)	63.26±6.16	67.00±7.39
BMI(kg/m ²)	27.98±1.90	22.89±1.92

위해 정상 성인 남성 12명, 여자 3명을 연구에 참여시켰다. 본 연구에서는 실험 전 모든 대상자 및 보호자들에게 실험 목적 및 과정에 대한 충분한 설명을 하였고, 실험에 동의한 대상자만을 연구에 참여시켰다.

2. 연구도구 및 절차

1) 연구도구

본 연구에서는 다운증후군 성인과 정상 성인의 보행 시 시간적 변수와 공간적 변수의 특성을 비교 분석하기 위하여 선행 연구들을 통해 신뢰도와 타당도가 검증된 GAITRite system(GAITRite system Inc.,CA, U.S.A)을 이용하여 보행 변수인 분당걸음수(cadence), 활보길이(stride length), 걸음넓이(step width), 입각기 비율(percent stance), 양하지지지기 비율(percent double support)을 측정하였다. 그리고 보행시 족저압을 측정하고 발의 움직임을 계산하여 보행 변화 양상을 수치로 보여주는 RS-scan system (RS-scan Ltd., Germany)을 이용하여 발가락이 가쪽을 향하고 있는 각도인 발각도(foot angle)와 족저압 변화를 살펴보았다. 이때 대상자들의 족저압 변화를 영역별로 구분하여 분석하기 위하여 발바닥 영역을 총 10개의 영역으로 나누어 계산하였다(Figure 1). 발바닥 영역은 T1(toe 1), T2-5(toe2-5), M1(metatarsal

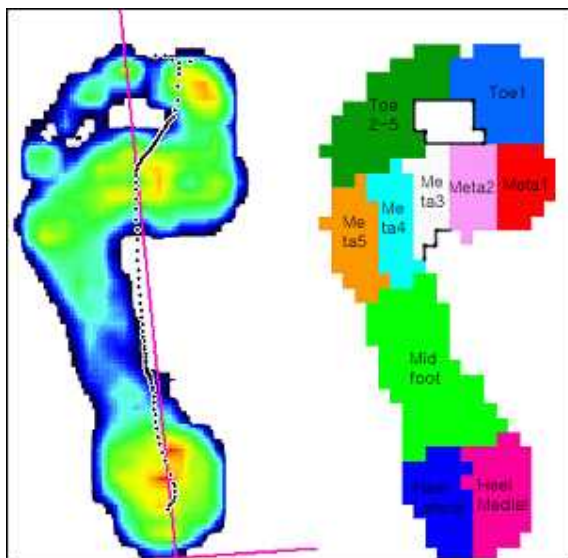


Fig 1. 10 domain areas for plantar foot pressure

1), M2(metatarsal 2), M3(metatarsal 3), M4(metatarsal 4), M5(metatarsal 5), MF(midfoot), HM(heel medial), HL(heel lateral)로 구분되었으며, 수집된 자료는 RS-scan system의 상용프로그램인 Foot 7 gait 2nd generation을 이용하여 분석하였다.

2) 실험절차

실험에 들어가기 전 실험의 목적과 과정에 대해 대상자들에게 충분히 설명한 후 정확한 자료 수집을 위해 보행 시작 전에 대상자들의 키와 몸무게를 측정하였다. 실험 전 대상자들에게 GAITRite system과 RS-scan system 위에서 자연스러운 보행을 충분히 연습하게 한 뒤, 각각 3회씩 보행을 실시하여 그 평균값을 사용하였다. 이때 체중을 프로그램에 입력하고 압력 측정판 위에서 움직임 없이 양발로 서서 각 대상자의 체중을 보정한 후 실험을 실시하였으며, 족저압의 자료 처리는 2번째 왼발의 족저 압력 값을 이용하였다.

3. 자료처리 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 실험을 통해 얻어진 연구대상자들의 일반적 특성과 보행 변수 및 족저 압력 수치는 SPSS version 12.0을 통계처리를 실시하였다. 먼저 연구대상자들의 일반적 특성을 기술통계를 통해 분석한 후, 다운증후군 성인과 정상 성인의 보행 변수 및 족저압을 비교 분석하기 위해 실험에서 얻어진 결과를 평균 및 표준 오차로 제시한 후 Mann-Whitney' U 검증을 실시하였다. 유의수준은 .05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 다운증후군 성인과 정상 성인의 보행 변수 비교

