

Original Article

Open Access

## 유도된 다리길이 차이가 안정성한계와 정적 자세균형에 미치는 영향

한진태†

경성대학교 물리치료학과

Effect of Induced Leg Length Discrepancy on the Limitation of Stability and Static Postural Balance

Jin-Tae Han†

*Department of Physical Therapy, Kyungsung University*

Received: May 29, 2018 / Revised: June 20, 2018 / Accepted: June 20, 2018

© 2018 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### | Abstract |

**Purpose:** Leg length discrepancy (LLD) is one of the risk factors for postural imbalance. This study aimed to investigate the effect of induced leg length discrepancy on the limitation of stability (LOS) and static postural balance.

**Methods:** Thirteen adults (males, 7; females 6) participated in this study. The LOS and static postural balance [sway length, sway area, and sway velocity of center of gravity (COG) displacement] were measured by the balance trainer system. The subjects were asked to move the COG for the anterior, posterior, and left and right directions maximally and to keep standing on the platform with and without induced LLD for 30 s in the open and closed eyes conditions, respectively. The LLD was artificially induced to 2 cm using insole. Wilcoxon test was used to compare the LOS and the static postural balance between with and without induced LLD.

**Results:** The anterior and posterior LOS significantly decreased in induced LLD ( $p < 0.05$ ), and the left and right LOS were not significantly different between with and without LLD ( $p > 0.05$ ). Sway length, sway area, and sway velocity of the COG displacement significantly decreased in induced LLD ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** This study suggests that induced LLD could decrease the antero-posterior LOS and increase the static postural balance. Therefore, the LLD could disturb the postural balance.

**Key Words:** Balance, Center of gravity, Leg length discrepancy, Limitation of stability

†Corresponding Author : Jin-Tae Han (jthan2001@ks.ac.kr)

## I. 서론

다리길이차이(leg length discrepancy)는 두 다리가 뚜렷하게 일치하지 않는 상태라고 정의할 수 있다(Gurney, 2002). 다리길이차이는 인구의 40-70%에서 발견되는 비교적 흔한 문제이며 20mm 이상 차이 나는 경우도 1000명 중 1명 정도이다(Guichet et al., 1991; Woerman & Binder-MacLeod, 1984).

다리길이차이는 실제 뼈의 길이차이로 인한 발생되는 구조적 변형과 비정상적인 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절 혹은 발의 움직임 때문에 발생하는 기능적 변형이 일반적이다(Baylis & Rzonca, 1988; Walsh et al., 2000). 또한, 여러 가지 신체적 원인에 의한 나쁜 자세가 인간의 중심을 이루는 척추의 변형을 일으킴에 따라 다리길이 차이가 발생할 수 있다(Kwon et al., 2012). 이러한 다리길이차이는 허리통증, 엉덩관절 관절염, 자세균형에 영향을 준다고 하였다(Friberg, 1982; Giles & Taylor, 1981; Gofton & Trueman, 1971; Murrell et al., 1991). 특히, 다리길이차이가 있는 활동적인 사람들 중 아래다리의 스트레스골절의 빈도가 높고(Gurney, 2002) 어떤 연구는 다리길이차이가 없는 달리기선수보다 다리길이 차이가 있는 달리기선수에서 스트레스골절이 두 배라고 보고하였다(Brunet et al., 1990). 다리길이차이가 있는 사람은 아래다리의 운동학적 양상을 변화시키는 보상적 기전이 발생한다. 일반적으로 두 가지 보상 기전이 있는데, 하나는 짧은 쪽 다리의 발바닥굽힘을 동반한 긴 쪽 다리의 엉덩관절과 무릎관절의 굽힘 동안 골반기울기가 변하는 것이고, 다른 하나는 골반경사가 변하면서 양쪽 무릎이 펴므로 유지되는 것이다(Baylis & Rzonca, 1988).

다리길이차이는 보행불균형의 원인이 된다. 최근 연구들은 다리길이차이가 보행 시 하지의 운동역학적 변화와 노인의 시공간적 보행변인 등 주로 보행에 미치는 영향에 대한 연구들이 많이 진행되었다(Khamis & Carmeli, 2018; Kim & Choi, 2015). 짧은 쪽 다리의 디딤기가 감소하고 긴 쪽 다리의 발바닥 압력이 첫 번째 발가락아래에서 증가하고 발뒤꿈치가 땅에서 떨어

어지는 시간이 짧아져 보행의 어려움을 발생시킨다(Kang, 2006; Perttunen et al., 2004). 또한 Swaminathan 등(2014)은 유도된 다리길이차이는 짧은 쪽 다리의 체중부하가 증가된다고 보고하였다. 이는 다리길이차이가 엉덩관절과 무릎관절의 퇴행을 악화시킬 수 있고 걷는 동안 지속적인 체중부하는 관절과 보행의 역학적 변화를 유발할 수 있다는 것이다(Golightly et al., 2007).

