

기능적 다리 길이 차이가 압력 중심점과 안정성 한계에 미치는 영향

조아라 · 손광희 · 이유리 · 하민주 · 민지원 · 구현모[†]
경성대학교 이과대학 물리치료학과

The Effect of Functional Leg Length Inequality in Center of Pressure and Limits Of Stability

A-Ra Jo · Ji-Won Min · Kwang-Hee Son · Yu-Ri Lee · Min-Ju Ha · Hyun-Mo Koo[†]
Department of physical therapy, College of science, Kyungsung University

Received: September 1, 2014 / Revised: October 5, 2014 / Accepted: October 10, 2014

© 2014 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: The purpose of this study was functional leg length inequality effect on COP(Center Of Pressure) and LOS(limits Of Stability) and EMG activation.

Methods: The participants were consisted of fourteen. Subjects were distributed 2 groups; control group, leg length inequality ≤ 3 mm, n=8), experimental group(leg length inequality ≥ 10 mm, n=8). The participants were measured leg length wearing comfortable clothes through tape measure method(TMM). All subjects was measured COP(Center Of Pressure), LOS(limits of stability) using by Balance Trainer BT4(HUR, Finland).

Results: The results COP was not exist statistical significant differences($p>0.05$). LOS was not exist statistical significant difference($p>0.05$).

Conclusion: The results was not statistical significant differences COP and LOS depending on Leg Length Inequality. But between experimental group and comparison group was exist mean differences on COP, LOS(COP:Ex. >Com, LOS:Ex. <Com/excepted some data). Somewhat COP and LOS was affected on by Leg Length Inequality. Balance is affected on Leg Length Inequality partly.

Key Words: Leg length inequality, Center of pressure, Limits of stability

[†]Corresponding Author : Hyun-Mo Koo (hmkoo@ks.ac.kr)

I. 서론

균형은 자세 안정성(postural stability), 즉 기저면(base of support) 내에 중력 중심(center of gravity)을 조절하고 유지하는 과정으로서(Shumway-Cook & Woollacott, 1995), 정교한 건축물과도 같은 인체에서는 다리, 골반, 척추를 중심으로 좌우 대칭의 균형이 매우 중요하다(Beattie et al, 1990).

다리 길이 불균형(Leg Length Inequality, LLI) 또는 다리 길이 불일치 LLD(Leg Length Discrepancy)는 구조적 다리 길이 차이(Structure Leg Length Inequality)와 기능적 다리 길이 차이(Functional Leg Length Inequality)로 분류된다(Gong et al, 2009). 다리 길이는 근육뼈대계통의 진단 및 평가에 있어서 중요한 요소이기도 하다(Beattie et al, 1990). 다리 길이 차이는 전체인구의 40~70%에서 나타나는 흔한 문제로서(Mahar et al, 1985), 골절, 뼈의 비정상적인 성장 또는 성장 억제와 같은 골격계통의 임상적 문제, 일상생활의 부적절한 자세습관 등을 원인으로 들 수 있다. 또한 양측 축성골격(axial skeleton)의 불균형, 하지 근육의 구조적·기능적 불균형, 인대 등을 포함하는 결합조직 구조의 좌우 비대칭 등으로 인해 초래될 수 있다.

다리의 불균형은 보행과 자세에 관련된 근육 조직에 영향을 주고 관절 내 압력과 장력, 근육 정지점에 발생하는 장력을 증가시킨다(Gong et al, 2009). 또한, 10mm이하의 다리 길이 차이에서도 골반 경사가 유발될 수 있고, 이차적으로 기능적 척추옆굽음증(scoliosis), 긴쪽 다리의 엉덩관절 안굽이(coxa vara)가 동반될 수 있다(Gofton & Trueman, 1971). 특히 10mm의 다리 길이 차이는 의미 있는 자세 이동을 유발하고, 자세동요를 증가시킨다고 보고되었고(Mahar et al, 1985), 기립과 균형 능력, 보행 기능 등 다양한 신체 활동에 영향을 초래할 수 있다.

일반적으로 균형 조절 능력을 평가하기 위해 사용하는 압력 중심점(center of pressure, COP)은 수직 반발력 벡터의 한 점으로서 지면과 접촉하고 있는

모든 압력점의 무게 평균을 의미한다(Park et al, 2005).