본 연구에서 다운증후군 성인의 보행 특성을 파악하기 위하여 보행 변수를 정상 성인과 비교 분석한 결과는 (Table 2)와 같다. 분당걸음수, 활보길이, 걸음넓이, 그리고 발각도 모두에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 다운증후군 성인의 분당

Table 2. The comparison of gait parameter between adults with Down syndrome and healthy subjects

	Down syndrome (Mean±SE)	Healthy control (Mean±SE)	Z	p
Cadence(step/min)	90.60±10.55	112.73±9.17	-4.11	.00**
Stride length(m)	0.72±0.06	1.22±0.15	-4.66	.00**
Step width(m)	0.15±0.05	0.09±0.01	-2.08	.00**
Foot angle(°)	18.72±5.26	7.16±1.27	-4.39	.005**
Percent stance	0.69±0.04	0.59±0.03	-4.39	.00**
Percent double support	0.31±0.021	0.21±0.03	-4.60	.00**

** p<.01, *p<.05

걸음수는 정상 성인보다 유의하게 낮게 나타나 보행 속도가 느린 것으로 나타났다(p<.05). 그리고 활보길이는 다운증후군 성인이 정상 성인에 비해 통계학적으로 유의하게 짧았으며, 양발 사이의 거리를 나타내는 걸음넓이는 넓은 양상을 보였다(p<.05). 발가락이 가쪽을 향하는 정도를 나타내는 발각도는 다운증후군 성인이 유의하게 큰 각도를 보였다(p<.05)(Table 2).

그리고 보행주기의 특성을 비교분석하기 위해 발이 지면에 닿아 있는 입각기 비율과 양하지 지지기 비율을 살펴본 결과 다운증후군 성인과 정상 성인은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 다운증후군 성인이 입각기와 양하지 지지기 비율 모두에서 정상 성인에 비해 통계학적으로 유의하게 높

게 나타났다(p<.05)(Table 2).

2. 다운증후군 성인과 정상 성인의 보행시 족저영역별 최고 압력 비교

보행 시 다운증후군 성인과 정상 성인의 족저영역별 최고 압력 값은 (Table 3)과 같다. 엄지발가락 부위인 Toe 1영역과 2-5번 발가락부위인 Toe 2-5의 영역에서는 정상 성인군이 다운증후군 성인군보다 압력값이 높게 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 그리고 전족부인 Meta 1, 2, 3, 4영역에서도 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며, 정상 성인군이 높은 값을 보였다(p<.05). 그러나 Meta 5영역에서는 유의한 차이를 보이지 않았다

Table 3. The comparison of plantar foot pressure during the gait between adults with Down syndrome and healthy subjects

	Down syndrome (Mean±SE)	Healthy control (Mean±SE)	Z	p
Toe 1	5.39±2.05	8.76±2.14	-3.48	.000**
Toe 2-5	2.46±1.02	4.09±2.22	-2.18	.029*
Meta 1	7.41±1.57	10.08±2.22	-3.02	.003**
Meta 2	5.43±1.69	8.30±1.28	-3.99	.000**
Meta 3	4.65±2.01	7.64±0.85	-3.51	.000**
Meta 4	5.98±1.74	7.57±1.05	-3.18	.001**
Meta 5	5.43±1.41	5.56±1.77	-0.52	.602
Midfoot	22.23±5.37	17.92±2.40	-2.24	.025*
Heel-medial	16.32±3.62	13.60±2.29	-1.99	.046*
Heel-lateral	8.44±1.26	12.39±1.95	-4.56	.000**

** p<.01, *p<.05

($p > .05$). 발의 중족부와 발 뒤꿈치의 내측 부위인 Midfoot과 Heel-medial 영역에서는 다운증후군 성인이 정상 성인에 비해 높은 압력값을 보였으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 그리고 발뒤꿈치의 외측부를 이루는 Heel-lateral 영역에서는 정상 성인들이 높은 압력값을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 3).

IV. 고 찰

최근 의학 기술의 발달과 적절한 임상적 관리를 통해 다운증후군 환자들의 평균 수명이 60세 이르고 있어, 삶의 질의 중요성이 대두되고 있다(Glasson 등, 2002). 보행은 인간의 이동에 있어 가장 기본적인 필수적인 수단으로, 자유로운 보행의 제한은 개인의 독립적인 생활을 어렵게 하여 삶의 질을 저하시킨다. 특히 다운증후군 환자들은 관절의 과운동성과 인대의 느슨함, 근육의 약화와 같은 기능 이상으로 인해 운동 기능이 제한되어 보행 시 뒷몸을 숙이고, 발바닥 착지 시 뒤꿈치가 먼저 지면에 닿지 않고 발바닥 전체가 닿는 등 독특한 보행 패턴을 나타낸다(Agiouvasitis 등, 2009).