자세의 안정성은 주로 압력중심 이동거리 혹은 면적과 같은, 압력중심(center of pressure) 변수들의 변화에 의해 직접적으로 평가된다. 따라서 안정성한계를 나타내는 이들 변수들의 증가된 변화량은 감소된 자세 안정성을 의미하는 지표로 사용되고 있다(Newell et al., 1993). Mahar 등(1985)은 다리길이차이가 1cm 이상이면 내-외측 방향에서 자세동요가 유의하게 증가한다고 하였으나 Murrell 등(1991)은 다리길이차이가 내-외측, 전후방면 모두 자세동요에 유의한 영향은 없었고 시각정보에 따른 차이는 있었다고 보고하였다. 지금까지 다리길이차이가 자세 균형에 미치는 영향에 대한 연구는 일부 수행되었지만 아직까지 부족하며 그 결과 역시 의견이 일치하지 않는 상황이다.

따라서 본 연구는 유도된 다리길이차이가 무게중심의 안정성 한계와 정적 자세균형에 미치는 영향을 알아보고 향후 실제 다리길이차이로 인한 자세불균형을 개선하기 위한 근거를 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

20대 건강한 성인 13명(남자 7명, 여자 6명)이 본 실험에 참여했으며 실제 다리길이차이가 1cm 미만인 대상자를 선정하였으며, 하지의 통증, 기형이 있는 자, 최근 3개월 이내 자세균형에 문제를 발생시키는 질환이 있었던 자는 대상자에서 제외하였다(Ledoux & Hillstrom, 2002). 대상자들은 실험 전 실험에 대한 내용

을 충분히 설명을 들었으며 자발적으로 연구에 참여하는 것에 동의하였다.

## 2. 측정방법 및 도구

### 1) 다리길이측정

다리길이는 줄자를 이용하여 측정하였으며 측정방법은 바로 누운 자세에서 위앞엉덩뼈가시(anterior-superior iliac spine)에서 발목관절 안쪽복사뼈(medial malleolus)까지의 길이를 양쪽 다리에서 측정하였다(Murrell et al., 1991).

### 2) 안정성한계와 정적 균형능력 측정

대상자의 다리길이차이는 신발깔창(sole)을 이용하여 2cm의 인위적 다리길이차이를 유도하였다(Park et al., 2016). 깔창은 우세다리(dominant leg)에 착용하도록 하였으며 대상자 모두 오른쪽 다리가 우세였다. 다리길이차이에 따른 안정성한계와 정적균형능력을 측정하기 위하여 균형훈련시스템인 BT4 (BT4 balance platform, Hur-labs, Tampere, Finland)를 사용하였다. 안정성한계를 측정하기 위해 앞뒤, 좌우 최대 기울임을 하도록 지시하였고 7초 동안 최대 무게중심 이동거리를 각각 측정하였다. 정적 균형능력은 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 각각 30초 동안의 서 있는 자세를 그대로 유지하도록 지시하였고 이때 무게중심의 이동거리, 이동면적, 이동속도를 측정하였다. 모든 자료는 3번 측정하여 평균값을 사용하였다.

### 3. 실험 절차

대상자들은 편안한 복장으로 실험에 참여하였으며 다리길이차이가 없는 경우와 인위적 다리길이차이가 있는 경우로 나누어 무작위 순서로 자료를 측정하였다. 측정 자세는 BT4 측정장비 위에 V자 모양으로 발을 위치하고 손은 가슴 앞에 X자로 위치한 자세를

취하게 하였다. 측정은 무작위배정으로 실시하였으며 안정성한계는 각각 7초 동안 최대 앞뒤, 좌우 몸을 기울이게 하고 이때 발바닥이 바닥면에서 떨어지지 않도록 지시하였다. 그리고 정적 균형능력은 30초 동안 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 똑바로 선 자세를 그대로 유지하도록 지시하였으며 자세를 유지하는 동안 발이 바닥면에서 떨어지지 않게 하였다. 각 과제를 수행하는 사이에는 1분의 휴식시간을 제공하였다 (Fig. 1).



Fig. 1. The experimental posture for measuring the LOS and the static postural balance on balance training system with LLD.