또한 안정성 한계는 공간의 특별한 경계내의 신체 중심으로서, 체중심이 기저면의 변화 없이 안전하게 이동되어 질 수 있는 면적 또는 범위를 말한다(McCollum & Leen, 1989). 이는 양발 간격(McCollum, Leen, 1989)이나, 신장 및 발 길이(Nashner, 1990), 체위(Jeong & Kwon, 1999)에 따라 변화될 수 있으며, 시각이나 고유수용성감각 등 다양한 감각 정보에 의해서도 변화할 수 있다(Choi & Kwon, 1996).

균형을 적절하게 유지하기 위해서는 인체의 흔들림을 최소화 하여야 하는데(Lee et al, 1996), 균형 조절은 매우 복잡한 과정으로 감각정보 통합, 신경계 처리, 생체 역학적 요인, 시각, 전정감각, 체성감각 등의 통합에 의해 영향을 받으며 근육뼈대계통의 조화로운 조절이 요구 된다(Hall & Brody, 1999; Shumway-Cook & Woollacott, 2000).

이중 근육뼈대계통과 관련된 요소로는 근력, 고유수용성 감각, 근육의 균형 등이 있고, 특히 기능적 다리 길이 차이도 중요한 요소로서 전반적인 신체불균형을 초래하여 구조적인 변형뿐 아니라 허리 통증, 관절염 등을 일으킬 임상적 개연성을 내포하고 있다.

그러나 기능적 다리 길이 차이와 균형 능력과의 관련성에 대한 선행 연구는 부족한 실정이므로, 본 연구에서는 기능적 다리 길이 차이가 균형 능력의 지표인 압력 중심점 및 안정성 한계에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2013년 9월 10일부터 17일까지 부산광역시 K대학교에 재학 중인 여성 14명을 대상으로 실시하였다. 대상자는 기능적 다리 길이의 차이가 10~20mm 사이인 여성 7명을 실험군, 기능적 다리 길이 차이가 0~3mm사이인 여성 7명을 대조군으로 선정하였다. 연

구 대상에서 구조적 다리 길이 차이가 있는 자, 근육뼈대계통 및 신경학적 질환이 있는 자, 종양과 같은 병리학적 소견이나 큰 외상으로 수술 받은 병력이 있는 자, 결과에 영향을 미치는 약물을 복용 중인 자, 주 3일 이상 운동을 하는 자, 평상시 균형훈련을 받는 자, 학습장애가 있는 자, 현재 발목관절에 통증이 있는 자, 측정 장비 위에서 균형 수행이 어려운 자, 체질량지수(body mass index, BMI)가 25%이상인 자는 본 연구에서 제외하였다. 또한 대상자들에게 실험을 시작하기 전 실험절차에 대해 충분한 설명을 하였고, 대상자들은 실험에 동의하였다.

2. 실험방법

1) 기능적 다리 길이 측정

다리 길이 차이는 방사선학적 소견과 비교 시 유의한 차이가 없다고 인정되고 있는 줄자 측정법(tape measure method, TMM)을 이용하여 측정하였다. 기능적 다리 길이는 대상자를 똑바로 눕힌 상태에서 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine, ASIS)와 안쪽 복사뼈(Medial malleolus)의 가장 돌출된 부위까지의 길이를 3회 반복 측정한 후, 측정의 신뢰도를 높이기 위해 측정치의 평균값을 사용하였고 측정은 동일인이 실시하였다.

2) 균형 능력 측정

균형조절능력을 측정하기 위해 균형 능력 측정시스템(Balance Trainer 4, HUR, Finland)를 사용하였다. 이 기기는 대상자의 앞·뒤·왼쪽·오른쪽 방향의 안정성 한계와 압력 중심점의 이동 거리에 대한 자료를 수집하기 위해 사용하였다. 균형 능력의 측정은 대상자의 발이 균형 능력 측정시스템의 발판 위에 표시된 눈금자에 일치하도록 하여 정확한 발의 위치를 유지하였고, 측정 중에 발목관절이 아닌 다른 관절이 움직이지 않도록 제한하였다.

(1) 압력 중심점의 이동길이 측정을 위한 자세 안정성 검사(postural stability testing, PST)

대상자가 자연스럽게 양손을 체간에 붙이고 앞을 주시하며 서 있는 자세에서 압력 중심점의 이동길이를 30초간 측정하였고, 균형반응 측정에 영향을 미칠 수 있는 불필요한 환경자극이 배제된 조건을 유지하였다 (Fig. 1).