이에 본 연구에서는 다운증후군 성인들의 보행 변수를 정상 성인과 비교 분석해 봄으로써 기능적인 보행을 위한 임상 중재의 기초자료를 제공하고자 하였다. 보행 속도는 전반적인 보행 수행 능력의 척도를 추정하는데 이용되는데 본 연구에서 다운증후군 성인들의 분당걸음수를 측정한 결과 정상 성인에 비해 통계적으로 유의하게 적게 나타나 보행 속도가 느린 것으로 나타났다. 그리고 활보 길이는 다운증후군 성인이 정상 성인에 비해 통계적으로 유의하게 짧았으며 걸음넓이의 길이는 넓은 양상을 보였다. Smith 등(2008)은 다운증후군 아동들이 근육의 약화와 관절의 과운동성을 보상하기 위해 보행 속도가 느려지고 활보길이가 짧아지고, 양발 사이의 폭을 크게 유지하여 안정성을 확보한다고 보고하여 본 연구와 결과가 일치하였다. 이러한 보행 변수의 차이는 다운증후군 성인과 정상 성인의 체격의 차이가 원인으로 제시될 수 있으나, 걸음넓이의 경우 다운증후군 성인들이 일반적으로 정상 성

인들에 비해 골반의 폭이 작음에도 불구하고 넓게 나타난 것은 보행의 안정성을 위해 좌우측 발의 간격을 크게 벌려 안정성을 확보한 것으로 사료된다. 또한 선행 연구에 의하면 발달 과정동안 고관절의 외회전, 과도한 슬관절의 굴곡과 외반, 경골의 과도한 외회전을 나타내는 체플린성 보행패턴과 발의 현저한 회내가 동반된 외반편평족이 자세 안정성 및 이동성에 제한을 초래한다고 하였다(Caselli 등, 1991). 본 연구에서는 다운증후군 성인들이 정상 성인들에 비해 보행 시 유의하게 발을 외측회전 즉 보각을 크게 하는 것으로 나타났는데 이는 Kim 등(1995)의 연구결과와 일치한다.

보행 시 보행 속도의 감소와 활보 길이와 같은 보행 지표의 변화는 불안정한 유각기 동안에 균형을 유지하기 위해 입각기에서 발이 보다 많은 운동을 하게 함으로써 보행 주기의 변화를 가져온다. 이에 본 연구에서는 다운증후군 성인들의 보행 시 한 발이 지면에 닿아있는 입각기의 비율과 양발이 모두 닿아있는 양하지지지기의 비율을 살펴본 결과 정상 성인에 비해 입각기와 양하지 지지기가 차지하는 비율이 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다. Smith와 Ulrich(2008)의 연구에서 다운증후군 노인들은 보행 주기 중 입각기와 양하지 지지기의 비율을 늘림으로써 보행의 안정성을 확보한다고 하였는데, 본 연구 결과에서는 다운증후군 노인뿐만 아니라 성인들도 동일한 양상을 보이는 것이 확인되었다.

발은 인간의 보행 시 이동에 필요한 추진력을 제공할 뿐만 아니라, 이때 발생하는 물리적 스트레스를 흡수하여 지면에 대한 적응과 균형을 유지하여 보행의 안정성을 제공하는 역할을 담당한다. 선행 연구들에서는 청소년기 및 성인기의 다운증후군 환자에서는 무지외반증, 망치발가락, 족저근막염 및 중증의 편평족과 관련된 족부 관절염의 조기 발병 등이 나타나고, 이로 인해 보행이 제한되고 다양한 기능장애가 동반된다고 하였다(Roizen과 Patterson, 2003). 최근 다운증후군 환자들의 족부의 변형으로 인해 발생된 보행 주기의 파행을 족부 보조기를 사용하여 교정하려는 다양한 연구가 진행 중이며, 특히 보행과 관련된 하지 근육의 교정에 족부 보조기가 이용되기도 한다(Martin, 2004). 발이 심하게 회

내된 다운증후군 아동들에게 족부 보조기를 착용시킨 후 그 결과를 살펴본 결과 선 자세에서 발의 회내가 감소되며, 보행시 족관절 모멘트가 정상화되고 하였다(Selby-Silverstein 등, 2001).