### 4. 자료 분석

유도된 다리길이차이에 따른 안정성한계와 정적 균형 능력을 비교하기 위해 윌콕슨검정(Wilcoxon test)을 사용하였고 자료는 평균과 표준편차로 제시하였다. 통계자료분석은 SPSS Version 24.0(SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 유의수준은  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 남자 7명, 여자 6명 총 13명이었다. 대상자들의 나이, 체중, 키, 다리길이는 비슷하였으며 대상자들의 특성은 Table 1과 같다.

#### 2. 다리길이차이에 따른 안정성한계 비교

안정성한계는 다리길이차이가 있는 경우에는 앞쪽과 뒤쪽 안정성한계가 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ )(Table 2). 하지만 왼쪽과 오른쪽에 대한 안정성한계는 다리길이차이가 있는 경우 다소 감소하기는 하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ )(Table 2).

#### 3. 다리길이차이에 따른 정적 자세 균형 비교

눈을 뜬 상태에서, 다리길이차이에 따른 무게중심 이동거리, 이동면적, 이동속도는 다리길이차이가 있는 경우가 다리길이차이가 없는 경우보다 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ )(Table 3). 눈을 감은 상태에서, 다리길이차이에 따른 무게중심 이동거리, 이동면적, 이동속도는 다리길이차이가 있는 경우가 다리길이차이가 없는 경우보다 역시 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ )(Table 3).

### IV. 고찰

본 연구는 유도된 다리길이차이가 안정성한계범위와 정적 균형능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이었으며 유도된 다리길이차이가 안정성한계범

Table 1. General characteristics of subjects (mean  $\pm$ SD)

Variable	Subject (n=13)			
	Male (n=7)		Female (n=6)	
Age (yrs)	24.26 $\pm$ 1.52		22.75 $\pm$ 1.16	
Height (cm)	168.34 $\pm$ 8.28		160.34 $\pm$ 4.96	
Weight (kg)	65.98 $\pm$ 9.85		55.98 $\pm$ 5.27	
Dominant leg	Right (n=7)		Right (n=6)	
	Left	Right	Left	Right
True Leg length (cm)	76.86 $\pm$ 3.74	77.12 $\pm$ 3.24	73.22 $\pm$ 3.39	72.83 $\pm$ 3.52
Induced leg length discrepancy (cm)	76.86 $\pm$ 3.74	79.23 $\pm$ 3.17	73.22 $\pm$ 3.39	75.23 $\pm$ 3.68

Table 2. Comparison of LOS between with and without LLD (mean  $\pm$ SD)

Variables	With LLD (n=13)	Without LLD (n=13)	Z	p
Anterior (deg)	4.67 $\pm$ 0.51	5.46 $\pm$ 0.49	-3.18b	0.01*
Posterior (deg)	3.91 $\pm$ 0.98	4.85 $\pm$ 0.52	-2.41b	0.01*
Left (deg)	6.55 $\pm$ 0.38	6.59 $\pm$ 0.75	-0.17b	0.86
Right (deg)	6.71 $\pm$ 1.12	6.78 $\pm$ 0.49	-0.10b	0.91

\* $p<0.05$

LOS: limitation of stability, LLD: leg length discrepancy, b: based on positive ranks

Table 3. Comparison of static postural balance between with and without LLD (mean ±SD)

Variables	Open eyes				Closed eyes			
	With LLD (n=13)	Without LLD (n=13)	Z	p	With LLD (n=13)	Without LLD (n=13)	Z	p
Sway length (mm)	295.25±51.30	198.69±35.19	-2.52c	0.01*	330.45±73.01	267.57±49.46	-2.38c	0.01*
Sway area (mm <sup>2</sup> )	221.45±125.86	60.07±26.13	-2.52c	0.01*	220.70±160.61	113.48±87.53	-1.96c	0.05*
Sway velocity (mm/s)	5.64±1.61	3.79±1.03	-2.10c	0.03*	6.39±1.80	5.02±0.91	-1.96c	0.05*

\*p<0.05

LLD: leg length discrepancy, c: based on negative ranks

위와 정적 균형능력을 감소시킬 것이라는 것을 연구가설로 정하였다. 즉 다리길이차이가 있는 경우 안정성한계범위를 감소시키고 정적 균형에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예측하였다. 본 연구의 결과는 유도된 다리길이차이가 앞뒤안정성한계를 감소시켰으나 좌우안정성한계에는 차이가 없었고 눈을 뜬 경우나 눈을 감은 경우 모두 무게중심 이동거리, 이동면적, 그리고 이동속도가 증가하였다.