Fig. 1. Postural stability test

(2) 안정성 한계(limits of stability, LOS) 측정

대상자의 팔을 교차시켜 X자 형태로 가슴 전방에 유지한 자세에서 발목관절만을 이용하여 앞·뒤·왼쪽·오른쪽 방향의 순서로 최대한 기울이도록 하여 안정성 한계를 측정하였다. 측정 시에는 각 방향의 측정 간 상호영향을 최소화하기 위하여 한 방향의 측정이 종료되면 1분씩 휴식을 취하도록 하였으며, 각 방향별로 10초간 시간을 배정하여 측정하였다 (Fig. 2).

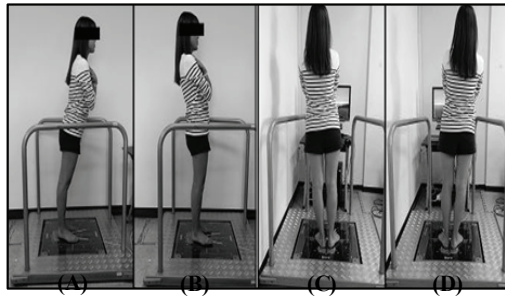


Fig. 2. Limits Of Stability measurement
 (A) Anterior LOS measurement
 (B) Posterior LOS measurement
 (C) Left LOS measurement
 (D) Right LOS measurement

3. 자료 분석

연구 결과는 SPSS 20.0 for window를 이용하여 통계 처리 하였다. 연구결과에 대한 분석은 대조군과 실험군의 앞·뒤·왼쪽·오른쪽 안정성 한계, 무게중심의 이동길이를 비교하였다. 본 연구에서는 정규성 검정을 실시하였으며, 정규성 검정의 결과 정규성을 만족하였으므로 독립 t-test를 이용하여 통계 처리를 하였다. 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자 14명의 연령은 19.5 ± 1.02

세, 신장은 163.5 ± 2.45 cm, 평균 체중은 53.57 ± 8.30 kg, BMI는 $19.98 \pm 2.45\%$ 로 나타났다.

2. 기능적 다리 길이 차이에 따른 압력 중심점(COP)의 이동 길이 비교

집단-간 다리 길이 차이에 있어서 압력 중심점의 이동 거리를 비교했다. 이동 거리를 비교한 결과 모두 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 그러나 기능적 다리 길이 차이가 1-3mm사이인 대조군은 250.10 ± 45.68 , 10mm-20mm사이의 실험군은 267.5 ± 69.13 으로 나타나 실험군의 이동 길이의 평균값이 더 높았음을 알 수 있었다(Table 1).

3. 기능적 다리 길이 차이에 따른 안정성 한계 비교

앞·뒤·왼쪽·오른쪽 방향의 안정성 한계를 방향에 따라 각각 집단 간 비교를 실시한 결과, 모든 항목에서 통계적으로 유의한 결과는 나타나지 않았다($p > 0.05$)(Table 2).

IV. 고 찰

균형은 체중지지 자세에서 낙상 없이 그 자세를 유지하거나 또는 이동할 수 있는 능력이다(Kwon & Jeong, 2000). 척추와 골반의 바른 자세는 신체 기능상의 효율성뿐만 아니라 근육뼈대계통에 미치는 영향이 크다(David & Peterson, 1993). 기립균형의 발현 체계에

Table 1. Variation of trace length on each group

	Control	Experimental	F	p
Trace length(mm)	250.10 ± 45.68	267.5 ± 69.13	0.94	0.35

Table 2. Variation of LOS on each group

	Control	Experimental	F	p
Ant. LOS	-23.26 ± 35.37	-22.65 ± 38.87	0.35	0.56
Post. LOS	-101.43 ± 5.88	-87.89 ± 12.61	3.38	0.09
Left. LOS	-55.30 ± 21.91	-29.49 ± 27.67	0.30	0.59
Right. LOS	39.90 ± 30.45	39.36 ± 29.70	0.01	0.95