발의 특정 해부학적 영역의 병리적 요소와 변형을 연구하기에 적합한 족저압 분석은 통증, 변형과 같은 족부 질환뿐만 아니라 객관적 보행 변수를 파악하는데 용이하며, 족부 보조기와 같은 중재 적용을 위한 기초 자료 제공에도 중요하다(Han 등, 1999). 이에 다운증후군 성인들의 족부 압력 분포 양상을 정량적으로 살펴볼 필요가 있어 본 연구에서는 정상 성인들과의 비교를 통해 그 특성을 파악하고자 하였다. 그 결과 엄지발가락 부위인 Toe 1의 영역, 2-5번 발가락영역인 Toe 2-5영역, 그리고 전족부인 Meta 1, 2, 3, 4, 5영역에서 정상 성인들에 비해 압력분포가 유의하게 낮게 나타났다. 보행 시 적절한 추진력과 안정성을 위해서는 발허리발가락관절의 충분한 가동성이 필요하며, 부족한 경우 비정상적인 발바닥 압력 분포를 야기시킬 수 있다. 발허리발가락관절은 발바닥 널힘줄(plantar aponeurosis)과 연결되어 발의 안정성을 증가시키는데 다운증후군 환자들의 경우 편평족 변형으로 인해 보행 시 필요한 충분한 추진력이 제공되지 못할 것으로 사료된다. 그리고 중족부와 발 뒤꿈치의 내측 부위인 Midfoot과 Heel-medial 영역에서는 정상 성인들에 비해 다운증후군 성인들이 통계학으로 유의하게 높게 나타났으며, 발뒤꿈치의 외측부를 이루는 Heel-lateral 영역에서는 압력 분포가 낮게 나타났다. 이러한 결과는 다운증후군에서 나타나는 발의 현저한 회내가 동반된 외반편평족의 특징을 잘 보여주는 결과로 특히 발 뒤꿈치의 내측부의 비정상적인 높은 족저 압력은 추후 다양한 후유증을 남길 수 있으므로, 다운증후군 환자들을 위한 운동 프로그램이나 족부 보조기 적용 시 내측으로 집중되었던 압력을 외측으로 분산시켜줄 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 다운증후군 성인의 보행 시 보행 변수와 족저압 분포를 정상 성인과 비교 분석하여

다운증후군 환자들의 보행 능력을 향상시키기 위한 기초 연구 자료를 제공하고자 하였다. 본 연구의 결과 다운증후군 성인의 분당걸음수는 정상 성인보다 유의하게 적었으며, 활보길이는 짧고 걸음넓이의 길이는 유의하게 넓게 나타났다($p < .05$). 발각도는 다운증후군 성인이 유의하게 큰 각도를 보였다($p < .05$). 그리고 발이 지면에 닿아 있는 입각기 비율과 양입각기 비율 모두가 정상 성인에 비해 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p < .05$).

보행 시 다운증후군 성인의 족저 영역별 최고 압력 값은 Toe 1, Toe 2-5, Meta 1, 2, 3, 4영역에서 정상 성인에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .05$). 그러나 Meta 5영역에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$). 발의 중족부와 발 뒤꿈치의 내측 부위인 Midfoot과 Heel-medial 영역에서는 다운증후군 성인이 정상 성인에 비해 높은 압력값을 보였으며, 발뒤꿈치의 외측부를 이루는 Heel-lateral 영역에서는 낮은 압력값을 보여, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 이상의 결과를 종합하여 추후 다운증후군 성인들의 보행 특성 및 족저압 변화 특성을 고려한 임상적 중재 프로그램의 개발과 적용이 필요할 것으로 사료되며, 유아기나 아동기에 조기중재 프로그램 적용이 필요함을 제시한다.