균형은 올바른 자세를 유지하기 위한 필수 요소이며 양쪽 발에 체중이 균등하게 분배하는 것이 이상적이다. 균형능력을 평가하는 지표로 앞-뒤, 좌-우 안정성한계와 무게중심이동거리, 이동면적, 이동속도 등이 활용될 수 있다(Hof et al., 2005).

Park 등(2016)은 다리길이차이가 커질수록 무게중심이동거리가 증가한다고 보고하였고 무게중심이동거리가 증가하는 것은 하지의 안정성이 손상되었을 때 나타나며 이는 균형능력의 감소를 의미하는 것이라고 말하였다. 예를 들면, 편평발의 경우 불안정한 면 위에서 앞-뒤, 좌우 안정성한계범위가 유의하게 증가하였고(Han, 2017), 앞-뒤 방향의 최대무게중심이동이 정상발보다 크게 증가하였지만 이동속도는 차이가 없었다고 보고하였다(Tsai et al., 2006). 또한 Kwon과 Jeong (2000)은 편마비 환자의 앞-뒤 안정성한계가 좌우 안정성한계 보다 크게 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 선행연구와 유사한 결과를 보였는데, 다리길이차이가 있는 경우 앞-뒤 안정성한계가 다리

길이차이가 없는 경우보다 유의하게 증가하였고 좌우 안정성한계는 차이가 나타나지 않았다. 이는 자세 유지에 있어 기저면(base of support)이 좌우면보다 앞-뒤면이 좁기 때문에 좌우 안정성보다 앞-뒤 안정성이 우선되는 것을 보여주는 것이라고 생각된다. 다리길이차이가 있는 경우 무게중심이동거리, 이동면적, 그리고 이동속도 등이 모두 다리길이차이가 없는 경우보다 유의하게 증가하였다. 이는 대상자들이 다리길이차이가 유도된 경우 자세의 안정성을 유지하기 위해서 혹은 낙상을 예방하기 위해서 보상작용이 크게 나타났고 생각된다.

White 등(2004)은 유도된 다리길이차이가 있는 집단(1cm 이상)이 디딤기 동안 수직 지면발력(ground reaction force)이 정상다리길이 집단(5mm 이하)보다 짧은 쪽 다리에서 유의하게 증가한다고 제시하였고 실제 다리길이차이가 있는 집단 역시 비슷한 양상을 보였다고 보고하였다. 또한 Mahar 등(1985)은 1cm이상 다리길이차이가 있는 경우 압력중심(center of pressure)의 위치가 바뀌고 자세동요를 증가시킨다고 발표하였다. 이는 본 연구의 결과와 마찬가지로 다리길이차이가 자세균형을 유지하기 위해 인체 무게중심의 변화를 유발하는 원인이 될 수 있다는 것을 의미한다. 하지만 Murell 등(1991)은 자세동요에는 다리길이 차이가 있는 집단과 없는 집단 사이에 유의한 차이가 없었고 다만 눈을 떴을 때와 감았을 때 자세동요만 유의하게 차이 있었다고 언급하였다.

본 연구의 한계점은 대상자 수가 부족하여 연구결과를 일반화하기에 어려움이 있고 다리길이차이를 유도하기 위한 깔창 적용 기간이 짧은 점은 연구결과에 다소 영향을 미쳤을 것으로 생각하다. 또한 다리길이 차이로 인해 긴 쪽 다리의 넙다리내갈래근은 근활성도가 증가하고 짧은 쪽 다리의 발다닥굽힘근의 근활성도가 증가하는 경향을 보임으로(Gurney et al., 2001), 다리길이 차이로 인한 골반과 하지근육의 근활성도와 고유수용감각 등의 변화를 함께 제시하면 좋은 근거가 될 수 있을 것이다. 그리고 실제 다리길이 차이가 있는 대상들도 본 연구와 유사한 결과를 나타내는 지 추후 확인인 필요하다고 생각한다. 향후 이러한 문제점을 보완한다면 연구결과의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

## V. 결론

본 연구는 유도된 다리길이차이가 안정성한계와 정적균형능력에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보았다. 유도된 다리길이차이는 앞-뒤 안정성한계범위는 감소하였고 좌-우 안정성한계범위는 차이가 없었다. 그리고 유도된 다리길이차이는 눈을 뜬 상태나 눈을 감은 상태에서 모두 무게중심 이동거리, 이동면적 그리고 이동속도를 유의하게 증가시켰다. 이는 실제 다리길이차이가 있는 경우 정적 균형을 유지하는 데 어려움이 있을 것으로 추정할 수 있으며 향후 보다 정확한 자료 수집을 위해 유도된 다리길이차이가 동적 균형 능력에도 영향을 미치는 지 지속적인 연구가 필요하다고 생각한다.