서 보면 자세정위반사와 관련된 감각 조직화 요소, 근육뼈대계통의 활동과 연관된 생역학적인 요소 및 자동자세반응과 연관된 운동 협응적 요소의 세 가지 기능적인 요소들이 관여한다(Horak, 1987). 이러한 인자 중 신체의 생역학적 측면인 근육뼈대계통의 유연성에 의한 지지 작용이 중요하다(Kim, 1999). 불균형한 자세로 유발된 기능적 다리 길이 차이는 근육뼈대계통에 점진적인 변화를 유도하여 척추의 변형, 전경머리자세(forward head posture)와 같은 증상을 초래한다(Jeong et al, 2007). 또한 기능적 다리 길이 차이는 신체 불안정시 균형 전략의 활용에 제한을 유발하여(Byl & Sinnot, 1996), 기립 균형 능력 및 보행 기능을 저하시키고 나아가 일상생활동작을 수행하는데 어려움을 초래한다(Kwon, 1987). 그러나 일반적으로 다리 길이 차이에 의한 근육뼈대계통에 대한 2차적인 영향을 인식하지 못함으로써(Jeong et al, 2007), 다양한 임상적 문제가 야기되고 있다. Golightly 등(2007)이 3187명을 대상으로 다리 길이 차이와 퇴행성 관절염과의 상관관계를 분석한 연구에서도 다리 길이 차이를 동반한 퇴행성 관절염 환자들의 비율이 유의하게 높게 나타났음을 보고한 바 있다. 또한 Park(2005)에 의하면 대부분의 학생들이 다리 길이 차이로 인해 10도 내외의 척추 옆굽음증을 가지고 있었고, 만성 허리 통증과 두통, 그리고 무릎의 통증을 호소하는 경우가 많았으며, 다리 길이 교정 시 통증이 감소된다고 보고하였다.

본 연구에서는 기능적 다리 길이 차이가 10mm 이상, 3mm 이하인 정상 성인 14명을 대상으로 두 집단으로 구분하여 압력 중심점과 안정성 한계에 미치는 영향을 살펴보았다. Nichols(1960)는 기능적 다리 길이의 차이가 3mm 이상일 때 임상적 의미가 있다고 하였고, Kim 등(2002)은 12mm 이상인 경우에 허리 통증과 허리부 경직이 모두 높게 나타난다고 하였으며, Park(2005)의 연구에서도 10mm 이상의 다리 길이 차이에서 중력 중심점의 흔들림 면적이 늘어났다고 보고하였으므로 이를 근거로 연구 대상자의 선정 기준을 설정하였다.

또한, 정적 기립균형의 관여 인자에 관한 선행 연구에서 연령(Jeong & Kwon, 1999)과 체중(Lee, 2004)이

증가할수록 균형 능력이 떨어졌다고 보고 하였으므로, 본 연구에서는 측정 오차를 최대한 감소시키기 위해 연구 대상자들을 건강한 20대로 국한시킴과 동시에 체질량지수가 25% 이상인 자를 제외시켰고, 성별에 따른 근력 차이가 균형 반응에 미치는 영향을 배제하기 위하여 여성만을 연구에 참여시켰다.

균형 능력의 측정 결과에서 압력 중심점의 이동 거리가 실험군과 대조군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 대조군과 실험군으로 분류한 연구 대상자의 기능적 다리 길이 차이가 크지 않았기 때문으로 사료된다. 그러나 압력 중심점 이동 거리의 평균값은 대조군에 비해 실험군에서 더 길었고, 이러한 결과는 다리 길이의 차이가 클수록 균형 능력이 저하됨을 의미한다고 볼 수 있다.

실험군과 대조군의 앞·뒤·왼쪽·오른쪽 방향에 따른 안정성 한계의 비교 결과 통계적으로 모두 유의한 차이가 없었지만, 앞쪽 안정성 한계 값을 제외한 모든 결과에서 평균적인 기울임 각도가 대조군이 더욱 크게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 결과는 기능적 다리 길이 차이가 작을수록 안정성 한계가 증가함을 나타낸다고 볼 수 있다.