Acknowledgement

이 논문은 2011학년도 경성대학교 학술연구지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- Agiovlasitis S, McCubbin JA, Yun J et al. Economy and preferred speed of walking in adults with and without Down syndrome. *Adapt Phys Activ Q.* 2009;26:118-30
- Aruin AS, Almeida GL, Latash ML. Organization of a simple two-joint synergy in individuals with Down syndrome. *Am J Ment Retard.* 1996;101: 256-68.
- Caselli R, Cohen C, Thompson E et al. Analysis

- of common orthopedic dysfunction in Down syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1991;3:55-78.
- Caselli MA, Cohen-Sobel E, Thompson J et al. Biomechanical management of children and adolescents with Down syndrome. *J Am Pediatr Med Assoc*. 1991;81:119-27.
- Cate S, Ball S. Multiple marker screening for Down syndrome: Whom should we screen? *Journal of American Board of Family Practice*. 1999;12(5): 367-74.
- Cioni M, Cocilovo A, Rossi, F et al. Analysis of ankle kinetics during walking in individuals with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*. 2001;106(5):470-478.
- Darren RH, Jennifer LM, Simon AM et al. Effect of external and internal cues on gait function in Williams syndrome. *Journal of the Neurological Sciences*. 2010;291:57-64.
- Day SM, Strauss DJ, Shavelle RM et al. Mortality and causes of death in persons with Down syndrome in California. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47:171-6.
- Galli M, Albertini G, Tenore N et al. Gait analysis in children with Down syndrome. *Progr Rep-Intern Rev Med Sci*. 2001;13:21-7.
- Glasson EJ, Sullivan SG, Hussein R et al. The changing survival profile of people with Down's syndrome: implications for genetic counselling. *Clin Genet*. 2002;62:390-3.
- Guerra M, Roman B, Geronimo C et al. Physical fitness levels of physically active and sedentary active individuals with Down syndrome. *Adapt Phys Activ Q*. 2000;17:310-21.
- Han TR, Paik NJ, Im MS. Quantification of the path of center of pressure(COP) using an F-scan in-shoe transducer. *Gait & Posture*. 1999;10(3): 248-54.
- Kim B., Bang DY, Kim BO. Gait characteristics in Down's syndrome. *Gait & Posture*;19953(2):84.
- Kubo M, Ulrich BD. Early stage of walking: development of control in mediolateral and anteroposterior directions. *J Mot Behav*. 2006;38:229-37.
- Lai FM, Woo BH, Tan KH. Birth prevalence of Down syndrome in Singapore from 1993 to 1998. *Singapore Med J*. 2002;43:70-6.
- Latash ML, Corcos DM. Kinematic and electromyographic characteristics of a single joint movements of individuals with Down syndrome. *Am J Ment Retard*. 1991;96:189-201.
- Lee SY, Bae SS. The studies on the foot stability and kinesiology by direction of carry a load during gait. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(2): 97-101.
- Lloyd DG, Stevenson MG. An investigation of floor surface profile characteristics that will reduce the incidence of slips and falls. *Mech. Engng*. 1992; 17:99-105.
- Martin K. Effects of supramalleolar orthoses on postural stability in children with Down syndrome. *Dev Med Child Neurol*. 2004;46:406-411.
- Meyring S, Diehl RR, Milani TL et al. Dynamic plantar pressure distribution measurements in hemiparetic patients. *Clin Biomech(Bristol, Avon)*. 1997;12(1):60-5.
- Otter SJ, Bowen CJ, Young AK. Forefoot plantar pressure in rheumatoid arthritis. *J Am Pediatr Med Assoc*. 2004;94(3):255-60.
- Pinter FD, Eliez S, Schmitt Je et al. Neuroanatomy of Down's syndrome: a high-resolution MRI study. *Am J Psychiatry*. 2001;158:1659-65.
- Pitetti KH, Climstein M, Nays MJ et al. Isokinetic arm and leg strength of adults with Down syndrome: a comparative study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73:847-50.
- Roizen NJ, Patterson D. Down's syndrome. *lancet*. 2003;361(9365):1281-9.
- Selby-Silverstein L, Hillstrom HJ, Palisano RJ. The effect of foot orthoses on standing foot posture

- and gait of young children with Down syndrome. *NeuroRehabilitation*. 2001;16:183-93.
- Smith BA, Ulrich BD. Early onset of stabilizing strategies for gait and obstacles: older adults with Down syndrome. *Gait & Posture*. 2008; 28(3): 448-55.
- Ulrich BD, Haehl V, Buzzi UH et al. Modeling dynamic resource utilization in populations with unique constraints: Preadolescents with and without Down syndrome. *Human Movement Science*. 2004;23:133-56.
- Ulrich DA, Ulrich BD, Angulo-Kinzler RM et al. Treadmill training of infants with Down syndrome: evidence-based developmental outcomes. *Pediatrics*. 2001;108:E84.
- Woodburn J, Helliwell PS. Relation between heel position and the distribution of forefoot heel position and the distribution of forefoot plantar pressure and skin callosities in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis*. 1996;55(11):806-10.