## Acknowledgements

This research was supported by Kyungsoong University Research Grants in 2018.

## References

- Ahn M. The effects of postural correction on pelvis balance and cervical range of motion. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2004.
- Baylis WJ, Rzonca EC. Functional and structural limb length discrepancies: evaluation and treatment. *Clinic in Podiatric Medicine and Surgery*. 1988;5(3):509-520.
- Brunet ME, Cook SD, Brinker MR, et al. A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1990;30(3):307-315.
- Friberg O. Leg length asymmetry in stress fractures, a clinical and radiological study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1982;22(4):485-488.
- Giles LGF, Taylor JR. Low-back pain associated with leg length inequality. *Spine*. 1981;6(5):510-521.
- Golightly YM, Allen KD, Renner JB, et al. Relationship of limb length inequality with radiographic knee and hip osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2007;15(7):824-829.
- Gofton JP, Trueman GE. Studies in osteoarthritis of the hip: Part II. Osteoarthritis of the hip and leg-length disparity. *Canadian Medical Association Journal*. 1971;104(9):791-799.
- Guichet JM, Spivak JM, Trouilloud P, et al. Lower limb-length discrepancy. An epidemiologic study. *Clinical Orthopedics and Related Research*. 1991;272: 235-41.
- Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait & posture*. 2002; 15(2):195-206.
- Gurney B, Memier C, Robergs R, et al. Effects of limb-length discrepancy on gait economy and lower-extremity muscle activity in older adults. *Journal of Bone and Joint Surgery-American*. 2001;83(6):907-915.
- Han JT. Comparison of the limitation of stability between flatfeet and neutral feet . *PNF and Movement*.

- 2017;15(3):311-316.
- Hof AL, Gazendam MGI, Sinke WE. The condition for dynamic stability. *Journal of biomechanics*. 2005;35(1):1-8
- Kang HS. Effects of the bareumom (straight body fom) physical exercise therapy on shoulder pain. Chosun University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Khamis S, Carmeli E. The effect of simulated leg length discrepancy on lower limb biomechanics during gait. *Gait & Posture*. 2018;61(March):73-80.
- Kim SH, Choi HJ. Effects of leg length discrepancy to temporal and spatial gait parameters in elderly women. *The Korean Journal of Growth and Development*. 2015;23(3):231-236.
- Kwon SB, Yi YJ, Han HJ, et al. Leg length inequality, habitual posture, and pain in women's college students. *Journal of Muscle Joint Health*. 2012;19(1):27-36.
- Kwon HC, Jeong DH. A study of influence of asymmetrical weight-bearing on the LOS of independent ambulatory hemiparetic patients on standing. *Korean Research Society of Physical Therapy*. 2000;7(2):1-19.
- Mahar RK, Kirby RL, MacLeod DA. Simulated leg-length discrepancy: Its effect on mean center of pressure position and postural sway. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1985;66(12):822-824.
- Murrel P, Cornwall MW, Doucet SK. Leg-length discrepancy: effect on the amplitude of postural sway. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1991; 72(9):646-648.
- Newell KM, van Emmerik REV, Lee D, et al. On postural stability and variability. *Gait & Posture*. 1993;1(4): 225-230.
- Park KH, Kim KW, Kim CH. Effect of leg length discrepancy on gait and Cobb's angle. *Korean journal of sport biomechanics*. 2016;26(1):101-113.
- Perttunen JR, Anttila E, Sodergard J, et al. Gait asymmetry in patients with limb length discrepancy. *Scandinavian journal of medical science sports*. 2004;14(1):49-56.
- Swaminathan V, Cartwright-Terry M, Moorehead JD, et al. The effect of leg length discrepancy upon load distribution in the static phase (standing). *Gait & Posture*. 2014;40(4):561-563.
- Tsai LC, Yu B, Mercer VS, et al. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedics Sports Physical Therapy*. 2006;36(12):942-953.
- Walsh M, Connolly P, Jenkinson A, et al. Leg length discrepancy-an experimental study of compensatory changes in three dimensions using gait analysis. *Gait & posture*. 2000;12(2):156-161.
- White SC, Gilchrist LA, Wilk BE. Asymmetric limb loading with true or simulated leg-length differences. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2004;421 (April):287-292.
- Woerman AL, Binder-MacLeod SA. Leg length discrepancy assessment: accuracy and precision in five clinical methods of evaluation. *Journal of Orthopaedics Sports Physical Therapy*. 1984;5(5):230-238.