Klein(1968, 1982)은 고등학교 체육 특기자를 대상으로 한 연구에서 다리 길이의 차이가 근육 강도의 차이와 관련됨을 발견하였고, 10mm 정도의 다리 길이 차이에서도 근육활동의 차이로 인해 임상적으로 심각한 문제가 발생할 수 있으므로(Friberg, 1984), 다리 길이의 차이는 근육의 구조적 및 기능적 변화와 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있다. 이러한 선행연구의 결과를 통해 기능적 다리 길이 차이로 인해 근활성도가 변화될 것으로 예상되며, 이와 관련된 후속 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 기능적 다리 길이 차이가 균형 능력에 미치는 영향을 확인하기 위하여 압력 중심점 이동

거리 및 안정성 한계를 측정하였다. 그 결과 실험군과 대조군의 압력 중심점의 이동 거리와 앞·뒤·왼쪽·오른쪽 방향의 안정성 한계를 비교했을 때 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 다리 길이 차이가 클수록 균형 능력이 저하됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- Allen KD, Golightly YM, Renner JB, et al. Relationship of limb length inequality with radiographic knee and hip Osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2007;15(7):824-829.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Theory and practical applications(2nd ed). Baltimore: Williams & Wilkins. 2000.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Theory and practical applications. (1st ed). Baltimore: Williams & Wilkins. 1995.
- Bae SS, Kim BJ. A study of muscular imbalance. *The journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2001; 13(3):821-828
- Baek SJ, Kim DH, Kim SB, et al. The effects of leg length difference on low back pain and joint stiffness. *The journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2002;14(4):55-63.
- Beak MY, Nam KS, Park JW. The relationship between the plantar center of pressure displacement and dynamic balance measures in hemiplegic gait. *The Journal of Korean Research Society of Physical Therapy*. 2005;12(1):11-21.
- Blatchly CA, Cohen H, Gomblish LL. A study of the clinical test of the sensory interaction and balance. *Physical Therapy*. 1993;73:345-346.
- Brody LT, Hall CM. Balance impairment In: Therapeutic exercise: Moving toward function. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 1999.
- Byl NN, Sinnott P. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. *Spine*. 1991;16(3):325-330.
- Choi HS, Kwon OY. Evaluation of the balance ability for 20 to 29 years old on the unstable platform. *Korean Research Society of Physical Therapy* 1996;3(3):1-11
- Edelberg HK. Falls and function, How to prevent falls and injuries in patients with impaired mobility. *Geriatrics*. 2001;56(3):41-45.
- Friberg O. Biomechanical significance of the correct length of lower limb prosthetics : a clinical and radiological study. *Prosthetics and Orthotics International*. 1984; 8:124-129.
- Geurts AC, Knoop JA, Ribbers GM. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1996;77:639-644.
- Gofton JP, Trueman. 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.
- Gong WT, Han JT, Ro HL. The Influence of Contract Relax Exercise on Functional Leg Length Inequality and Muscle Activity. *The journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2009;21(1):49-55.
- Gong WT, Kim JH, Kim TH. The Analysis of Dynamic Foot Pressure on Difference of Functional Leg Length Inequality. *Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2009;21(4):43-49.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*. 1987;67(12):1881-1885.
- Jeong DH, Kwon HC. A comparison of the limits of stability associated with aging. *Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 1999;11(2):139-147.
- Jeong DH, Kwon HC. A comparison of the limits of stability at different body positioning. *Journal of Korean Research Society of Physical Therapy*. 1999;6(1): 35-46.

- Jung YW, Gong WT, Kim BG. The effects of joint mobilization and therapeutic exercise on difference for length of lower limbs. *Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Therapy*. 2007;13(2):55-68.
- Kim SY. Comparison of six tests for assessing hamstring muscle length. *The Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Physical Therapy*. 1999;5(1):39-51.
- Kwon HC. A study of the characteristics of Lower extremity weight bearing in independently ambulatory patients. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 1987.
- Lee HS, Choi HS, Kwon OY. A literature review on balance control factors. *Journal of Korean Research Society of Physical Therapy*. 1996;3(3):82-91.
- Lee OJ. The effects of the areas of support-surface and body weight on anterior-posterior and medial-lateral balance control. *Journal of Korean Society of sport Science*. 2004;13(2):335-345.
- Leen TK, McCollum G. Form and exploration of mechanical stability limits in erect stance. *Journal of Motor Behavior*. 1989;21:255-238.
- Nam KW. The analysis on relation between hamstring length and static uprighting balance. *Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2011;18(1):51-60.
- Park KD. The effect of pelvic manipulation to primary school students balance, flexibility, and LLI. *The Korean Journal of Growth and Development*. 2005;17(3):401-410.
- Shin JD, Yeum CH, Mun DS, et al. Analysis of proper sampling duration in foot positions during assessment of quiet stance balance in the elderly women using center of pressure. *Journal of Korean society of sport biomechanics*. 2008;18(3):23-31.